Décima Tercera Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática

Undécimo Simposium Iberoamericano en Educación, Cibernética e Informática

15 al 18 de Julio de 2014 – Orlando, Florida, EE.UU.

MEMORIAS

Edición Post-Conferencia

Editado por:

Jorge Baralt
Nagib Callaos
Angel Oropeza
Belkis Sánchez
Andrés Tremante

Organizada por
International Institute of Informatics and Systemics
Miembro de la International Federation for Systems Research (IFSR)

COPYRIGHT

Derechos de Autor y Permiso de Reimpresión: Se permite extraer partes del libro siempre y cuando se den los créditos a la fuente. Se les permite fotocopiar a las Bibliotecas para su uso privado y a los instructores artículos por separado, sin costo, para fines académicos no comerciales. Para permisos de otras fotocopias, reimpresiones o republicaciones, escriba a IIIS Copyright Manager, 13750 West Colonial Dr Suite 350 – 408 Winter Garden, Florida 34787, U.S.A. Todos los derechos reservados. Copyright 2014 © por el International Institute of Informatics and Systemics.

Los artículos de este libro constituyen las memorias de la conferencia mencionada en la portada y en el título. Estos artículos reflejan las opiniones de los propios autores con el propósito de una distribución oportuna, se publican tal y como fueron presentados, sin ningún cambio. La inclusión de dichos artículos en esta publicación no constituye necesariamente respaldo alguno por parte de los editores.

ISBN: 978-1-941763-13-1

COMITÉ DEL PROGRAMA

Presidente: Nagib Callaos

Alves Barbosa, Jair	Universidade Católica de Brasília	Brasil
Alves Barbosa, Késsia C.	Universidade Católica de Brasília	Brasil
Alzate, Gina A.	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Colombia
Anguiano-Mancilla, Álvaro	Universidad de Colima	México
Baldeón Medrano, Johan	Pontificia Universidad Católica del Perú	Perú
Barajas, Cintia	Universidad Politécnica de Madrid	España
Barroso, Leônidas Conceição	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais	Brasil
Bedoya, Johan S.	Universidad de Antioquia	Colombia
Berzal, Miguel	Universidad Politécnica de Madrid	España
Botero Tabares, Ricardo de J.	Tecnológico de Antioquia	Colombia
Bruzón Gallego, María de los S.	Universidad de Cádiz	España
Campos Posada, Gloria E.	Universidad Autonoma de Coahuila	México
Campos Rodríguez, Javier A.	CAVA Investigación Psicología Integral, A. C.	México
Caravantes Ramírez, J. C.	Centro de Investigación en Computación	México
Chavarría Báez, Lorena	Instituto Politécnico Nacional	México
Chavarro, Julio C.	Universidad Tecnológica de Pereira	Colombia
Coaquira Begazo, Dante	Universidade de São Paulo	Brasil
Cribb, André Yves	Embrapa Agroindústria de Alimentos	Brasil
Cunha da Silva, José W.	Universidade Católica de Brasília	Brasil
Cymrot, Raquel	Universidade Presbiteriana Mackenzie	Brasil
de Abreu, João Francisco	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais	Brasil
de Almeida M. Filho, Luiz C.	Pontificia Universidade Católica de Minas Gerais	Brasil
de Assis Ferreira D. N., Kelvin	Universidade Católica de Brasília	Brasil
de Freitas Silva, Gabriel A.	Universidade Católica de Brasília	Brasil
de Oliveira Braga Filho, Mário	Universidade Católica de Brasília	Brasil
de Oliveira Vilela, José H.	Companhia Energética de Brasília	Brasil
de Paula Martins, Jeysel	Universidade Católica de Brasília	Brasil
dos Santos Filho, Reginaldo P.	Universidade Católica de Brasília	Brasil
dos Santos Oliveira, Jessica L.	Universidade Católica de Brasília	Brasil
Duitama, John F.	Universidad de Antioquia	Colombia
Dutra Moresi, Eduardo A.	Universidade Católica de Brasília	Brasil
Félix, José	Universidad de Colima	México

Fernández Jiménez, Consuelo	Universidad Politécnica de Madrid	España
Fernández-Pampillón, Ana	Universidad Complutense de Madrid	España
Ferreira, Deller J.	Universidade Federal de Goiás	Brasil
Flores Doña, María de la S.	Universidad Complutense de Madrid	España
Flores-Cortés, Carlos	Universidad de Colima	México
Flórez Fernández, Héctor A.	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Colombia
Fombona Cadavieco, Javier	Universidad de Oviedo	España
Freire Cunha, Paulo R.	Universidade Federal de Pernambuco	Brasil
Galvis López, Jhon Jairo	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Colombia
García G., Enrique E.	Universidad Autónoma de Baja California	México
García Guibout, Jorge	Universidad Nacional de Cuyo	Argentina
García Márquez, Marco A.	Universidad Politécnica de Pachuca	México
García Perea, María D.	Instituto Superior de Ciencias de la Educación del Estado de México	México
Gómez, Víctor. M.	Instituto Técnico Industrial Pascual Bravo	Colombia
González, Apolinar	Universidad de Colima	México
González Carrasco, Israel	Universidad Carlos III de Madrid	España
González Sánchez, Víctor M.	Universidad Nacional de Educación a Distancia	España
Grande Ortiz, María Á.	Universidad Politécnica de Madrid	España
Gualteros, José Nicolás	Pontificia Universidad Javeriana	Colombia
Guerra Genskowsky, Lautaro	Universidad Técnica Federico de Santamaría	Chile
Guerrero Salgado, Candido	Universidade Católica de Brasília	Brasil
Guerrero-Ibáñez, Juan A.	Universidad de Colima	México
Gulim Damaceno, Vagner	Universidade Católica de Brasília	Brasil
Gutiérrez, Antonio	Universidad de Colima	México
Gutiérrez Arias, José Eligio M.	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	México
Hernández, Juan Miguel	Universidad Autónoma de Baja California	México
Hernández, Zenith	Universidad Tecnológica de Panamá	Panamá
Hernández Rubio, Erika	Escuela Superior de Computo del Instituto Politécnico Nacional	México
Hoyo, Alexander	Universidad Simón Bolívar	Venezuela
Inzunza, Everardo	Universidad Autónoma de Baja California	México
Jeunon de Alencar, Bernardo	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais	Brasil
Juárez Pascual, Camerino	Universidad Autónoma del Estado de México	México
Lapuerta, Victoria	Universidad Politécnica de Madrid	España
Lázaro Urrutia, Mariano	Universidad de Cantabria	España
Licea de Arenas, Judith	Universidad Nacional Autónoma de México	México
López Cuadrado, José L.	Universidad Carlos III de Madrid	España
López Román, Leobardo	Universidad de Sonora	México
Machado, Diana C.	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Colombia
Marciales Vivas, Gloria P.	Pontificia Universidad Javeriana	Colombia

Martínez, Valentín Alejandro	Universidade da Coruña	España
Martínez Mireles, Josue R.	Universidad Politécnica de Pachuca	México
Martins, Fábio C.	Universidade Estadual de Londrina	Brasil
Mata, Walter	Universidad de Colima	México
Mejía, Marcelo	Instituto Tecnológico Autónomo de México	México
Mendoza-Robles, Tomás	Universidad de Colima	México
Meneses Escobar, Carlos A.	Universidad Tecnológica de Pereira	Colombia
Mohr Bäuml, Deisy	Universidade Federal de Santa Catarina	Brasil
Morales, Andrea	Universidad de Cuenca	Ecuador
Morales Reynaga, Lluvia C.	Universidad Tecnológica de la Mixteca	España
Morgado, Eduardo Martins	Universidade Estadual Paulista	Brasil
Morín Castillo, María M.	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	México
Morocho, Villie	Universidad de Cuenca	Ecuador
Muñoz, Hilarión	Instituto Tecnológico de Orizaba	México
Nóbrega, Obionor	Universidade Federal de Pernambuco	Brasil
Núñez Mori, Oscar	Pontificia Universidad Católica del Perú	Perú
Ochoa Hernández, María B.	Universidad de Guadalajara	México
Oliveira, Breno	Universidade Estudual Paulista	Brasil
Padilla S., Gabriela E.	Universidad Autónoma de Tamaulipas	México
Páez, Haydée G.	Universidad José Antonio Páez	Venezuela
Paletta, Mauricio	Universidad Nacional Experimental de Guayana	Venezuela
Palma Orozco, Rosaura	Instituto Politécnico Nacional	México
Peña-Cárdenas, Emmanuel	Universidad de Colima	México
Pérez Soltero, Alonso	Universidad de Sonora	México
Poblete Palma, María Elena	Instituto Superior de Ciencias de la Educación del Estado de México	México
Ponce, Julio C.	Universidad Autónoma de Aguascalientes	México
Raunheitte, Luís	Universidade Presbiteriana Mackenzie	Brasil
Reyes, Fernando	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	México
Robles, Horderlin Vrangel	Escuela Colombiana de Carreras Industriales	Colombia
Rocha Silva, María A.	Universidad de Colima	México
Rodríguez Flores, Jazmín	Universidad Politécnica de Pachuca	México
Rodríguez Martín, Alejandro	Universidad de Oviedo	España
Rojas Dávalos, Junior	Pontificia Universidad Católica del Perú	Perú
Ruiz Herrera, Santiago	Universidad Nacional de Colombia	Colombia
Santana, Pedro	Universidad de Colima	México
Santos, Adriano A.	Instituto Superior de Engenharia do Porto	Portugal
Sarache C., William Ariel	Universidad Nacional de Colombia	Colombia
Serna, Juan. C.	EQUIPEL S.A.S	Colombia
Soriano Equigua, Leonel	Universidad de Colima	México
Stump, Sandra M. D.	Universidade Presbiteriana Mackenzie	Brasil

Tevar Sánz, Gonzalo	Universidad Politécnica de Madrid	España
Toppin, Lydia	Universidad Tecnológica de Panamá	Panamá
Torres R., Saulo de Jesús	Universidad Tecnológica de Pereira	Colombia
Torres Soto, Aurora	Universidad Autónoma de Aguascalientes	México
Trovati, Luiz Roberto	Universidade Estadual Paulista	Brasil
Turriago Hoyos, Álvaro	Universidad de La Sabana	Colombia
Valadez Olguin, Rosa G.	Universidad Nacional Autónoma de México	México
Valdez Menchaca, Alicia G.	Universidad Autónoma de Coahuila	México
Vázquez López, Leonardo D.	Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Cómputo	México
Viera Santana, José G.	Universidad de Las Palmas de Gran Canaria	España
Vílchez Quesada, Enrique	Universidad Nacional	Costa Rica
Villarreal, Oskar	Universidad del País Vasco	España
Villegas, Eva	Universitat Ramon Llull	España
Vizcaíno-Anaya, Héctor Ali	Universidad de Colima	México
Zegarra Rodríguez, Demóstenes	Universidade de São Paulo	Brasil

REVISORES ADICIONALES

Abarca Cedeño, Mireya Sarahí	Universidad de Colima	México
Aguilar, José	Universidad de Los Andes	Venezuela
Agundez, Martin	Instituto Tecnológico de La Paz	México
Almeida Santos, Adriano M.	Instituto Superior de Engenharia do Porto	Portugal
Álvarez-Flores, José L.	Universidad de Colima	México
Ambrósio, Paulo Eduardo	Universidade Estadual de Santa Cruz	Brasil
André, Paulo	Instituto de Telecomunicações Instituto Superior Técnico	Portugal
Andreeta, Marcello R. B.	Universidade Federal de São Carlos	Brasil
Antunes, Julio Santana	Universidade Estadual Paulista	Brasil
Aranda, Carmen	Universidad de Málaga	España
Araujo, Doris	Universidad Rafael Belloso Chacín	Venezuela
Arce-Molina, Jorge	Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa	Cuba
Arteta Manrique, María I.	Universidad del Norte Barranquilla	Colombia
Ayuga, Esperanza	Universidad Politécnica de Madrid	España
Bacca Quiroga, Diana C.	Universidad Distrital	Colombia
Ballesteros Ricaurte, Javier A.	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia	Colombia
Barcena, Elena	Universidad Nacional de Educación a Distancia	España
Barchino, Roberto	Universidad de Alcalá	España
Barradas, Luis Claudio	Instituto Politécnico de Santarém Portugal	Portugal
Barrera, Eduardo	Universidad Politécnica de Madrid	España
Barrero, David F.	Universidad de Alcalá	España
Becerra Sablon, Vicente	Universidade Estadual de Campinas	Brasil
Begosso Alves, Fabiany P.	União Educacional do Médio Oeste Paranaense Ltda	Brasil
Blanqueto Estrada, Melissa	Universidad de Quintana Roo	México
Brambila, Fernando	Universidad Nacional Autónoma de México	México
Briseño Cervantes, José Luís	Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada	México
Buono, Juan J.	Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero	Argentina
Bursztyn, Andrés Pablo	Universidad Tecnológica Nacional	Argentina
Bustacara, César J.	Pontificia Universidad Javeriana	Colombia
Bustos, Oscar	Universidad Nacional de Córdoba	Argentina
Cadavid Jaramillo, Jhoan S.	Universidad Nacional de Colombia	Colombia

Cadile, María S.	Universidad Nacional de Córdoba	Argentina
Calderón, Dolores	Universidad de Murcia	España
Campos Posada, Raúl	Universidad Autónoma de Coahuila	México
Canales Cruz, Alejandro	Universidad Nacional Autónoma de México	México
Cantón Mayo, Isabel	Universidad de León	España
Carabantes Alarcón, David	Universidad Complutense de Madrid	España
Caritá, Edilson Carlos	Universidade de Ribeirão Preto	Brasil
Carnero, Carmen	Universidad de Castilla-La Mancha	España
Carpintero, Daniel Diego	Universidad Nacional de La Plata	Argentina
Carrancho da Silva, Angela	Universidade Estadual do Rio de Janeiro	Brasil
Carrasco, Selin	Universidad de La Frontera	Chile
Castillón Lévano, Claudio B.	Pontificia Universidad Católica del Perú	Perú
Castrillón, Omar D.	Universidad Nacional de Colombia	Colombia
Castro, Maria João	Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto	Portugal
Castro Lechtaler, Antonio R.	Universidad Tecnológica Nacional	Argentina
Castro León, Fátima	Universidad de La Laguna	España
Castro Vera, Ausberto S.	Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro	Brasil
Catsigeras, Eleonora	Instituto de Matemática y Estadística	Uruguay
Cerdá Suárez, Luís Manuel	Universidad de Córdoba	España
Chacón, Edgar	Universidad de Los Andes	Venezuela
Cid Monjaraz, Jaime	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	México
Contreras Gómez, Ana Mª	Universidad Nacional Experimental de Guayana	Venezuela
Contreras Hernández, Leticia	Instituto Politécnico Nacional	México
Corchado R., Juan M.	Universidad de Salamanca	España
Corcuera, Pedro	Universidad de Cantabria	España
Correa Espinal, Alexander A.	Universidad Nacional de Colombia	Colombia
Covarrubias, Lourdes	Universidad de Colima	México
Cruz Suárez, Daniel	Universidad Juárez Autónoma de Tabasco	México
Cuenca Pletsch, Liliana R.	Universidad Tecnológica Nacional	Argentina
Czerwonka Sermann, Lucia I.	Centro Universitário Franciscano do Paraná	Brasil
da Silva Brito, Glaucia	Universidade Federal do Paraná	Brasil
Damián Reyes, Pedro	Universidad de Colima	México
Danel Ruas, Octavio O.	Universidad de La Habana	Cuba
Darin, Susana	Universidad Abierta Interamericana	Argentina
de Azevedo, Tania	Universididade Estadual Paulista	Brasil
De León Reyes, Félix A.	Universidad Pedagógica Nacional	México
Del Blanco, Gustavo R.	Universidad Nacional de Lomas de Zamora	Argentina
Delgado Rivera, Jesús Alberto	Universidad Nacional de Colombia	Colombia
Díaz, Carlos	Instituto Tecnológico de Orizaba	México

Díaz, Miguel	Instituto Superior de Ciencias de la Educación del Estado de México	México
Díaz Pérez, Francisco	Universidad Politécnica de Madrid	España
Domínguez, Javier	Instituto de Investigación Sobre la Universidad y la Educación	México
Domínguez Lugo, Alma Jovita	Universidad Autónoma de Coahuila	México
Donadello, Domingo	Universidad Nacional de La Matanza	Argentina
Dos Santos Barsante, Lillia	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais	Brasil
Emiliani, Luis D.	Universidad Pontificia Bolivariana	Colombia
Fabbris, Domingo A.	Universidad Nacional Catamarca	Argentina
Fernandes Anunciação, Pedro	Instituto Politécnico de Setúbal	Portugal
Fernández, Patricia Esther	Universidad Nacional de Rosario	Argentina
Fernández Jurado, Yolanda	Universidad Pontificia Comillas	España
Fernández Sánchez, Néstor	Instituto de Educación Continua y Capacitación A. C.	México
Ferreira da Silva, António	Instituto Superior de Engenharia do Porto	Portugal
Flores, Carola Victoria	Universidad Nacional de Catamarca	Argentina
Flores Cortés, Carlos A.	Universidad de Colima	México
Flores Mena, Eladio	BUAP	México
Flores P., Pedro	Universidad de Sonora	México
Fonseca, Jaime	Universidad do Minho	Portugal
Fúster-Sabater, Amparo	Consejo Superior de Investigaciones Científicas	España
Gallardo González, Mónica	Universidad de Los Lagos	Chile
Gamarra Rosado, Víctor O.	Universidade Estadual Paulista	Brasil
García Alcaraz, Pedro	Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 148	México
García Ruiz, María E.	Universidad de Cantabria	España
Gericota, Manuel	Instituto Superior de Engenharia do Porto	Portugal
González, Carina	Universidad de La Laguna	España
González, Walfredo	Universidad de Matanzas	Cuba
González Pérez, Alicia	Universidad de Sevilla	España
González Posadas, Vicente	Universidad Politécnica de Madrid	España
González Sotos, León	Universidad de Alcalá	España
Harari, Ivana	Universidad Nacional de La Plata	Argentina
Helayel-Neto, Jose A.	Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas	Brasil
Hernández Franco, Carlos	Universidad Politécnica de Valencia	España
Hidalgo Izquierdo, Violeta	Universidad de Extremadura	España
Higuera Castro, Gustavo A.	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Colombia
Holanda, Lucyanno	Universidade Tecnológica Federal do Paraná	Brasil
Hontoria, Leocadio	Universidad de Jaén	España
Huapaya Camacho, Juan Á.	Pontificia Universidad Católica del Perú	Perú
Hurtado Cortés, Luini Leonardo	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Colombia

Ibarra-Zannatha, Juan M.	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional	México
Ibeas, Asier	Universidad Autónoma de Barcelona	España
Imaña, José Luís	Universidad Complutense	España
Isola, Alfredo Eduardo	Senado de la Provincia de Buenos Aires	Argentina
Juanatey, Oscar	Universidad de La Coruña	España
Juárez-Toledo, Carlos	Universidad Autónoma del Estado de México	México
Kroff Trujillo, Francisco José	Universidad de Los Lagos	Chile
La Red Martínez, David L.	Universidad Nacional del Nordeste	Argentina
Lambertt, Ángel	Universidad Anáhuac del Norte	México
Leiva Olivencia, José L.	Universidad de Málaga	España
López, Máximo	Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico	México
López, Pedro	Universidad de Extremadura	España
Lorenzo Iglesias, Eva	Universidad de Vigo	España
Luna, Aurelio	Universidad de Murcia	España
Madruga, Francisco J.	Universidad de Cantabria	España
Maenza, Rosa Rita	Universidad Tecnológica Nacional	Argentina
Magadán Salazar, Andrea	Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico	México
Mampaso Desbrow, Joanne	Universidad Camilo José Cela Madrid	España
Marchisio, Susana	Universidad Nacional de Rosario	Argentina
Marcon Gomes Vaz, Maria S.	Universidade Estadual de Ponta Grossa	Brasil
Marulanda Echeverry, Carlos E.	Universidad de Caldas	Colombia
Mas Camacho, María R.	Centro de Cibernética Aplicada a la Medicina	Cuba
Medronho Naumann, Claudia	Universidade Federal do Rio de Janeiro	Brasil
Mendes de Oliveira, Yara M. B.	Universidade Presbiteriana Mackenzie	Brasil
Metrolho, José	Instituto Politécnico de Castelo Branco	Portugal
Millán Rojas, Edwin E.	Universidad de la Amazonia	Colombia
Minetti, Gabriela	Universidad Nacional de La Pampa	Argentina
Moctezuma Cantorán, Isidro	Universidad del Mar	México
Mondéjar Jiménez, Juan A.	Universidad de Castilla-La Mancha	España
Monzón, Ricardo	Universidad Nacional del Nordeste	Argentina
Moraes de Almeida, Fabrício	Programa de Doutorado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente- PGDRA/Fundação Universidade Feder	Brasil
Moreira, Fernando	Universidade Portucalense	Portugal
Moreno Rodríguez, Rosendo	Universidad Central	Cuba
Moreno Sabido, Mario R.	Instituto Tecnológico de Mérida	México
Muniz Afonso, Andre	Universidade Federal do Paraná	Brasil
Muñoz Aguirre, Evodio	Universidad Veracruzana	México
Muñoz Castorena, Rodolfo V.	Universidad de Guadalajara	México
Muñoz G., Ana C.	Universidad de Los Andes	Venezuela

Nápoles Villela, Ana Mª	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais	Brasil
Navarro, Miguel	Universidad Pedagógica de Durango	México
Negri Filho, Paulo	Centro Universitário Internacional Uninter	Brasil
Obac Roda, Valentin	Universidade de São Paulo	Brasil
Oliveira, Paulo Moura	Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro	Portugal
Oliveira dos Santos, Ednaldo	Unión Nacional de Estudiosos en Meteorología	Brasil
Oliver Salazar, Marco A.	Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico	México
Olmos Carrasco, Monique M.	Universidad de Antofagasta	Chile
Omaña M., Teresa	Universidad Politécnica Territorial Kleber Ramírez	Venezuela
Ortegón Aguilar, Jaime	Universidad de Quintana Roo	México
Orth, Dora Mª	Universidade Federal de Santa Catarina	Brasil
Pacios, Luís	Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales	España
Pais, Jorge M.	Instituto Superior de Engenharia de Lisboa	Portugal
Palavecino, Rosa A.	Universidad Nacional de Santiago del Estero	Argentina
Pardo, Aldo	Universidad de Pamplona	Colombia
Pastor, Jesus	Universidad de Zaragoza	España
Pérez-Soltero, Alonso	Universidad de Sonora	México
Piva Jr, Dilermando	Faculdade de Tecnologia de Indaiatuba - FATEC	Brasil
Pizarro Junquera, Joaquín	Universidad de Cádiz	España
Rairán Antolines, José D.	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Colombia
Ramada Paiva, Ana C.	Universidade do Porto	Portugal
Ramírez Jiménez, Armando	Universidad Autónoma de Nayarit	México
Ramos, Fernando	Universidade de Aveiro	Portugal
Revuelta Domínguez, Francisco I.	Universidad de Extremadura	España
Riera de Montero, Eddy	Universidad de Carabobo	Venezuela
Rios Bolívar, Addison	Universidad de Los Andes	Venezuela
Rivera, Selva Soledad	Universidad Nacional de Cuyo	Argentina
Rodríguez, Antonio	Universidad Autónoma del Estado de Morelos	México
Rodríguez, Elena	Universidad de Guadalajara	México
Rodríguez, Rocío Andrea	Universidad Nacional de la Matanza	Argentina
Rodríguez Lozano, Gloria I.	Universidad Nacional de Colombia	Colombia
Rodríguez Vázquez, Katya	Universidad Nacional Autónoma de México	México
Romero, Luís Felipe	Universidad de Sonora	México
Ruiz Ojeda, Nicolás E.	Universidad Simón Bolívar	Venezuela
Salinas Cañete, Luís G.	Laboratorios Indufar	Paraguay
Sánchez Ávila, Carmen	Universidad Politécnica de Madrid	España
Santos da Silva, José G.	Universidade do Estado do Rio de Janeiro	Brasil
Serra Barreto, Alexandre	Ministério da Fazenda	Brasil
Serradell López, Enric	Universidad Oberta de Catalunya	España

Silva, Carlos Alexandre	Instituto Federal de Minas Gerais	Brasil
Silva Ávila, Alicia E.	Universidad Autónoma de Coahuila	México
Silveira Sartori, Ademilde	Universidade do Estado de Santa Catarina	Brasil
Simancas Acevedo, Eric	Universidad Politécnica de Pachuca	México
Souza, Geraldo	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	Brasil
Souza, Jocarly Patrocinio	Universidade de Passo Fundo	Brasil
Strassburg, Udo	Universidade Estadual do Oeste do Paraná	Brasil
Stump, Sandra M. D.	Universidade Presbiteriana Mackenzie	Brasil
Suárez Garaboa, Sonia Mª	Universidade da Coruña	España
Teixeira, Leonor	Universidade de Aveiro	Portugal
Torres Gastelú, Carlos	Universidad Veracruzana	México
Torres Soto, María D.	Universidad Autónoma de Aguascalientes	México
Torres Vargas, Georgina Araceli	Universidad Nacional Autónoma de México	México
Torres Velandia, Serafín Ángel	Universidad Autónoma del Estado de Morelos	México
Valdivia, Irma	Pontificia Universidad Católica del Perú	Perú
Valero, Oscar	Universidad de Las Islas Baleares	España
Varajão, João	Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro	Portugal
Vargas Elizondo, Martín G.	Universidad de Colima	México
Vázquez Álvarez, Graciela	Instituto Politécnico Nacional	México
Vera, Pablo Martín	Universidad Nacional de la Matanza	Argentina
Vera, Salvador	Unigranrio	Brasil
Vivanco, Verónica	Universidad Politécnica de Madrid	España

REVISORES ADICIONALES PARA LA REVISIÓN NO-CIEGA

Abet, Jorge	Universidad Tecnológica Nacional	Argentina
Acevedo Mosqueda, María E.	Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco	México
Acosta Díaz, Ricardo	Universidad de Colima	México
Afonso, Andre Muniz	Universidade Federal do Paraná	Brasil
Agúndez Amador, Martín	Instituto Tecnologico de La Paz	México
Albores Villatoro, Luz Angelina	Universidad Tecnológica de la Sierra Hidalguense	México
Almeida, Rui	Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Lisboa	Portugal
Almeida Santos, Adriano M.	Instituto Superior de Engenharia do Porto	Portugal
Álvarez Rodríguez, Francisco J.	Universidad Autónoma de Aguascalientes	México
Alves, Eliseu	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	Brasil
Azevedo, Samara	Universidade Estadual Paulista	Brasil
Barrero, David F.	Universidad de Alcalá	España
Becerra Correa, Nelson	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Colombia
Becerra Sablon, Vicente	Universidade Estadual de Campinas	Brasil
Belchior Silva M., Tito	Universidade Católica de Brasília	Brasil
Belo, Orlando	Universidade do Minho	Portugal
Bermúdez B., Giovanni R.	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Colombia
Botero Botero, Sergio	Universidad Nacional de Colombia	Colombia
Caetano, Melissa	Universidade Federal de Ouro Preto	Brasil
Calvo, Jorge	UNAB	Colombia
Campos Rodríguez, Javier A.	CAVA Investigación Psicología Integral, A. C.	México
Cardim, Guilherme	Universidade Estadual Paulista	Brasil
Cerdá Suárez, Luís Manuel	Universidad de Córdoba	España
Coello, Yovanny	UNEFM	Venezuela
Córdoba Tuta, Edwin J.	Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga	Colombia
Correa, Alexander	Universidad Nacional de Colombia	Colombia
Couco, Bráulio Roberto Gonçalves Marinho	Centro Universitário de Belo Horizonte - UniBH	Brasil
Covarrubias, Lourdes	Universidad de Colima	México
Cuan Durón, Enrique	Instituto Tecnológico de la Laguna	México

Cuevas Ceballos, Monica	Universidad Arturo Prat	Chile
da Silva, Sílvia Sidnéia	Universidade de Ribeirão Preto	Brasil
Damian Reyes, Pedro	Universidad de Colima	México
Díaz Chávez, Miguel	Instituto Superior de Ciencias de la Educación del Estado de México	México
Díaz Serna, Francisco Javier	Universidad Nacional de Colombia	Colombia
Do Prado, Hercules A.	Universidade Católica de Brasília	Brasil
Escandón, Alejandro	Transparent-Blue	Colombia
Ferneda, Edilson	Universidade Católica de Brasília	Brasil
Figueroa, Rafael	Instituto Tecnológico de Sonora	México
Fombona Cadavieco, Javier	Universidad de Oviedo	España
Fonseca, David	Universitat Ramon Llull	España
Franca, Tanos	Instituto Militar de Engenharia	Brasil
Francisco, Casimiro	Instituto Superior de Gestao	Portugal
García, Armando	Instituto Tecnológico de Sonora	México
García, Marco	Universidad Politécnica de Pachuca	México
Giraldo, Jorge	Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	Colombia
Giraldo, Olga Lucia	Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito	Colombia
González, Guillermo	Universidad de Medellin	Colombia
González, Gustavo	Universidad Tecnológica Nacional	Argentina
González, Nancy	Colegio Universitario de Los Teques Cecilio Acosta	Venezuela
González Posadas, Vicente	Universidad Politécnica de Madrid	España
Gutiérrez Lagunes, Mario	Universidad Autónoma de San Luis Potosí	México
Hernández Terrazas, Rubén O.	Universidad Politécnica de Pachuca	México
Hinestroza, Santo	Instituto Tecnológico Metropolitano	Colombia
Hurtado, Dougglas	Fundación Universitaria San Martín	Colombia
Isaza Echeverry, Gustavo	Universidad de Caldas	Colombia
Jhoncon Kooyip, Jorge Hugo	Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle	Perú
Jiménez Betancourt, Ramón	Universidad de Colima	México
Jiménez Builes, Jovani Alberto	Universidad Nacional de Colombia	Colombia
Juárez Toledo, Carlos	Universidad Autónoma del Estado de México	México
Lara Ledesma, Benjamín	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo	México
Lázaro, Mariano	Universidad de Cantabria	España
Leal, Aurely	Universidad del Zulia	Venezuela
Leguizamón Páez, Miguel Á.	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Colombia
López Sánchez, Máximo	Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico	México
López-Villalobos, José de J.	Instituto Tecnológico de Nuevo León	México
Macias Calleros, Enrique	Universidad de Colima	México
Magadán Salazar, Andrea	Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico	México

Manjarrés, Roberto	Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	Colombia
Martínez Carrillo, Irma	Universidad Autónoma del Estado de México	México
Martins, Fábio C.	Universidade Estadual de Londrina	Brasil
Mayorga, Manuel A.	Escuela Colombiana de Carreras Industriales	Colombia
Medeiros de Souza, Carlos H.	Universidade Estadual do Norte Fluminense	Brasil
Mora Romero, Diego F.	Universidad Cooperativa de Colombia	Colombia
Moraes de Almeida, Fabrício	Programa de Doutorado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente- PGDRA/Fundação Universidade Feder	Brasil
Morales Garfias, Jorge	Universidad Autónoma de Baja California	México
Morín Castillo, María M.	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	México
Muñoz Aguirre, Evodio	Universidad Veracruzana	México
Muñoz Pacheco, Jesús Manuel	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	México
Olmos, Monique	Universidad de Antofagasta	Chile
Ortiz Hernández, Javier	Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico	México
Pantoja, Jenny	Universidad del Zulia	Venezuela
Pereira, Fábio Dacêncio	Centro Universitário Eurípides de Marília	Brasil
Pérez Lara, Carlos	Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico	México
Pernalete, Doris	UNEFM	Venezuela
Pinto Cribb, Sandra L. de S.	Centro Universitário Plínio Leite	Brasil
Puente, Eduardo	Universidad de Cantabria	España
Ramirez Ascheri, Jose Luis	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	Brasil
Reyes Orozco, Miguel Ángel	Universidad Pontificia Bolivariana	Colombia
Rios, Paul	Instituto Tecnológico Metropolitano	Colombia
Rodríguez Baena, Luis	Universidad Pontificia de Salamanca	España
Rodríguez Calderón, Wilson	Universidad de La Salle	Colombia
Rodríguez Haro, Fernando	Universidad de Colima	México
Rojas López, Miguel David	Universidad Nacional de Colombia	Colombia
Rovarini, Pablo César	Universidad Nacional de Tucumán	Argentina
Rubiolo, Mariano	Universidad Tecnológica Nacional	Argentina
Sánchez, Germán	Universidad del Magdalena	Colombia
Sandoval Carrillo, Sara	Universidad de Colima	México
Santarem Segundo, José E.	Universidade de São Paulo	Brasil
Sánz-Martín, Araceli	Universidad de Guadalajara	México
Sosa, Mabel	Universidad Nacional de Santiago del Estero	Argentina
Stump, Sandra M. D.	Universidade Presbiteriana Mackenzie	Brasil
Timarán, Ricardo	Universidad de Nariño	Colombia
Tito Humpire, Juan Manuel	Universidad Nacional de Juliaca	Perú
Torres, Jonás	Universidad Autónoma Chapingo	México
Trevisan, Emílio	Universidade Estadual de Ponta Grossa	Brasil
Vargas Martìnez, Hector Simòn	Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla	México

Vázquez, Graciela	Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico	México
Victor, Victor Condé Guedes	Faculdade Estácio de Sá - Juiz de Fora	Brasil
Villalobos de Alba, Ángel A.	Universidad Autónoma de Zacatecas	México
Villareal López, Edwin	Universidad Manuela Beltrán	Colombia
Wöhler, Otto Cristian	INIDEP	Argentina
Zamora, Rafael	Universidad Autónoma Chapingo	México

PRESIDENTE HONORARIO
Freddy Malpica

PRESIDENTE
Jorge Baralt

PRESIDENTE DEL COMITÉ DE PROGRAMA
Nagib Callaos

PRESIDENTE COMISIÓN ORGANIZADORA
Belkis Sánchez

GERENTE DE PRODUCCIÓN DE LAS MEMORIAS EN PAPEL
María Sánchez

GERENTE DE PRODUCCIÓN DE LAS MEMORIAS EN CD
Juan Manuel Pineda

DESARROLLO, MANTENIMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS
Dalia Sánchez (Coordinadora)
Keyla Guédez

ASISTENTE DE OPERACIONES
Marcela Briceño

HELP DESK
Juan Esqueda

ORGANIZADA POR
International Institute of Informatics and Systemics: IIIS
www.iiis.org
(Miembro de la International Federation for Systems Research, basada en Viena)

Undécimo Simposium Iberoamericano en Educación, Cibernética e Informática: SIECI 2014
en el contexto de la
Décima Tercera Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática: CISCI 2014

PRESIDENTES

Andrés Tremante
Friedrich Welsch

COMITÉ DEL PROGRAMA

Presidentes: José Vicente Carrasquero (Venezuela)
Ángel Oropeza (Venezuela)
Jorge Baralt (Venezuela)

Alonso, María de los Á.	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	México
Alves de Oliveira, Carloney	Universidade Federal de Alagoas	Brasil
Ariati, Adriana	Universidade Tecnológica Federal do Paraná	Brasil
Ayuga, Esperanza	Universidad Politécnica de Madrid	España
Barajas, Cintia	Universidad Politécnica de Madrid	España
Bernardino de Campos, Gilda H.	Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro	Brasil
Berzal, Miguel	Universidad Politécnica de Madrid	España
Borsoi, Beatriz Terezinha	Universidade Tecnológica Federal do Paraná	Brasil
Botero Tabares, Ricardo de J.	Tecnológico de Antioquia	Colombia
Campos Rodríguez, Javier A.	CAVA Investigación Psicología Integral, A. C.	México
Casanova del Ángel, Francisco	Instituto Politécnico Nacional	México
Castillo, Iliana	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	México
Cid, Jaime	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	México
Cribb, André Yves	Embrapa Agroindústria de Alimentos	Brasil
Ezquerro, José Miguel	Universidad Politécnica de Madrid	España
Fernández, José Javier	Universidad Politécnica de Madrid	España
Fernández Jiménez, Consuelo	Universidad Politécnica de Madrid	España
Gómez Fuentes, María del C.	Universidad Autónoma Metropolitana	México
González, Betsabe del C.	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso	Chile
González Carrasco, Israel	Universidad Carlos III de Madrid	España
Grande Ortiz, María Á.	Universidad Politécnica de Madrid	España
Jimenez Peña, María de Los D.	Universidade Presbiteriana Mackenzie	Brasil
Juárez Pascual, Camerino	Universidad Autónoma del Estado de México	México
Lapuerta, Victoria	Universidad Politécnica de Madrid	España
López Cuadrado, José L.	Universidad Carlos III de Madrid	España
Martínez, Ana B.	Universidad Central de Venezuela	Venezuela
Martínez, Verónica	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	México
Muñoz, Yira	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	México
Muriel, Concepción	Universidad de Cádiz	España

Pérez-Bustamante, Guillermo	Universidad de Oviedo	España
Pérez-Soltero, Alonso	Universidad de Sonora	México
Ramos, Elisabeth M.	Pontificia Universidad Católica de Chile	Chile
Ribeiro Gonçalves, Fernando	Universidade do Algarve	Portugal
Rocha Silva, María A.	Universidad de Colima	México
Rodríguez, Jacobo	Universidad Politécnica de Madrid	España
Rodríguez Martín, Alejandro	Universidad de Oviedo	España
Rosas-Sánchez, María E.	Instituto Politécnico Nacional	México
Silva Belazi, Renato	Universidade Tecnológica Federal do Paraná	Brasil
Taborda Blandón, Gabriel	Tecnológico de Antioquia	Colombia
Tevar Sánz, Gonzalo	Universidad Politécnica de Madrid	España
Torres, Alezandra	Universidad de La Laguna	España
Valadez Olguin, Rosa G.	Universidad Nacional Autónoma de México	México
Vidal, Juan Manuel	Universidad de Cádiz	España

REVISORES ADICIONALES

Aquino, Beatriz	Educ.ar	Argentina
Araujo, Doris	Universidad Rafael Belloso Chacín	Venezuela
Araujo Pinto, Álvaro	Universidad Politécnica de Madrid	España
Bada Rubim, Ligia C.	Senac São Paulo	Brasil
Bastién Montoya, Mauricio G.	Universidad Autónoma Metropolitana	México
Begosso Alves, Fabiany P.	União Educacional do Médio Oeste Paranaense Ltda	Brasil
Benito Gómez, Manuel	Universidad del País Vasco	España
Bianconcini de Almeida, Maria E.	Pontifícia Universidade Católica de São Paulo	Brasil
Bittencourt, Evandro	Universidade da Região de Joinville	Brasil
Bortolozzi, Flavio	Centro Universitario de Maringa	Brasil
Braga Garcia, Tânia Mª	Universidade Federal do Paraná	Brasil
Caldeira, Carlos	Universidade de Évora	Portugal
Calderón, Dolores	Universidad de Murcia	España
Cárdenas López, María G.	Universidad Nacional Autónoma de México	México
Carrasco, Selin	Universidad Futura	Argentina
Carreto, Chadwick	Instituto Politécnico Nacional	México
Cazenave, Silvia	Pontificia Universidade Católica de Campinas	Brasil
Cendros, Jesús	Universidad Rafael Belloso Chacín	Venezuela
Covarrubias, Lourdes	Universidad de Colima	México
Cristóbal Salas, Alfredo	Universidad Veracruzana	México
de Assis França, Celia da Conceição	Universidade de Évora	Brasil
De la Fuente Arias, Jesús E.	Universidad de Almería	España
De León Reyes, Félix A.	Universidad Pedagógica Nacional (Unidad Ajusco), Distrito Federal	México
de Medeiros, Luciano Frontino	Centro Universitario Internacional	Brasil
Domínguez Hernández, José A.	Universidad Nacional Autónoma de México	México

Dorsa, Arlinda Cantero	Universidade Católica Dom Bosco	Brasil
Dos Reis Soeira, Elaine	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas	Brasil
Edel Navarro, Rubén	Universidad Veracruzana	México
Fabregat Fillet, Jaime	Universitat Politècnica de Catalunya	España
Fernandes Bicudo, Silene	Universidade do Vale do Paraíba	Brasil
Fernández Sánchez, Néstor	Universidad Nacional Autónoma de México	México
García, María Jesús	Universidad Politécnica de Madrid	España
García García, Gabriela	Universidad de Manizales	Colombia
García López, Alfonsa	Universidad Politécnica de Madrid	España
Gobbi, María Cristina	Universidade Estadual Paulista	Brasil
Gómez Aparicio, Pilar	Universidad Complutense de Madrid	España
González Mariño, Julio César	Universidad Autónoma de Tamaulipas	México
Gordillo, Susana	Universitat de Barcelona	España
Guerra Genskowsky, Lautaro	Universidad Técnica Federico Santa María	Chile
Guimaraes, Isac Pimentel	Universidade Federal da Bahia	Brasil
Hernández Franco, Carlos	Universidad Politécnica de Valencia	España
Herrera, Mirella	Universidad de Carabobo	Venezuela
Jaramillo López, Carlos M.	Universidad de Antioquia	Colombia
Juárez Pascual, Camerino	Universidad Autónoma de México	México
Lazilha, Fabrício Ricardo	Centro Universitário de Maringá	Brasil
Leiva Olivencia, Juan J.	Universidad de Málaga	España
Licea de Arenas, Judith	Universidad Nacional Autónoma de México	México
Llanos Ortiz, Marianela	Universidad Arturo Prat	Chile
López, Máximo	Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico	México
Marques, Deividi Marcio	Universidade Federal de Uberlandia	Brasil
Martínez, Cynthia	Universidad del Zulia	Venezuela
Mas, María Rosa	Universidad Médica de La Habana	Cuba
Medina, Alberto	Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos	Cuba
Medronho Naumann, Claudia	Universidade Federal do Rio de Janeiro	Brasil
Miranda, Luisa	Instituto Politécnico de Bragança	Portugal
Miskinis Salgado, Tania D.	Universidade Federal do Rio Grande	Brasil
Montezuma, Malege A.	Universidad Metropolitana	Colombia
Montoyo, Andrés	Universidad de Alicante	España
Moreno Campdesuñer, Ileana	Universidad Central Marta Abreu de Las Villas	Cuba
Muñoz, Olga Beatriz	Universidad de Los Andes	Venezuela
Navarro, Helio Aparecido	Universidade de São Paulo	Brasil
Negri Filho, Paulo	Centro Universitário Internacional Uninter	Brasil
Oliveira, Yara	Universidade Presbiteriana Mackenzie	Brasil
Omaña M., Teresa	Instituto Universitario Tecnológico de Ejido	Venezuela
Ortega Navas, María del C.	Universidad Nacional de Educación a Distancia	España
Ortiz Colón, Ana	Universidad de Jaén	España
Peláez Sánchez, José I.	Universidad de Málaga	España
Pereira Fialho, Francisco A.	Universidade Federal de Santa Catarina	Brasil

Pérez Lazo, María C.	Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría	Cuba
Pini, Marta	Universidad Nacional de Tres de Febrero	Argentina
Primera, Nelly	Universidad del Zulia	Venezuela
Quintero Angarita, José R.	Universidad Nacional Ezequiel Zamora	Venezuela
Real García, José J.	Universidad Autónoma de Madrid	España
Rimoldi Rentería, María de J.	Universidad de Guadalajara	México
Rodrigues, José Francisco	Universidade Estadual Paulista	Brasil
Rojas Sola, José Ignacio	Universidad de Jaén	España
Romero E., Gregoria	Instituto Universitario de Tecnología de Valencia	Venezuela
Romero Jeldres, Marcela	Universidad Autónoma de Chile	Chile
Sáenz del Castillo, Andrés Á.	Universidad de Extremadura	España
Sánchez Romero, José L.	Universidad de Alicante	España
Sevilla Hurtado, Lorenzo	Universidad de Málaga	España
Sousa, Joao Artur	Universidade Federal de Santa Catarina	Brasil
Torres Gastelú, Carlos Arturo	Universidad Veracruzana	México
Travieso Rodríguez, José Antonio	Universitat Politècnica de Catalunya	España
Valero, Oscar	Universidad de Las Islas Baleares	España
Vargas Barraza, Juan A.	Universidad de Guadalajara	México
Vega, Omar Antonio	Universidad de Manizales	Colombia
Velasco, Eduardo	Universidad de Granma	Cuba
Vidal Turrubiates, Laura B.	Universidad Juárez Autónoma de Tabasco	México
Vieira de Souza, Marcio	Universidade Federal de Santa Catarina	Brasil
Villegas Saucillo, Jesús	Instituto Tecnológico de Celaya	México
Villegas Zerlin, Solveig Josefina	Instituto Universitario de Tecnología de Valencia	Venezuela

REVISORES ADICIONALES PARA LA REVISIÓN NO-CIEGA

Araújo Barroso, Magali M.	Centro Universitário de Belo Horizonte	Brasil
Arroyave, Margarita	Universidad de Antioquia	Colombia
Barreto, Maribel	Universidad de Antioquia	Colombia
Borges de Souza, Julio	Universidade Estadual Paulista	Brasil
Callejas, Mauro	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia	Colombia
Cardenas Aguirre, Diana María	Universidad Nacional de Colombia	Colombia
Cárdenas Páez, Alfonso	Universidad Pedagógica Nacional	Colombia
Carrasco, Ramón	Universidad de las Ciencias Informáticas	Cuba
Chaparro, Ricardo	Universidad Autónoma de Querétaro	México
Ciudad Ricardo, Febe Ángel	Universidad de las Ciencias Informáticas	Cuba
Corniel, Marla	Universidad Simón Bolívar	Venezuela
Dávila, Amalia	Fundación Universitaria Autónoma de las Américas	Colombia
Dorsa, Arlinda Cantero	Universidade Católica Dom Bosco	Brasil
Gallardo, Mónica	Universidad de Los Lagos	Chile

Garza Gaona, Luis E.	Universidad de Colima	México
Gilon, Christiane	Universitè de Parìs	Francia
Guzmán Acuña, Josefina	Universidad Autónoma de Tamaulipas	México
Hernández Cruz, Macario	Instituto Politécnico Nacional	México
Jaramillo López, Carlos M.	Universidad de Antioquia	Colombia
Medina León, Alberto	Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos	Cuba
Melara Abarca, Reyna Elia	Escuela Superior de Cómputo	México
Moleker, Cristian	Universidad de La Punta	Argentina
Munevar, Pablo Alexander	Universidad Nacional Abierta y a Distancia Colombia	Colombia
Novoa, Ruth	Universidad de La Frontera	Chile
Puerta Faraco, Jhon Jairo	Universidad de Córdoba	Colombia
Quintero, Claudia Victoria	Fundación Universitaria Autónoma de las Américas	Colombia
Rios Caxias da C., Cláudia C.	Universidade Federal de Minas Gerais	Brasil
Romero, Carmen	Universidad de La Costa	Colombia
Romero, Pedro	Universidad de La Costa	Colombia
Rubio, Gustavo	Universidad Cooperativa de Colombia	Colombia
Ruiz Herrera, Santiago	Universidad Nacional de Colombia	Colombia
Sabogal Padilla, Adelmo	Universidad Nacional Abierta y a Distancia Colombia	Colombia
Suárez Rodríguez, Carmen del P.	Universidad Autónoma de San Luís Potosí	México
Tellez Bastidas, Paola Andrea	UNAD	Colombia
Torres, Saulo	Universidad Tecnológica de Pereira	Colombia
Torres Gastelú, Carlos Arturo	Universidad Veracruzana	México

Número de Artículos por País Publicados en estas Memorias

(De acuerdo a los países del primer autor de la ponencia)

País	# Ponencias	%
TOTAL	**56**	**100.00**
México	20	35.71
Colombia	19	33.93
Brasil	11	19.64
España	3	5.36
Argentina	1	1.79
Bolivia	1	1.79
Venezuela	1	1.79

Prólogo

Sistémica, Cibernética e Informática son tres áreas muy relacionadas e integradoras. Sus relaciones, entre sí y a través de sus aplicaciones en la sociedad y en el ámbito corporativo, han venido aumentando paulatinamente e intensificándose continuamente.

La **transdisciplinaridad** común de las tres áreas las caracteriza y las comunica, generando relaciones fuertes entre ellas y con otras disciplinas, y fomentando incrementadas aplicaciones en el ámbito corporativo y en el de los negocios. En las tres áreas se viene operando, cada vez con mayor intensidad, con nuevas formas de pensamiento y de acción. Este fenómeno persuadió al comité organizador a estructurar la Décima Tercera Conferencia Iberoamericana de Sistemas, Cibernética e Informática: CISCI 2014 como una multi-conferencia donde los participantes puedan centrarse en un área, o en una disciplina, y tener la posibilidad, al mismo tiempo, de asistir a conferencias en otras áreas o disciplinas. Este enfoque sistémico estimula la **fertilización cruzada** entre diversas disciplinas, inspirando a especialistas, generando analogías y provocando innovaciones; lo cual, después de todo, es uno de los principios más básicos del movimiento de sistemas y un objetivo fundamental de la cibernética.

CISCI 2014 ha sido organizada y patrocinada por el *International Institute of Informatics and Systemics* (IIIS), miembro de la *International Federation for Systems Research* (IFSR). IIIS es una organización dedicada a contribuir con el desarrollo del Enfoque de Sistemas, con el de la Cibernética, y con el de la Informática, fomentando la combinación de conocimiento y experiencia, pensamiento y acción, para:

a) identificar relaciones **sinérgicas** entre las tres áreas ya mencionadas, y entre ellas y la sociedad;
b) promover relaciones entre las diversas áreas académicas, a través de la **transdisciplinaridad** del enfoque de sistemas;
c) identificar y poner en práctica canales de comunicación entre las diversas profesiones;
d) proporcionar vínculos de comunicación entre las universidades y el mundo profesional, así como con el ámbito corporativo de los negocios y de las organizaciones en general, tanto públicas como privadas, políticas y culturales;
e) incentivar la creación de acuerdos integradores entre diferentes niveles de la sociedad, de la familia y del orden personal;
f) fomentar las investigaciones **transdiciplinarias**, tanto en la teoría, como en las metodologías y en la aplicación de las mismas a problemas concretos.

Estos objetivos de IIIS han orientado los esfuerzos hechos en la organización anual, desde 1995, de la *International Conference on Information Systems Analysis and Synthesis* (ISAS) y de la *World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics* (WMSCI). El éxito logrado en ISAS' 95, en Baden-Baden (Alemania), simbolizado por el premio otorgado por el *International Institute for Advanced Studies in Systems Research and Cybernetics* (Canadá), como el simposio de mejor calidad y más grande en la *5th International Conference on Systems Research, Informatics and Cybernetics*, animó a sus patrocinadores y organizadores a organizar ISAS' 96 en Orlando y a preparar unas

conferencias más generales en Sistemas, Cibernética e Informática (WMSCI' 97) en Caracas (Venezuela); y desde 1998 hasta el presente conferencias anuales WMSCI en Orlando, Florida, EE.UU. El reconocido éxito de estas últimas conferencias animó a los miembros iberoamericanos del comité organizador a organizar las conferencias anuales CISCI desde el año 2002 hasta la actual CISCI 2014.

Muchos miembros de las comisiones organizadoras de estas conferencias han venido participando, desde 1995, en las organizaciones de los eventos anuales de WMSCI y de ISAS, incluyendo a muchos de los que organizaron, en Caracas, la Conferencia Mundial en Sistemas, patrocinada por la UNESCO y por la Federación Mundial de las Naciones Unidas de las Organizaciones de la Ingeniería (WFEO).

En el contexto de CISCI 2014 hemos organizado el Undécimo Simposio Iberoamericano de Educación, Cibernética e Informática: SIECI 2014**,** así como otros temas y eventos especiales. En nombre de los Comités Organizadores extiendo nuestro cordial agradecimiento:

1. a los 135 miembros de los comités de programa de 12 países;
2. a los 366 evaluadores adicionales, de 12 países, que revisaron, en forma **doblemente anónima**, los trabajos que nos fueron enviados; y
3. a los 152 revisores, de 11 países, que evaluaron trabajos en forma **no anónima** y quienes hicieron posible la calidad alcanzada en CISCI 2014, SIECI 2014 y demás eventos. (algunos revisores hicieron tanto evaluaciones doblemente anónimas, como no anónimas). Un total de 518 evaluadores (miembros del Comité de Programa y evaluadores adicionales) de 13 países ayudaron a cuidar la calidad de las ponencias que se aceptaron para su presentación en los respectivos eventos. Extendemos nuestro agradecimiento al cuidadoso trabajo hecho por esos evaluado

Hemos recibido 120 artículos y resúmenes, a ser considerados en cuanto a su aceptación para ser presentados en CISCI/SIECI. En total, 518 revisores (que revisaron al menos un trabajo) hicieron 1166 evaluaciones de esos 120 artículos recibidos, lo cual equivale a un promedio de 9.72 evaluaciones por artículo recibido. ***Todos los autores inscritos en la conferencia han recibido una clave que les dio acceso a las evaluaciones de sus artículos por parte de los revisores que recomendaron las respectivas aceptaciones de los mismos****, así como a los comentarios y a la crítica constructiva que hicieron tales evaluadores.* De esta manera, todos los autores de los artículos de estas memorias han tenido la oportunidad de mejorar la versión final de sus respectivos artículos en base a esas evaluaciones, comentarios y críticas constructivas.

En estas memorias hemos incluido 56 artículos que han sido aceptados para su presentación en la conferencia. Los trabajos que fueron enviados a CISCI/SIECI 2014 han sido cuidadosamente revisados con las restricciones de tiempo del caso, lo cual nos permite una revisión similar a la que se hace en el caso de las revistas especializadas. Esperamos que la mayoría de los mismos aparezcan en una forma más acabada y completa en revistas científicas. Extendemos nuestras felicitaciones a los autores de los artículos publicados en estas memorias por la alta calidad lograda en los mismos.

La tabla siguiente resume los datos arriba mencionados de CISCI 2014 (incluyendo los relativos a SIECI/etc.) junto a las otras conferencias que se realizaron simultáneamente en inglés, en el mismo sitio y durante el mismo tiempo y a cuyas sesiones tendrán acceso todos los participantes de CISCI/SIECI/ 2014

Conferencia	# de trabajos recibidos	# de revisores que han hecho al menos una revisión	# total de revisiones hechas	Promedio del número de revisiones hechas por revisor	Promedio de revisiones hechas por cada trabajo recibido	# de artículos incluidos en las respectivas memorias	% de los trabajos recibidos que han sido incluidos en las respectivas memorias
WMSCI 2014	**167**	**678**	**1052**	**1.55**	**6.30**	**116**	**69.46%**
IMSCI 2014	**90**	**324**	**580**	**1.79**	**6.44**	**48**	**53.33%**
IMETI 2014	**61**	**306**	**605**	**1.98**	**9.92**	**27**	**44.26%**
CISCI 2014	**120**	**518**	**1166**	**2.25**	**9.72**	**56**	**46.67%**
TOTAL	**438**	**1826**	**3403**	**1.86**	**7.77**	**247**	**56.39%**

Extendemos nuestra gratitud a los co-editores de estas memorias, por el arduo trabajo, la energía y el entusiasmo demostrado en la preparación de sus respectivas sesiones. Nuestra inmensa gratitud al profesor Freddy Malpica, ex-Presidente de la Organización Universitaria Interamericana y Ex-Rector de la Universidad Simón Bolívar de Venezuela por tres períodos consecutivos, por su eterna energía, constante estímulo y fraternal solidaridad. Al profesor Jorge Baralt, presidente de esta conferencia, le agradecemos su enérgico dinamismo, sus pro-activos consejos, sus constantes estímulos y su capacidad de convocatoria. Gracias profesor Jorge Baralt por contribuir a esta conferencia con su gran y merecido prestigio internacional.

De igual manera extendemos nuestro más profundo agradecimiento a la profesora Belkis Sánchez por presidir tan brillante y responsablemente al comité organizador, por sus eternos desvelos por elevar la calidad de la conferencia y por el sacrificio académico y personal que hizo para dedicarse de alma y cuerpo a la organización de la conferencia.

Como se sabe, CISCI/SIECI 2014 se organiza en el contexto de la 18th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics (WMSCI 2014) y sus eventos colocados, los cuales comparten las mismos eventos plenarios que se dan en inglés. Es por ello que queremos también extender nuestro agradecimiento a los académicos, investigadores, y profesionales que aceptaron dar los talleres plenarios así como las ponencias de sesiones plenarias. Conservamos el siguiente texto en inglés porque las ponencias plenarias y sus títulos son en inglés. Detalles respecto a los eventos plenarios (resúmenes y CVs breves) se encuentran en el folleto del programa de la conferencia y en la página web http://www.iiis.org/summer2014plenaryevents/

Plenary Workshop, more details (abstracts and short bios) were included in the Conference Program booklet and at http://www.iiis.org/summer2014plenaryevents/

Professor Thomas Marlowe, Seton Hall University, USA, Department of Mathematics and Computer Science, Program Advisor for Computer Science, Doctor in Computer Science and Doctor in Mathematics

Dr. Susu Nousala, Aalto University, Finland, Researcher in Sustainable Design, and Research Fellow at the (Australasian Centre for the Governance and Management of Urban Transport) Faculty of Architecture- Buildi

Plenary Keynote Speakers, more details more details (abstracts and short bios) were included in the Conference Program booklet and at http://www.iiis.org/summer2014plenaryevents/

Professor Leonid Perlovsky, Harvard University and The Air Force Research Laboratory, USA

Professor Shigehiro Hashimoto, Kogakuin University, Japan, Associate to the President and Dean of Admissions Center, Doctor of Engineering and Doctor of Medicine Biomedical Engineering

Professor T. Grandon Gill, University of South Florida, USA, Director of the Doctorate of Business Administration

Dr. Jeremy Horne, President-emeritus, Southwest Area Division, American Association for the Advancement of Science (AAAS), USA

Dr. Karl H. Müller, Director of The Steinbeis Transfer Center New Cybernetics, Vienna, Austria and Professor at the University of Ljubljana, Slovenia

Professor Richard Segall, Arkansas State University, USA, Computer Information Technology

Professor Thomas Marlowe, Seton Hall University, USA, Department of Mathematics and Computer Science, Program Advisor for Computer Science, Doctor in Computer Science and Doctor in Mathematics

Dr. Ronald Styron, University of South Alabama, USA, Director of the Quality Enhancement Plan

Dr. Heidi Ann Hahn, Los Alamos National Laboratory, USA, Director of the Engineering Capability Development, Past President of the International Council of Systems Engineering (INCOSE) Enchantment Chapter

Dr. Robert Cherinka, MITRE Corporation, USA, Senior Principal Information Systems Engineer

Mr. Joseph Prezzama, MITRE Corporation, USA, Lead Communications Engineer, leads the program in support of the Chief Information Officer (CIO) for the United States Special Operations Command (USSOCOM)

Professor Mario Norbis, Quinnipiac University, USA, School of Business

Dr. Marta Szabo White, Georgia State University, USA, Associate Professor, Strategic Management, Director of the Robinson College of Business Honors Program, Director of Study Abroad Programs: Transition Economies and Business Mediterranean Style

Dr. Susan S. Nash, University of Oklahoma, USA, Director of Education and Professional Development, American Association of Petroleum Geologists

Dr. Matthew E. Edwards, Alabama A&M University, USA, Professor of Physics and Former Dean, School of Arts and Sciences

Dr. Russell Jay Hendel, Towson University, USA, Dept of Mathematics

Professor Tomas Zelinka, Czech Technical University in Prague, Czech Republic, Vice-Dean of the Faculty of Transportation Sciences

Dr. Fred Maymir-Ducharme, Executive Architect at IBM, USA, Defense & Space, and Adjunct Professor, University of Maryland University College (UMUC), USA

Dr. Jennifer Styron, University of South Alabama, USA, College of Nursing, Former Research Specialist and Distance Education Coordinator at The University of Southern Mississippi, USA

Associate Professor Adream Blair, University of Wisconsin, USA, College of Design, Architecture, Art and Urban Planning

Dr. Melinda Connor, Langara College- Vancouver Canada, Akamai University in Hilo Hawaii, and Science Advisor for the Spirituals for the 21st century project California State University Dominguez Hills, Former Director of Optimal Healing Research, University of Arizona, USA

Professor Sallyanne Payton, University of Michigan, USA, William W. Cook Professor of Law Emeritus, Professor of Art and Design Emerita University of Michigan Law School- Project Director

Asimismo extendemos nuestro agradecimiento al Ing. Juan Manuel Pineda, Ing. María Sánchez, Ing. Leonisol Callaos, Ing. Dalia Sánchez, TSUs Keyla Guédez, por el soporte en los sistemas computarizados y por la elaboración de las memorias en papel y electrónicas en CD; al Sr. Freddy Callaos por su soporte incondicional y gran preocupación y responsabilidad; y a la Sra. Marcela Briceño y al resto del personal de apoyo y de soporte secretarial, operativo y administrativo.

Profesor Nagib C. Callaos, Ph. D.
Presidente del Comité de Programa de CISCI 2014
www.iiis.org/Nagib-Callaos

CONTENIDO

Contenido

i

Aplicaciones de Informática y Cibernética en Ciencia e Ingeniería

Abreu, Orlando V.; Alvear, Daniel; Cuesta, Arturo; Alonso, Virginia (España): "Métodos de Ajuste y Estimación de las Distribuciones de las Variables Aleatorias de Entrada de los Modelos de Evacuación" 1

Becerra, Guillermo (México): "Un Sistema para Resolver Problemas Relacionados con los Gases Ideales" 7

Correa Espinal, Alexander A.; Gutiérrez Roa, D. Faviana (Colombia): "Simulador para la Enseñanza del Diseño de Experimentos" 13

da Cunha, Elaine F. F.; Ramalho, Teodorico C.; de Assis, Tamiris M. (Brasil): "Aplicação de Estudos de QSAR-4D em Ativadores da Proteína Glucoquinase" 19

Lotero, Andrés M.; Piscal, Carlos M.; Pulido, Oscar D.; Zapata, Paola N.; Martínez, David A. (Colombia): "Desarrollo de una Herramienta Computacional para la Sistematización del Proceso de Diseño Geotécnico en Cimentaciones Profundas Tipo Pilotes" 23

Mota, Thiago Duarte; Freitas, Marcos; Araujo Filho, Carlos Roberto Bastos; Magalhães, Cesar; Moraes, Mario (Brasil): "Sistema de Gerenciamento do Programa Nacional de Dragagem – META 03" 28

Mota, Thiago Duarte; Freitas, Marcos; Araujo Filho, Carlos Roberto Bastos; Magalhães, Cesar; Furtado, Ricardo (Brasil): "Sistema de Gestión de Notas Técnicas Portuarias" 34

Ciencia e Ingeniería de la Computación

López, Héctor; López, Máximo; González, J. Gabriel; Zúñiga, Hiram (México): "Análisis de Trabajos Relacionados para la Presión Arterial Utilizando Dispositivos Móviles Multisensoriales" 40

Martínez, David A.; Lotero, Andrés M. (Colombia): "Monitoreo y Almacenamiento de Información de Variables Corporales en Dispositivos Móviles Usando la Norma IEEE 1073" 45

Orantes Jiménez, Sandra; Zavala Galindo, Alejandro; Vázquez Álvarez, Graciela (México): "Administración de una Oficina sin Papeles Segura y Personalizada para PYMES en México" 51

Orizaga, José A.; Cruz, Ma. Hidalia (México): "Impacto de la Contaminación Radial No Ionizante con IEEE 802.11n" 57

Serna M., Edgar; Serna A., Alexei (Colombia): "Los Métodos Formales en Contexto" 61

Serna M., Edgar; Serna A., Alexei (Colombia): "Perspectiva y Aplicación de los Métodos Formales" 67

Ética, Informática y Cibernética (Info-CibernÉtica 2014)

Acevedo Arango, David; Becerra Arévalo, Jairo A.; Molina Sánchez, David (Colombia): "Comparación entre Códigos de Gobierno Corporativo de las 10 Principales Empresas del Índice S&P MILA 40 y los Principios de Gobierno Corporativo Propuestos por la OCDE" 73

Procesamiento de Imágenes, de Señales Acústicas, Visuales y del Lenguaje

Elizondo Aguilera, Iván; Félix-Beltrán, O.; Cid Monjaraz, J.; Reyes Cortés, F.; Gómez Pavón, L. C.; Ríos Silva, E.; Ayala Raggi, S. (México): "Automatización de Banda Transportadora con Retroalimentación Visual" 80

Martínez, Diana; Ochoa, Alberto; Félix, Ramón; González, Apolinar; Mata, Walter; Escobar, Carlos (México): "Estimación de Distancias Relativas Aplicando Técnicas de Correlación-Cruzada para Aplicaciones de Localización en Interiores" 86

Molina, Valentín *; Vera, Miguel **; Robles, Horderlin V. *; Bejarano, Edwar *; Dávila, Hermann * (* Colombia, ** Venezuela): "Segmentación de los Pulmones Usando Máquinas de Soporte Vectorial en Imágenes de Tomografía Computarizada" 90

Sánchez T., Germán; Leal, Esmeide; Leal, Nallig (Colombia): "Análisis de las Propiedades Geométricas de las Discontinuidades en Nubes de Puntos 3D" 95

Sistemas/Tecnologías de Comunicaciones y Redes y sus Aplicaciones

Becerra-Sánchez, Enriqueta Patricia; Guerrero-Ibáñez, Juan Antonio; Flores-Cortés, Carlos Alberto (México): "Arquitectura Basada en QoS para el Monitoreo de Signos Vitales de Pacientes dentro de un Entorno Hospitalario" 101

Guerrero-Ibáñez, Antonio; Guzmán-Sandoval, Verónica; Flores-Cortés, Carlos; Domínguez Trejo, Benjamín; Meda Lara, Rosa Martha; Torres-Hernández, Jorge (México): *"i-CARE*: Sistema Basado en Tecnologías Emergentes para el Monitoreo Remoto de Variables Fisiológicas del Dolor en Oncología Pediátrica: Estudio Piloto" 106

Sistemas/Tecnologías de Información y sus Aplicaciones

Bertolotti, María Isabel; Liberman, Carlos Damián; Buono, Juan J.; Pagani, Andrea; Gualdoni, Patricia (Argentina): "Requerimientos de Información y Organización de Datos para Evaluar la Sostenibilidad y Viabilidad Económica de la Aplicación del Régimen de Administración por Cuotas Individuales Transferibles de Capturas en la República Argentina" 112

García Perea, Ma. Dolores; Juárez Pascual, Camerino (México): "El Software Libre y Privativo en la Educación en Competencias" 118

Rivera, Jaime; Velázquez, Jaime; Báez, David (México): "Sistema de Información Hidrológica para la Cuenca del Río Santiago, México" 124

Sistemas/Tecnologías de Control y sus Aplicaciones

Aguilar López, Carlos; Gutiérrez Arias, José E. Moisés; Pérez Ramírez, Iván Noé; Flores Mena, José Eladio; Morín Castillo, Ma. Montserrat (México): "Diseño de un Sistema Electrónico para Controlar la Temperatura en un Microclima" 130

De La Cruz, Briyith; Cuellar, Ricardo; Rojas, Ermin; Molina, Valentín; Robles, Horderlin Vrangel (Colombia): "Apropiación de la Tecnología Bluetooth y el Sistema Operativo Android para la Solución de Problemas en Ingeniería Biomédica. Caso de Estudio: Sistema de Transmisión de Señales ECG a Sistema Móvil con Sistema Android vía Bluetooth" 136

Gutiérrez Arias, José E. Moisés; Ponce de León Puig, Nubia Ilia; Flores Mena, J. Eladio; Morín Castillo, Ma. Montserrat (México): "Optimización Dinámica del Enriquecimiento de Dióxido de Carbono para el Cultivo de Tomate en un Microclima" 142

Ochoa, Alberto; Félix, Ramón; Mata, Walter; González, Apolinar; Escobar, Carlos (México): "Desarrollo de una Red Neuronal MLP en VHDL para Aplicaciones de Clasificación de Reflectores Ultrasónicos Empleando Estructuras Sensoriales" 148

Villarreal-Hernández, Hibram A.; Rojas-Estrada, Juan A.; Quintero-Álvarez, Patricia; Sanjuan-Galindo, René (México): "Implementación de un Tractor Virtual para un Robot Móvil con Remolque para Ejecución de Reversa" 154

Sistémica

Tremante M., Panayotis S.; Brea, Ebert (Venezuela): "Ajuste de las Funciones de Pertenencia de Entrada de un Sistema de Control con Lógica Difusa de un Péndulo Invertido mediante el Método de Optimización del Patrón de Búsqueda" 160

Tecnologías de la Información y Globalización Académica

Carreño, Mónica A.; Sandoval, Jesús A.; Estrada, Italia; Hernández, Jesús; Pérez, Azor A. (México): "Prototipo de Videojuego para el Aprendizaje del Uso Apropiado del Teclado" 166

Cerdá Suárez, Luís Manuel (España): "Emociones, Liderazgo y Desempeño del Profesor en el Aula: Una Evidencia Intercultural" 171

Cerdá Suárez, Luís Manuel (España): "¿Todos Buscamos lo Mismo? La Importancia del Diseño de los Sitios Web sobre la Satisfacción de los Estudiantes en sus Tareas Académicas" 177

Dolz, Fátima Consuelo *; Tovar, Edmundo ** (* Bolivia, ** España): "Introducción a la Educación Virtual en Comunidades Indígenas – Jardín Botánico Tumupasa" 183

Giraldo Rendón, Juan Pablo *; Joyanes Aguilar, Luis ** (* Colombia, ** España): "Gobierno Tecnológico Aplicado a la WEB 2.0 en Entidades Educativas" 188

Temas Especiales

Barroso, Leonidas Conceição; Araújo Barroso, Magali Maria de (Brasil): "Estudos Interdisciplinares no Vale do Mucuri – Brasil" 194

Cribb, André Yves (Brasil): "Uma Abordagem Integrativa de Avaliação da Inovação" 200

Mohr Bäuml, Deisy (Brasil): "Alfabetización Ecológica y Sustentable para Personas con Discapacidad" 206

Rojas, Miguel D.; Jiménez, Luis M.; Acevedo, Natalia M. (Colombia): "Diversificación Internacional en Portafolios de Inversión mediante Índices Bursátiles" 210

Rojas, Miguel D.; Acevedo, Natalia M.; Jiménez, Luis M. (Colombia): "Efecto de Variables Macroeconómicas Globales y Locales sobre el Comportamiento del COLCAP" 215

Saucedo Mejía, Sandra; Gutiérrez Díaz de León, Luis Alberto; Ayala López, Alejandro; Lozoya Arandia, Jorge (México): "Metodología para Auditar Bases de Datos Fundamentada en Estándares y Buenas Prácticas" 219

Aplicación de las Tecnologías Educativas

Alencar, Bernardo Jeunon de; Barroso, Leônidas Conceição; Abreu, João Francisco de (Brasil): "Análise de Componentes Principais Aplicada ao Tratamento de Dados Espaciais" 225

González Mariño, Julio C.; Cantú Gallegos, Ma. de Lourdes; Maldonado Mancillas, Jesús A. (México): "Los Foros Virtuales como Estrategia Didáctica en el Contexto de la Reforma Integral de Educación Media Superior en México" 231

Monteiro, Maria da Conceição do N.; Nacif da Costa, Regina Coeli; Villas Bôas, Glauco de Kruse (Brasil): "O Impacto das TIC na Implantação do Laboratório de Observação Socianalítica/LOBS: Aplicação em Biodiversidade, Inovação e Saúde" 237

Munévar, Pablo A. (Colombia): "Entrenador Virtual para el Aprendizaje de Rutinas Motoras, en Personas con Ausencia de un Miembro Superior" 242

Aplicaciones de las Tecnologías de Información y Comunicaciones en Educación y Entrenamiento

Medina Cárdenas, Yurley Constanza; Rico Bautista, Dewar Willmer (Colombia): "La Función Tutorial: Diseño de Estrategias para el Fomento del Aprendizaje Colaborativo en Ambientes Virtuales" 248

Morita Alexander, Adelina; Salcedo Mendoza, Lilia Angélica (México): "Impacto del Curso Virtual Fundamentos de Administración" 254

Peredo Valderrama, I.; Peredo Valderrama, R.; Anaya Rivera, K. (México): "Interacción de Modelos 3D con Realidad Aumentada" 260

Peredo Valderrama, R.; Peredo Valderrama, I. (México): "Propuesta de una Arquitectura Avanzada para Sistemas Tutores Inteligentes bajo el Paradigma de Educación Basada en Web" 266

Sabogal Padilla, Adelmo (Colombia): "Innovaciones Pedagógicas, en B-Learning. Una Experiencia Significativa con Formación de Docentes en el Uso y Apropiación de TIC" 272

Arango, Jaime A. (Colombia): "Aplicaciones de Software para la Didáctica de la Dirección de Producción y Operaciones" 278

Sistemas y Tecnologías Educativas y de Entrenamiento

Rojas, K. (Colombia): "Modelo Sistémico para la Formación de Investigadores Nóveles en Ingeniería" 282

Aplicaciones de Informática y Cibernética en Ciencia e Ingeniería

Ramalho, Teodorico C.; da Cunha, Elaine F. F. (Brasil): "Estudo Teórico do Processo de Reativação da Acetilcolinesterase" 287

Rodríguez Rodríguez, Jorge Enrique (Colombia): "Diagnóstico y Tratamiento de Infecciones de Vías Urinarias en Niños, Basado en Técnicas de Inteligencia Artificial" 292

Sistémica

Cosme da Silva, Rilu Dani; Dutra Moresi, Eduardo Amadeu (Brasil): "Contra-Inteligência: Proposta de um Método para Proteção de Negócios Empresariais" 295

Tecnologías de Computación

Olarte M., Jimmi A.; García C., Ludy A.; Salas R., Roberto E. (Colombia): "Optimización de Inventarios a través de Agentes Inteligentes" 301

Temas Especiales

Castilho Barbosa Pereira, Bruno; Dutra Moresi, Eduardo Amadeu (Brasil): "Aprendizagem Organizacional e Gestão de Projetos" 306

Índice de Autores 313

Métodos de Ajuste y Estimación de las Distribuciones de las Variables Aleatorias de Entrada de los Modelos de Evacuación

Orlando V. Abreu; Daniel Alvear; Arturo Cuesta, Virginia Alonso

Grupo GIDAI – Seguridad contra Incendios – Investigación y Tecnología,
Universidad de Cantabria
Avda. Los Castros, s/n; 39005 Santander (España)
e-mail: abreuo@unican.es, alveard@unican.es,
cuestaar@unican.es, alonsovir@unican.es

RESUMEN

El carácter estocástico intrínseco de los Modelos de Evacuación se omite con frecuencia. Esto conduce a imprecisiones en la caracterización de los resultados de la simulación. El presente artículo analiza y propone métodos de ajuste y estimación de las variables aleatorias de entrada de los Modelos de Evacuación a partir de las muestras de estas variables recopiladas en simulacros o situaciones reales.

El objetivo es disponer de modelos de estas variables que permitan simularlas de manera fácil empleando los métodos de Monte Carlo para obtener características más fidedignas del proceso de evacuación en su conjunto, mediante su simulación estocástica.

Palabras clave: Simulación estocástica, modelos de evacuación.

1 INTRODUCCIÓN

Los Modelos de Evacuación existentes asumen con frecuencia un enfoque determinista, como se constata en [1]. Los pocos que aplican principios de modelado estocástico ocasionalmente permiten el empleo de leyes de distribución empíricas de las variables de entrada, aunque algunos prevén el empleo de leyes conocidas a las que se ajusten las variables.

Es evidente y reconocido el carácter esencialmente aleatorio del proceso de evacuación [2]. Este carácter está motivado principalmente por la aleatoriedad intrínseca de las variables de entrada del modelo (distribución y características psicomotoras de los evacuados, tiempos de pre-movimiento, velocidades de desplazamiento, etc.) Por ello es relevante y acertado el empleo de modelos estocásticos.

Pero para esto se requiere determinar las características de las variables aleatorias de entrada lo cual solo puede realizarse a partir de muestras de ellas obtenidas en experimentos. Aun cuando se conoce que la fiabilidad de los datos obtenidos en experimentos de evacuación es dudosa, estos son en la práctica la única fuente posible, ya que los casos en que se pueden recopilar datos de evacuación de situaciones reales de emergencia son muy infrecuentes.

Teniendo en cuenta que la mayoría de las variables aleatorias de entrada de los Modelos de Evacuación son variables aleatorias continuas, la obtención de sus Funciones de Densidad de Probabilidad (FDP) o sus Funciones de Distribución Acumulativa (FDA) equivalentes, caracterizaría totalmente estas variables y permitiría realizar las simulaciones estocásticas requeridas.

2 AJUSTE O ESTIMACIÓN DE LAS DISTRIBUCIONES.

La obtención de la Función de Densidad de Probabilidad (o la Función de Distribución Acumulada) de una variable aleatoria de entrada de los Modelos de Evacuación, disponiendo de una muestra de valores de esta variable, se puede lograr mediante [3, 4]:

- el ajuste de los datos a una función de densidad conocida, o
- la estimación de la densidad.

Sea:

$$X = x_1, x_2, \dots, x_n \qquad (1)$$

una muestra de *n* valores de una variable aleatoria de entrada *x* dada.

El ajuste de esa muestra a una función de densidad conocida consiste en la aplicación de alguno de las pruebas existentes de bondad de ajuste [5]. Todas ellas presuponen la verificación de la hipótesis estadística H_0, consistente en la afirmación que el conjunto de datos de la muestra no contradice una ley de distribución dada (hipótesis nula) frente a la hipótesis alternativa H_1, que consiste en la aseveración de que los datos no se ajustan a la distribución elegida. Evidentemente se requiere previamente asumir una función de densidad de probabilidad conocida concreta.

Cada prueba de bondad de ajuste presupone el cálculo de un estadístico $\Im$ que dependerá del volumen de la muestra n, de los valores de ella x_i y de la función de distribución concreta a que se quiera ajustar la muestra ($f(x)$ *o* $F(x)$). Se conoce la ley de distribución a que se somete el estadístico $\Im$ cuando la hipótesis H_0 es cierta. Entonces, se acepta H_0, para el caso usual de una región crítica unilateral, si:

$$\Im \leq \Im_{crit}(\alpha) \qquad (2)$$

donde:
$\Im_{crit}(\alpha)$ – valor crítico del estadístico para un nivel de significación α .

En la práctica el nivel de significación α se elige igual a $0.1, 0.05$ *o* 0.01 , lo que equivale a un nivel de confianza $1 - \alpha = 0.9, 0.95$ *o* 0.99 , respectivamente.
Existen pruebas de bondad de ajuste generales para cualquier tipo de densidad de distribución conocida. De ellas las más empleadas son las pruebas Chi Cuadrado de Pearson y de Kolmagorov-Smirnov y el criterio de Cramér-von-Mises. También se hallan pruebas de bondad de ajuste específicas para un tipo de densidad de distribución dada. Las más comunes son las pruebas de normalidad, destinadas para verificas la hipótesis nula de que los datos no contradicen la ley de distribución normal. Entre las pruebas de normalidad más comunes [6] se cuentan las de Shapiro-Wilk, la K^2 de D'Agostino, la de Anderson-Darling, la de Jarque-Bera, la de Lilliefors y otras. Usualmente las pruebas para distribuciones específicas son más potentes que las que sirven para cualquier tipo de distribución.

La estimación de la densidad de probabilidad agrupa a métodos destinados a presentar la densidad de probabilidad empírica, dependiente solo de los datos muestrales concretos [7, 24, 25]. La forma más simple de estimación es mediante el histograma. Sin embargo esta forma presenta como deficiencias que la densidad obtenida es escalonada (no alisada) y que muestra una fuerte dependencia tanto del ancho, como de los puntos de inicio y fin de los intervalos muestrales. Es por ello que también se emplean métodos especiales de estimación que alisan la densidad y la independizan de los puntos de inicio y fin de los intervalos, quedando solo dependiente del ancho de los intervalos muestrales. Entre los métodos de estimación más empleados se encuentran la estimación de la densidad por núcleos (método de las ventanas de Parzen) y diversos algoritmos de agrupamiento incluyendo la cuantificación vectorial.

Considerando, tanto el cuestionamiento de la verosimilitud de los datos de muestras de variables de entrada de Modelos de Evacuación obtenidas en simulacros, como la comodidad y simplicidad de empleo en los modelos de las funciones de densidad de probabilidad conocidas (especialmente para las simulaciones por el método de Monte Carlo), proponemos aplicar inicialmente métodos de ajuste a los datos y , si no se logran ajustar a un tipo conocido (dentro de un conjunto que definiremos) de funciones, proceder a la estimación de la distribución.

El estudio realizado de los datos de variables de entrada de Modelos de Evacuación [1, 8] muestra que usualmente se recurre a la estimación de sus distribuciones. No obstante, los modelos existentes que prevén la posibilidad de introducir la aleatoriedad de estas variables [1] emplean esencialmente tres tipos de distribución: la normal, la normal logarítmica y la uniforme. Es por ello que a continuación proponemos los métodos de ajuste que consideramos deben emplearse para el análisis de los datos de estas variables y su correspondencia con las tres funciones consideradas y a continuación el método que debe utilizarse para la estimación de la distribución en el caso de que no se correspondan a ninguna de ellas.

3 MÉTODOS DE AJUSTE DE LAS DISTRIBUCIONES.

Como se expresó consideraremos los métodos de ajuste para tres funciones específicas: la distribución normal, la normal logarítmica y la uniforme.

3.1 Comprobación de la normalidad.

Del conjunto de pruebas de normalidad, teniendo en cuenta la potencia de ellas, proponemos emplear la prueba K2 de D'Agostino en el caso de muestras cuyo volumen sea superior a 25 datos. En el caso de que $n \leq 25$ consideramos oportuno el empleo de la prueba de Anderson-Darling de normalidad. A continuación resumimos la metodología de ambas pruebas.

La prueba K2 de D'Agostino [9, 10] consiste en lo siguiente:

- Se calcularán las estimaciones muestrales de la asimetría y el exceso por las siguientes expresiones:

  $$\sqrt{b_1} = \frac{\mu_3}{\mu_2^{3/2}} \qquad (3)$$

  donde:

  $\sqrt{b_1}$ - asimetría;

  $$\mu_3 = \mu_3' - 3\mu_1\mu_2' + 2\mu_1^3 \qquad (4)$$

  - momento central de tercer orden;

  $$\mu_k' = \sum_{i=1}^{n} x_i^k \qquad (5)$$

  $$\mu_1 = \frac{1}{n}\mu_1' \qquad (6)$$

  - momento central de primer orden o esperanza matemática muestral;

  $$\mu_2 = \mu_2' - \mu_1^2 \qquad (7)$$

  - momento central de segundo orden o varianza muestral.

  Por otra parte:

  $$b_2 = \frac{\mu_4}{\mu_2^2} \qquad (8)$$

  donde:

  b_2 - exceso;

  $$\mu_4 = \mu_4' - 4\mu_1\mu_3' + 6\mu_1^2\mu_2' - 3\mu_1^4 \qquad (9)$$

  - momento central de cuarto orden.

- Se calculará la asimetría transformada mediante las siguientes fórmulas:

  $$c_1 = \sqrt{b_1}\sqrt{\frac{(n+1)(n+3)}{6(n-2)}}$$

  $$c_2 = \frac{3(n^2+27n-70)(n+1)(n+3)}{(n-2)(n+5)(n+7)(n+9)}$$

  $$c_3 = -1 + \sqrt{2c_2 - 1}$$

  $$c_4 = \frac{1}{\sqrt{\ln(\sqrt{c_3})}}$$

  $$c_5 = \sqrt{\frac{2}{c_3 - 1}}$$

$$Z_1 = c_4 \ln\left(\frac{c_1}{c_5} + \sqrt{\left(\frac{c_1}{c_5}\right)^2 + 1}\right) \qquad (10)$$

- Se calculará el exceso transformado mediante las siguientes fórmulas:
-

$$d_1 = \frac{3(n-1)}{n+1}$$

$$d_2 = \frac{24n(n-2)(n-3)}{(n+1)^2(n+3)(n+5)}$$

$$d_3 = \frac{b_2 - d_1}{\sqrt{d_2}}$$

$$d_4 = \frac{6(n^2-5n+2)}{(n+7)(n+9)}\sqrt{\frac{6(n+3)(n+5)}{n(n-2)(n-3)}}$$

$$d_5 = 6 + \frac{8}{d_4}\left(\frac{2}{d_4} + \sqrt{1 + \frac{4}{d_4^2}}\right)$$

$$Z_2 = \sqrt{\frac{9d_5}{2}}\left(1 - \frac{2}{9d_5} - \sqrt[3]{\frac{1 - 2/d_5}{1 + d_3\sqrt{2/(d_5-4)}}}\right) \qquad (11)$$

- Se calculará el estadístico especial K^2 :

$$K^2 = Z_1^2 + Z_2^2 \qquad (12)$$

- El estadístico K^2 se somete aproximadamente a la distribución χ^2 con 2 grados de libertad. Por tanto, se asume que la muestra no contradice la hipótesis de normalidad si se cumple que:

$$K^2 \le K^2_{crit}(\alpha) \qquad (13)$$

donde:

$K^2_{crit}(\alpha)$ - valores críticos del estadístico K^2 para un nivel de significación α o un nivel de confianza equivalente de $1 - \alpha$.

En la Tabla 1 [7] se muestran estos valores críticos para los niveles de significación más empleados.

α	0.1	0.05	0.025	0.01
$K^2_{crit}(\alpha)$	4.605	5.991	7.378	9.210

Tabla 1. Valores críticos del estadístico K^2 de la prueba de normalidad de D'Agostino.

La prueba de normalidad de Anderson-Darling [14, 15], que proponemos emplear para los casos de muestras con volúmenes iguales o inferiores a 25, consiste en lo siguiente:

- Se ordenará la muestra (1) de menor a mayor y se estandarizará, obteniéndose:

$$Y = y_1, y_2, \dots, y_n \qquad (14)$$

donde:

$$y_i = \frac{x_i - \mu_1}{\sqrt{\mu_2}} \qquad (15)$$

$$y_{i-1} \le y_i$$

- Se calculará el estadístico A^2 por la fórmula:

$$A^2 = -n - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left[(2i-1)\ln\Phi(y_i) + (2(n-i)+1)\ln\left(1 - \Phi(y_i)\right)\right] \qquad (16)$$

donde:

$\Phi(y_i)$ - distribución de probabilidad normal estandarizada.

- La distribución de probabilidad $\Phi(y_i)$ se puede calcular mediante la expresión aproximada [17]:

$$\Phi(y_i) = 1 - Z(y_i)(b_1 t + b_2 t^2 + b_3 t^3 + b_4 t^4 + b_5 t^5) + \epsilon(y_i) \qquad (17)$$

donde:

$$Z(y_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\exp\left[-\frac{y_i^2}{2}\right] \qquad (18)$$

- función de densidad normal estandarizada.

$$t = \frac{1}{1 + p y_i}$$

$p = 0.2316419$ $\quad b_3 = 1.781477937$
$b_1 = 0.319381530$ $\quad b_4 = -1.821255978$
$b_2 = -0.356563782$ $\quad b_5 = 1.330274429$

$$|\epsilon(y_i)| < 7.5 \times 10^{-8}$$

$$0 \le y_i < \infty$$

- Se calcula el estadístico A^{*2} de Anderson-Darling:

$$A^{*2} = A^2\left(1 + \frac{4}{n} - \frac{25}{n^2}\right) \qquad (19)$$

- Si se cumple que:

$$A^{*2} \le A^{*2}_{crit}(\alpha) \qquad (20)$$

se acepta la hipótesis de normalidad de la muestra.

donde:

$A^{*2}_{crit}(\alpha)$ - valores críticos del estadístico para un nivel de significación α. Estos valores se muestran en la Tabla 2 [14].

α	0.1	0.05	0.025	0.01
$A^{*2}_{crit}(\alpha)$	0.632	0.751	0.870	1.029

Tabla 2. Valores críticos del estadístico A^{*2} de la prueba de normalidad de Anderson-Darling.

3.2 Comprobación del carácter normal logarítmico de la muestra.

El carácter normal logarítmico de la muestra se puede comprobar con las mismas pruebas propuestas para verificación de la normalidad, teniendo en cuenta que si una muestra se ajusta a la distribución normal logarítmica, la transformación:

$$y_i = \ln(x_i) \qquad (21)$$

provoca que y_i se someta a la ley normal.

Por ello, si aplicando las pruebas K2 de D'Agostino o de Anderson-Darling, según corresponda por el volumen de la muestra ($n > 25$ o $n \leq 25$) , resulta que la muestra transformada acorde con (21) no contradice la distribución normal, podremos afirmar que la muestra original x_i no contradice la distribución normal logarítmica

3.3 Comprobación de la uniformidad de la muestra.

Para la comprobación de la uniformidad se propone emplear la prueba modificada de Anderson-Darling propuesta en [1]. Esta prueba consiste en lo siguiente:

- A partir de la muestra original (1) se obtiene una muestra estandarizada mediante la expresión:

  $$v_i = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \qquad (22)$$

  donde:
  x_{min} , x_{max} – valores mínimo y máximo de la muestra, respectivamente.

- Se obtiene una muestra y_i tal que:

  $$y_i = v_i : v_{i-1} \leq v_i \qquad (23)$$

  o sea, será la misma muestra v_i ordenada de menor a mayor.

- Se calcula el estadístico A^2 por la fórmula:

  $$A^2 = -n - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}[(2i-1)\ln y_i + (2(n-i)+1)\ln(1-y_i)] \qquad (24)$$

- Si se cumple que:

  $$A^2 \leq A^2_{crit}(\alpha) \qquad (25)$$

  se asume la uniformidad de la muestra para un nivel de significación α. Los valores críticos de este estadístico se muestran en la Tabla 3.

α	0.1	0.05	0.025	0.01
$A^2_{crit}(\alpha)$	1.933	2.492	3.070	3.880

Tabla 3. Valores críticos del estadístico A^2 de la prueba de uniformidad modificada de Anderson-Darling.

4 MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE LAS DISTRIBUCIONES.

Si los datos de las muestras de variables aleatorias de entrada de los Modelos de Evacuación no pueden ajustarse a ninguna de las funciones de distribución propuestas, debe procederse a la estimación de dicha función. Al proponer un método de estimación no debemos olvidar los problemas ya planteados de verosimilitud de los datos primarios así como la necesidad de obtener fórmulas simples de estimación de las funciones de densidad o distribuciones de probabilidad, que faciliten su empleo posterior en simulaciones de Monte Carlo. Por ello hemos obviado los métodos de estimación que apuestan por el alisamiento de las distribuciones y proponemos emplear los histogramas y la aproximación lineal por tramos de la Función de Distribución Acumulativa.

4.1 Estimación mediante el histograma.

- A partir de la muestra original (1) se obtiene una muestra ordenada de menor a mayor:

  $$Y = y_1, y_2, \ldots, y_n \qquad (26)$$

  Evidentemente:
  $y_{min} = y_1$ - valor mínimo de la muestra;
  $y_{max} = y_n$ - valor máximo de la muestra;
  $R_n = y_{max} - y_{min}$ - rango de la muestra.

  - Se determina el ancho adecuado del intervalo muestral h , mediante la regla de Freedman y Diaconis:

  $$h = \frac{2(IQR)}{\sqrt[3]{n}} \qquad (27)$$

  donde:
  $IQR = y_{l2} - y_{l1}$ - rango intercuartil;
  $l1 = \lceil 0.25n \rceil$ - cuartil inferior;
  $l2 = \lceil 0.75n \rceil$ - cuartil superior;
  $\lceil \mathbb{R} \rceil$ - función techo.

- Se definen la cantidad de intervalos muestrales N y el valor inicial del primer intervalo muestral y_{Hmin} :

  $$N = \left\lceil \frac{R_n}{h} \right\rceil \qquad (28)$$

  $$y_{Hmin} = y_{min} - \frac{Nh - R_n}{2} \qquad (29)$$

- Se determina la cantidad de muestras que cae en cada intervalo muestral k_i:

  $$k_i = Count[\forall y_i : y_{Hmin} + (i-1)h \leq y_i < y_{Hmin} + ih] \qquad (30)$$

  donde:
  $i = [1, N]$
  $Count[L]$ – cantidad de elementos en el conjunto L .

- Se define la altura del histograma para cada intervalo muestral H_i :

  $$H_i = \frac{k_i}{nh} \qquad (31)$$

4.2 Estimación mediante aproximación lineal por tramos.

- Se procede a obtener una muestra ordenada$Y$, como la representada en la expresión (26).

- La Función de Distribución Acumulativa vendrá dada por la expresión:

$$F(y) = \begin{cases} \frac{y - y_1}{n(y_2 - y_1)} + \frac{0.5}{n} & y_0 \le y \le y_2 \\ \frac{y - y_i}{n(y_{i+1} - y_i)} + \frac{i - 0.5}{n} & (y_i \le y \le y_{i+1}) \wedge (2 \le i \le n-1) \\ \frac{y - y_{n-1}}{n(y_n - y_{n-1})} + \frac{n - 1.5}{n} & y_{n-1} \le y \le y_f \end{cases} \quad (32)$$

donde:

$$y_0 = y_1 - 0.5(y_2 - y_1)$$
$$y_f = y_{n-1} + 1.5(y_n - y_{n-1}) \quad (33)$$

5 COMPROBACIÓN DE LOS MÉTODOS.

Para la comprobación y ulterior aplicación de los métodos de ajuste y estimación propuestos se ha desarrollado un programa en Microsoft Visual C# 2008 Express Edition sobre tecnología .NET Framework 3.5 SP1. Este programa permite recibir los datos de la muestra a partir de un archivo de texto (*.txt) donde los datos estén relacionados en columna. A partir de ellos y de elegir el nivel de significación deseado del ajuste (α = 0.1, 0.05, 0.025, 0.01), de determina si la muestra se ajusta a las distribuciones normal, normal logarítmica, uniforme o a ninguna de ellas. En este último caso se realiza la estimación de la distribución mediante su histograma.

El programa, además de la decisión de si la muestra se ajusta a alguna de las tres distribuciones previstas o requiere ser estimada, brinda los valores muestrales de la esperanza matemática, la desviación estándar, el exceso y la asimetría. En el caso que la muestra se ajuste a la distribución normal logarítmica se brindarán adicionalmente los valores de la esperanza matemática y la desviación estándar de la distribución normal generatriz. Si la muestra resultase que no contradice la distribución uniforme se brindarán además los valores extremos (inferior y superior) de dicha distribución. Cuando la muestra requiera ser estimada el programa ofrecerá además, la cantidad de intervalos muestrales del histograma, su ancho, el valor mínimo del primer intervalo muestral y la cantidad de valores de la muestra que corresponden a cada intervalo muestral. Adicionalmente se mostrará gráficamente el histograma.

Para la verificación y validación del programa elaborado se generaron por el Método de Monte Carlo 16 muestras de diferentes volúmenes correspondientes a las funciones de distribución normal, normal logarítmica, uniforme y exponencial. Esta última se empleó para constatar la necesidad de estimación por ser radicalmente diferente de las tres primeras. En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos.

Muestra	**Volumen**	**Normal**		**Lognormal**		**Uniforme**		**Estimación**	
		α=.05	α=.1	α=.05	α=.1	α=.05	α=.1	α=.05	α=.1
Normal	15	x	x	x	x	x			
	25	x	x	x	x	x			
	100	x	x	x	x				
	300	x	x						
Lognormal	15			x	x				
	25			x	x				
	100			x	x				
	300			x	x				
Uniforme	15	x	x	x	x	x	x		
	25			x		x	x		
	100					x	x		
	300					x	x		
Exponencial	15			x	x				
	25							x	x
	100							x	x
	300							x	x

Tabla 4. Ajuste o estimación de diferentes muestras generadas.

Como se observa de la Tabla, para muestras pequeñas ($n \le 25$) puede darse el caso que esta no contradiga más de una distribución. Tambien se pone en evidencia que para estas muestras de pequeño volumen es mejor emplear el nivel de significación más alto (0.1). Teniendo en cuenta estos resultados, por demás lógicos cuando trabajamos con muestras pequeñas, en el programa se contempla que cuando se satisfaga el ajuste de varias distribuciones y entre ellas este la distribución normal, se asumirá esta como válida. Si se cumpliese el ajuste conjunto de la distribución uniforme y la normal logarítmica, se asumirá la primera.

El programa fue aplicado a las muestras reales de pruebas de tiempos de pre-movimiento reflejados en el Appendix D: Raw Data Collected From Primary Trials de [26]. Los resultados se muestran en las Tablas 5, 6 y 7 y las Figuras 1 y 2. Las Tablas 6 y 7 contienen la información correspondiente a la estimación por histograma de las pruebas 2 y 3, mientras que las Figuras 1 y 2 muestran las Funciones de Distribución Acumulativa (FDA) correspondientes a esas mismas pruebas, aplicando su estimación mediante la aproximación lineal por tramos.

Número de prueba	1	2	3	4	5	6	7
Volumen de la muestra	72	153	348	15	10	33	40
Nivel de Significación asumido	0.05	0.05	0.05	0.1	0.1	0.05	0.05
Distribución a que se ajusta	Normal Logarit.	Estim.	Estim.	Normal	Normal	Normal	Normal
Esperanza matemática	141.2917	101.3660	101.5920	52.2	15.7	60.7879	39.2250
Desviación estándar	63.5945	57.9848	50.4871	18.8545	9.4979	22.2544	15.6229
Asimetría	1.5758	1.1213	0.8841	0.3432	0.1463	0.3416	0.5417
Exceso	7.2065	4.0546	4.3162	2.2468	1.8314	2.0893	4.2950
Esperanza matemática de la normal generatriz	4.8586						
Desviación estándar de la normal generatriz	0.4295						
Cantidad de intervalos muestrales		12	17				
Inicio del histograma		-3.3256	6.5656				
Ancho del intervalo muestral		25.0543	19.0511				

Tabla 5. Resultados del ajuste o estimación de diferentes muestras reales.

Número del intervalo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cantidad de valores	1	22	29	29	33	9	12	9	0	2	5	2

Tabla 6. Resultados del histograma de la Prueba Nº 2.

Número del intervalo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cantidad de valores	14	21	43	75	46	44	28	32	20	12	6	0

	13	14	15	16	17
	3	3	0	0	1

Tabla 7. Resultados del histograma de la Prueba Nº 3.

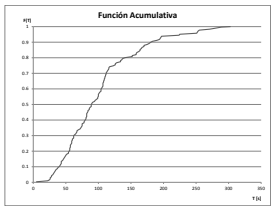


Figura 1. FDA de la Prueba Nº 2.

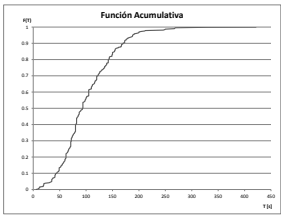


Figura 2. FDA de la Prueba Nº 3.

Los resultados obtenidos, tanto con muestras generadas como con muestras reales, posibilitan confirmar la justeza de los métodos propuestos y computacionalmente instrumentados.

6 CONCLUSIONES

Los métodos de ajuste y estimación propuestos posibilitan el procesamiento estadístico de las variables aleatorias de entrada de los Modelos de Evacuación. Este procesamiento permite la simulación estocástica de los procesos de evacuación a partir de los Modelos elegidos y la generación de las variables aleatorias de entrada por el método de Monte Carlo, empleando las distribuciones ajustadas o estimadas a partir de las muestras de las variables de entrada recogidas en experimentos (simulacros) previos de evacuación y los métodos y el programa propuesto.

Con la simulación estocástica de la evacuación en diferentes escenarios se obtiene una apreciación más realista de los fenómenos que se investiguen.

BIBLIOGRAFÍA

1 Kuligowski, E.D., Peacock, R.D. A Review of Building Evacuation Models. NIST Technical Note 1471. July 2005.

2 Averill J. D., Reneke P., Peacock R.D. Required Safe Egress Time: Data and Modeling. 7th International Conference on Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods. April, 2008.

3 NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods. http://www.itl.nist.gov/div898/handbook (accessed April 13, 2009)

4 StatSoft, Inc. (2007). Electronic Statistics Textbook. Tulsa, OK: StatSoft. http://www.statsoft.com/textbook/stathome.html (accessed April 8, 2009)

5 Wikipedia contributors, Goodness of fit, Wikipedia, The Free Encyclopedia, http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Goodness_of_fit&oldid=281117286 (accessed April 8, 2009).

6 Wikipedia contributors, "Normality test," Wikipedia, The Free Encyclopedia, http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Normality_test&oldid=284929160 (accessed April 14, 2009).

7 Silverman B.W. Density Estimation. Chapman and Hall. London, 1986.

8 Lord, J.; Meacham, B.; Moore, A., et al. Guide for Evaluating the Predictive Capabilities of Computer Egress Models. NIST GCR 06-886. December 2005.

9 Wikipedia contributors, D'Agostino's K-squared test, Wikipedia, The Free Encyclopedia, http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=D%27Agostino%27s_K-squared_test&oldid=277857667 (accessed April 12, 2009).

10 D'Agostino, R. B.; Belanger A.; D'Agostino, R.B.Jr. A Suggestion for Using Powerful and Informative Tests of Normality, The American Statistician, Vol. 44, No. 4: 316-321, Nov., 1990.

11 Hastie T.; Tibshirani, R.; Jerome Friedman, J. The Elements of Statistical Learning. New York: Springer, 2001.

12 Li, Q.; Racine, J.S. Nonparametric Econometrics: Theory and Practice. Princeton University Press, 2007.

13 Parzen E. On estimation of a probability density function and mode, Ann. Math. Stat. 33: 1065–1076, 1962.

14 Anderson, T.W.; Darling, D.A. Asymptotic theory of certain goodness-of-fit criteria based on stochastic processes. Annals of Mathematical Statistics 23: 193-212, 1952.

15 Wikipedia contributors. Anderson-Darling test, Wikipedia, The Free Encyclopedia, http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Anderson%E2%80%93Darling_test&oldid= 280608460 (accessed April 16, 2009).

16 Winitzki, S. A handy approximation for the error function and its inverse. Miscellaneus lecture notes. Arnold Sommerfeld Center for Theoretical Physics. Ludwig-Maximilians University. February 6, 2008.

17 Abramovith, M.; Stegun, I. Handbook of Mathematical Functions. Courier Dover Publications, 1972.

18 Rahman, M.; Pearson, L.M.; Heien, H.C. A Modified Anderson-Darling Test for Uniformity. Bull. Malays. Math. Sci. Soc.(2) 29(1): 11-16, 2006.

19 Shimazaki, H.; Shinomoto, S. A method for selecting the bin size of a time histogram. Neural Computation. Vol 19(6): 1503-1527, 2007.

20 Scott, D.W. On optimal and data-based histograms. Biometrika. Vol. 66(3): 605-610. 1979.

21 Wikipedia contributors, Histogram, Wikipedia, The Free Encyclopedia, http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Histogram&oldid=285539248 (accessed April 17, 2009).

22 Izenman, A.J. Recent developments in nonparametric density estimation. Journal of American Statistical Association, 86(4B): 205-224, 1991.

23 Freedman, D.; Diaconis, P. On the histogram as density estimator: L2 theory. Z. Wahrscheinlickeits-theorie verw. Gebiete 57: 453-476, 1981.

24 MathWorks. Statistics Toolbox - Nonparametric Estimates of Cumulative Distribution Functions and Their Inverses. http://www.mathworks.es/es/help/stats/examples/nonparametric-estimates-of-cumulative-distribution-functions-and-their-inverses.html?prodcode=ST&language=es (accessed June 20, 2013).

25 Hansen, Bruce E. Lecture Notes on Nonparametrics. University of Wisconsin, Spring 2009. http://www.ssc.wisc.edu/~bhansen/718/NonParametrics1.pdf. (accessed June 16, 2013).

26 Gwynne, S.M.V. Notification Effectiveness for Large Groups. The Fire Protection Research Foundation. MA, June 2007.

Un Sistema para Resolver Problemas Relacionados con los Gases Ideales

Guillermo Becerra
Área de Física, Dpto. de Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo
Chapingo, Texcoco, Edo. de México, México. CP. 56230

RESUMEN

En los cursos de termodinámica de bachillerato se estudia la ley de Boyle, de Gay-Lussac y de Charles, al igual que la Ecuación de Estado para describir las características principales de los gases ideales En el presente trabajo se muestra el uso de un sistema que resuelve problemas relacionados con estos temas. Los problemas consisten en proporcionar ciertos datos para obtener los valores de las incógnitas por medio de las ecuaciones correspondientes. El número de datos y de incógnitas, depende del tema que se trate. Para cada tema, el sistema desplegará un conjunto de variables las cuales el usuario podrá escoger las que vayan a utilizarse como datos y las que vayan a considerarse como incógnitas. Después de introducir los valores de los datos del problema correspondiente, el sistema calculará los valores de las incógnitas. El objetivo que se busca con este proyecto es que el usuario pueda comparar los resultados obtenidos al resolver un problema con los resultados calculados por el sistema.

Palabras Clave: Gas Ideal, Boyle, Gay-Lussac, Charles, Ecuación de Estado y de los Gases Ideales.

1. INTRODUCCIÓN

Ley de Gay-Lussac

¿Te has dado cuenta que un globo aerostático se infla con solo calentar el aire contenido en él? ¿O qué una pelota de ping pong abollada, se puede reparar poniéndola en agua hirviendo? Estos fenómenos, nos indican que el aire caliente tiende a expandirse y a contraerse cuando se enfría. Esto se conoce como dilatación. La dilatación, es el cambio de volumen de una sustancia al cambiar su temperatura. La dilatación es la causa de la circulación del aire caliente en los sistemas de calefacción. De la circulación del aire frío en los refrigeradores. Del desplazamiento del humo en las chimeneas. De los vientos. Esto se debe a que asciende el aire caliente al expandirse, y desciende el aire frío al contraerse [5].

Estos hechos nos hacen pensar que al variar la temperatura de un gas y medir su respectivo volumen, encontramos que [1]:

"El volumen de un gas varía proporcionalmente con la temperatura para un proceso en el cual la presión en el gas permanece constante".

Es decir, la gráfica resultante del volumen de un gas en función de su temperatura para un proceso isobárico (presión constante), es una línea recta.

Un hecho aún más interesante se presenta cuando realizamos este experimento bajo las mismas condiciones iniciales de presión, volumen y temperatura pero ahora con un gas diferente. Lo importante es que al graficar el volumen del nuevo gas con su respectiva temperatura observamos que la recta resultante es idéntica a la del gas anterior. Del análisis hecho se puede concluir que:

"Todos los gases se dilatan de igual manera, independientemente de su naturaleza"

La afirmación anterior se puede enunciar de forma equivalente diciendo que todos los gases poseen el mismo coeficiente de dilatación volumétrica.

Además si los experimentos anteriores se hubiesen realizado con un volumen diferente al que ocupaban los gases para la misma presión a una temperatura de cero grados centígrados, tendríamos de nuevo una recta, aunque con diferente inclinación. Esto da pauta para pensar que la inclinación de la recta depende del volumen que tenga un gas para una presión y temperatura determinada. La figura muestra las rectas de los volúmenes de dos gases en función de sus temperaturas. Observe que la recta que representa un mayor volumen del gas a cero grados centígrados, tiene mayor inclinación. Observe también que las rectas mostradas en la figura 1 se cruzan en un punto que se halla sobre el eje horizontal, aproximadamente a la temperatura de $t = -273.16\ ^0C$. Esta temperatura corresponde con la temperatura del cero absolute [7]. Para esta temperatura se dice que teóricamente el volumen del gas sería nulo. Este fenómeno es imposible que se lleve a cabo ya que el gas a temperaturas muy bajas se convertiría en líquido. Sin embargo, no debemos dejar de mencionar que para todos los gases, al variar su volumen con la temperatura en un proceso isobárico, la gráfica resultante será una línea recta que cruce el eje horizontal justo en la temperatura antes señalada. Para deducir completamente la ecuación de una recta, como las que se han mencionado, es necesario y suficiente conocer un par de puntos de esa recta [10]. Por ejemplo, en la recta con menor inclinación que se muestra en la figura, se ubican dos puntos cuyas coordenadas son fácilmente identificables.

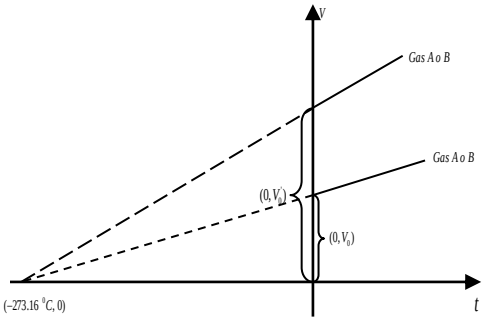


Figura 1. Volumen de un gas en función de su temperatura en un proceso isobárico.

El primero de ellos es el formado por el cruce de la recta y el eje vertical y el segundo, es el formado por el cruce con el eje horizontal. El primer punto tiene como coordenadas $(0, V_0)$ que físicamente representa el volumen del gas a cero grados centígrados. El segundo punto tiene como coordenadas $(-273.16\ ^0C, 0)$ expresándonos que el volumen del gas a esa temperatura es igual a cero.

De esta manera, al conocer las coordenadas de los puntos antes señalados podemos deducir la ecuación que relaciona el volumen del gas con su temperatura. Al tomar un punto arbitrario sobre la recta observamos que las proporciones entre

las diferencias de volumen y las diferencias de temperatura son iguales, es decir:

$$\frac{V-0}{t-(-273.16\ ^0C)}=\frac{V_0-0}{0-(-273.16\ ^0C)} \quad (1)$$

Simplificando, se tiene:

$$V=V_0+V_0\,\gamma\,t=V_0\,\gamma\,(t+273.16\ ^0C) \quad (2)$$

Donde:

$$\gamma=1/273.16\ ^0C=3.66*10^{-3}\ ^0C^{-1} \quad (3)$$

Es decir:

$$V=V_0+\gamma\,V_0\,t \quad (4)$$

Note que el coeficiente que multiplica a la temperatura corresponde al producto del volumen V_0 por el coeficiente de dilatación volumétrico γ, que a su vez este producto representa la pendiente o inclinación de la recta. De esta forma se puede afirmar que la pendiente de la recta depende directamente de estos dos parámetros. Para mayor V_0 se tendrá mayor pendiente de la recta. También concluimos que se puede obtener el valor del cero absoluto y que el valor del cero absoluto no depende del tipo de gas que se use. Es decir, es independiente de la naturaleza del gas.

Note también que V_0 es el término independiente y a su vez representa la longitud que existe entre el origen y el cruce de la recta con el eje vertical.

Como a la temperatura de $-273.16\ ^0C$ el volumen del gas es igual a cero, se ha conformado una nueva escala de temperatura dada por la siguiente ecuación:

$$T=t+273.16 \quad (5)$$

Así, la nueva escala de temperatura es igual a la suma de la temperatura centígrada más 273.16. Esta escala comúnmente se conoce como escala absoluta o escala Kelvin [9].

Al sustituir la ecuación 5 en la ecuación 2, llegamos al siguiente resultado:

$$V=V_0\,\gamma\,T \quad (6)$$

Es decir:

$$\frac{V}{T}=V_0\,\gamma=Const. \quad (7)$$

Para dos volúmenes y temperaturas absolutas diferentes, se tiene:

$$\frac{V_1}{T_1}=V_0\,\gamma=Const. \quad (8)$$

Y

$$\frac{V_2}{T_2}=V_0\,\gamma=Const. \quad (9)$$

Si dos términos son iguales a un tercero, entonces son iguales entre sí. Es decir:

$$\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{P_2} \quad (10)$$

Esta expresión corresponde a la ecuación para la Ley de Gay-Lussac y nos dice que [1]:

"Para dos estados diferentes de un gas dado, el cociente del volumen de un gas entre su respectiva temperatura absoluta permanece constante para un proceso isobárico"

Como consecuencia de esta ley, podemos afirmar lo siguiente:

"Al duplicarse la temperatura absoluta de un gas, también se duplicará su volumen y al disminuir su temperatura absoluta a la mitad, también disminuirá su volumen a la mitad, para un proceso isobárico"

Es por ello que un globo aerostático se infla con solo calentar el aire contenido en él o que una pelota de pingpong abollada se repara colocándola en agua hirviendo o que el aire caliente tiende a subir y el aire frío tiende a bajar, provocando los vientos y la circulación del aire dentro de los refrigeradores y de los sistemas de calefacción.

Ley de Charles

¿A qué se debe que a un neumático se le deba extraer aire cuando su temperatura ha aumentado por estar rodando en un piso caliente? ¿Por qué a los tanques que tienen poco gas se les vacía agua caliente para que aumente la intensidad de la llama producida por el gas? ¿Por qué un balón rebota más en un día soleado que en un día frío? Todo esto está relacionado con el incremento de presión que ejercen los gases al cambiar su temperatura, cuando su volumen permanece constant (proceso isocórico). Esto indica que la presión que ejerce el gas sobre las paredes del recipiente que lo contiene es proporcional a su temperatura [5].

Para saber cómo se relaciona la presión que ejerce un gas con su respectiva temperatura en un proceso de esta naturaleza, pongamos una cierta masa de gas en un recipiente hermético cuyo volumen permanezca constante. Al variar la temperatura del gas y midiendo la presión que ejerce para diferentes temperaturas, observamos que [1]:

"La presión que ejerce un gas sobre las paredes del recipiente que lo contiene, es directamente proporcional a su temperatura, para un proceso en el cual el volumen del gas permanece constante"

Esto nos indica que a mayor temperatura, mayor es la presión que ejerce el gas y a menor temperatura, menor presión.

Al graficar los datos de la presión ejercida por el gas para cada valor de la temperatura, observamos que la gráfica resultante es una línea recta como la mostrada en la figura 2.

Se llega a una conclusión aun más interesante al hacer esta experiencia con la misma masa de un gas diferente. Lo importante es que al graficar, vemos que resulta una recta idéntica a la anterior. De todo este se puede concluir que:

"Todos los gases ejercen la misma presión independientemente de su naturaleza"

La afirmación anterior se puede enunciar de forma equivalente diciendo que todos los gases poseen el mismo coeficiente de compresibilidad.

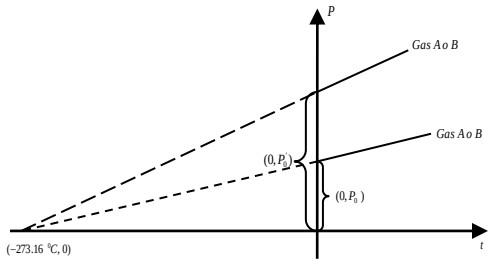


Figura 2. Presión en un gas en función de su temperatura centígrada para un proceso isocórico.

Si los experimentos anteriores se hubiesen hecho bajo las mismas condiciones pero con una masa diferente de gas, obtendríamos de nuevo una recta aunque con diferente inclinación. Esto da pauta para pensar que la inclinación de la recta depende de la presión que tenga un gas para un volumen y temperatura determinada. La figura 2 muestra las rectas de las presiones de dos gases en función de sus temperaturas. Observe que la recta que representa una mayor presión del gas a cero grados centígrados tiene mayor inclinación. Si observó

detenidamente la figura 2 se habrá dado cuenta que las rectas se cruzan en un punto que se encuentra sobre el eje horizontal aproximadamente a $t = -273.16\ ^0C$. Esta temperatura corresponde a la temperatura del cero absoluto [2]. Para esa temperatura se dice que teóricamente la presión en un gas sería igual a cero.

Para deducir la ecuación de la recta que relaciona la presión con la temperatura, solo es necesario conocer un par de puntos [10]. Por ejemplo, en la recta con menor inclinación se ubican dos puntos cuyas coordenadas son fácilmente identificables. El primero es el formado por el cruce de la recta y el eje vertical, y el segundo es el cruce de la misma con el eje horizontal. Las coordenadas del primer punto son $(0, P_o)$ y las del segundo, son $(-273.16\ ^0C, 0)$, que físicamente representan la presión que ejerce el gas a cero grados centígrados y la temperatura a la cual la presión es nula, respectivamente. Al tomar un punto arbitrario sobre la recta observamos que las proporciones entre las diferencias de presión y las diferencias de temperatura son iguales, es decir:

$$\frac{P-0}{t-(-273.16\ ^0C)} = \frac{P_0-0}{0-(-273.16\ ^0C)} \tag{11}$$

Simplificando, se tiene:

$$P = P_0 + P_0\,\gamma\, t = P_0\gamma(t + 273.16\ ^0C) \tag{12}$$

Donde:

$$\gamma = 1/273.16\ ^0C = 3.66*10^{-3}\ ^0C^{-1} \tag{13}$$

Note que el coeficiente que multiplica a la temperatura es igual del producto de la presión P_0 que ejerce el gas a cero grados centígrados por γ que representa el coeficiente de compresibilidad de los gases. De esta forma se puede afirmar que la inclinación de la recta depende directamente de estos dos parámetros. Para mayor P_0 se tendrá mayor pendiente de la recta. También concluimos que se puede obtener el valor del cero absoluto y que el valor del cero absoluto no depende del tipo de gas que se trate Es decir, es independiente de la naturaleza del gas.

Como a la temperatura de $-273.16\ ^0C$ la presión del gas es igual a cero, se ha conformado una nueva escala de temperatura dada por la siguiente ecuación:

$$T = t + 273.16 \tag{14}$$

Así, la nueva escala es igual a la suma de la temperatura centígrada más el término constante. Esta escala comúnmente se conoce con el nombre de escala Kelvin o escala Absoluta.

Sustituyendo la ecuación 11 en la ecuación 9, llegamos al siguiente resultado:

$$P = P_0\gamma\, T \tag{15}$$

Es decir:

$$\frac{P}{T} = P_0\ \gamma = Const. \tag{16}$$

Para dos presiones y temperaturas absolutas diferentes, se tiene:

$$\frac{P_1}{T_1} = P_0\ \gamma = Const \tag{17}$$

Y

$$\frac{P_2}{T_2} = P_0\ \gamma = Const \tag{18}$$

Si dos términos son iguales a un tercero, entonces son iguales entre sí. Es decir:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{P_2} \tag{19}$$

Esta expresión corresponde a la ecuación para la Ley de Charles y nos dice que [7]:

"Para dos estados diferentes de un gas dado, el cociente de la presión que ejerce del gas entre su respectiva temperatura absoluta permanece constante para un proceso isocórico"

Como consecuencia de esta ley, podemos afirmar lo siguiente:

"Al duplicarse la temperatura absoluta de un gas, también se duplicará su presión y al disminuir su temperatura absoluta a la mitad, también disminuirá su presión a la mitad"

Por ello los balones botan más en un día soleado que en un día nublado, porque la presión que ejerce el aire dentro del balón es mayor por tener mayor temperatura. También las llantas están sujetas a mayor presión debido a que se calientan al rodar en un piso caliente. Finalmente, la presión ejercida por el gas en un tanque aumenta al aumentar su temperatura cuando agregamos el agua caliente. Al ejercer mayor presión el gas, tenderá a salir mayor cantidad de masa y con ello aumentar la intensidad de la flama producida por el gas.

Ley de Boyle

¿Te has preguntado por qué los buzos no deben contener la respiración al ascender? ¿O por qué un globo inflado se revienta al comprimirlo? Estos fenómenos, nos indican que el aire disminuye su volumen al aumentar la presión ejercida sobre ellos. Equivalentemente, el volumen del aire aumenta al disminuir la presión en él. Si encerráramos aire o cualquier gas en un cilindro provisto de un pistón móvil, al hacer descender el pistón hasta la mitad de su volumen, se observaría que es necesario duplicar la presión. Si disminuimos el volumen del gas hasta un tercio de su valor original, la presión se debe triplicar. Cuando ocurre un proceso en el cual la temperatura de un sistema se mantiene constante, se dice que tenemos un proceso isotérmico. Robert Boyle fue la primera persona la cual estudió este tipo de procesos. En 1660 observó que si mantenemos constante la masa y la temperatura de un gas, al provocar variaciones en la presión que se ejerce en éste, forzosamente provocaremos variaciones en su volumen [5]. Haciendo mediciones cuidadosas de la presión y el volumen en cada estado del gas, esto es midiendo $P_1, P_2, P_3, etc.$ y sus volúmenes correspondientes $V_1, V_2, V_3, etc.$, se verificó que:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = P_3 V_3 = ... = Const. \tag{20}$$

Es decir:

"Si mantenemos constante la temperatura de una cierta cantidad de masa gaseosa, el volumen del gas será inversamente proporcional a la presión ejercida sobre él"

Los valores de la presión y del volumen pueden trazarse en un gráfico y obtener curvas similares a las de la figura 3.

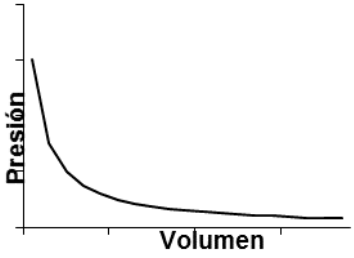


Figura 3. Presión en función del volumen de un gas para un proceso isotérmico.

Ecuación de Estado

Los gases son muy similares a los líquidos debido a que fluyen; por eso se les llaman fluidos. A diferencia de los líquidos, los gases llenan todo el recipiente que los contiene. Un gas ideal o

perfecto es una sustancia imaginaria que se propone para su estudio. Los gases reales a bajas presiones se comportan con mucha aproximación a los gases ideales. Un gas ideal o perfecto es aquel que obedece exactamente la Ley de Boyle a todas las presiones. Una transformación o proceso termodinámico es el mecanismo mediante el cual un sistema cambia de estado, por ejemplo, si el estado está caracterizado por una presión P, un volumen V y una temperatura T, suponiendo que la masa del sistema se mantiene constante, entonces estas magnitudes pueden experimentar variaciones y la variación de una de ellas puede acarrear cambios en las demás, así que en términos generales, una transformación se define como el cambio de estado que sufre un sistema.

La ecuación de estado para un gas ideal establece la relación entre $V, P, n\ y\ T$. Esta relación está dada por [8]:

$$V\,P = n\,R\,T \qquad (21)$$

Donde V es el volumen, P la presión y T la temperatura Kelvin del gas. n es el número de moles del gas y R es la constante universal de los gases.

2. LAS COMPUTADORAS EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

Con las computadoras se pueden crear nuevos escenarios promotores de aprendizaje, que se sumen a los tradicionales, seleccionar información, administrar, procesar, simular, modelar, calcular, acercar a las fuentes de información poniendo siempre en marcha procesos activos de construcción de saberes y permitiendo prácticas significativas reales como simuladas [6]. Son herramientas cognitivas que pueden colaborar con el docente, integrándolas a la realización de experiencias de laboratorio, a la resolución de problemas, entre otros.

La importancia del uso de la computadora es que se pueden desarrollar sistemas que resuelvan problemas, en particular relacionados con la Física. La idea es que el alumno pueda ensayar con diferentes situaciones para que comprenda la esencia del concepto físico que se trate, sin que tenga que necesidad de hacer los cálculos. Estos sistemas ayudan a que el alumno aprenda a diferenciar los datos de las incógnitas en un problema particular [4].

3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

En esta sección describiremos la forma en que se utiliza el sistema. En la figura 4 se muestra la ventana principal del sistema que se elaboró como resultado del proyecto. En esta ventana se muestran tres botones de comando. Uno de ellos corresponde al tema de **Ecuación de Estado**, el otro al de **Ecuación General de los Gases** y finalmente la opción **Sali**r.

Figura 4. Ventana principal del sistema.

Al escoger la opción **Ecuación de Estado** aparecerá otra ventana como la mostrada en la figura 5.

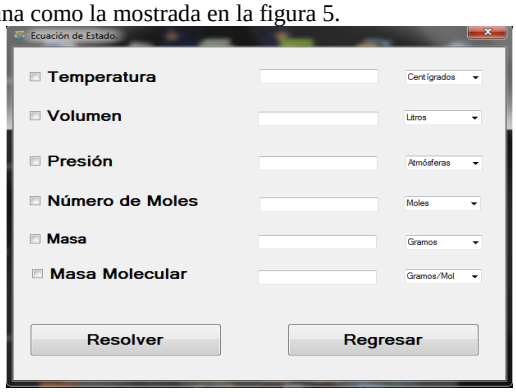


Figura 5. Ventana correspondiente a Ecuación de Estado 1.

En esta ventana se muestran seis opciones: Temperatura, Volumen, Presión, Número de Moles, Masa y Masa Molecular. Para resolver un problema sólo es necesario escoger cuatro de las seis opciones. A manera de ejemplo, considere que se colocan 64 gramos de oxigeno (O_2) a la temperatura de $27\ ^0C$ en un recipiente cuyo volumen es de 2 litros, ¿Cuál será la presión ejercida por el gas?

Como el gas es oxigeno, entonces la masa molecular es de $M_{O_2} = 32\ grs/mol$. Si suponemos que el oxigeno se comporta como un gas ideal, entonces se debe cumplir la ecuación de estado. Al introducir los datos al sistema y marcándolos en la caja de opción correspondiente, observamos que la ventana de la figura 6 mostrará los resultados para este caso.

Figura 6. Solución para los datos introducidos al problema.

El sistema muestra que el número de moles de oxígeno es de $2\ moles$ y que la presión a la que está sujeto el gas es de $P = 24.629\ atm$.

Supongamos ahora que se tienen $1\,600\ litros$ de oxígeno a una presión de $2\ atmósferas$, sujetos a una temperatura de $190\ ^0C$, ¿Cuántos gramos de oxigeno serán?

Al introducir los datos en el sistema y marcándolos en las cajas de opción correspondientes, obtenemos los resultados que se muestran en la ventana de la figura 7.

Observamos que en los resultados mostrados en la figura 7 que el número de moles del oxígeno es de $n = 84.199\ moles$ y que su masa es de $m = 2\,694.37\ gramos$.

Figura 7. Resultados para los datos del problema.

Como siguiente ejemplo, supongamos que se tienen $0.1\ gramos$ de oxígeno a presión y temperaturas normales. ¿Qué volumen ocuparían?

Las condiciones normales a las que se encuentra un gas son: $P = 1\ atm$ y $T = 273\ ^0C$. Como es oxígeno la masa molecular es de $M_{O_2} = 32\ grs/mol$. En consecuencia, al introducir estos datos y hacer click en el botón resolver obtenemos los resultados mostrados en la figura 8.

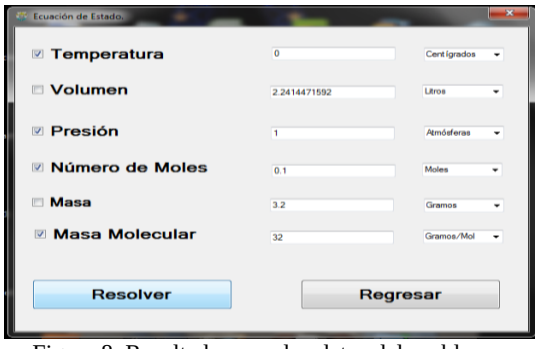


Figura 8. Resultados para los datos del problema.

Por lo tanto, el volumen ocupado por el oxigeno bajo estas condiciones es de $V = 2.24\ litros$ y tiene $m = 3.2\ g$ de masa.

Como ejemplo de ecuación de estado 2, supongamos que se tienen $5\ litros$ de aire a la temperatura de $t = -40\ ^0C$ y una presión $P = 700\ mmHg$. Si la temperatura del aire aumentó hasta $t_2 = 30\ ^0C$ y su presión tomó el valor de $P_2 = 800\ mmHg$, ¿qué volumen ocupará el gas?

Al introducir los datos en el sistema y marcándolos en las cajas

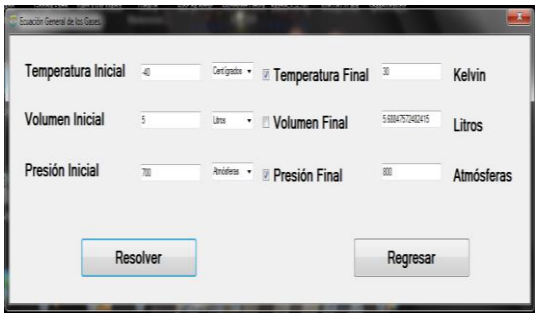


Figura 9. Resultados para los datos del problema.

de opción correspondientes en la ecuación de estado 2, obtenemos los resultados que se muestran en la ventana de la figura 9.

Se observa que el volumen final del gas para estas condiciones es de $V_2 = 5.68\ litros$.

Como siguiente ejemplo se tiene $V_1 = 1\ litro$ de helio a la presión de $P_2 = 2\ atm$ y a la temperatura de $t_1 = 27\ ^0C$ se calienta hasta que la presión y el volumen se dupliquen. ¿Cuál es la temperatura final?

Introduciendo los datos en el sistema y marcándolos en las cajas de opción correspondientes en la Ecuación de Estado 2, obtenemos los resultados que se muestran en la ventana de la figura 10.

Observamos que la temperatura final del helio bajo esta condiciones es de $T_2 = 1200.64\ K$. Note que al duplicar simultáneamente la presión y el volumen del helio, la temperatura absoluta aumenta cuatro veces.

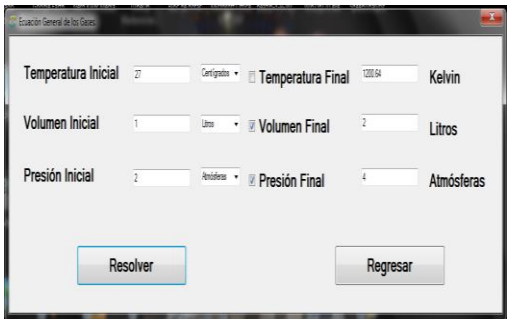


Figura 10. Resultados para los datos del problema.

Como siguiente ejemplo, supongamos que se tienen 40 litros $(V_1 = 40\ litros)$ de oxígeno que se encuentran a una temperatura de $t_1 = 87\ ^0C$ y a una presión de $P_1 = 3\ atm$. ¿Cuál será el volumen del oxigeno cuando su temperatura sea de $t_2 = -3\ ^0C$ y la presión sea de $P_2 = 2\ atm$?

Introduciendo los datos en el sistema y marcando las incógnitas en las cajas de opción correspondientes en la Ecuación de Estado 2, obtenemos los resultados que se muestran en la ventana de la figura 11.

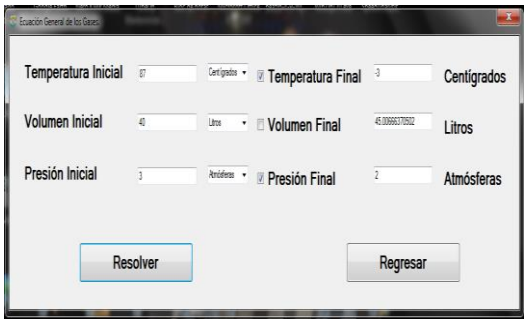


Figura 11. Resultados para los datos del problema.

Observamos que el volumen final del oxigeno bajo esta condiciones es de $V_2 = 45\ litros$.

El Sistema fue desarrollado en Visual Basic 4 [3], que es un lenguaje de alto nivel que hace posible desarrollar programas bajo Windows.

4. CONCLUSIONES

- En muchas ocasiones los problemas que proponen los libros que tratan temas de relacionados con los gases ideales no muestran los resultados. El sistema sirve para que el alumno compruebe o compare los resultados obtenidos con los que calcula el sistema.
- En clase, se puede resolver un problema por medio del profesor y por medio del sistema. Esto motiva al alumno para que compare ambos resultados, los cuales deben ser iguales.
- Cuando el sistema muestra que un problema no tiene solución, se debe analizar el motivo por el cual no se puede resolver. Esto promueve la revisión de los conceptos que se utilizan en la solución de un problema.
- Existen muchos casos de problemas que no contemplan los textos relacionados con estos temas. El sistema cubre mucho más casos que los incluidos en los textos.
- La idea no es que el alumno resuelva los problemas con el sistema sino que los compare con los obtenidos por él.
- Se podrá creer que el sistema puede facilitar la solución de un problema, pero la idea es que se desarrolle la habilidad de diferenciar los datos de las incógnitas.
- Para usuarios con más conocimientos en Gases Ideales sería muy interesante preguntarse cómo el sistema resuelve los problemas.
- El sistema puede ser usado para alumnos de nivel bachillerato y profesional.
- El sistema es una buena herramienta que sirve de apoyo al aprendizaje de la Termodinámica.
- Por su portabilidad el sistema puede ser usado en Educación a Distancia.

5. BIBLIOGRAFÍA

[1] Beltrán V. y Braun E. (1975) *Principios de Física*. México, D. F.: Trillas.
[2] Bueche, F. J. (1990) *Física General*. México, D. F.: McGRAW-HILL.
[3] Ceballos F. J. (1997) *Enciclopedia de Visual Basic 4.* México, D. F.: Alfaomega Grupo Editor.
[4] García, M. T. (2002). La concepción Histórico – Cultural de L. S. Vigotsky en la Educación Especial. *Revista Cubana de Psicología*, Vol.19, No.2. Recuperado de http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacionlogo/historiocultural_de_vigotsky.pdf (27/03/2014).
[5] Hewitt, P. (1995) *Física Conceptual*. México, D.F.: Addison-Wesley Iberoamericana.
[6] Kofman, H. (2003). Estrategias y recursos didácticos con empleo de NTICS en una actualización de profesores de Física. Recuperado de http://www.utn.edu.ar/aprobedutec07/docs/52.pdf (27/03/2014).
[7] Resnick, R. y Halliday, D. (1980) *Física. Vol. I.* México, D.F.: CECSA.
[8] Serway, R.A. (1985) *Física*. México, D.F.: Interamericana.
[9] Tipler, P. A. (1995) *Física*. México, D.F.: Reverté.
[10] Wooton, W.; Beckenbach, E. y Fleming F. (1978) Geometría Analítica Moderna. México, D.F.: Publicaciones Cultural.

Simulador para la Enseñanza del Diseño de Experimentos

Alexander A. CORREA ESPINAL
Departamento de Ingeniería de la Organización, Universidad Nacional de Colombia, alcorrea@unal.edu.co
Medellín, Antioquia, Colombia

D. Faviana GUTIERREZ ROA
Departamento de Ingeniería de la Organización, Universidad Nacional de Colombia, dfgutierrezr@unal.edu.co
Medellín, Antioquia, Colombia

RESUMEN

El presente artículo muestra el desarrollo de un simulador de una fábrica de alimento balanceado para perros desarrollado con lenguaje de programación Visual Basic®, en la versión integrada a la aplicación Excel® de Microsoft Office®, con el fin de proporcionar resultados experimentales a partir de condiciones especificadas por el estudiante, respetando los principios básicos exigidos por el diseño de experimentos y teniendo en cuenta la variabilidad de los materiales, de las condiciones de la máquina, de los métodos de trabajo y de las inspecciones; los cuales afectan naturalmente a las características de calidad de cualquier producto. El Simulador está conformado por tres hojas de cálculo: Bienvenido! Experimento y Resultados, puede emplearse en la versión 2003, 2007 o 2010 de Microsoft Excel® y se utiliza como apoyo pedagógico para la enseñanza de la estadística, mejorando el razonamiento y el entendimiento de conceptos estadísticos del diseño de experimentos en los estudiantes.

Palabras Claves: Diseño de experimentos, simulador de experimentos, enseñanza de la estadística, estadística aplicada.

1. INTRODUCCIÓN

Los estudiantes a menudo asisten a las clases de estadística con la idea preconcebida de que es una asignatura confusa y aburrida [1], la consideran difícil de aprender y no perciben su utilidad [2], pues la juzgan como una especie de arte místico que puede emplearse para ocultar la verdad o para lograr que los datos digan lo que uno desea. Otro aspecto fundamental generador de desmotivación frente a la estadística es la transversalidad de esta asignatura a la mayoría de las disciplinas [3], en las cuales, la habilidad para entender, interpretar y evaluar críticamente los resultados de investigaciones se ha convertido en una competencia esencial [4, 5]. Este hecho se agrava por la gran cantidad de contenidos contemplados en un solo curso, que además de enfocarse de manera general y abstracta, excluye la riqueza práctica de estos conceptos. Por ejemplo, los estudiantes de ingeniería que son más proclives al aprendizaje práctico y orientado al resultado, no perciben la utilidad de estos conceptos en sus formaciones académicas [6].

Considerando que la principal barrera para la enseñanza de la estadística es la abundancia de conceptos abstractos y algunas veces nada intuitivos, es muy importante que los educadores desarrollen nuevas estrategias para motivar a los estudiantes a cultivar la estadística [1] y mejorar su actitud hacia ella [3]; haciendo énfasis en cómo enseñar estadística a grupos de estudiantes heterogéneos tanto en edad como en disciplinas de formación [7] y teniendo en cuenta que, independientemente de cuan claro explique el profesor los conceptos, los estudiantes solo los entenderán, cuando ellos obtengan por sí mismos su significado [8], pues enseñar no es repetir, ni aprender es recordar [2]. Algunos estudios muestran que aunque los estudiantes puedan ser hábiles en sus evaluaciones o desarrollen correctamente sus cálculos, ellos pueden todavía tener los conceptos básicos errados [9].

Entre las estrategias para motivar a los estudiantes se tiene la simulación física, que incluye ejercicios con monedas, dados u objetos que pueden ser manipulados por los estudiantes [10, 11]; evocación de anécdotas relacionadas con el pensamiento estadístico, ya sea por su buen uso o las consecuencias de no haberlo implementado, como por ejemplo las mencionadas por Tufte [12]; historias humorísticas como las de *How to Lie with Statistics* [13]; analogías con situaciones familiares [1, 14]; ilustraciones y simulación computacional entre otras.

Cuando se hace referencia a la simulación computacional, no se refiere solamente al *software* empleado para el análisis estadístico de los datos [15], sino que se amplía al uso que los estudiantes le dan para la creación de modelos para diagnosticar posibles violaciones de supuestos, el uso de números aleatorios para generar muestras y probar modelos, modificar parámetros o simular situaciones [3, 16–18].

La simulación computacional conlleva grandes beneficios como el mejoramiento del razonamiento y el entendimiento de conceptos estadísticos [19–23]; motiva

a los estudiantes, quienes aprenden haciendo [6, 23]; emula situaciones de la vida real [1, 24]; proporciona un contexto sobre el cual se valora la utilidad de la estadística [25]; permite mostrar a los estudiantes aspectos que no pueden ser fácilmente observados en condiciones normales [26] e incluso resuelve los problemas logísticos que muchos profesores enfrentan cuando tienen grupos grandes de estudiantes con los cuales se dificulta la visita a entornos laborales.

Sin embargo, como educadores es importante recordar que la percepción que se tenga de todas las estrategias para transmitir la estadística, incluida la simulación computacional, difiere de la percepción que los estudiantes puedan tener de ellas. En lo posible, se debe acompañar con un instructivo que incorpore todos los detalles para que los estudiantes desarrollen la actividad entendiendo los conceptos sin caer en el mecanicismo [25].

Para la simulación se pueden utilizar hojas de cálculo [3, 27], aunque algunos autores no las consideren adecuadas para este tipo de propósitos [24]. También se puede utilizar programas estadísticos comerciales o cualquier lenguaje de programación. Incluso algunos de los programas permiten incluir animaciones.

2. SIMULADOR PARA LA ENSEÑANZA DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Para complementar la enseñanza del diseño de experimentos se puede recurrir a los simuladores computacionales que permiten a los estudiantes afianzar e interiorizar los conceptos estadísticos impartidos previamente por el profesor en las clases teóricas, evitando incurrir en costos de desplazamiento para visitas a plantas de producción y costos de materiales. Así mismo, se ahorra el tiempo de ejecución porque se evitan los paros en los procesos productivos analizados, entre otras ventajas [28–30].

Es así como los autores proponen el desarrollo y uso de un simulador del proceso de fabricación de alimento balanceado para perros, como apoyo a la aplicación de técnicas de diseño de experimentos, el cual fue desarrollado con lenguaje de programación Visual Basic®, en la versión integrada a la aplicación Excel® de Microsoft Office®, a partir del caso práctico elaborado con fines académicos por Xavier Tort-Martorell, Pere Grima y Lluís Marco.

El Contexto

El simulador recrea una problemática en el proceso de fabricación de alimento balanceado para perros. Para ello se presenta la descripción detallada del proceso productivo, un análisis descriptivo preliminar de la densidad, por ser la variable que se sospecha que tiene mayor influencia en la variabilidad del proceso y por tanto en los defectos que se vienen observando; las conclusiones de dicho análisis; el diagrama de causa-efecto diseñado a partir de la problemática y los factores que inciden directamente sobre la variable respuesta, los cuales se presentan a continuación:

A: Porcentaje de grasa

B: Caudal de alimentación

C: Apertura del plato de restricción

D: Temperatura de entrada

E: Caudal de agua

T: Porcentaje de almidón en las harinas

Finalmente, se incluyen restricciones en la cantidad de pruebas experimentales que pueden realizarse, con el fin de emular la realidad que la mayoría de las fábricas enfrentan.

Los Lineamientos

Después de contextualizar al estudiante sobre la problemática a resolver, se muestran los lineamientos que debe tener en cuenta para alcanzar los mejores resultados con la experimentación, los cuales surgen a partir de los conceptos estadísticos que se pretenden reforzar.

Cada estudiante utiliza el simulador para generar los resultados experimentales de acuerdo con el plan de experimentación que haya definido. Considerando que estos valores son aleatorios, que responden a hipótesis diversas y que surgen de planes experimentales diferentes, cada estudiante tendrá resultados disímiles, lo cual permitirá que puedan interactuar entre ellos sin que exista la posibilidad de plagio y posibilitará la comparación de los resultados obtenidos a partir de las distintas estrategias seguidas por los estudiantes.

Es por ello que la evaluación no se circunscribe al resultado numérico alcanzado, sino que de forma integral se evalúa el enfoque utilizado para abordar el problema, el correcto uso del *software* estadístico para el análisis de los datos obtenidos, la interpretación idónea de los resultados y la validación de los supuestos del modelo empleado.

Código Fuente

Con el fin de dar a conocer aspectos técnicos del desarrollo del simulador, a continuación se presenta el código fuente del mismo.

```
Sub Nuevo()
   Range("E4").Select
   ActiveCell.FormulaR1C1 = "-1"
   Range("D7").Select
   ActiveCell.FormulaR1C1 = "0"
   Range("E10").Select
```

```
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "0"
    Range("E13").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "0"
    Range("E16").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "0"
    Range("D19").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "0"
    Range("H21").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = ""
    Range("I21").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = ""
    Range("J21").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = ""
    Range("K21").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = ""
    Range("L21").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = ""
    Range("M21").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = ""
    Range("N21").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = ""
    Sheets("Resultados").Select
    Range("A44").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = ""
    Range("C2").Select
    Sheets("Experimento").Select
    ActiveSheet.Shapes("Autoforma 55").Visible = True
    ActiveSheet.Shapes("Autoforma 48").Visible = False
    ActiveSheet.Shapes("Autoforma 50").Visible = False
    Range("O26").Select
End Sub

Sub Experimentar()
    Sheets("Resultados").Select
    V = Cells(44, 2)
    If V = 1 Then
        Application.Run "ATPVBAEN.XLA!Random",
ActiveSheet.Range("A44"), 1, 1, 2, , 0, 1
    End If
    If V = 2 Then
        Application.Run "ATPVBAEN.XLAM!Random",
ActiveSheet.Range("A44"), 1, 1, 2, , 0, 1
    End If
    If V = 3 Then
        Application.Run "ATPVBAEN.XLAM!Random",
ActiveSheet.Range("A44"), 1, 1, 2, , 0, 1
    End If
    Sheets("Experimento").Select
    Range("H25:N25").Select
    Selection.Copy
    Range("H21").Select
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _
        :=False, Transpose:=False
    Application.CutCopyMode = False
    ActiveSheet.Shapes("Autoforma 55").Visible = False
    ActiveSheet.Shapes("Autoforma 48").Visible = True
    ActiveSheet.Shapes("Autoforma 50").Visible = True
    Range("O26").Select
End Sub

Sub Almacenar()
    Sheets("Experimento").Select
    A = Cells(21, 8)
    B = Cells(21, 9)
    C = Cells(21, 10)
    D = Cells(21, 11)
    E = Cells(21, 12)
T = Cells(21, 13)
    Y = Cells(21, 14)
    ActiveSheet.Shapes("Autoforma 48").Visible = False
    Sheets("Resultados").Select
    For i = 43 To 3 Step -1
        Ex = Cells(i, 10)
        If Ex = 0 Then
            cc = i
        End If
    Next i
        If cc < 43 Then
            Cells(cc, 4) = A
            Cells(cc, 5) = B
            Cells(cc, 6) = C
            Cells(cc, 7) = D
            Cells(cc, 8) = E
            Cells(cc, 9) = T
            Cells(cc, 10) = Y
        End If
    Range("C2").Select
    Sheets("Experimento").Select
    MsgBox ("Usted ya ha almacenado " & cc - 2 & "
experimentos!")
End Sub
```

Instrucciones para el Uso

A continuación se presentan de forma detallada cómo ejecutar el archivo del Simulador y cada una de las tres hojas de cálculo que lo conforman.

Para iniciar el uso del Simulador se debe abrir el archivo y se deben habilitar los siguientes complementos de Excel®: "*Herramientas para análisis" y "Herramientas para análisis – VBA*".

Figura 1. Hoja de cálculo Bienvenido!
Fuente: Elaboración propia

La hoja de cálculo Bienvenido! (Figura 1) permite seleccionar la versión de Excel® acorde con la que posee en su computador. El Simulador fue diseñado para operar en las siguientes versiones: *Microsoft Excel 2003®, Microsoft Excel 2007® y Microsoft Excel 2010®*. Una vez seleccionada la versión se debe presionar el botón "Comenzar", con el fin de habilitar el Simulador para su operación.

En la hoja de cálculo Experimento (Figura 2), se presentan los factores que pueden ser manipulados en el Simulador y con la ayuda del *mouse* se ingresan sus valores, de acuerdo con el plan experimental definido por el estudiante. Luego se presiona el botón "Experimentar".

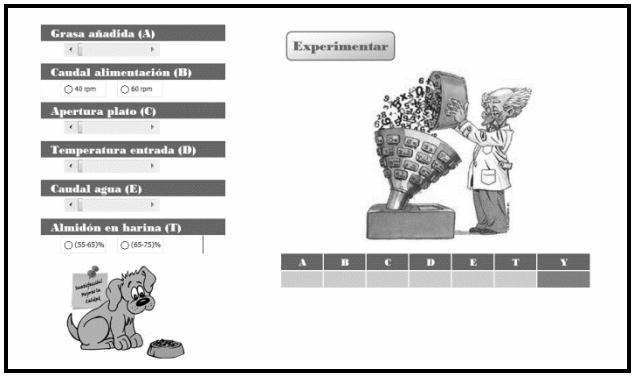


Figura 2. Hoja de cálculo Experimento
Fuente: Elaboración propia

Si el estudiante olvida incluir el valor de algún factor, no se mostrará la variable respuesta y en su lugar aparecerá el mensaje "Faltan datos". En tal caso deberá presionar el botón "Nuevo" e ingresar nuevamente la corrida experimental completa. En la figura 3, se presenta lo descrito.

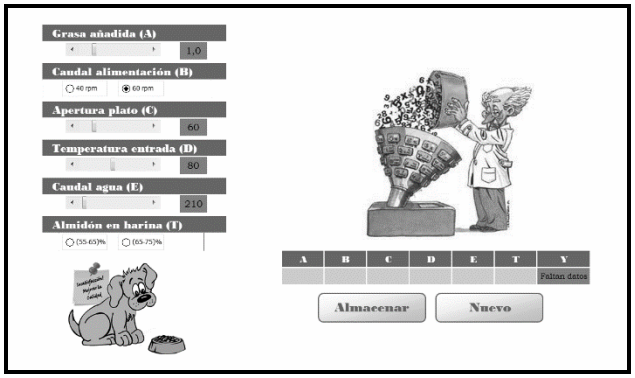


Figura 3. Errores al incluir datos en la hoja Experimento
Fuente: Elaboración propia

Si la corrida experimental se ingresó de manera completa, al presionar el botón "Experimentar" se mostrará la variable respuesta y los valores elegidos en cada uno de los factores, como se muestran en la figura 4.

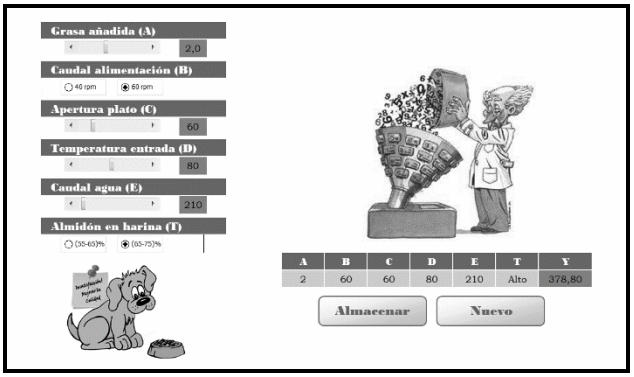


Figura 4. Ejecución de una corrida experimental
Fuente: Elaboración propia

Si el estudiante desea almacenar los resultados obtenidos, deberá presionar el botón "Almacenar", caso contrario deberá seleccionar el botón "Nuevo".

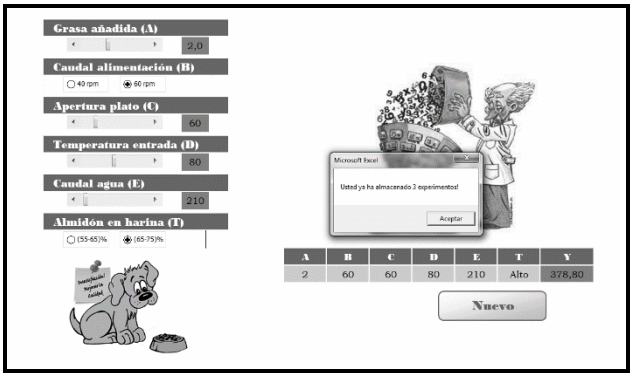
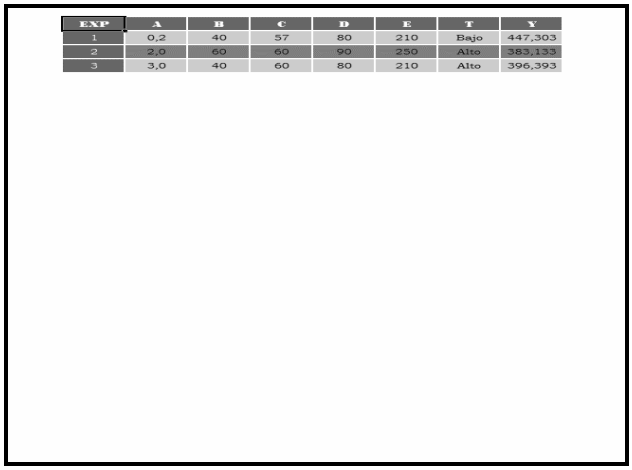


Figura 5. Mensaje de ejecución satisfactoria
Fuente: Elaboración propia

Es importante destacar que el botón "Experimentar" solo está disponible para nuevas corridas experimentales, en cumplimiento con los principios básicos de diseño de experimentos, que requiere independencia entre las corridas experimentales. En la figura 5, se observa el cuadro de dialogo cuando los factores han sido introducidos de forma completa y sin errores.

Los resultados almacenados por el estudiante se muestran en la hoja de cálculo Resultados, en el orden en que fueron capturados y están disponibles para ser seleccionados y copiados al *software* estadístico que se utilizará para su análisis, tal como se muestra en la figura 6.



EXP	A	B	C	D	E	T	Y
1	0,2	40	57	80	210	Bajo	447,303
2	2,0	60	60	90	250	Alto	383,133
3	3,0	40	60	80	210	Alto	396,393

Figura 6. Resultados almacenados en la hoja de cálculos Resultados
Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que el Simulador no ha sido desarrollado para la ejecución de ningún análisis estadístico sobre los datos generados, pudiéndose utilizar cualquier *software* estadístico comercial para dicho fin.

3. CONCLUSIONES

El simulador presentado se convierte en una alternativa de solución pedagógica para abordar el aprendizaje de algunos modelos de diseño de experimentos, a través de la ejecución de experimentos de bajo costo y que garantizan la variabilidad del proceso en cada una de las corridas realizadas, emulando así la realidad.

Hace más de veinte años que las investigaciones enfocadas en la enseñanza de la estadística se vienen desarrollando, evidenciando que los estudiantes aprenden mejor, si están expuestos a experiencias en las cuales apliquen los conceptos inculcados en nuevas situaciones. Si ellos practican sobre situaciones familiares o problemas perfectamente definidos, como los que se encuentran en los textos de estadística, entonces eso es todo lo que son propensos a aprender.

4. REFERENCIAS

[1] MARTIN, Michael A. “Its like... you know”: The use of analogies and heuristics in teaching introductory statistical methods. *Journal of Statistics Education*. 2003, vol. 11, no. 2.

[2] GARFIELD, Joan and Dani BEN-ZVI. How Students Learn Statistics Revisited: A Current Review of Research on Teaching and Learning Statistics. *International Statistical Review* [online]. 2007, vol. 75, no. 3, pp. 372–396 [accessed. 4. February 2014]. ISSN 03067734. Retrieved z: doi:10.1111/j.1751-5823.2007.00029.x

[3] MILLS, Jamie D. Using Computer Simulation Methods to Teach Statistics: A Review of the Literature. *Journal of Statistics Education*. 2002, vol. 1, no. 1.

[4] GIESBRECHT, Norman. Strategies for Developing and Delivering Effective Introductory-Level Statistics and Methodology Courses. In: *Institute of Education Sciences - ERIC*. 1996, p. 393–668.

[5] BUCHE, Douglas D. and John A. GLOVER. Teaching Students to Review Research As an Aid for Problem Solving. *Teaching of Psychology*. 1980, vol. 7, no. 4.

[6] ROMEU, Jorge Luis. Teaching engineering statistics with simulation: a classroom experience. *Journal of the Royal Statistical Society*. 1986, vol. 35, no. 4, pp. 441–447.

[7] RICHARDSON, Thomas H. Reproducible Bad Data for Instruction in Statistical Methods. *Journal of Chemical Education*. 1991, vol. 68, no. 4, p. 310.

[8] VON GLASERSFELD, Ernst. Learning as Constructive Activity. In: *Meeting of the North American Group of Psychology in Mathematics Education*. 1983, p. 41–101.

[9] CLARK, Julie M, Joseph WIMBISH and David MATHWES. *The “ Fundamental Theorem ” of Statistics□: Classifying Student Understanding of Basic Statistical Concepts*. 2007.

[10] KAIGH, W. D. Regression Simulation Games. In: *American Statistical Association Proceedings of the Section on Statistical Education*. 1996, p. 87–92.

[11] FELDMAN, Larry and Fred MORGAN. The pedagogy and Probability of the Dice Game HOG. *Journal of Statistics Education*. 2003, vol. 11, no. 2.

[12] TUFTE, Edward R. *Visual explanations: images and quantities, evidence and narrative*. B.m.: Graphics Press, 1997. ISBN 0961392126.

[13] HUFF, Darrell. *How to Lie with Statistics*. 1954.

[14] BEHAR, Roberto, Pere GRIMA and Lluís MARCO-ALMAGRO. Twenty-Five Analogies for Explaining Statistical Concepts. *The American Statistician* [online]. 2013, vol. 67, no. 1, pp. 44–48 [accessed. 26. January 2014]. ISSN 0003-1305. Retrieved z: doi:10.1080/00031305.2012.752408

[15] MARASINGHE, Mervyn G, William Q MEEKER, Dianne COOK and Tae-sung SHIN. Using Graphics and Simulation to Teach Statistical Concepts. *The American Statistician*. 1996, vol. 50, no. 4, pp. 342–351.

[16] CHANCE, Beth and Allan ROSSMAN. *Using simulation to teach and learn statistics*. 2006.

[17] BIEHLER, Rolf. Computers in probability education. In: Kluwer ACADEMIC, ed. *Chance Encounters: Probability in Education*. Amsterdam: Springer Netherlands, 1991, p. 169–211.

[18] JONES, Graham A., Langrall Cynthia W. and Edward S. MOONEY. Research in probability: Responding to classroom realities. In: F.K. LESTER, ed. *Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*. Reston, VA:

National Council of Teachers of Mathematics (NCTM), 2007, p. 909–956.

[19] BEN-ZVI, Dani. Toward Understanding the Role of Technological Tools in Statistical Learning. *MATHEMATICAL THINKING AND LEARNING* [online]. 2000, vol. 2, no. 1-2, pp. 127–155. Retrieved z: doi:10.1207/S15327833MTL0202

[20] LANE, David M. and Zhihua TANG. Effectiveness of simulation training on transfer of statistical concepts. *Journal of Educational Computing Research*. 2000, vol. 22, no. 4, pp. 383–396.

[21] LANE, David M and S Camille PERES. *Interactive simulations in the teaching of statistics: promise and pitfalls*. 2006.

[22] MILLS, Jamie D. Learning abstract statistics concepts using simulation. *Educational Research Quarterly*. 2004, vol. 28, no. 4, pp. 18–33.

[23] COBB, George W and David S MOORE. Mathematics , Statistics , and Teaching. *The American Mathematical Monthly*. 1997, vol. 104, no. 9, pp. 801–823.

[24] HESTERBERG, Tim C. Simulation and Bootstrapping for Teaching Statistics. In: *American Statistical Association Proceedings of the Section on Statistical Education*. 1998, p. 44–52.

[25] HODGSON, Ted and Maurice BURKE. On Simulation and the Teaching of Statistics. *Teaching Statistics* [online]. 2000, vol. 22, no. 3, pp. 91–96. ISSN 0141-982X. Retrieved z: doi:10.1111/1467-9639.00033

[26] NICKERSON, R.S. Can Technology Help Teach for Understanding? In: D.N. PERKINS, J.L. SCHWARTZ, M.M WEST and M.S. WISKE, eds. *Software Goes to School: Teaching for Understanding with New Technologies*. New York: Oxford University Press, 1995.

[27] WILLEMAIN, Thomas R. Bootstrap on a shoestring: Resampling using spreadsheets. *The American Statistician*. 1994, vol. 48, no. 1, pp. 40–42.

[28] GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto and Román DE LA VARA SALAZAR. *Análisis y diseño de experimentos*. México: McGraw Hill, 2008.

[29] BOX, George E., Stuart J. HUNTER and William G. HUNTER. *Estadística para investigadores, diseño innovacion y descubrimiento*. Barcelona: Editorial Reverté S.A., 2008.

[30] MONTGOMERY, Douglas C. *Design and analysis of experiments*. New York: Wiley, 2001.

Aplicação de estudos de QSAR-4D em ativadores da proteína Glucoquinase

Elaine F. F. da Cunha, Teodorico C. Ramalho e Tamiris M de Assis.
Departamento de Química – Universidade Federal de Lavras
Lavras, MG, 37200-000, Brasil;

RESUMO

Apesar de muitas opções de medicamentos contra diabetes mellitus tipo 2, o uso eficaz de um único medicamento por um longo período é difícil, sendo então necessária a descoberta de novos medicamentos mais eficazes do que os já existentes. Neste intuito, a enzima Glucoquinase apresenta um alvo atraente para as terapias do diabetes tipo 2, pois desempenha um papel crítico no controle da glicose através de suas ações em múltiplos órgãos. Portanto, a ativação desta enzima, através de ativadores glucoquinase (AGQ) é uma nova estratégia terapêutica para o tratamento da Diabetes mellitus tipo 2.
O presente trabalho tem como objetivo estudar uma série de compostos AGQ frente a aplicação de estudos de QSAR 4D, visando a substituição de grupos em locais específicos, a fim de potencializar a atividade biológica destes compostos frente a enzima glucoquinase. Os estudos de QSAR fazem parte do ramo que chamamos de química medicinal computacional, que engloba o planejamento racional de novas substâncias bioativas.

Palavras-chave: Glucoquinase, diabetes, QSAR.

1. INTRODUÇÃO

A seleção de novos alvos para o desenvolvimento de medicamentos hipoglicemiantes orais para o diabetes mellitus tipo 2 (DM2) é guiado pelo estabelecimento da homeostase da glicemia (Matschinsky e Porte, 2010). Neste sentido a enzima glucoquinase (GQ) foi escolhida como alvo molecular excelente para o desenvolvimento de novos medicamentos anti diabéticos por sua função regulatória da glicose plasmática.
A GQ ou hexoquinase do tipo IV (Figura 1) é uma enzima citoplasmática pertencente à família das hexoquinases (enzimas que fosforilam a glicose), que catalisa o passo inicial para a glicólise, ou seja, a fosforilação da glicose para glicose-6-fosfato (Figura 2). Ela é expressa no fígado e nas células β do pâncreas (Kamata et al., 2004), sendo importante na manutenção da homeostase da glicose plasmática por secreção de insulina a partir do reforço pancreático de células β e da síntese do glicogênio. Esta enzima possui ponto isoelétrico de 4,85 e massa molecular de aproximadamente 50 kDa (Jain et al., 2013).
No intuito de desenvolver novos medicamentos anti diabéticos, nos últimos anos foram produzidas pequenas moléculas com a hipótese de ativar o sítio alostérico da enzima GQ e produzir os efeitos hipoglicemiantes, ou seja, o aumento da captação de glicose no fígado e potencialização da secreção de insulina nas células β do pâncreas (Mao et al., 2012). Essas moléculas são denominadas ativadores glucoquinase (AGQs).

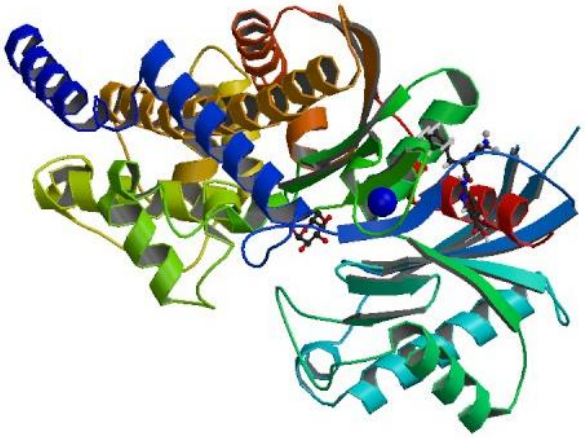


Figura 1: Estrutura tridimensional da enzima Glucoquinase Humana.

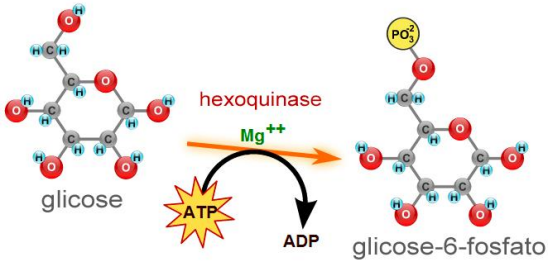


Figura 2: Reação de fosforilação da glicose.

Foi verificado que estes compostos ligam-se à um sítio alostérico da enzima, cerca de 20Å do sítio de ligação da glicose (Kamata et al., 2004), e que todos AGQs aumentam a afinidade de ligação com a glicose, no entanto eles variam quanto a velocidade máxima (Vmáx) (Cheruvallath et al., 2013). Desde então há muitos trabalhos visando este mecanismo de ativação.
A maior parte dos trabalhos são estudos que testam experimentalmente a ativação da enzima glucoquinase frente a vários compostos GKAs, (Cheruvallath et al., 2013), (Bonn et al., 2012), (Haynes et al., 2010), (Iino et al., 2009), (Nishimura et al., 2009) e (Ishikawa et al., 2009) e servem então, de apoio para estudos computacionais, com o intuito de planejar racionalmente fármacos anti diabéticos. A escassez de estudos computacionais com essa finalidade abre um amplo espaço de estudo na área, fato que pode acelerar o processo de descoberta

de novos protótipos e produção de novos medicamentos contra a DM2.

O processo de descoberta e desenvolvimento de novos fármacos é complexo, longo e de alto custo. Segundo Guido e colaboradores (2010), os avanços nas áreas de química, biologia e a melhor compreensão de vias bioquímicas, alvos moleculares e de mecanismos que levam ao aparecimento e desenvolvimento de doenças, tornaram possível a descoberta de inovações terapêuticas, proporcionando melhorias significativas na qualidade de vida das diversas populações no mundo. Neste aspecto, a química medicinal computacional destaca-se nos processos de produção e desenvolvimento de fármacos.

Dentro da química computacional os estudos envolvendo QSAR (Correlação Quantitativa Estrutura-atividade) vem ganhando destaque. Pequenas modificações estruturais alteram a atividade biológica de moléculas e esses efeitos podem ser explorados com base no conhecimento de química, bem como com o auxílio de ferramentas computacionais. Em 1997, Hopfinger e colaboradores propuseram uma nova metodologia de QSAR chamada de QSAR-4D. A análise em QSAR-4D incorpora liberdade conformacional ao desenvolvimento de modelos de QSAR-3D fazendo com que a mudança de estado molecular constitua a quarta dimensão.

Este trabalho tem por objetivo determinar quantitativamente a influência de descritores estruturais na atividade de derivados heteroaril como ativadores da enzima GQ, a partir da aplicação de estudo de QSAR-4D e propor novos protótipos como futuros candidatos à fármacos hipoglicemiantes orais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Conjunto de Dados dos Ligantes

Os dados *in vitro* de EC50 para os 55 compostos heteroaril estudados foram reportados por Benbow e colaboradores. A estrutura tridimensional (3D) obtida por difração de raio-X da enzima GQ, cristalizada com a glicose, e um ativador, disponível no Protein Data Bank (PDB) sob o código 3VF6 com resolução de 1,86 Å (Liu et al., 2012), foi utilizada como modelo para construir as estruturas 3D de todos os compostos

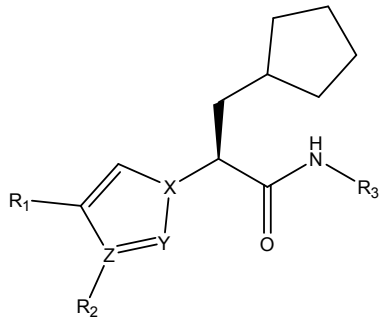


Figura 3: Esqueleto principal dos 55 ativadores da glucoquinase.

Estudos de QSAR

As estruturas dos compostos otimizados no sítio ativo da GQ foram submetidas ao processo de simulação de dinâmica molecular com o objetivo de gerar um perfil de amostragem conformacional.

Para o alinhamento das estruturas escolheram-se os átomos de carbono-alfa como referênci. As três definições de alinhamento são: (1) Val62, Pro66 e Ile159, (2) Pro66, Ile159 e Val62, (3) Ile159, Val62 e Pro66.

Na metodologia de QSAR-4D pode-se definir sete tipos de elementos de interação farmacofórica (Tabela 1), os quais correspondem aos tipos de átomos que podem realizar interações específicas, isto é, cada átomo pode ser classificado de acordo com o tipo de interação que ele é capaz de realizar.

Tabela 1: Definição dos elementos de interação farmacofórica (IPE).

IPEs	Definição	Código
0	Qualquer tipo	A
1	Não polares	NP
2	Polares com carga positiva	P+
3	Polares com carga negativa	P-
4	Aceptores de ligação hidrogênio	HA
5	Doadores de ligação hidrogênio	HD
6	Sistemas aromáticos	AR

Para cada alinhamento testado, um complexo por vez é posicionado automaticamente no espaço de referência da caixa, de acordo com a sequência do alinhamento anteriormente definida e são computados os valores de ocupação da caixa (Grid Cell Occupancy Descriptors, GCOD) referentes a cada elemento de interação farmacofórica.

Os GCODs com um alto peso em cada banco de dados provenientes da redução de dados foram processados em conjunto com os valores de atividade biológica (variável dependente) utilizando uma metodologia que combina algoritmos genéticos (GA, do inglês Genetic Algorithm) (Jin e Hopfinger, 1994) e mínimos quadrados parciais (PLS), denominada de aproximação da função genética (GFA, do inglês Genetic Function Approximation) (Rogers e Hopfinger, 1994) e implementada no programa 4D-QSAR (Hopfinger et al., 1997). A grande vantagem do GFA é a construção e otimização de múltiplos modelos, ao invés da otimização de apenas um único modelo (Rogers e Hopfinger, 1994).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados de QSAR

O melhor modelo foi obtido a partir do alinhamento 3 e a equação está descrita abaixo.

$$pEC50 = 1{,}823 + 0{,}420\,(-1,1,2,qa) + 0{,}511\,(-1,2,3,qa) + 0{,}822\,(0,1,1,ar) - 0{,}342\,(-3,2,3,np) - 0{,}387\,(-2,2,3,ha) + 0{,}904\,(-2,1,3,np) + 0{,}252\,(-3,3,4,qa) - 0{,}238\,(1,-1,3,np)$$

Como podemos observar a partir da equação acima, o modelo apresentou uma boa correlação (r2= 0,844), assim como uma boa capacidade preditiva (q2= 0,738). Os GCODs (-1,1,2,qa), (-1,2,3,qa), (0,1,1,ar), (-2,1,3,np) e (-3,3,4,qa) apresentam coeficientes positivos, que correspondem à interações favoráveis entre os substituintes dos compostos e os resíduos de aminoácidos no sítio alostérico da GQ. Então, substituintes com as características selecionadas (IPEs) nessas posições aumentam a potência dos compostos. Os GCODs (-3,2,3,np), (-2,2,3,ha) e (1,-1,3,np) apresentam coeficientes negativos, correspondendo à interações desfavoráveis entre os substituintes dos compostos e

os resíduos de aminoácidos, portanto substituintes com as características selecionadas (IPEs) nessas posições diminuem a potência dos compostos.

Os descritores que mais contribuíram para o aumento da atividade foram (-2,1,3,np) e (0,1,1,ar), que representam IPE não polar e sistemas aromáticos respectivamente. O descritor que mais contribuiu negativamente para a atividade foi (-2,2,3,ha) que representa átomos aceptores de ligação de hidrogênio. Para o descritor (-2,1,3,np) o composto que apresentou maior valor foi o 55, que é o composto que possui maior atividade biológica. Já para o descritor (-2,2,3,ha), o composto 9 foi o que apresentou um maior valor. Portanto os resultados serão discutidos em função destes dois compostos. As figuras abaixo representam os compostos 55 e 9 no sítio alostérico da GQ juntamente com os descritores.

Na Figura 4, percebemos que o GCOD (-2,1,3,np) está localizado perto do grupo metil e representa IPE não polar. Uma vez que este é o descritor que mais contribui para a atividade, podemos perceber que a presença de grupos não polares nesta localização da molécula faz com que a atividade do composto aumente. Outro descritor presente na figura é o (0,1,1,ar), que representa o segundo de maior contribuição para atividade. Ele está localizado no anel aromático e indica que, a presença de átomos em sistemas aromáticos na posição em que ele se encontra é favorável para o aumento da atividade. O que condiz com os resultados experimentais uma vez que o composto 55 é o que apresenta maior atividade biológica experimental.

A Figura 5 representa o composto 9 no sítio alostérico da GQ. Podemos ver a presença do GCOD (-2,2,3ha) que representa IPE aceptor de ligação de hidrogênio e do (0,1,1,ar) que representa IPE em sistemas aromáticos. O GCOD (0,1,1,ar) indica que a atividade do composto aumenta com a presença deste grupo, já o GCOD (-2,2,3ha) indica que substituintes com pares de elétrons livres, o que os torna aceptores de ligação de hidrogênio (ex.:carbonila) não favorecem para o aumento da atividade.

Comparando os compostos 9 e 55 percebemos poucas diferenças estruturais entre eles (Figura 6). O composto 9 apresenta um grupo tetrazol e um grupo sulfonil o que dá a molécula um grande caráter polar, já a molécula 55 apresenta um grupo imidazol substituído com um grupo metil e o grupo triflúormetil, que garante a molécula um caráter mais apolar. Portanto, como o descritor que mais contribui para a atividade biológica é o referente à interações não polares, o composto 55 apresenta uma atividade biológica superior ao composto 9 (pEC50= 6,4 e 4,5).

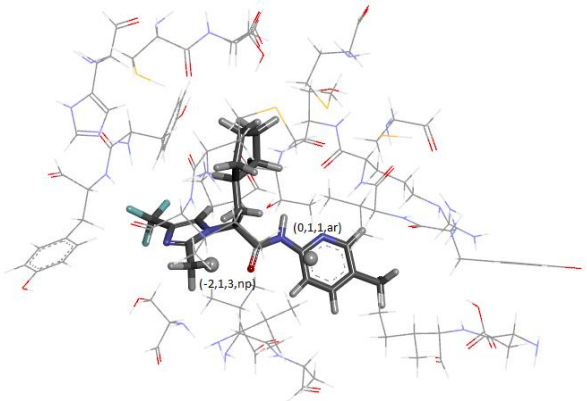


Figura 4: Representação gráfica dos GCODs no sítio alostérico da Glucoquinase juntamente com o composto 55. Os três números entre parênteses representam as coordenadas cartesianas xyz e as letras os tipos de átomos (np= não polares; ar= sistemas aromáticos).

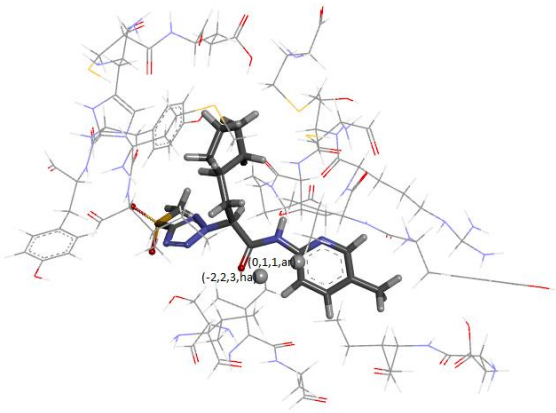


Figura 5: Representação gráfica dos GCODs no sítio alostérico da Glucoquinase juntamente com o composto 9. Os três números entre parênteses representam as coordenadas cartesianas xyz e as letras os tipos de átomos (ha= aceptores de ligação de H; ar= sistemas aromáticos).

4. CONCLUSÃO

Após a análise usando a metodologia de QSAR-4D de 55 ativadores GQ, conclui-se que o modelo gerado a partir do alinhamento 3 possui uma boa correlação com os dados experimentais (r2= 0,844) descritos por Benbow e colaboradores (2013) e uma boa capacidade preditiva q2= 0,738. Pôde-se perceber que a presença de grupos não polares perto da carbonila amenizam a interação negativa deste grupo, tornando os compostos mais ativos.Analisando a reação química, nós podemos notar que os resíduos de aminoácido Arg296, Tyr124 e Trp286 são responsáveis pela estabilização do estado de transição. Assim, nós acreditamos que os parâmetros cinéticos calculados podem ser muito úteis para o projeto e seleção de uma nova e mais eficiente oxima.

5. REFERÊNCIAS

BENBOW, J. W. et al. New substituted heteroaryl compound useful for treating or delaying the progression or onset of Type II diabetes and diabetes-related disorders in mammals United States of American: PFIZER INC: 1-64 p. 2013.

BONN, P. et al. The discovery of a novel series of glucokinase activators based on a pyrazolopyrimidine scaffold. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters, v. 22, n. 24, p. 7302-7305, 2012.

CHERUVALLATH, Z. S. et al. Design, synthesis and SAR of novel glucokinase activators. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters, v. 23, n. 7, p. 2166-2171, 4/1/ 2013.

GUIDO, R. V. C.; ANDRICOPULO, A. D.; OLIVA, G. Planejamento de fármacos, biotecnologia e química medicinal: aplicações em doenças infecciosas. Estudos Avançados. São Paulo. 24: 81-98 p. 2010.

HAYNES, N. E. et al. Discovery, Structure-Activity Relationships, Pharmacokinetics, and Efficacy of Glucokinase Activator (2R)-3-Cyclopentyl-2-(4-methanesulfonylphenyl)-N-thiazol-2-yl-propionami de (RO0281675). Journal of Medicinal Chemistry, v. 53, n. 9, p. 3618-3625, 2010.

HOPFINGER, A. J.; PEARLSTEIN, R. A. Molecular mechanics force-field parameterization procedures. Journal of Computational Chemistry, v. 5, n. 5, p. 486-499, 1984.

HOPFINGER, A. J. et al. Construction of 3D-QSAR Models Using the 4D-QSAR Analysis Formalism. J. Am. Chem. Soc., v. 119, n. 43, p. 10509-10524,1997.

IINO, T. et al. Discovery of potent and orally active 3-alkoxy-5-phenoxy-N-thiazolyl benzamides as novel allosteric glucokinase activators. Bioorganic & Medicinal Chemistry, v. 17, n. 7, p. 2733-2743, 2009.

ISHIKAWA, M. et al. Discovery of novel 2-(pyridine-2-yl)-1H-benzimidazole derivatives as potent glucokinase activators. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters, v. 19, n. 15, p. 4450-4454, 2009.

JAIN, S. et al. Newer anti-hyperglycemic agents in type 2 diabetes mellitus – Expanding the horizon. Apollo Medicine, v. 10, n. 2, p. 108-112, 2013.

JIN, B.; HOPFINGER, A. J. A Proposed Common Spatial Pharmacophore and the Corresponding Active Conformations of Some TxA2 Receptor Antagonists. Journal of Chemical information and Computer Sciece, v. 34, n. 4, p. 1014-1021, 1994.

KAMATA, K. et al. Structural Basis for Allosteric Regulation of theMonomeric Allosteric Enzyme Human Glucokinase: Structure. 12: 429-438 p. 2004.

LIU, S. et al. Insights into Mechanism of Glucokinase Activation: OBSERVATION OF MULTIPLE DISTINCT PROTEIN CONFORMATIONS. The Journal of Biological Chemistry, v. 287, n. 17, p. 13598-13610, 2012.

MAO, W. et al. Design, synthesis, and pharmacological evaluation of benzamide derivatives as glucokinase activators: Bioorganic & Medicinal Chemistry. 20: 2982-2991 p. 2012.

MATSCHINSKY, F. M.; PORTE, D. Glucokinase activators (GKAs) promise a new pharmacotherapy for diabetics. F1000 Med Rep, v. 2, // 2010. ISSN 1757-5931.

NISHIMURA, T. et al. Identification of novel and potent 2-amino benzamide derivatives as allosteric glucokinase activators. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters, v. 19, n. 5, p. 1357-1360, 2009.

ROGERS, D.; HOPFINGER, A. J. Application of Genetic Function Approximation to Quantitative Structure-Activity Relationships and Quantitative Structure-Property Relationships. Journal of Chemical Information and Computer Science, v. 34, n. 4, p. 854-866, 1994.

Desarrollo de una Herramienta Computacional para la Sistematización del Proceso de Diseño Geotécnico en Cimentaciones Profundas tipo Pilotes.

Andrés M. LOTERO, Carlos M. PISCAL, Oscar D. PULIDO, Paola N. ZAPATA
Programa de Ingeniería Civil
Universidad de La Salle
Bogotá, Colombia

David A. MARTINEZ
Programa de Ingeniería Electrónica
Universidad Manuela Beltrán
Bogotá, Colombia

RESUMEN

En este artículo se presenta una herramienta computacional para sistematizar y optimizar el proceso de dimensionamiento de una estructura de cimentación tipo pilotes individuales. Esta aplicación se desarrolla mediante el software de distribución libre JAVA en su plataforma Netbeans IDE 7.1.2, incorporando análisis de capacidad de carga y asentamientos para cada uno de los ejes estructurales de una edificación.

La herramienta aquí presentada permite al usuario, mediante la manipulación de un entorno gráfico, evaluar y plantear una estructura de cimentación de forma integral, agrupando la solución para cada uno de los ejes estructurales de carga. Esto es llevado a cabo mediante la sistematización del proceso de diseño y la optimización de sus dimensiones, a partir de la implementación de diferentes metodologías de orden empírico-analíticas y teniendo en cuenta las diferentes variables de diseño; las cuales son expresadas en términos de la no homogeneidad del suelo, condiciones de aguas freáticas y magnitud de cargas en cada uno de los ejes estructurales de la edificación. Con esta herramienta se pretende generar diseños económicos, funcionales y reemplazar tareas que se vienen ejecutando manualmente o mediante programas abiertos que permiten la manipulación del código base; además de facilitar el proceso de diseño geotécnico y reducir errores producto de cálculos iterativos.

Adicionalmente la herramienta computacional permite la realización de un análisis de sensibilidad frente a las diferentes metodologías implementadas de orden empírico-analíticas; a partir de las cuales se establecen valores de capacidad de carga última y magnitudes de asentamientos totales y diferenciales que experimentará la estructura.

Finalmente la herramienta presenta los resultados mediante un entorno gráfico y permite la generación de curvas de fácil interpretación, que ayudarán al ingeniero de diseño en la toma de decisiones y la optimización del dimensionamiento de la estructura de cimentación propuesta.

Palabras Clave: Pilotes (Piles), Cimentaciones profundas (Deep foundations), Capacidad de carga última (Ultimate bearing capacity), Asentamientos totales (Total settlements), Asentamientos diferenciales (Differential settlements), Herramienta computacional (Computational tool), JAVA.

1. INTRODUCCIÓN

Una estructura de cimentación corresponde a una serie de elementos estructurales que transmiten, de una manera adecuada, las diferentes cargas que experimentará la estructura al suelo de fundación. Cuando se establece que esa transferencia de carga se debe realizar adecuadamente se hace referencia a que la selección de su forma, tamaño, profundidad de desplante, material y procedimiento constructivo; en conjunto con la magnitud y los tipos de cargas actuantes, no generen incrementos de esfuerzo en el suelo de fundación que superen la resistencia al esfuerzo cortante del mismo, ni se produzcan asentamientos excesivos que puedan llegar a comprometer la estabilidad o la funcionabilidad propiamente dicha de la estructura.

Los pilotes son estructuras de cimentación que realizan la transferencia de carga tanto por el fuste o piel del pilote, al generarse unas fuerzas de fricción y/o adhesión dependiendo el tipo de suelo de cimentación; como por la punta del mismo, al distribuirse las cargas en un área de contacto [1]. El porcentaje de carga que se transferirá al suelo ya sea por punta o por fuste, o por ambas; dependerá del diámetro, longitud, material y sistema constructivo (hincado o preexcavado) del pilote; así como del tipo y magnitud de las cargas de la estructura; las condiciones de agua presente en los vacios del suelo, las propiedades físicas y el comportamiento mecánico (en términos de resistencia y compresibilidad) de cada uno de los estratos del suelo de cimentación.

En la literatura se pueden encontrar distintos métodos de diseño para el cálculo de la capacidad de carga última y de asentamientos que experimentará un pilote al ser cargado. Pasando por los métodos analíticos, que pretenden simular, mediante una formulación matemática los diferentes factores que intervienen en el proceso; hasta los métodos físicos, tipo pruebas de carga, que permiten relacionar el desplazamiento vertical de la estructura de cimentación a medida que esta es cargada, para así establecer valores máximos de capacidad de carga y asentamientos [9]. Más aún, dentro de los métodos de orden empírico-analíticos, los cuales son implementados en la presente herramienta computacional y cuyas bases teóricas se centran en establecer tipologías geométricas de falla (deducidas por observación) en función de las características del suelo y la cimentación; se puede apreciar la gran gama de metodologías de

diseño disponibles y de la gran variabilidad de resultados a obtener.

De acuerdo a lo anterior, la presente herramienta se postula como una alternativa computacional para optimizar el dimensionamiento de una estructura de cimentación, teniendo en cuenta diferentes metodologías de diseño de orden empírico-analíticas y la gran cantidad de variables dentro de una misma metodología de diseño (suelo de cimentación, cargas, configuración geométrica del pilote); sistematizándose el proceso de diseño y de esta forma reducir errores en los cálculos iterativos a realizar; lo anterior, a partir de un entorno gráfico que permita una mayor visualización y la toma de decisiones en cuanto a la solución de cimentación.

2. MOTIVACIÓN

Actualmente en el desarrollo de un diseño geotécnico de cimentaciones se incurren en cuantiosos errores de cálculo, debido a la gran cantidad de variables y metodologías de diseño disponible. Adicionalmente el proceso de dimensionamiento de una estructura de cimentación usualmente es desarrollado manualmente o con programas abiertos que permiten la manipulación de su código base. Por tal razón, éste proyecto emerge con la finalidad de gestar una herramienta computacional que ayude al ingeniero de diseño a conseguir resultados pertinentes en un mínimo de tiempo ejecutorio. De igual forma, la herramienta computacional es de fácil comprensión (tanto en la manipulación de los datos de entrada, como de los resultados obtenidos), interactuando con el usuario mediante una interfaz gráfica y brindando las herramientas necesarias para la optimización del proceso de diseño.

3. METODOLOGÍA

Formulación Matemática

La herramienta computacional determina la capacidad de carga última de pilotes individuales a partir de metodologías de orden empírico-analíticas, expresada como la suma de la capacidad de carga por punta (Q_p) y por fuste (Q_s) del suelo de cimentación [2].

$$Q_u = Q_p + Q_s \tag{1}$$

La capacidad de carga máxima por punta que soportará el suelo se determina a partir de las expresiones expuestas por Terzaghi, Meyerhof, Janbu y Vesic; tanto en suelos cohesivos como friccionantes y para pilotes expuestos a cargas axiales a compresión [3],[8],[13]. Estas expresiones están en función de la geometría del pilote y las propiedades mecánicas del suelo ubicado justo en la punta del mismo, y presentan la siguiente forma general:

$$Q_p = A_p\left(cN_c s_c d_c + \bar{q}N_q s_q d_q + \frac{1}{2}\gamma' B N_\gamma s_\gamma\right) \tag{2}$$

Donde A_p, es el área transversal en la punta del pilote; B, el diámetro del pilote; γ', es peso unitario del suelo; c, corresponde a la cohesión del suelo; N_c, N_q, N_γ son los factores de capacidad de carga, los cuales dependen del ángulo de fricción del suelo; s_c, s_q, s_γ son los factores de forma y por último $d_c\ y\ d_q$ corresponden a los factores de profundidad.

La capacidad de carga del suelo ante los esfuerzos que se transferirán por el fuste del pilote, ya sea por cargas axiales a compresión o tensión, se determina a partir de los métodos ampliamente usados en la ingeniería de cimentaciones, denominados metodologías alpha, lamda y betha $(\alpha, \lambda\ y\ \beta)$ para suelos cohesivos y betha (β) para suelos friccionantes [5],[12]; los cuales tienen en cuenta la fricción y/o adhesión desarrollada entre el suelo y el fuste del pilote. Adicionalmente permite tener en cuenta los efectos de hincado o preexcavado. La capacidad de carga por fuste es computada como:

$$Q_s = \sum_{i=1}^{n} f_s A_p \tag{3}$$

Donde la capacidad de carga por el fuste del pilote individual (Q_s) es función de la suma de las resistencias unitarias por adhesión y/o fricción (f_s), desarrolladas a lo largo del área (A_p) correspondiente al área del fuste del pilote en cada uno de los estratos de suelo (n).

La magnitud de asentamientos totales (s) que experimentará un pilote individual debido a la aplicación de una carga vertical, se determina como la suma de los asentamientos elásticos propiamente por la compresión del pilote debido a las cargas verticales (s_1), los asentamientos del suelo bajo la punta (s_2) y los asentamientos del suelo alrededor del fuste (s_3), debido a la carga transferida por el fuste del pilote [10].

$$s = s_1 + s_2 + s_3 \tag{4}$$

Implementación Computacional

La herramienta computacional fue desarrollada en el lenguaje de programación extendido JAVA y el Integrated development environment (IDE) NetBeans 7.1.2, como entorno para su desarrollo. Este Software tiene la ventaja que puede ser ejecutado en cualquier sistema operativo (Multiplataforma); es decir, que el código generado podrá funcionar en cualquier sistema operativo del mercado (Windows, Linux, Mac OS, etc.). Adicionalmente, el lenguaje de programación JAVA es de distribución libre lo cual permite el desarrollo de aplicaciones sin la necesidad de la compra de una licencia para desarrollar aplicaciones. NetBeans es un entorno de desarrollo aplicado, que permite escribir, compilar, depurar y ejecutar programas posibilitando una interacción más amigable en la lógica de la aplicación [4], [6].

La herramienta es desarrollada mediante un esquema integrado por tres modelos. Un modelo de almacenamiento de información propuesto como una base de datos, la cual almacenas las diferentes variables de entrada y los resultados obtenidos. Adicionalmente posibilita la utilización de la herramienta a manera de proyectos.

Un modelo de control, donde se plantean y ejecutan los diferentes cálculos para determinar la capacidad de carga última y la magnitud de asentamientos totales y diferenciales que experimentará la estructura.

Por último un modelo de interfaz, el cual involucra las diferentes ventanas o vistas mediante las cuales el usuario interactúa con la herramienta para la inserción de datos, análisis de resultados y gráficas. Los tres modelos son desarrollados para permitir una interacción gráfica del usuario con la herramienta, facilitando el procedimiento de diseño, la integración de la solución de cimentación a toda la estructura y

la toma de decisiones en cuanto al tipo y dimensionamiento de la cimentación. En la Figura 1 se presenta, de forma gráfica, el esquema utilizado para la implementación de la herramienta.

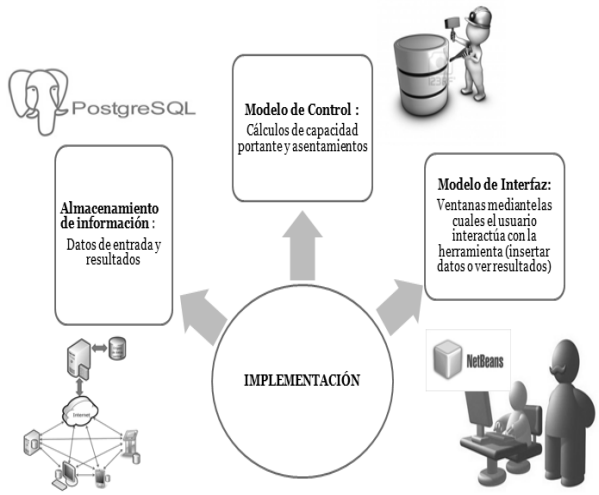


Figura 1. Esquema de implementación de la herramienta computacional.

Modelo de Base de Datos: Un modelo de base de datos es un sistema que hace el almacenamiento, recopilación, modificación y extracción organizada de la información [11]; en otras palabras, un modelo de base de datos permite la administración de la información a partir de la ejecución de operaciones como añadir, borrar, almacenar y modificar información; mediante el establecimiento de diferentes estrategias que permitan su manipulación y acceso. Actualmente los sistemas de bases de datos utilizan un lenguaje denominado SQL, el cual es un lenguaje estándar utilizado universalmente para generar relaciones que permitan manipular datos y consultas de un proyecto específico.

Comercialmente existen varios sistemas de administración de bases de datos, entre los cuales se encentra Oracle, Sybase, MySql, entre otros. Esta herramienta computacional fue desarrollada mediante el sistema de gestión de base de datos libre llamado PostgreSQL de licencia BSD; la cual nos permite llevar a cabo la conexión y el almacenamiento de variables requeridas desde la interfaz de JAVA.

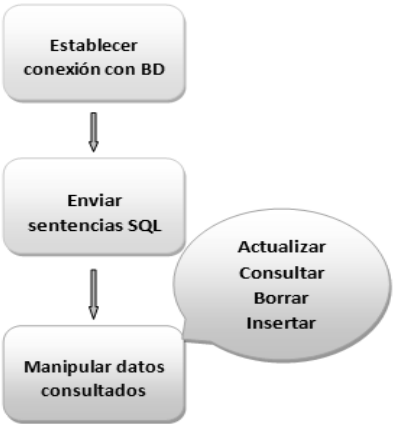


Figura 2. Proceso de conexión entre la base de datos y JAVA.

La comunicación entre el software JAVA y la base de datos se realiza mediante un controlador JDBC (Java Data Base Connection), el cual es un conjunto de clases e interfaces que permiten la comunicación con diferentes tipos de bases de datos a través de sentencias SQL e implementa un protocolo para la transferencia de las consultas y los resultados entre el usuario y la base de datos. Ver Figura 2.

La base de datos de la herramienta computacional está conformada por cinco tablas (Proyecto, ejes, grilla, pilote e infestrato) configuradas por diferentes columnas y en las cuales se almacenan los diferentes datos registrados desde las interfaces gráficas de JAVA (datos del proyecto, propiedades físicas y mecánicas del suelo de fundación, condición y magnitudes de cargas, características de la cimentación, etc.), conformando una representación lógica de datos conectados entre sí y albergando toda la información para la realización de los cálculos (capacidad portante y asentamientos) en cada uno de los ejes de carga de un proyecto o una estructura determinada; y logrando adicionalmente, la ejecución de actualizaciones, consultas e inserciones de datos.

Las tablas que conforman la base de datos de la herramienta fueron construidas mediante un diagrama de relación de identidades. Cada una de las tablas es identificada con un ID, asignandosele una llave primaria (Primary key); esta llave ha sido diseñada para identificar de manera única los registros de cada una de las tabla a través de toda la estructura de la base de datos. Para lograr la conexión lógica de los datos se crearon llaves foráneas (Foreign key), que consiste en un enlace entre las diferentes tablas que se conectan con las llaves primaria de una determinada tabla existente. En la Figura 3 se presenta el esquema de relación de identidades diseñado para la herramienta computacional.

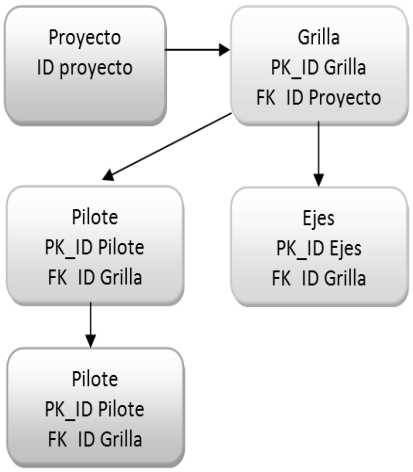


Figura 3. Diagrama de relación de identidades.

Modelo de Interfaz: El modelo de interfaces proporciona un mecanismo amigable en la interacción entre el usuario y la herramienta computacional. Este modelo es el encargado de garantizar el adecuado uso y entendimiento tanto en la inserción de datos como en la entrega e interpretación de resultados [7]. Esta interacción se plantea mediante un entorno netamente gráfico (interfaces gráficas).

El diseño y desarrollo de las interfaces gráficas se llevó a cabo mediante formularios JFrame y JDialog ya que los componentes

Swing en estos formularios (campos de texto, botones, listas, paneles, etc.) se encuentran enlazados, permitiendo al programador crear vistas personalizadas para la inserción y visualización de datos y resultados.

La interfaz correspondiente a la ventana principal de la herramienta computacional fue creada mediante un formulario JFrame. Las interfaces o ventanas secundarias se desarrollaron en formularios JDialog; teniendo en cuenta la jerarquía que existe entre los formularios y facilitar la conexión entre las vistas. En la Figura 4 se presenta el entorno o interfaz gráfica de la ventana principal de la herramienta.

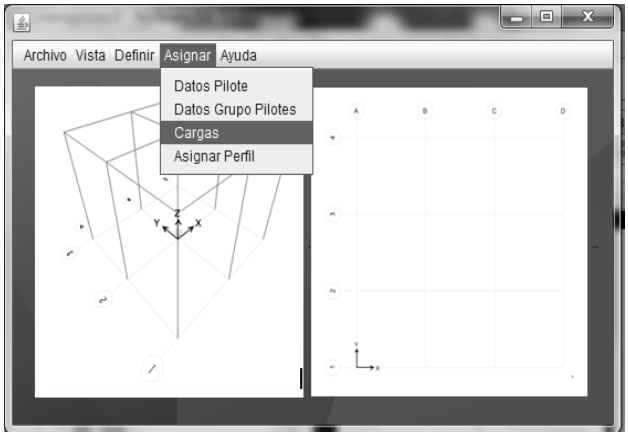


Figura 4. Interfaz gráfica – Ventana principal.

En la Figura 5 se da un ejemplo del entorno o interfaz de inserción de datos correspondiente al tipo y magnitud de las cargas actuantes en uno de los ejes de la estructura, propiedades del material del pilote y el pre-dimensionamiento del mismo.

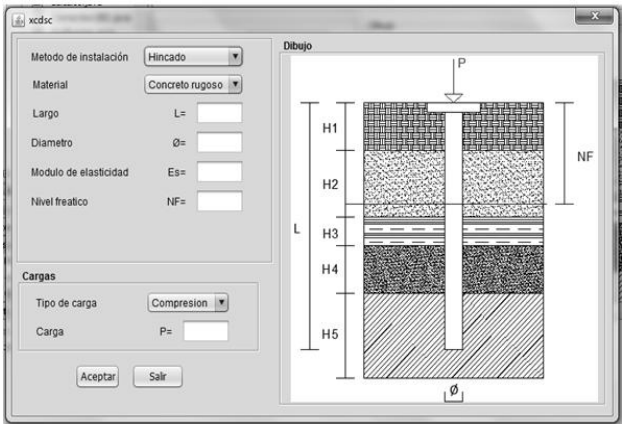


Figura 5. Interfaz gráfica de inserción de datos.

Modelo de Control: El modelo de control fue generado a través de elementos tipo Clase (Java Class); estos elementos contienen las líneas de código para los cálculos de capacidad de carga y asentamientos. Cada uno de estos elementos está caracterizado por un nombre y por contener una formulación que puede involucrar diversas variables. Los valores de las variables son las correspondientes a las almacenadas en la base de datos e insertadas o modificadas a través de las interfaces de la herramienta.

4. VALIDACIÓN

La validación de la herramienta computacional se realizó mediante el paquete Excel de Microsoft Office. Se determinó y comparó magnitudes de capacidad de carga por fuste, punta y magnitudes de asentamientos totales y diferenciales; para diferentes tipos de carga (tensión y compresión), condiciones del suelo de fundación (estratigrafía, propiedades de resistencia, compresibilidad), niveles de aguas freáticas, propiedades y dimensionamiento de la estructura de cimentación.

5. RESULTADOS

La herramienta computacional determina de capacidad portante y la magnitud de los sentamientos (totales y diferenciales) de cada uno de los ejes estructurales de una edificación. A partir de diferentes metodologías de orden empírico-analíticas, permitiendo realizar análisis de sensibilidad frente a las diferentes variables propias de un diseño geotécnico de cimentaciones profundas. (Cargas, propiedades del suelo, dimensionamiento de la estructura de cimentación, propiedades de los materiales de la estructura de cimentación y en cuanto a los mismos resultados arrojados por las diferentes metodologías de diseño adoptadas).

En la Figura 6 se puede observar un esquema del entorno gráfico que maneja la herramienta computacional para arrojar los resultados de capacidad de carga y asentamientos, facilitando al usuario la interacción con la aplicación y la planeación de una solución de cimentación de forma integral para las diferentes condiciones de carga en cada uno de los ejes de la estructura y teniendo en cuenta la heterogeneidad del suelo del suelo de cimentación.

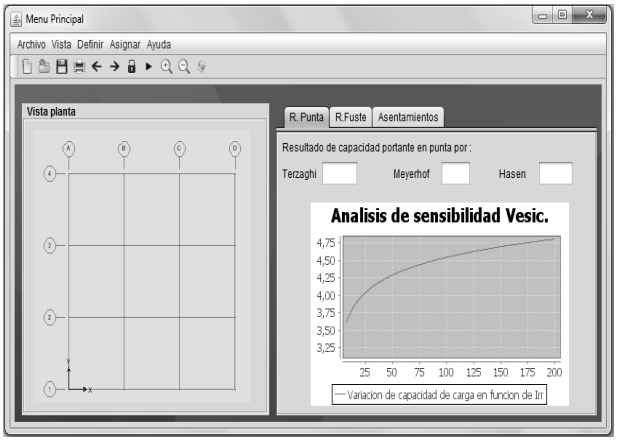


Figura 6. Entorno de la herramienta para la inserción de las variables de diseño.

En la Figura 7 se presenta la esquematización gráfica utilizada para la presentación de los análisis de sensibilidad que permite realizar la herramienta. En este caso se presenta la sensibilidad de la magnitud de la capacidad de carga última por punta que tiene una determinada estructura de cimentación (pre-dimensionada anteriormente) con el ángulo de fricción del suelo a partir de la metodología de Jambu.

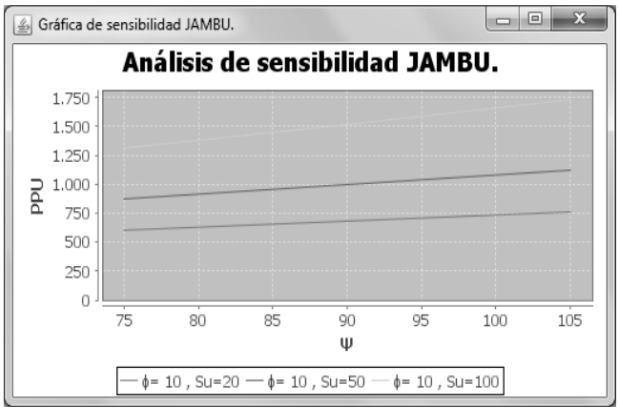


Figura 7. Curvas para el análisis de sensibilidad de la estructura de cimentación pre-dimensionada (Capacidad de carga por punta Vs Angulo de fricción del suelo).

6. CONCLUSIONES

La sistematización del proceso de diseño geotécnico de cimentaciones, a través de la herramienta computacional facilita al ingeniero la selección de la estructura de cimentación; disminuyendo los tiempos de ejecución y la posibilidad de errores de cálculo. Esto a la vez, permite hacer énfasis en aspectos más relevantes en cuanto al entendimiento del comportamiento del suelo de cimentación y en la proyección de alternativas de estructuras que sean funcionales y económicas.

Teniendo en cuenta la gran disponibilidad de metodologías de análisis para el diseño de una cimentación mediante una estructura de pilotes y las diferentes variables de diseño para el cálculo de capacidad de carga y asentamientos del suelo, al sistematizar los procesos de cálculo en el planteamiento del diseño geotécnico de una estructura, se permite la ejecución de análisis de sensibilidad que garanticen la estabilidad y la optimización del dimensionamiento de la estructura de cimentación.

La creación de herramientas computacionales es un área que aporta significativamente al desarrollo de la Ingeniería de fundaciones, teniendo en cuenta la necesidad de cálculos iterativos desarrollados en el procedimiento de diseño, para la optimización de la solución.

El software de distribución libre JAVA, junto con su plataforma Netbeans, son una poderosa herramienta para la construcción de software aplicados a la Ingeniería Civil.

7. REFERENCIAS

[1] A. Casagrande, "The Structure of Clay and its Importance in Foundations Engineering", J. Boston Soc. C. E, April 1932.

[2] A. Kézdi, "Bearing Capacity of Piles and Pile Groups", Proceedings, Fourth Int. Conf. Soil Mech. Found. Engg., 2, London, 1957, pp. 46-51.

[3] A.S. Vesic, "Ultimate Loads and Settlements of Deep Foundations in Sand, Bearing Capacity and Settlements of Foundations", Duke University, Durham, North Carolina, 1967, pp. 53-68.

[4] C.M. Piscal, "Herramienta Computacional para el Cálculo de Fuerzas Sísmicas Usando el Método de la Fuerza Horizontal Equivalente", Epsilon, Volumen No.20, 2013, pp. 215-222.

[5] D.W. Taylor, "Fundamentals of Soil Mechanics", J Wiley & Sons, Inc., New York, 1948.

[6] D. Bell and M. Parr, "Java para Estudiante", Pearson, México, 2003.

[7] D. Flanagan, "Java en Pocas Palabras", The McGraw Hill, México, 1990.

[8] G.G. Meyerhof, "Compaction of Sands and Bearing Capacity of Piles", Proceedings, Am. Soc. Civ. Engrs. 85, SM6, 1, 1959.

[9] H.G. Poulos & E.H Davis, "The Settlement of Behavior of Single Axially Loaded Incompressible Piles and Piers", Geotechnique 18, No. 3, September, 1968, pp.351 – 371.

[10] H.G. Poulos and E.H Davis, "Pile Foundation Analysis and Design", Rainbow Bridge Book Co, The University of Sidney, 1980.

[11] H.M. Deitel & J.P. Deitel, "Como Programar en Java", Pearson, México, 2004.

[12] J.E. Bowles, "Foundations Analysis and design", Fifth Edition, The McGraw-Hill Companies, Inc, 1997.

[13] R.B Peck, "A Study of the Comparative Behavior of Friction Piles", Special Report 36, Highway Research Board, National Research Council, National Academy of Sciences, Publication 606, Washington D.C, 1958.

SISTEMA DE GERENCIAMENTO DO PROGRAMA NACIONAL DE DRAGAGEM – META 03

Thiago Duarte Mota (Engenheiro, IVIG/COPPE/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Coordenação dos Programas de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - COPPE, Centro de Tecnologia - Bloco C - Sala 211, Cid. Universitária - I. Fundão, 21941-972 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil - IVIG Telefone: 55 (21) 25628258 thiago.mota@ivig.coppe.ufrj.br)
Marcos Freitas (Geografo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Coordenação dos Programas de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - COPPE, Centro de Tecnologia - Bloco C - Sala 211, Cid. Universitária - I. Fundão, 21941-972 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil - IVIG Telefone: 55 (21) 25628258 mfreitas@ivig.coppe.ufrj.br)
Carlos Roberto Bastos Araujo Filho (Analista de Sistema, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Coordenação dos Programas de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - COPPE, Centro de Tecnologia - Bloco C - Sala 211, Cid. Universitária - I. Fundão, 21941-972 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil - IVIG Telefone: 55 (21) 25628258 carlos.araujo@ivig.coppe.ufrj.br),
Cesar Magalhães (Engenheiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Coordenação dos Programas de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - COPPE, Centro de Tecnologia - Bloco C - Sala 211, Cid. Universitária - I. Fundão, 21941-972 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil - IVIG Telefone: 55 (21) 25628258 cesar.magalhaes@ivig.coppe.ufrj.br)
Mario Moraes (Biologo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Coordenação dos Programas de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - COPPE, Centro de Tecnologia - Bloco C - Sala 211, Cid. Universitária - I. Fundão, 21941-972 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil - IVIG Telefone: 55 (21) 25628258 mario@ivig.coppe.ufrj.br)

Resumo

O trabalho consiste em apresentar uma ferramenta de registro eletrônico desenvolvida para atender ao Programa Nacional de Dragagem, vinculado à Secretaria dos Portos da Presidência da República e executado pela COPPE/UFRJ através do IVIG. Especialmente como fonte de informação e controle das obras de dragagem e coleta de materiais realizadas nos portos brasileiros, criamos um banco de dados de dragagem visando preservar as informações extraídas das atividades que ocorrem nos portos hoje. Estas informações requerem um controle muito grande, documentação, arquivamento, além de investimento elevado em recursos humanos, logísticos e financeiros. A combinação da tecnologia do computador com internet e o sistema de registro facilita a integração e distribuição dos casos ocorridos em cada um dos portos, podendo o meio digital tornar-se uma ferramenta eficaz de apoio e controle.

Palavras-Chave: Banco de Dados, Portos, Dragagem, Sistemas, Georreferenciamento.

Introdução

Nos últimos anos, o uso de informações registradas em Banco de Dados para controlar e armazenar informações aumentou significativamente. Na área portuária brasileira, poucas informações estão disponíveis para acesso e um número menor ainda pode ser encontrado em bancos de dados. Em muitos casos estas informações não são registradas em nenhuma base de dados, nem mesmo estudadas, de forma a gerenciar e tornar público um parecer referente a um estudo ou a uma avaliação de um ponto determinado dos portos brasileiros. Assim, criar um ambiente estruturado, documentar, arquivar e disponibilizar documentos técnicos e informações sobre a infraestrutura dos portos brasileiros para estudo e formas de controlar e relatar isso entre instituições de pesquisa é hoje uma questão relevante, tendo em vista que o país precisa investir muito para melhorar a infraestrutura existente. Entre os itens disponibilizados, de diversas maneiras, podemos citar os documentos e banco de dados gerados pelo IVIG/COPPE/UFRJ – SEP/PND (Instituto Virtual de Mudanças Globais da Coordenação de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro e Secretaria de Portos do Ministério da Casa Civil), através do Programa Nacional de Dragagem.

Processos de documentação de informações técnicas, como parecer referente à infraestrutura portuária, dúvidas técnicas dos portos, relatórios e orientações de fiscalização de obras, e diversas outras como batimetrias, tipo de material existente, são alguns exemplos de tipos de informações que podemos ter dentro de um Banco de Dados Nacional de Georreferenciados de Obras de Dragagem que podemos ter para auxiliar os estudos junto à Secretaria de Portos do Governo Brasileiro.

O objetivo deste trabalho é apresentar o modelo de banco de dados proposto e a versão inicial do sistema

criado para disponibilizar, registrar e documentar os processos das obras, bem como as avaliações técnicas analisadas e associadas às obras de dragagem realizadas nos Portos Brasileiros. Esta construção está em desenvolvimento pelo IVIG/COPPE/UFRJ com finalidade de apoiar a SEP/PND, e com isso documentar em um padrão único todas as informações levantadas. Dentro disso, o objetivo do trabalho seria elaborar estudos para estabelecer as rotinas de estruturação, manutenção e aperfeiçoamento do banco nacional de dados do Plano Nacional de Dragagem.

Material e Método

Integram a equipe técnica de desenvolvimento de sistemas 8 pessoas: um Advogado, um Biólogo, um Engenheiro Naval, um Engenheiro de Computação, um Oceanógrafo, um DBA (Administrador de Banco de Dados) e dois programadores, todos do IVIG/COPPE/UFRJ.

A equipe usou na parte servidora como gerenciador de aplicações WEB, o IIS (Internet Information Services); como controlador de versão do sistema foi usado o software SVN Tortoise; tendo sido também utilizado o Banco de Dados SQL Server 2008 R2, da fabricante Microsoft. O servidor WEB foi necessário para disponibilizar o sistema para uso em campo, por meio de um microcomputador do tipo Servidor DELL, com sistema operacional Windows 2003 Server, placa de rede 10/100 Ethernet 3COM, conectado através da rede de internet da empresa terceirizada (Synapsis do Brasil LTDA), com suporte 24 horas por dia e 7 dias por semana.

Usamos em toda a metodologia e construção do banco de dados diversos equipamentos, metodologia Scrum de 15 dias intervalados e ferramentas para criação de diagramas usando o DBWrench. Foiram utilizado o programa para desenvolvimento de "páginas internet" Visual Studio 2010 para o sistema em C# dot net. Desse modo, todo o sistema foi feito para ambiente web, podendo ser acessado através de computadores PCs, tabletes, telefones, etc. Como ferramenta de gerenciamento do projeto, foi usado o DOT Project, versão 2.1.3, e o gerente do projeto com certificação PMP do PMI.

Todo o acesso ao sistema criado pode ser feito através de qualquer tipo de dispositivo que tenha acesso à internet com um navegador web (Mozilla, Chrome, Internet Explorer ou outro programa de navegação na internet). Com isso podemos permitir acesso de toda a comunidade portuária, caso a Secretaria dos Portos julgue necessário. Até este momento apenas a SEP/PND podem acessar o sistema.

Inicialmente foi criado um protocolo de registro de dados para coleta dos dados junto aos portos brasileiros. Com estes protocolos apurados foram criadas as estruturas do banco de dados para a entrada de cada um dos pontos necessários para a construção do sistema. As entradas dos protocolos serviram para mapearmos as necessidades de cada porto, o que eles possuem de comum, e com isso criar as tabelas e relacionamentos do banco de dados. Este material criado foi gerado através da linguagem de programação C# dot net (Asp net), com Ájax e disponibilizado em formato *Hyper Text Markup Language* (HTML).

Para disponibilizar este material houve a necessidade de criar um mecanismo de segurança que não permita a outros usuários acessarem o seu conteúdo, sendo este mecanismo desenvolvido em C# dot net (Asp net) com JavaScript/Ajax, onde os usuários devem ser cadastrados antes de entrar em qualquer um dos itens. Cada um dos portos passa a ter uma visão sobre seu próprio espaço, não podendo ver os resultados dos demais portos, enquanto que o acesso da universidade e da secretaria permite avaliar todos.

Os Resultados encontrados até o momento

Tivemos como principal objetivo gerar uma ferramenta e um Banco de Dados com os quais o IVIG/COPPE/UFRJ e a SEP/PND consigam ter registrados não apenas as informações de obras, como também os dados de coletas em campo (tipo de solo, material encontrado, e outras informações), e que, ainda, seja possível fazer tudo isso de forma automática com qualquer dispositivo, sem a obrigatoriedade de portar um computador, documentando tudo o que está ocorrendo na área portuária brasileira em uma única base de dados compartilhada.

Por não encontrar uma ferramenta disponível no mercado que atendesse a todos os pontos do IVIG/COPPE/UFRJ e SEP / PND, foi desenvolvido um novo sistema que atendesse às demandas dos biólogos, oceanógrafos, advogados, engenheiros, envolvidos nos procedimentos e portos brasileiros, com o objetivo de cumprir os itens do projeto. Assim, foi construída uma

ferramenta de gerenciamento, construção, gravação e registro de notas técnicas dos portos brasileiros separadas por diversos indicadores, entre eles os portos, local de registro, responsável, assunto, data do registro, data da resposta, etc. O modelo usado neste banco de dados relacional possui várias tabelas, entre elas nota técnica, situação da nota técnica, participante, porto, documento nota técnica, e outras.

Figura 1 – Entrada do sistema com controle de usuário e senha com perfis diferentes por pessoa ou grupos.

Ao acessar o caminho http://sistema.ivig.coppe.ufrj.br/notatecnica, mostrado na figura 1, o usuário deve digitar seu usuário e senha. Neste ponto o usuário terá o identificador cadastrado "login" e uma senha. O identificador é cadastrado anteriormente, liberando o acesso das pessoas e a senha é gerada e enviada pelo sistema para o "e-mail" cadastrado.

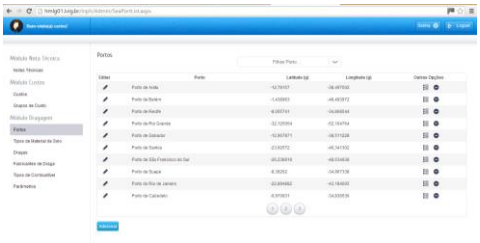


Figura 2 – Acesso ao Sistema.

Após entrar com sua identificação e senha, o usuário verá várias opções de menu de acordo com seu perfil. Neste exemplo, ele acessa a lista dos Portos cadastrados. O item descrito na parte superior da tela, figura 2, é o filtro que pode ser usado na tela. Os itens inferiores tratam a paginação da lista de portos. Estes mecanismos serão iguais para todos os portos. Na parte superior do sistema, ao lado esquerdo, podemos ver a foto e o nome do usuário que está conectado no sistema, e do lado direito a opção de troca de senha, logoff e o manual do sistema. O botão Editar, na lista, detalhado na figura 3, não pode ser usado para editar qualquer item - neste caso a edição de um cadastro de Draga. Já na figura 4, podemos ver a inserção de uma nova Draga.

Figura 3 – Opção de Editar uma Draga cadastrada.

Figura 4 – Inserir uma Draga no Banco de Dados.

Figura 5 – Lista de Fabricantes de Draga.

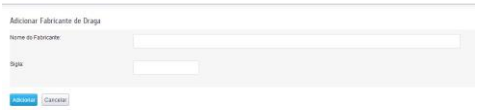


Figura 6 – Adicionar um Fabricante de Draga à lista do Banco de Dados.

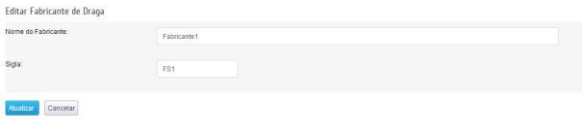


Figura 7 – Editar um Fabricante de Draga.

Figura 8 – Exclusão de um Fabricante de Draga.

Na figura 9 podemos ver o cadastro de um porto novo, com os dados de latitude e longitude, etc., e na figura 10 podemos ver os portos sendo editados/alterados.

Da figura 11 à figura 14, podemos ver os cadastros de projetos e áreas de um porto, bem como a lista deles associadas ao porto.

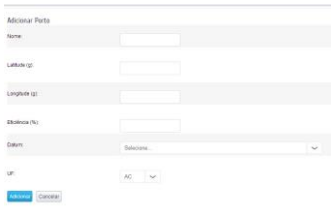


Figura 9 – Adicionar um Porto ao Banco de Dados.

Figura 10 – Editar o cadastro de um Porto.

Figura 11 – Alterar um Projeto de um Porto.

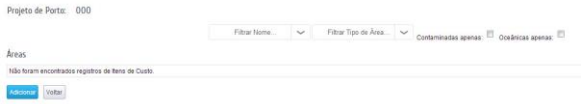


Figura 12 – Adicionar uma área de um Porto associada a um projeto.

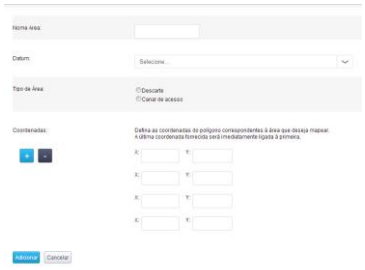


Figura 13 – Cadastro da área do Porto.

Figura 14 – Lista dos Projetos de um Porto.

Figura 15 – Lista dos Tipos de Combustíveis.

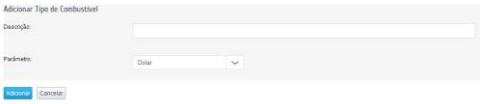


Figura 16 – Cadastro de um Tipo de Combustível.

Nas outras opções do sistema podemos ver outras telas, figura 15, 16 e 17 trata do tipo de combustível que vai estar associado à Draga. As figuras 18, 19 e 20 tratam os tipos de material do solo. As figuras de 21 a 23 mostram como ficou o diagrama do banco de dados gerado no DBWrench.

Todas as informações registradas através de um porto são analisadas e não entram automaticamente no banco de dados, gerando antes um controle de todos os tipos de pesquisa e informações documentadas nos portos, tendo em vista que estes registros serão compartilhados nas obras de dragagens. Desse modo, dados de batimetria, mares, ventos, registros dos portos são armazenados possuindo controle das suas entradas. Abaixo, nas figuras de 23 a 25, listamos ainda como esta a estrutura no banco de dados.

O projeto tem a duração de 3 anos para ter sua execução completada, mas no momento já podemos começar a ver os resultados e indicadores que devem ser gerados com a aplicação deste tipo de tecnologia. As informações georrefereciadas, datum, são armazenas no padrão WGS84 para associarmos os dados ao google maps e depois plotarmos isso no sistema, como pode ser visto na figura 26.

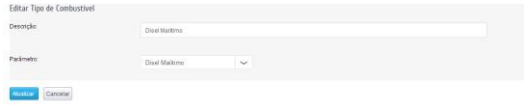


Figura 17 – Alteração de um Tipo de Combustível.

Figura 18 – Lista dos Tipos de Solos cadastrados.

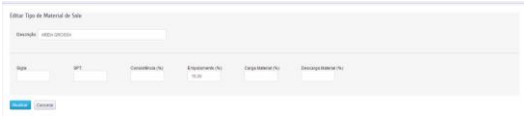


Figura 19 – Editar um Tipo de Solo cadastrado.

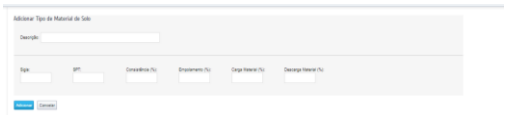


Figura 20 – Adicionar um Tipo de Material do Solo.

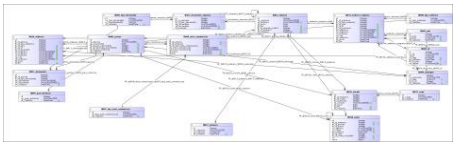


Figura 21 – Diagrama do Banco de Dados de Pessoa.

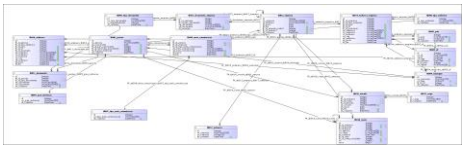


Figura 22 – Diagrama do Banco de Dados de Segurança.

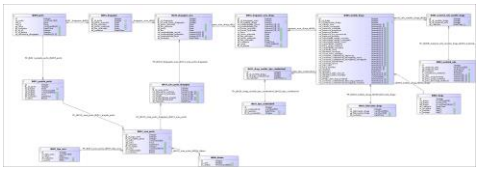


Figura 23 – Diagrama do Banco de Dados de Dragagem.

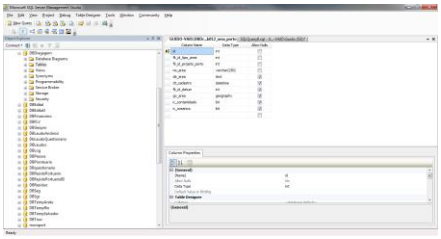


Figura 24 – Vista do SQL Server para o Banco de Dados de Dragagem.

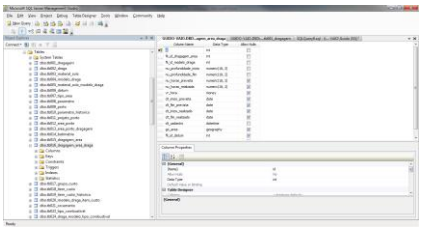


Figura 25 – Lista das Tabelas para o Banco de Dados de Dragagem.

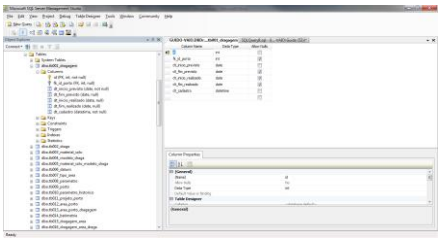


Figura 26 – Abertura da estrutura de uma tabela do Banco de Dados de Dragagem.

Figura 27 – Mapa dos Portos Brasileiros.

Sistema de gestión de notas técnicas portuarias

Thiago Duarte Mota (Engenheiro, IVIG/COPPE/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Coordenação dos Programas de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - COPPE, Centro de Tecnologia - Bloco C - Sala 211, Cid. Universitária - I. Fundão, 21941-972 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil - IVIG Telefone: 55 (21) 25628258 thiago.mota@ivig.coppe.ufrj.br)
Marcos Freitas (Geografo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Coordenação dos Programas de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - COPPE, Centro de Tecnologia - Bloco C - Sala 211, Cid. Universitária - I. Fundão, 21941-972 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil - IVIG Telefone: 55 (21) 25628258 mfreitas@ivig.coppe.ufrj.br)
Carlos Roberto Bastos Araujo Filho (Analista de Sistema, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Coordenação dos Programas de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - COPPE, Centro de Tecnologia - Bloco C - Sala 211, Cid. Universitária - I. Fundão, 21941-972 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil - IVIG Telefone: 55 (21) 25628258 carlos.araujo@ivig.coppe.ufrj.br),
Cesar Magalhães (Engenheiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Coordenação dos Programas de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - COPPE, Centro de Tecnologia - Bloco C - Sala 211, Cid. Universitária - I. Fundão, 21941-972 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil - IVIG Telefone: 55 (21) 25628258 cesar.magalhaes@ivig.coppe.ufrj.br)
Ricardo Furtado (Biologo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Coordenação dos Programas de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - COPPE, Centro de Tecnologia - Bloco C - Sala 211, Cid. Universitária - I. Fundão, 21941-972 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil - IVIG Telefone: 55 (21) 25628258 ricardo.furtado@ivig.coppe.ufrj.br)

Resumen

El trabajo consiste en presentar una herramienta de registro electrónico, desarrollada para atender los Proyectos del ICMBIO, del Ministerio de Medio Ambiente, especialmente como instrumento de regulación y control de las muestras recogidas de diversos lugares, proyectos y categorías. Tales muestras requieren un gran control en términos de documentación y archivo, así como una inversión proporcional en recursos humanos, logísticos y financieros. La combinación de la tecnología del ordenador conectado a internet junto con el sistema de registro facilita la integración y distribución de los casos ocurridos, pudiendo el medio digital convertirse en una herramienta eficaz de apoyo y control de las muestras recogidas y divulgar/comprobar las informaciones de los proyectos de las instituciones.

Palabras clave: Banco de Datos, Puertos, Notas Técnicas, Sistemas, Legislación Portuaria.

Introducción

En los últimos años, aumentó significativamente el uso de informaciones registradas en Bancos de Datos para controlar documentos, almacenar informaciones y tratar datos que precisan ser documentados e informados a la sociedad. En el caso de los puertos brasileños, estas informaciones en muchos casos no son puestas a disposición, probadas y estudiadas, a fin de poder gestionar y hacer pública una opinión respecto a un estudio o una evaluación sobre los mismos. Estructurar, documentar, archivar y disponibilizar documentos técnicos e informaciones de la infraestructura brasileña con fines de estudio, control y sistematización inter-institucionales en investigación constituye hoy un punto importante, teniendo en cuenta que el país precisa invertir mucho para mejorar la infraestructura existente. Entre los ítems disponibilizados, de diversas maneras, podemos citar los documentos y bancos de datos generados por el IVIG/COPPE/UFRJ – SEP/PND (Instituto Virtual de Cambios Globales de la Coordinación de Post-Graduación e Investigación en Ingeniería de la Universidad Federal de Río de Janeiro y Secretaria de Puertos Casa Civil con el Programa Nacional de Dragado).

Procesos de documentación de informaciones técnicas, como opinar respecto a la infraestructura portuaria; dudas técnicas de los puertos; informes y orientaciones de fiscalización de obras son algunos ejemplos de tipos de notas técnicas existentes hoy que pueden ser trabajadas y formateadas para estandarizar opiniones junto a la Secretaría de Puertos del Gobierno Brasileño.

El objetivo del presente trabajo es exportar el modelo de sistema creado para disponibilizar, registrar y documentar los procesos y notas técnicas en relación a la infraestructura desarrollada por el IVIG/COPPE/UFRJ para apoyar la SEP/PND Brasileña, y con eso documentar en un padrón único todas las informaciones dadas como apoyo.

Material y Método

El equipo técnico formado para la construcción de este banco de datos fue constituido por cuatro personas del área de Tecnología (un Ingeniero en Informática, un DBA – Administrados de Banco de Datos, y dos programadores) y cuatro del área Portuaria (un Ingeniero Naval, un Biólogo, un Oceanógrafo y un Abogado), todos del IVIG/COPPE/UFRJ. Fueron utilizados 8 microordenadores de tipo PC, siendo 7 con sistema operativo Windows 7 y 1 con sistema operativo Windows 8.

Los miembros responsables por el desarrollo de sistemas optaron por trabajar con IIS (Internet Information Services) en el servidor, como gerente de aplicaciones WEB. Fue usado también el software SVN Tortoise como controlador de versión del sistema y el programa de administración de Banco de Datos SQL Server 2008 R2, todos del fabricante Microsoft. El servidor WEB tuvo por función poner a disposición el sistema para el uso en campo, utilizando un microordenador del tipo Servidor DELL, con sistema operativo Windows 2003 Server, placa de red 10/100 Ethernet 3COM, conectado a través de la red de internet de la empresa tercerizada (Synapsis do Brasil LTDA.), con soporte 24 horas por día y 7 días por semana.

Asimismo, como programa para desarrollo de "páginas de internet" fue usado el Visual Studio 2010 para el sistema en C# dot net, de esa manera todo el sistema fue hecho para ambiente web y puede ser accedido desde ordenadores PCs, tabletas, teléfonos, etc. Como herramienta de administración del proyecto fue usado el DOT Project, versión 2.1.3. De esa forma, la metodología y construcción del banco de datos contó con diversos equipamientos, metodología Scrum de 15 días con intervalos, y herramientas para creación de diagramas usando el DBWrench.

Todo el acceso al sistema creado puede ser realizado a través de cualquier tipo de dispositivo que tenga acceso a internet con un navegador web (Mozilla, Internet Explorer o otro programa de navegación por internet). De esa manera, se permite el acceso a toda la comunidad portuaria, en caso que la Secretaría de Puertos lo juzgue necesario. En este momento solamente la SEP/PND puede acceder al sistema.

El registro de la nota técnica es hecho de forma secuencial y única, no habiendo posibilidad de repetición de la numeración. Estas informaciones son almacenadas en el banco de datos, creando características específicas y no pudiendo ser alteradas después del upload del archivo definitivo.

Fue creado un protocolo de registro para el modelo de nota técnica, donde las mismas son respondidas también por el sistema, después de su apertura. Una vez cerrada la nota técnica, la misma gana status de Aprobada y no puede ser alterada. Con estos protocolos establecidos fueron creadas las estructuras del banco de datos para la entrada de cada una de las notas técnicas, y ellas sirvieron de origen para las tablas de relaciones del banco de datos. Este material fue generado mediante el lenguaje de programación C# dot net (Asp net), con Ajax y disponible en formato *Hyper Text Markup Language* (HTML). Para esto hubo la necesidad de crear un mecanismo de seguridad que no permita que otros usuarios accedan a su contenido, por lo cual los usuarios deben estar registrados antes de responder o emitir una nota técnica.

Los protocolos fueron montados y separados por los Puertos Brasileños, donde a partir de los mismos podemos tener notas técnicas para un único puerto o para más de un puerto, según la necesidad. Considerando las notas, datos de origen, puerto, quien solicitó, quien emitió, fecha del pedido, fecha de efectuación, situación, historial, entre otros, todos los datos fueron puestos a disposición para acceso y registro a través de internet.

Los Resultados Encontrados

Tuvimos como principal objetivo generar una herramienta y un Banco de Datos donde el IVIG/COPPE/UFRJ y la SEP/PND consigan no solo tener registradas la totalidad de las notas técnicas, sino que también puedan hacerlo de forma automática con cualquier dispositivo, sin la necesidad de un ordenador, documentando todo lo que esté ocurriendo en el área portuaria brasileña.

Por no encontrar una herramienta disponible en el mercado que atendiese a todos los puntos del IVIG/ COPPE/UFRJ y SEP/PND, fue desarrollado un sistema que atendiese las demandas de los biólogos, oceanógrafos, abogados, ingenieros, involucrados en los procedimientos relacionados a los puertos brasileños, con el objetivo de cumplir los ítems del proyecto.

Utilizando el lenguaje de programación C# dot net (Asp net), Ajax, HTML, JavaScript (Lenguaje de scripts utilizado con frecuencia en la construcción de páginas de

Internet) y el Banco de datos SQL Server 2008 R2, fue construida una herramienta de gestión, construcción, grabación y registro de notas técnicas, separados por diversos indicadores, entre ellos: los puertos, lugar de registro, responsable, asunto, fecha del registro, fecha de respuesta, etc. El modelo usado en este banco de datos relacional posee varias tablas, entre ellas: nota técnica, situación de la nota técnica, participante, puerto, documento nota técnica.

Al acceder por la ruta de acceso http://sistema.ivig.coppe.ufrj.br/notatecnica, mostrada en la figura 1, el usuario debe ingresar su identificación y contraseña. En este punto el usuario tendrá la identificación registrada "login" y una contraseña. La identificación es registrada con anterioridad, liberando el acceso de las personas y la contraseña es generada y enviada por el sistema al "e-mail" registrado.

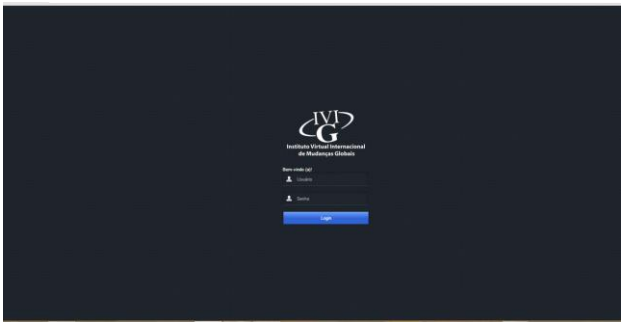


Figura 1 – Entrada del sistema con control de usuario y contraseña con perfiles diferentes por persona o grupos

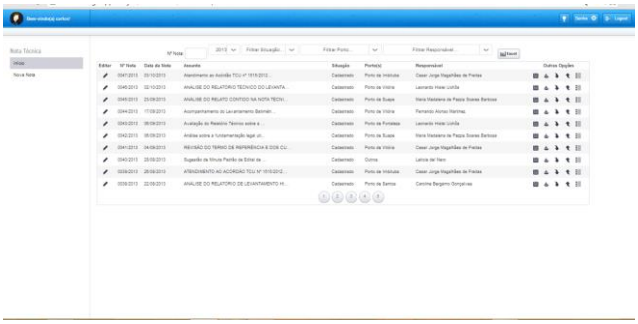


Figura 2 – Acceso a la lista de notas técnicas emitidas

Luego de ingresar con su identificación y contraseña, el usuario verá la lista de notas técnicas ya emitidas y el status de cada una de ellas (Figura 2). Todos los ítems en la parte superior de la pantalla, figura 2, son indicadores y filtros que podemos usar en la aplicación. Podemos enumerar las notas técnicas solo con una situación, notas de un puerto, de un responsable, etc. así como exportar todos los ítems para Excel. Los ítems inferiores tratan de la paginación de la lista de notas técnicas. En la parte superior del sistema, del lado izquierdo, podemos ver la foto y el nombre del usuario que está conectado al sistema, y del lado derecho, la opción de cambio de contraseña, logoff y el manual del sistema. El botón Editar, en la lista, detallado en la figura 3 no puede ser usado cuando tenemos un archivo asociado a una nota técnica. Ya en la figura 4, podemos ver en la opción de la lista lo que puede ser hecho después que una nota técnica es creada. Entre las opciones están: Historial de la Nota Técnica, Puertos Relacionados, Download de la Nota, Cargar nueva Nota e Detallar la nota técnica. En la primera opción, figura 5, podemos ver el Historial de una Nota Técnica. En las figuras 5 a 10 veremos lo que cada una de las opciones permite que el usuario realice como tarea.

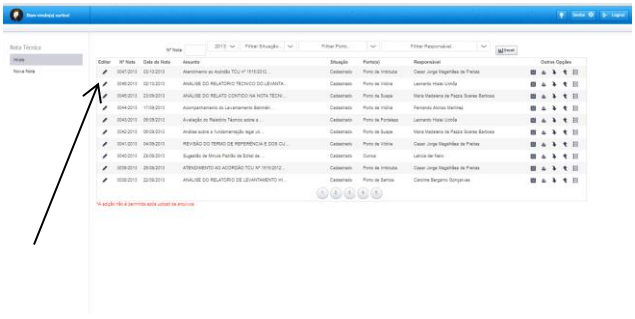


Figura 3 – Opción de Editar en la lista de notas técnicas, la cual no puede ser editada en caso de que existan archivos asociados.

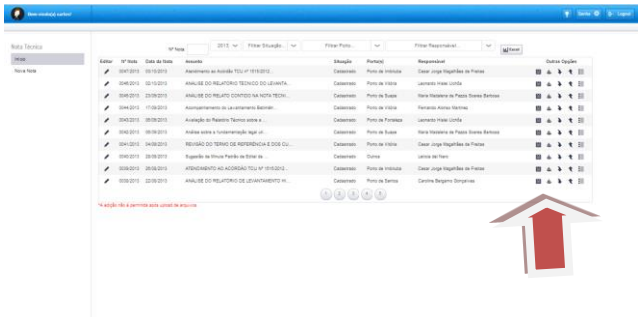


Figura 4 – Lista de opciones que pueden ser ejecutadas en las notas técnicas.

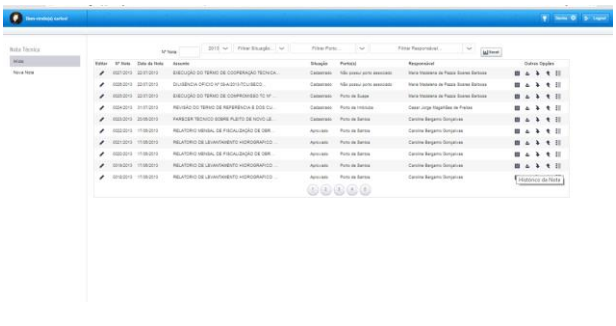


Figura 5 – Historial de la Nota Técnica

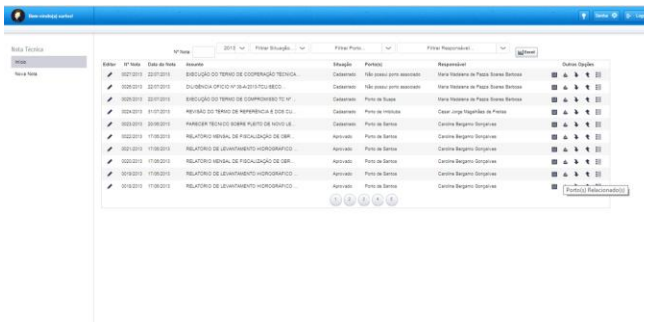


Figura 6 – Puertos Relacionados a la Nota Técnica

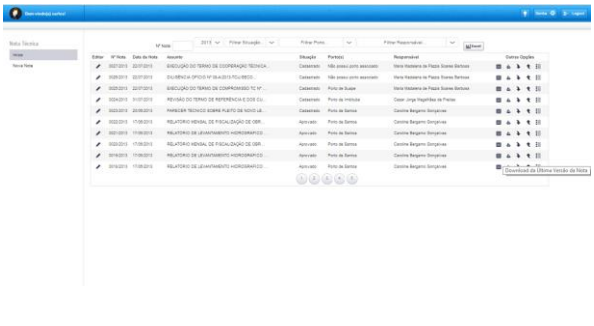


Figura 7 – Download de la última versión de la Nota Técnica

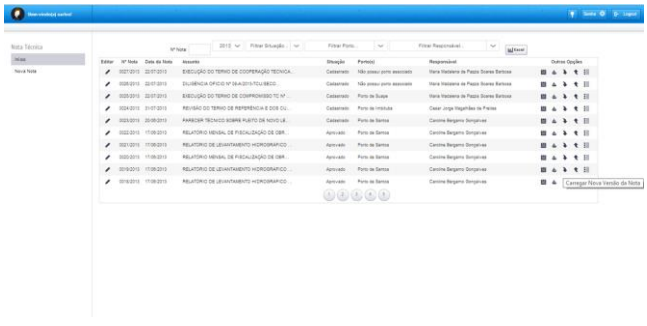


Figura 8 – Cargar Nueva Versión de la Nota Técnica

En la figura 9, podemos ver el historial de una nota técnica, con su respectivo responsable, el status de cada uno de los ítems, su numeración, fecha en que fue generada, etc., y en la figura 10, podemos ver los puertos asociados a una determinada nota técnica.

Dentro de la figura 12, identificamos la forma de cómo podemos cargar un documento de nota técnica y los tipos de asociación e indicadores que están relacionados a ella.

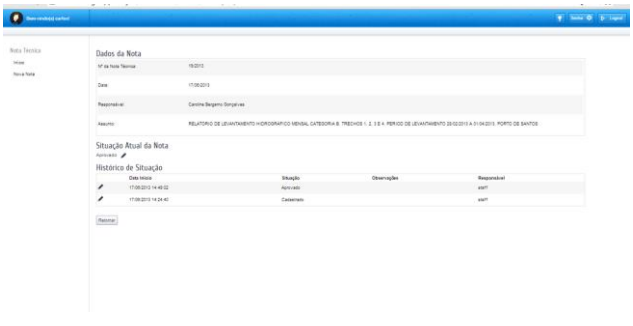


Figura 9 – Dentro del Historial de la Nota Técnica

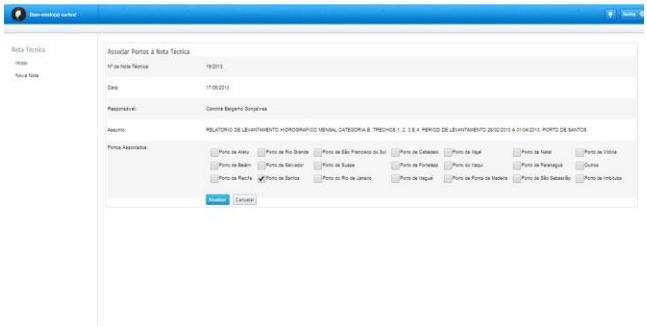


Figura 10 – Dentro de la opción de Asociar los Puertos a una Nota Técnica

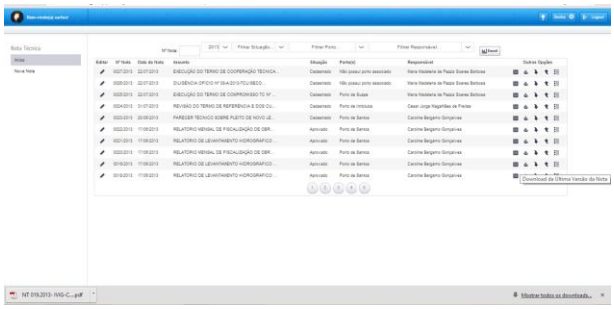


Figura 11 – Download de la Nota Técnica generada

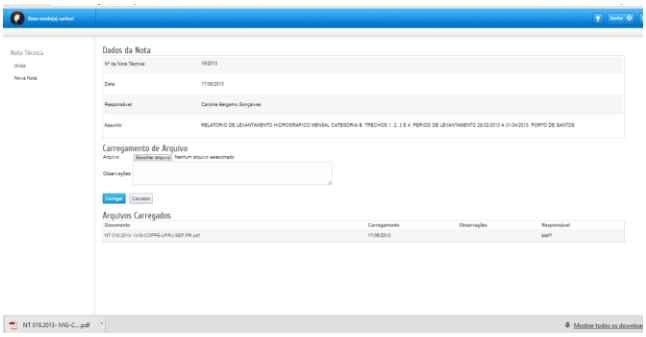


Figura 12 – Dentro de la opción para Cargar una Nota Técnica

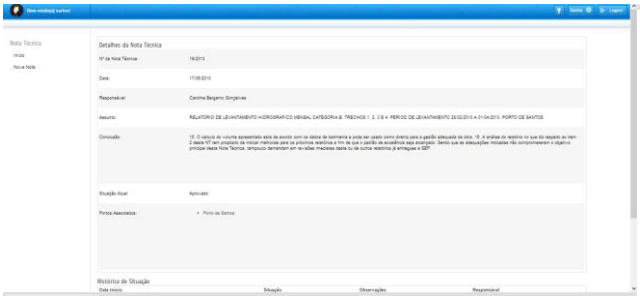


Figura 13 – Dentro de la opción para Detallar Nota Técnica

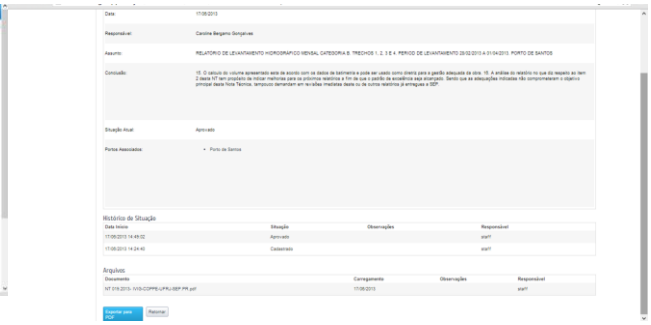


Figura 14 – Continuación de Detallar Nota Técnica

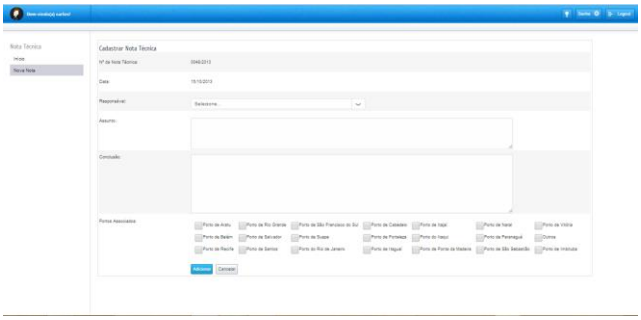


Figura 15 – Generación de una nueva Nota Técnica

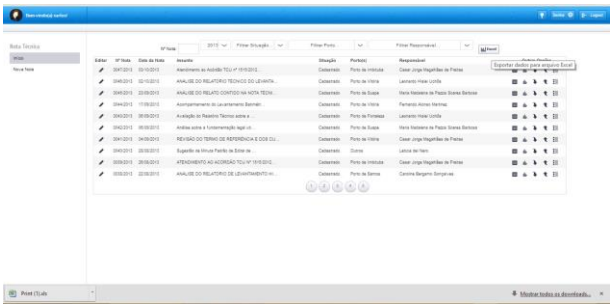


Figura 16 – Opción de Exportar los datos buscados

En las otras opciones del sistema, podemos ver otras pantallas, como en las figuras 13 y 14. La figura 15 muestra como generar una nueva nota y la figura 16 la forma de exportación de los informes (con las posibilidades disponibles). Ya la figura 17 trae solo la visión del detalle en la lista, facilitando la lectura del usuario.

El sistema permite también, a través de los grupos de administradores, listar y controlar todas las notas por puertos, y en la figura 15 podemos ver como es registrada una nueva nota técnica. En las figuras 18 a 20, mostramos como quedó el diagrama del banco de datos generado en el DBWrench.

En este proceso, todas las informaciones registradas a través de una nota técnica son analizadas y no entran automáticamente en el banco de datos, generando control de todos los tipos de búsquedas e informaciones documentadas en los puertos, teniendo en cuenta que una nota técnica sirve de apoyo a las decisiones de la Secretaría

de Puertos, que responde directamente a la Casa Civil y a la Presidencia de la República. Con eso evitamos la contaminación de los datos ya registrados y confirmados y, muchas veces, visitados y documentados, con miras a investigar los hábitos y dar una devolución significativa para la sociedad.

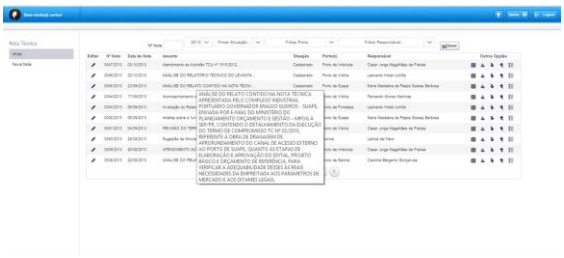


Figura 17 – Detalles de la Nota Técnica dentro de la Lista

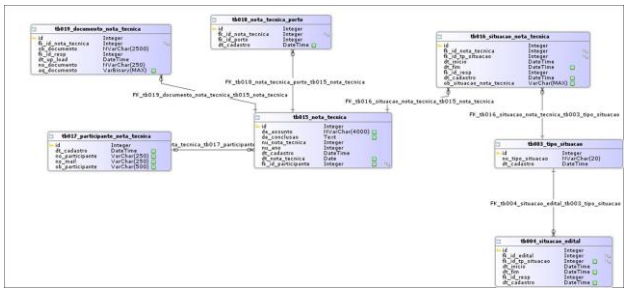


Figura 18 – Diagrama del Banco de Datos de Nota Técnica

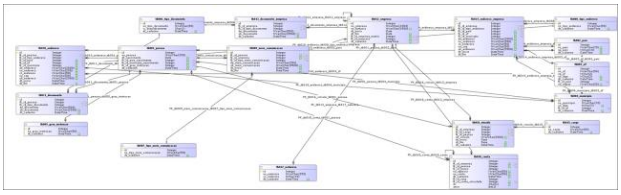


Figura 19 – Diagrama del Banco de Datos de Persona

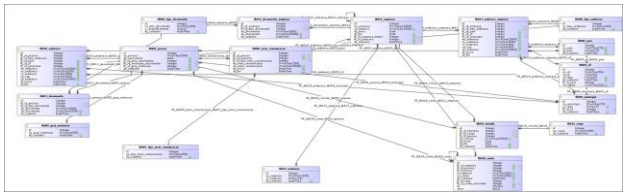


Figura 20 – Diagrama del Banco de Datos de Seguridad

"Análisis de trabajos relacionados para la presión arterial utilizando dispositivos móviles multisensoriales"

Héctor López, Máximo López, J. Gabriel González, Hiram Zuñiga
Departamento de Ciencias Computacionales
Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET)
Interior Internado Palmira S/N, Colonia Palmira
Cuernavaca, Morelos, C.P. 62490, México
{hectorm.lopezh, maximo, gabriel, hiram@cenidet.edu.mx}

RESUMEN

La Hipertensión Arterial (HTA) es un problema de salud pública en México, tiene una prevalencia ascendente y se distribuye ampliamente entre la población, además es uno de los principales factores de riesgo para padecer enfermedad cardiovascular, cerebrovascular y falla renal, que son importantes causas de mortalidad en México [1].

En el presente artículo se muestran los esfuerzos que se están dirigiendo para afrontar este problema empleando sistemas de información en dispositivos móviles inteligentes (Smartphones), los que permiten a las personas mejorar su estilo de vida y monitorear sus actividades diarias y signos vitales. Una vez expuestos estos trabajos se realiza un análisis para observar la forma en que se está atendiendo este problema, se analiza la tecnología implementada en los sistemas así como el procedimiento propuesto para obtener información útil para el usuario.

Se analizan dos puntos importantes en los trabajos con los cuales la mayoría de los autores tienen en común, el dispositivo móvil inteligente utilizado en el desarrollo de los sistemas de información y el medio de transmisión de datos de presión arterial.

Palabras clave: presión arterial, hipertensión arterial, monitoreo, Smartphone.

INTRODUCCIÓN

La elevación de las cifras de Presión Arterial (PA) por encima de los valores normales (120/80 mmHg) es uno de los problemas de salud más frecuentemente observados en la población mexicana y con el cual se enfrenta diariamente el personal de salud [2].

PA es el nivel de fuerza que ejerce la sangre sobre la pared arterial cuando fluye por las arterias.

La Hipertensión afecta a 3 de cada 10 adultos mexicanos de las distintas regiones, localidades y nivel socioeconómico. Pese a la tendencia creciente en la prevalencia de la HTA en las últimas dos décadas, en los últimos seis años la prevalencia se ha estabilizado [3], por otra parte, se ha comenzado a observar a edades más tempranas padecimientos crónicos (diabetes e hipertensión), lo que implica la necesidad de monitorear estas condiciones y fortalecer estrategias de prevención temprana [4].

Diversos estudios han identificado como factores que contribuyen a la aparición de HTA la edad, una alta ingesta de Sodio, dietas elevadas en grasas saturadas, el tabaquismo, estilo de vida sedentario y la presencia de enfermedades crónicas como obesidad y diabetes entre otros factores [3], el riesgo aumenta notoriamente, éste es uno de los problemas de salud más frecuentemente observados en la población mexicana [2]. Las complicaciones de la HTA se relacionan directamente con la magnitud del aumento de la presión arterial y el tiempo de evolución. No

hay duda de que en general, el tratamiento temprano de la HTA tiene importantes beneficios.

Por otra parte, la tecnología móvil ha tenido grandes avances y se ha convertido en parte de nuestra vida diaria, además de que se adapta rápidamente a nuestras necesidades con el único fin de facilitar las actividades cotidianas. En México 42.4 millones de personas utilizan una computadora, 37.6 millones acceden a internet [5] y la penetración de los teléfonos inteligentes actualmente llega al 20% de la población [6]. Aprovechando el gran impacto de la plataforma de dispositivos móviles inteligentes y las capacidades multisensoriales integradas permite revolucionar muchos sectores, uno de ellos, el más importante, el sector salud.

Este artículo se organiza de la siguiente manera: la segunda sección describe algunos trabajos que atienden al problema del monitoreo de presión arterial en pacientes implementando sistemas de información en un dispositivo inteligente, la tercera sección presenta una discusión de los trabajospresentados, por último se describen las conclusiones.

TRABAJOS EN LOS QUE SE ABORDA EL MONITOREO DE PRESIÓN ARTERIAL EN UN TELEFONO INTELIGENTE

En esta sección se presentaran algunos trabajos en los que se aborda la toma de diferentes mediciones vitales del cuerpo humano haciendo uso de teléfonos inteligentes utilizando los Sistemas Operativos más utilizados (Android y iOS) [7] aprovechando sus capacidades multisensoriales de estos.

Ramón Hervás, Jesús Fontecha, David Ausín, Federico Castanedo,Diego López-de-Ipiña yJosé Bravo [8]

Se aborda el desarrollo una aplicación (Fig.1) para pacientes, médicos y un motor de razonamiento para calcular el riesgo de un enfermedad cardiovascular basado en reglas SWRL.También se propone un módulo conceptual para integrar las recomendaciones a los pacientes en sus actividades diarias en base a la información de manera proactiva inferida a través de técnicas de razonamiento y sensibles al contexto.Dos aplicaciones en el SO Android 2.3 se implementaron para realizar las tareas de monitoreo.La primera aplicación permite a los pacientes a controlar sus signos vitales como la presión arterial. La segunda aplicación permite a los médicos obtener los resultados del seguimiento de los pacientes en tiempo real, en este caso, con respecto a su riesgo de enfermedad cardiovascular.

Ambos incluyen información y gráficos relacionados con las tareas supervisadas:

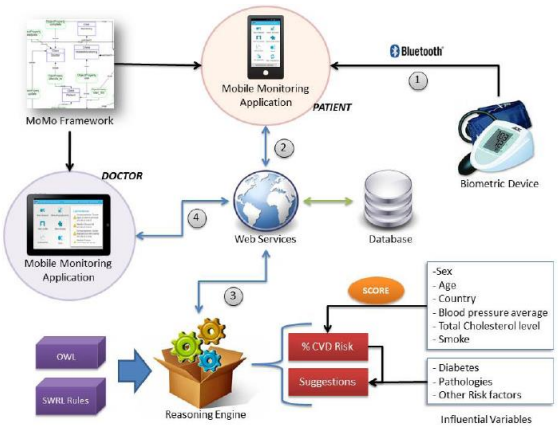


Figura 1. Descripción del sistema [8]

Como trabajo futuro, se propone la integración de estas nuevas reglas para comprobar el índice de masa corporal y los niveles de glucosa en combinación con el riesgo de enfermedad cardiovascular calculado.

Emma Smithayer, Advisor: David Kotz [9]

El objetivo de este trabajo es utilizar el sensor “Acelerómetro” del teléfono inteligente (iPhone) y sensores de fuerza para determinar si el brazo de un paciente se encuentra en la posición correcta durante una medición de presión arterial, y así proporcionar información al usuario, de manera que se puede repetir si

es necesario. Este sistema podría evitar que los datos erróneos debido a una posición incorrecta del brazo. La medición dura unos 40 segundos y la aplicación muestra la lectura de la presión arterial. El estudio se realizó a 11 hombres y 9 mujeres estudiantes en equipos de dos y se realizaron tres pruebas. Los resultados de estas pruebas indican que un sistema de sensores con una respuesta inmediata, es útil en la orientación de los usuarios no calificados para tomar una medición de la presión arterial con el brazo en la posición correcta.

José Bravo, Vladimir Villarreal, Ramón Hervás, Gabriel Urzaiz [10]

El desarrollo de este artículo habla de una arquitectura de monitoreo móvil que permite a los pacientes tener un control constante de sus tendencias de signos vitales así como la comunicación directa con su médico. El proyecto se basa en un Framework conceptual, que permite el desarrollo de cada elemento (interfaces de usuario, definición y relación de módulos, procesamiento de datos, y adquisición de medidas), en la arquitectura de Software.

Para la gestión de datos se desarrolla una ontología para definir todos los elementos de la arquitectura y la generación de conocimiento. Esta distribución ontológica permite el desarrollo de capas para la distribución y el procesamiento de los datos de medición.

También se realiza el diseño de ingeniería del software basada en patrones para el diseño de toda la arquitectura. Además del diseño de un sistema de comunicación con estructura distribuida para permitir la transmisión y el procesamiento de los signos vitales vía Bluetooth, NFC, etc. entre los teléfonos móviles y dispositivos biométricos.

Yuan-HsiangLin, Zhe-Min Lin, Ya-TingHsu, Hau-Ying Ku [11]

En este trabajo, se ha propuesto un nuevo monitoreo de presión arterial móvil inteligente basado en un Smartphone. El monitoreo está conformado por un dispositivo llamado “monitor de presión arterial de muñeca” y un Smartphone con sistema operativo Android.

Los usuarios pueden ajustar el temporizador de alarma de acuerdo a sus necesidades, cuando el temporizador llegue a la hora programada, el Smartphone le recordará al usuario para que éste mida su presión arterial. Los datos de medición se actualizarán en la base de datos MySQL. El monitoreo propuesto puede ayudar a los usuarios a la medición periódica y gestión de su presión arterial y para lograr el objetivo de la prevención y atención de la salud para mejorar la calidad de vida. La precisión de los datos obtenidos por este trabajoson verificados por un monitor de presión arterial comercial UA-767 y muestra las diferencias de la presión arterial sistólica es de -1.7 ± 6.7 mmHg y las diferencias de la presión arterial diastólica es de 2.8 ± 4.6 mmHg. Ambos resultados están dentro de los límites de las normas AAMI de 5 ± 8 mmHg.

Won - JaeYi, WeidiJia, JafarSaniie [12]

En este trabajo se presenta un sistema que utiliza el Smartphone para recoger datos de los sensores en tiempo real y transmisión simultánea de los datos al servidor mediante conexiones Bluetooth e Internet. En el sistema propuesto, un acelerómetro, un sensor de temperatura y las señales de Electrocardiografía (registro gráfico de la actividad eléctrica que se genera en el corazón) han sido seleccionados para la transmisión de datos a través de Bluetooth y la conexión inalámbrica a Internet.

Además, se utilizó tecnología NFC para reducir el proceso de conexión de Bluetooth innecesaria. Este sistema es altamente escalable para incluir más sensores para producir un sistema de monitorización de pacientes mejorado que sea más preciso y sensible.

DISCUSIÓN

En esta sección se presentan las diferentes aplicaciones que se revisaron anteriormente y que son utilizados para la medición de la presión arterial mediante un teléfono inteligente. En todas las aplicaciones se realiza la conexión y transmisión de información por Bluetooth, en la aplicación [9] también es posible realizar la captura de información de forma manual, además en [10] [12] es posible realizar la conexión y/o transmisión por NFC.

Las aplicaciones [10] [11] utilizan el gestor de base de datos MySQL mientras que en [9] la información y el motor de razonamiento es almacenado en un servidor central mediante el uso de web services.

Como trabajo futuro, se propone la integración de estas nuevas reglas para comprobar el índice de masa corporal y los niveles de glucosa en combinación con el riesgo de enfermedad cardiovascular. En [10] dice que las ontologías servirán en el futuro para hacer que las aplicaciones sean interoperables con otras aplicaciones externas e implementar motores de inferencia que se doten de mayores aplicaciones de monitoreo de inteligencia. En [9] [12] se hace uso del sensor *"Acelerómetro"* del Smartphone, además que en [12] también es utilizado el sensor de temperatura y las señales de ECG han sido seleccionadas para la transmisión de datos a través de Bluetooth.

CONCLUSIONES

Este artículo presenta un análisis de los diferentes esfuerzos que se están haciendo actualmente para combatir problemas de enfermedades cardiovasculares. Nos asusta tanto hablar de la muerte que estamos dejando que la gente muera en silencio, por esta razón es necesario buscar nuevas alternativas con el único fin de prevenir estas enfermedades.

Durante el análisis se detectaron varios puntos en común entre los trabajos como lo son los sistemas móviles desarrollados que son capaces de registrar, por ejemplo, valores de la presión arterial haciendo uso de sus capacidades multisensoriales. El principal obstáculo para este nuevo campo no es la falta de infraestructura, ya que millones de personas ya llevan teléfonos inteligentes a donde sea. Más bien, los obstáculos técnicos están relacionados con la realización de aplicaciones sensible al contexto para así proporcionar información útil y eficaz a los usuarios para así emitir una alerta (por ejemplo, SMS, llamadas de voz, GPS, correo electrónico, geolocalización por WiFi, etc.) con el fin de ayudar a la toma decisiones con base a la información y resultados obtenidos.

REFERENCIAS

[1] Stevens G, D. R. (2008). Characterizing the epidemiological transition in Mexico: National and subnational burden of diseases, injuries, and risk factors: http://dash.harvard.edu/bitstream/handle/1/10423840/2429945.pdf?sequence=1

[2] Programa de acción: Enfermedades Cardiovasculares e Hipertensión Arterial: http://www.salud.gob.mx/docprog/estrategia_3/enfermedades_cardiovasculares.pdf

[3] Encuesta nacional de Salud y Nutrición – Evidencia para la política pública en salud (2012): http://ensanut.insp.mx/doctos/analiticos/HypertensionArterialAdultos.pdf

[4] Instituto Nacional de Salud Pública (30 de Enero de 2011). La hipertensión arterial en Morelos. Periodico, Diario de Morelos: http://www.insp.mx/noticias/nutricion-y-salud/1573-la-hipertension-arterial-en-morelos.html

[5] Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI (2011) BOLETÍN DE PRENSA NÚM. 270/12: http://www.netmedia.mx/ultimas-noticias/menos-de-la-mitad-de-los-mexicanos-usan-computadora-inegi/

[6] Our Mobile Planet: México (Mayo – 2012): http://www.kelevrads.com/sp/files/our_mobile_planet_mexico_es.pdf

[7] Mobile Devices + Twitter Use: https://www.mapbox.com/labs/twitter-gnip/brands/#

[8] Mobile Monitoring and Reasoning Methods to Prevent Cardiovascular Diseases: http://www.mdpi.com/1424-8220/13/5/6524

[9] Sensor-based system for verifying blood-pressure measurement position: http://www.cs.dartmouth.edu/reports/TR2012-720.pdf

[10] Using a Communication Model to Collect Measurement Data through Mobile Devices: http://www.mdpi.com/1424-8220/12/7/9253

[11]A Mobile Intelligent Blood Pressure Monitor Base on the Android Smartphone: http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-23948-9_21

[12] Mobile Sensor Data Collector using Android Smartphone: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6292180

Monitoreo y almacenamiento de información de variables corporales en dispositivos móviles usando la norma IEEE 1073.

David A. MARTINEZ
Programa de Ingeniería Electrónica
Universidad Manuela Beltrán
Bogotá, Colombia
david.martinez@docentes.umb.edu.co

Andrés M. LOTERO
Programa de Ingeniería Civil
Universidad De la Salle
Bogotá, Colombia
amlotero@unisalle.edu.co

RESUMEN

El estándar IEEE 1073 busca reglamentar los procesos de comunicaciones entre dispositivos médicos y de estos con sistemas computacionales externos. Tales dispositivos pueden ser reducidos en tamaño y capacidad de procesamiento como es el caso de unidades de cuidado de paciente en estado ambulatorio o en el hogar. Este documento muestra la aplicación de los conceptos de éste estándar en un dispositivo médico monitor de postura y detector de caídas abruptas. Los parámetros normativos son aplicados en todas sus posibles extensiones dentro de un entorno de comunicaciones entre un teléfono celular que recibe señales de postura y caídas desde el dispositivo médico y transmite la información a un servidor WEB remoto en el cual se despliega gráficamente para ser analizada por varios usuarios (médico, enfermero, paciente). La implementación muestra que la norma es fácilmente aplicable en el proceso de comunicación para dispositivos de baja capacidad (teléfonos celulares de baja y alta gama) que no puedan soportar otros estándares más complejos, tales como DICOM o HL7. Sin embargo, algunos de sus conceptos son demasiado complejos para ser incluidos en elementos aún más sencillos como un microcontrolador.

Palabras clave: IEEE 1073, dispositivo médico, telemedicina, detección de caídas, monitor de postura, cuidado en el hogar.

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento del uso de dispositivos médicos basados en tecnologías inalámbricas y de tamaño reducido, utilizados en aplicaciones para cuidado en el hogar o monitoreo ambulatorio de pacientes, ha generado la necesidad de normalizar los procesos de comunicación entre estos dispositivos con sistemas similares o sistemas computacionales externos. Por otra parte, cada señal médica puede requerir un tipo de tecnología diferente dependiendo de las tasas de transmisión, frecuencias de muestreo, potencia de emisión y recepción, entre otros parámetros, para ser capturada desde el paciente y emitida a un destino correctamente. Estos y otros aspectos son la razón que ha generado la necesidad de un estándar para implementaciones en dispositivos con limitaciones de procesamiento o transmisión de señales por medios inalámbricos. Es así como surge el estándar denominado IEEE 1073, el cual busca lograr metas, tales como interoperabilidad plug and play entre dispositivos médicos y facilitar intercambio eficiente de información entre éstos. El presente documento describe el proceso de implementación de un dispositivo para la medición de posturas de la espalda y la detección de caídas de una persona como un ejemplo de la utilización del estándar IEEE 1073. El dispositivo es capaz de generar alarmas locales para el paciente que indican que la espalda está en una mala postura, generar alarmas que se emiten a un receptor remoto cuando sucede una caída y enviar datos promedio sobre los estados de la espalda a un servidor WEB. Éste prototipo aplica algunos de los conceptos de la norma en la implementación hardware, la arquitectura de red a utilizar y principalmente en lo que se refiere al envío de mensajes sobre eventos hasta el servidor.

2. CONCEPTOS GENERALES DE LA NORMA IEEE 1073

La norma está definida en varios documentos, de los cuales, los cuatro que se describen a continuación son relevantes dentro del proyecto.

2.1 Sección 1073-10201: Modelo del Dominio de la Información (DIM).

El DIM define abstracciones de entidades del mundo real relacionadas con información de signos vitales. Cada una de estas entidades es representada como un Objeto compuesto por Atributos y Métodos, tal como se definen en un modelo Orientado a Objetos. El Modelo está descrito con UML y es subdividido en paquetes que contienen a los Objetos para permitir una mejor organización de los conceptos. La figura 1 muestra un diagrama general de paquetes para un sistema médico, según se define en el DIM [1].

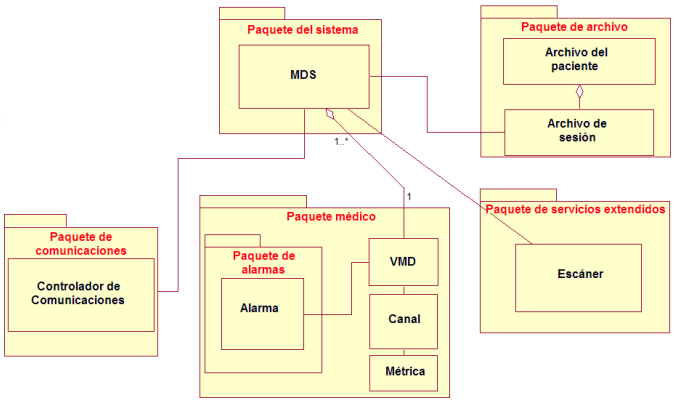


Figura 1. Diagrama de paquetes según el modelo de información (DIM).

Algunos de los paquetes se describen a continuación:

2.1.1 Paquete del sistema: Representa a todo el sistema médico, es decir, los dispositivos, los eventos de alarma, las mediciones, los medios de almacenamiento de información y los actores del proceso de comunicación.

2.1.2 Paquete Médico: Contiene a los objetos relacionados con el dispositivo**,** las medidas y los eventos de alarmas que se generan dentro de él. Sus objetos se describen a continuación:

- **Objeto VMD:** Representa a un subsistema médico que puede ser de tipo Hardware o Software.
- **Objeto Métricas:** Representa las medidas cualitativas, cuantitativas, directas o derivadas tomadas por medio del dispositivo médico.
- **Objeto Canal:** Agrupa objetos de tipo Métricas que se relacionan entre sí.

2.1.3 Paquete de Alarmas: Contiene objetos que representan alarmas que ocurren dentro de un objeto VMD o dispositivo y es causado por razones fisiológicas o de tipo técnico y alarmas pertenecientes a un MDS, es decir, en varios objetos VMD's o dispositivos.

2.1.4 Paquete de Servicios Extendidos: Contiene los objetos denominados Escáner. Estos son los encargados de identificar cuando se presentan sucesos anormales en otros objetos (niveles anormales, desconexión inesperada del dispositivo, entre otras). Estos objetos generan notificaciones que son emitidas a un elemento de gestión que reacciona ante el evento.

2.1.5 Paquete de Archivo: Representa el medio de almacenamiento en el cual se guarda información relacionada con un paciente o las mediciones hechas sobre él.

2.1.6 Paquete de Comunicaciones: Involucra a todos los objetos que representan entidades participantes en un proceso de comunicación en el cual se intercambia información sobre señales médicas.

2.2 Sección 1073-00101: Nomenclatura.

La nomenclatura es un diccionario que asigna un código único a cada objeto perteneciente al DIM o a los componentes que participan en un proceso de comunicación [2].

2.3 Sección 1073-20101: Perfiles de aplicación.

Esta parte de la norma define un modelo de comunicaciones que se aplica para la transmisión de información de signos vitales y se basa en el concepto de Manager y Agente, definido por definido por ISO [3].

- **Agente**: Es el organismo en donde se encuentran los objetos del DIM en los cuales se almacena información referente a las señales médicas capturadas de un paciente.

- **Manager**: Accede a los objetos del DIM definidos dentro del Agente para extraer o modificar información relacionada con las señales médicas provenientes del paciente.

2.3.1 Comunicación entre Manager y Agente: Un Agente o Manager accede a la información de signos vitales sólo a través de un conjunto de servicios de gestión de información denominado CMDISE (Common Medical Device Information Service Element).

2.3.2 CMDISE: Es el elemento que proporciona los servicios necesarios para acceder remotamente a la información de signos vitales presente dentro de un Agente. Algunos de estos servicios son:

- **Event Report:** Utilizado para reportar un evento ocurrido dentro de un objeto; por ejemplo, una notificación de un evento de caída de una persona generado por un objeto Escáner.
- **Get:** Utilizado para recuperar el valor de un atributo perteneciente a un objeto; por ejemplo, una petición de estado de la batería de un dispositivo.
- **Set:** Utilizado para fijar el valor de un atributo perteneciente a un objeto; por ejemplo, un mensaje que indique a un dispositivo médico que entre en un estado de bajo consumo de potencia.

2.3.3 Protocolos CMDIP y ROSE: El protocolo CMDIP (Common Medical Device Information Protocol) es utilizado para estructurar los mensajes correspondientes a los servicios CMDISE (mensajes Event Report, Set, etc), mientras que el protocolo ROSE (Remote Operation Service Element) contiene a los mensajes CMDIP y les asigna un identificador de invocación ***InvokeID*** y un identificador de operación ***operation-value***. El primero de estos parámetros es un identificador de mensaje, y sirve para saber cuál es la respuesta a un mensaje enviado, mientras el segundo, indica que tipo de mensaje se envía (Event Report, Set, Get, etc). La figura 2, muestra como se arma un mensaje CMDISE a partir de los protocolos CMDIP y ROSE.

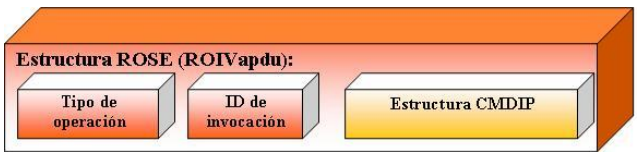


Figura 2. Mensaje CMDISE.

2.4 Sección 1073-00101: Guía para el uso en tecnología RF wireless.

Esta sección de la norma es una guía sobre los aspectos a tener en cuenta cuando se transportan datos de señales médicas en redes inalámbricas, permanentemente, mediante un sistema portátil o desde el mismo hospital en forma ambulatoria o estática [4].

3. METODOLOGÍA

El prototipo descrito en las siguientes dos secciones (A y B) fue desarrollado para estudiar la aplicabilidad de la norma IEEE 1073 en todos los niveles de implementación de un dispositivo médico con bajas capacidades de procesamiento, teniendo en cuenta los aspectos relacionados con el hardware y el software.

A. Implementación Hardware.

Esta sección describe los elementos que componen el hardware del prototipo y su relación con los conceptos definidos en el estándar IEEE 1073. La figura 3 muestra el diagrama de bloques para éste caso.

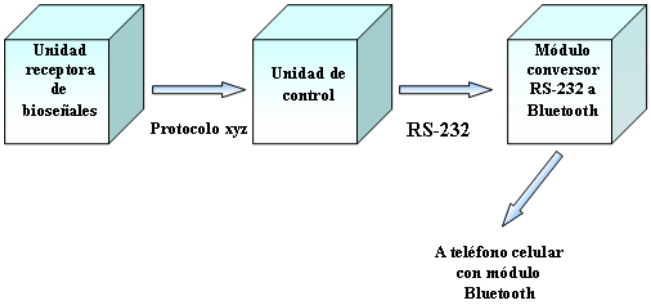


Figura 3. Diagrama de bloques del hardware del prototipo.

Los tres bloques que componen el hardware: La unidad receptora de bioseñales, la unidad de control y el módulo conversor RS-232 a Bluetooth, son descritos a continuación.

A.1 Unidad receptora de bioseñales.

Esta unidad se utiliza para monitorear la postura de la espalda y para detectar caídas de una persona. Su implementación se basa en un acelerómetro de tres ejes (MMA7260QT de Freescale) cuyas características, tales como bajo consumo de potencia, bajo costo y pequeñas dimensiones, lo hacen ideal para el prototipo [5]. La unidad receptora de bioseñales está compuesta por dos elementos: El monitor de posturas y el detector de caídas, cuya implementación se describe a continuación.

1. Monitor de postura. El acelerómetro al igual que el resto del circuito está ligado a la espalda del paciente, en el punto más sensible a las variaciones de postura. Cuando la persona inclina su espalda en cualquier dirección se produce una variación de voltaje en cada eje del acelerómetro que es capturada por el conversor Análogo-Digital perteneciente a la unidad de control y transformada en una palabra digital de 16 bits. Tales palabras, son interpretadas como ángulos de inclinación de la persona, de tal manera que se pueden determinar los estados mostrados en la tabla 1. Algunos de ellos generan alarmas, mientras que otros simplemente sirven para llevar registros estadísticos.

Inclinado hacia adelante
Inclinado hacia atrás
Inclinado hacia la derecha
Inclinado hacia la izquierda
Inclinado hacia adelante y a la derecha
Inclinado hacia adelante y a la izquierda
Inclinado hacia atrás y a la derecha
Inclinado hacia atrás y a la izquierda
Acostado hacia la derecha (No alarma)
Acostado hacia la izquierda (No alarma)
Acostado Boca arriba (No alarma)
Acostado Boca abajo (No alarma)
Posición correcta (No alarma)
Evento de caída

Tabla 1. Posturas medibles por el dispositivo.

2. Detector de caídas. Cuando se presenta un evento de caída, las medidas en los 3 ejes tienden al valor correspondiente a 0g [6]. Se hicieron varios cálculos para determinar los rangos dentro de los cuales se considera que ocurre éste evento, lo que llevó a establecer los niveles mostrados en la tabla 2 como los determinantes para la alarma.

Valor Hexadecimal	Estado
8CA0	Nivel superior
5DC0	Nivel inferior

Tabla 2. Rango dentro del cual están las medidas de los ejes en un evento de caída.

Cuando los valores para los tres ejes se encuentran al mismo tiempo dentro del rango ubicado entre los niveles superior e inferior, se produce un evento de caída.

A.2 Unidad de control.

La unidad de control es un Microcontrolador del fabricante Freescale (HC9S08QG8), seleccionado por su bajo costo, tamaño reducido y bajo consumo de potencia, características importantes para dispositivos médicos portátiles. Sólo posee 16 pines y ofrece funciones tales como un conversor Análogo-Digital que se puede configurar para 8 o 10 bits de resolución, con varios canales de entrada de los cuales se utilizan 3 para cada eje proveniente del acelerómetro y un módulo de transmisión serial SCI que ofrece una interfaz RS-232 utilizada para la conexión con el módulo conversor RS-232 a Bluetooth [7].

La unidad de control hace las veces de Objeto ***Escáner*** según la norma IEEE 1073, ya que contiene rutinas que detectan valores anormales en ciertos atributos pertenecientes a las Alarmas. Para el caso de la detección de caída, existe una rutina que se ejecuta continuamente y detecta cuando los niveles de los 3 ejes están en el rango que la determinan. En el caso de las posturas, una rutina se encarga de monitorear si la espalda permanece por más de cierto tiempo en posición incorrecta y genera el evento de alerta. En este módulo también se implementa un monitor de postura que lleva una estadística de permanencia en cada uno de los estados mostrados en la tabla 1, lo cual permite que se lleve un registro de que posturas son las más habituales en un paciente. La información de Alertas de posturas incorrectas, Alertas de caídas e información de estadísticas de posturas son emitidas al teléfono celular por medio de un protocolo creado para éste proyecto. Una vez en el celular, el evento de caída es notificado a otro celular mediante

un mensaje SMS, los eventos de postura incorrecta son anunciados de manera local al usuario con alertas sonoras y los reportes estadísticos son enviados a un servidor remoto por medio de mensajes ***EventReport*** tal como lo especifica la norma IEEE 1073.

A.3 Módulo conversor Serial a Bluetooth.

Éste módulo se encarga de recibir los datos en formato RS-232 provenientes de la unidad de control y transmitirlos al teléfono celular vía Bluetooth. El dispositivo seleccionado (Parani ESD200), proporciona un alcance de 10 metros y puede ser configurable mediante comandos AT para soportar varias tasas de transmisión y direcciones Bluetooth de dispositivos a los cuales se puede conectar, entre otras funciones [8].
Por medio de comandos AT fue posible asignar el siguiente nombre a este módulo, el cual identifica a todo el dispositivo médico: MDC_DEV_MON_POS_FALL_BODY_1 (Monitor de postura y caídas del cuerpo). Tal nombre cumple con los parámetros provistos por la nomenclatura establecida en la norma IEEE 1073. El número uno adicionado al final de la estructura del nombre permite identificar al dispositivo ante sus similares, es decir, es un identificador interno dado por el fabricante (Desde el punto de vista de la nomenclatura el número uno es el atributo HANDLE, que identifica a un elemento dentro de un contexto).

B. Implementación Software.

Inicialmente se describe el software del microcontrolador en la sección B.1 y en la sección B.2 el software del teléfono celular y el Servidor WEB. En las secciones B.3, B.4 y B.5 se muestra de manera más específica como se hizo la implementación en código JAVA.

B.1 Software del microcontrolador.

El software del microcontrolador fue desarrollado en lenguaje C. Las rutinas de programación de éste dispositivo capturan las señales provenientes de los tres ejes del acelerómetro por medio de tres canales del conversor Análogo - Digital. Una vez digitalizados los valores entrantes se analizan para determinar los eventos producidos (caída o postura incorrecta) casos en los cuales se emite un mensaje al módulo conversor RS232 – Bluetooth. Además de los eventos de alerta, el microcontrolador envía cada minuto los valores hexadecimales promedio de los estados que se mostraron en la tabla 1.

B.2 Software en el teléfono y servidor WEB.

El software implementado en el teléfono celular y el servidor WEB aplica los conceptos definidos por la norma IEEE 1073 en lo relacionado al proceso de comunicación entre un dispositivo médico y un sistema computacional externo. Tales conceptos involucran a dos actores denominados Manager y Agente mostrados en la figura 4.

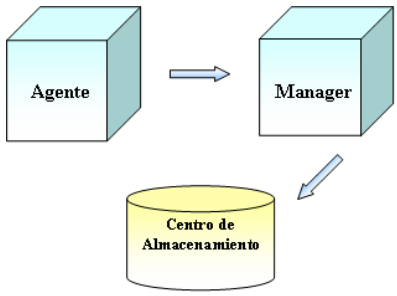


Figura 4. Diagrama de bloques de la implementación software del teléfono celular y el servidor WEB.

A continuación se describe cada uno de estos bloques.

1. Agente. Para el caso de este proyecto, el concepto de Agente es materializado en el teléfono celular, en el cual se reciben los promedios y alarmas de las señales de postura y caídas que provienen del dispositivo de medición. En otras palabras, en el teléfono celular se publica la información sobre las medidas, la cual puede ser accedida remotamente por una entidad que opera como Manager, a través de servicios CMDISE, definidos dentro del estándar 1073.

2. Manager. Este se implementó como un servidor WEB que ofrece los servicios CMDISE definidos en el estándar, tales como el servicio ***Event Report***. El Agente accede a los servicios ofrecidos por el servidor WEB para transmitir la información de alertas o promedios de datos para que éstos sean almacenados en una base de datos.

3. Centro de almacenamiento. El centro de almacenamiento es una base de datos que permite guardar la información sobre posturas y caídas. Los datos son desplegados y visualizados en gráficos estadísticos que pueden ser vistos tanto por los pacientes como por trabajadores de la salud para su respectivo análisis. Para desarrollar la aplicación que permite la comunicación entre el Manager y el Agente se utilizó una estructura Cliente-Servidor basada en una plataforma llamada WEB Services y el lenguaje de programación JAVA.

B.3 Codificación JAVA de las estructuras pertenecientes al estándar IEEE1073.

El estándar define un servicio de gestión de información llamado CMDISE ya mencionado anteriormente, el cual está compuesto por estructuras como CMDIP y ROSE que determinan la manera en la que se arman los mensajes que se van a intercambiar entre dispositivos; en otras palabras, definen el protocolo de intercambio de información, que junto con el resto de lineamientos del estándar, basaron la creación del diagrama de clases mostrado en la figura 5 y posteriormente la codificación de una librería java denominada ***ieee1073*** que contiene los paquetes y clases definidos en éste. La implementación del cliente y el servidor se basan en dicha librería.

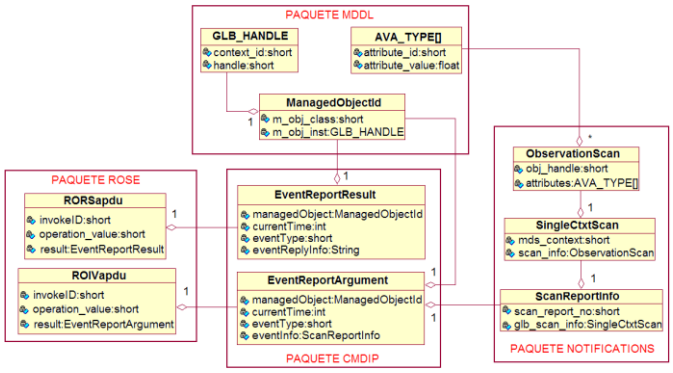


Figura 5. Diagrama de paquetes de la librería JAVA ieee1073 creada para el proyecto.

B.4 Implementación del Servidor

Para implementar el servidor, se creó un proyecto WEB utilizando el motor para servicios WEB Axis2. Dentro de este proyecto se incluye la librería de clases ***ieee1073***. Finalmente, se crea una clase con métodos que representan a los servicios CMDISE. La figura 6 muestra la implementación en código JAVA del servicio ***Event Report***, utilizado para recibir información de eventos desde el dispositivo de medición.

```
import ieee1073.*;

public class Servicios_CMDISE
{
    public short[] eventReport(ROIVapdu evento) //Servicio CMDISE Event
                                                //Report
    {
    short[] rORSapdu = {evento.getInvoqueID(), evento.getOperation_value()};
    AVA_Type[] atributos =
    evento.getArgument().getEventInfo().getGlb_scan_info().getScan_info().getA
    ttributes();
    return rORSapdu;
    }
}
```

Figura 6. Sección de código en el Servidor.

Al compilar la aplicación WEB, se genera el archivo WSDL que describe la estructura de comunicación entre el Cliente y el Servidor. La figura 7 muestra una sección del mencionado archivo; como se puede ver, la estructura de comunicación a nivel de aplicación queda determinada por mensajes XML que cumplen con la jerarquía establecida por el estándar.

```
<xs:element name="eventReport">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element minOccurs="0" name="evento" nillable="true"
        type="ns1:ROIVapdu"/>
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:element>
```

Figura 7. Estructura WSDL para el método EventReport (Sigue la estructura definida por la norma).

B.5 Implementación del Cliente

Del lado del Cliente se hace invocación remota de objetos con el fin de acceder a los servicios CMDISE ofrecidos por el Servidor para lograr el registro de eventos en la base de datos. También se utiliza la librería ***ieee1073*** creada previamente, para poder armar el mensaje según la estructura del estándar. La figura 8, muestra una sección del código implementado en el cliente.

```
AVA_TYPE atributo_n;

atributo_n.SetAttribute_id(new Float(attribute_id));
atributo_n.SetAttribute_value(new Float(value));

AVA_TYPE[] atributos={atributo_1, atributo_2,....atributo_n};

observationScan. setAttributes(atributos);

singleCtxtScan.setScan_info(observationScan);

scanReportInfo.setGlb_scan_info(singleCtxtScan);

eventReportArgument. setEventInfo(scanReportInfo);
eventReportArgument.setEventTime(new Integer(eventTime));
eventReportArgument.setEventType(new Short(eventType));

 rOIVapdu.setArgument(eventReportArgument);
 rOIVapdu.setInvoqueID(new Short(invokeID));
 rOIVapdu.setOperation_value(new Short(operation_value));

 Servicios_CMDISEPortType_Stub servicio = new
 Servicios_CMDISEPortType_Stub();

 short[] rORSapdu = servicio.eventReport(rOIVapdu);
```

Figura 8. Segmento de código en el Cliente.

B.6. Operación y diagrama del sistema.

La figura 9 muestra el diagrama total el sistema. Las alarmas sobre malas posturas y caídas y los datos de promedios de posiciones se envían al teléfono celular. Las posturas incorrectas generan alertas locales dentro del mismo celular, las caídas generan una alerta transmitida al celular de otra persona mediante un mensaje SMS y por último, los datos promedio son enviados al Servidor como mensajes ***Event Report*** para ser almacenados en una base de datos y publicados gráficamente por medio de una aplicación WEB, tal como se muestra en la figura 10.

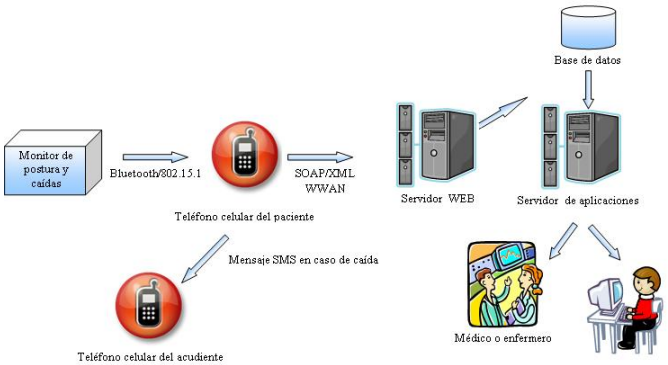


Figura 9. Diagrama completo del sistema.

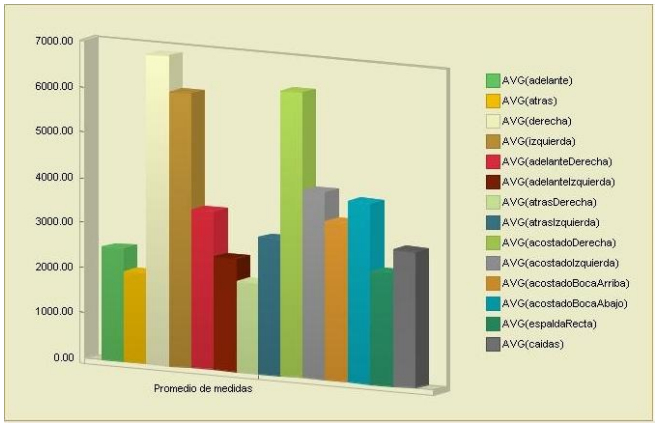


Figura 10. Despliegue gráfico de promedios de postura.

4. RESULTADOS

Se logró una implementación funcional del prototipo en la cual el estándar IEEE 1073 es aplicable en mayor medida en el proceso de comunicación entre el teléfono celular y el servidor WEB. Sin embargo, para el caso del hardware, los conceptos de la norma, la mayoría basados en la orientación a objetos, no se pudieron aplicar completamente debido a la limitación de recursos de memoria del microcontrolador y el lenguaje C, usado para programarlo, el cual no soporta orientación a objetos. Esto condujo a que la comunicación con el teléfono celular se hiciera por medio de un protocolo reducido y propietario. A partir del teléfono celular, la información pudo ser manejada desde una estructura orientada a objetos y la comunicación con el servidor WEB cumplió con lo establecido en la norma gracias a la estructura de comunicación WebServices utilizada.

La interacción entre el protocolo creado para comunicar el microcontrolador y el teléfono celular y la estructura de comunicaciones del estándar se manejó en la aplicación desarrollada en el teléfono celular sin mayores complicaciones gracias a la librería ieee1073 creada.

5. CONCLUSIONES

La norma se puede utilizar en la estructura Cliente-Servidor, especialmente en la comunicación mediante el servicio ***Event Report*** de CMDISE. Para el caso del microcontrolador algunos de los conceptos que ésta define se pueden introducir, como es el caso del objeto Escáner y el objeto Alarma. Sin embargo, no pueden ser vistos como objetos que poseen parámetros o heredan de otros objetos debido a las limitaciones del microcontrolador.

La librería ieee1073 creada es flexible y puede ser utilizada en otras implementaciones que necesiten transmitir datos relacionados con otros tipos de señales siguiendo los parámetros de comunicación establecidos por la norma.

En relación con otros estándares de comunicación tales como DICOM o HL7, la norma IEEE 1073 no pretende reemplazarlos, por el contrario, busca generar una alternativa de estandarización en puntos en los cuales la captura y transmisión de señales biomédicas deben hacerse en condiciones de almacenamiento y procesamiento restringidos, como es el caso del dispositivo propuesto en éste trabajo, en el cual no se dispone de suficientes recursos para hacer una transferencia de imágenes o archivos robustos tal como se maneja en los dispositivos sobre los cuales operan los protocolos de DICOM o HL7. Sin embargo, esto no significa que no haya interoperabilidad del estándar 1073 con DICOM o HL7, ya que los trabajos de desarrollo de todos éstos se hacen conjuntamente. En términos de costo beneficio, se puede decir que una implementación con el estándar 1073 no requiere una elevada inversión económica ni de desarrollo a nivel de hardware y software, sin embargo, el beneficio es alto si se tiene en cuenta que se logra una estandarización que es compatible con los estándares convencionales.

6. REFERENCIAS

[1] IEEE 1073 Committee of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society: ISO/IEEE 11073-10201:2004(E), Domain Inormation Model. IEEE 1073 Standard Committee, Junio 24 de 2004.

[2] IEEE 1073 Committee of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society: ISO/IEEE 11073-10101:2004(E), Nomenclature. IEEE 1073 Standard Committee, Junio 24 de 2004.

[3] IEEE 1073 Committee of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society: ISO/IEEE 11073-20101:2004(E), Aplication profiles - Base Standard. IEEE 1073 Standard Committee, Junio 24 de 2004.

[4] IEEE 1073 Committee of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society: P11073-00101/D03, Health Informatics - Point-of-Care Medical Device Communication - Technical Report - Guidelines for the Use of RF Wireless Technology. IEEE 1073 Standard Committee, Año 2007.

[5] Freescale Semiconductor: Documento de especificaciones MMA7260QT. Marzo de 2008. http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MMA7260QT.pdf?pspll=1.

[6] Michelle Clifford: Detecting Freefall with Low-G Accelerometers. Freescale Semiconductor. Rev 3, Noviembre de 2006. http://www.freescale.com/files/sensors/doc/app_note/AN3151.pdf.

[7] Freescale Semiconductor: MC9S08QG8 Data Sheet. Rev 5, Noviembre de 2009. http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/data_sheet/MC9S08QG8.pdf.

[8] Sena Technologies: Parani-ESD100/110/200/210 User Guide. Diciembre 26 de 2011. http://www.sena.com/download/manual/manual_parani_esd-v1.1.7.pdf.

Administración de una oficina sin papeles segura y personalizada para PYMES en México

Sandra ORANTES JIMÉNEZ
Centro de Investigación en Computación, Instituto Politécnico Nacional
México, 07738, México

y

Alejandro ZAVALA GALINDO
Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica,
Instituto Politécnico Nacional, México, 07738, México

y

Graciela VÁZQUEZ ÁLVAREZ
Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica,
Instituto Politécnico Nacional, México, 07738, México

RESUMEN

Una “Oficina sin Papel” es un concepto que hace años ocupa el interés de muchas personas y empresas, se habla de la oficina del mañana, la oficina en la que todo será computarizado, digitalizado y con una existencia cercana al cero en la utilización de papel. Actualmente la tendencia mundial es la implantación de Sistemas de Gestión Documental para el manejo automatizado de la información. El cambio de mentalidad obedece a la necesidad y a los beneficios que ofrece una oficina automatizada, una oficina sin papel, lo cual, se traduce en productividad, eficiencia y ahorro, sin dejar de mencionar los compromisos que se tienen con el medio ambiente.

La Oficina sin Papel está considerada como una filosofía innovadora que permite trabajar, tal vez no con cero papel, pero si, con la cantidad mínima de papel y es una de las tantas promesas que, influenciados por el excesivo optimismo que en la revolución de las TI (Tecnologías de Información), sembraron los expertos.

En este trabajo se muestran los beneficios que tendrían las Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES) en México al cambiar y administrar una Oficina sin Papel. Los usuarios pueden tener un soporte, ya sea tomando decisiones en términos de reducción de costos, así como en la utilización de recursos, tratando de buscar una forma segura y que se adecue a cada empresa, para el manejo de su información.

Como parte de la investigación, se señalan algunos productos de software que han surgido con la intención de apoyar a las empresas en el camino a una Oficina sin Papel y se mencionan, diferentes casos de empresas en México que ha tenido éxito implementando esta política.

Palabras Clave: Oficina sin Papel, Tecnologías de Información (TI), Nube, Virtualización, PYMES, Sistemas de Gestión Electrónica de Documentos.

1. INTRODUCCIÓN

El propósito de este trabajo es resaltar el beneficio que hoy en día, las empresas en México y especialmente las PYMES, tienen al incorporar el concepto de la Oficina sin Papel, utilizando para esto diferentes opciones para la administración de la información.

El uso, manejo y almacenamiento de la escritura en papel ha sido desde siempre, una manera simple para llevar a cabo el control de los datos, es por esto que se convirtió en la forma más popular desde su invención hace miles de años.

Antes de éste se utilizaban tablillas de arcilla, ahora se usan computadoras, con estas herramientas se ha vuelto menos complicado en muchos sentidos y a la larga menos cara que el uso de papel. Se tienen algunas desventajas, pero en contraparte las ventajas que ofrece son numerosas.

Las diferentes formas del uso y manejo de la información así como los grandes avances en materia tecnológica, son algunos de los conceptos que están siendo cada vez más utilizados, teniendo como uno de sus objetivos principales: proporcionar la disponibilidad y la mejora de los servicios informáticos, así como una reducción de los costos tanto de uso como de manejo de estos recursos.

Visto de esta manera, el empleo de papel resulta ser ineficiente, en la actualidad y gracias al desarrollo de nuevas tecnologías, se cuenta con alternativas, como por ejemplo, el uso del Cómputo en la Nube, que puede brindar mejorías en cuanto al uso y con un costo relativamente bajo.

El control y gestión de la información en las empresas, particularmente en las PYMES, ha sido desde siempre una tarea compleja, manejar datos, depende de un eficiente procesamiento de la información.

La aplicación de tecnologías orientadas a la Oficina sin Papel puede tomar un tiempo, pero emplear "menos papel" es una decisión que va en la dirección correcta.

En el ámbito empresarial y sobre todo en las PYMES para lograr tener bajos costos en infraestructura, una tendencia muy utilizada y que ha tenido un gran impacto y está evolucionando como una plataforma informática fundamental, para el intercambio de recursos que incluyen infraestructuras, software, aplicaciones, así como procesos de negocios, es el cómputo en la Nube, por lo que podría pensarse que la herramienta que puede emplearse para una administración personalizada de la información, es precisamente el uso y aprovechamiento de esta tecnología, considerando que uno de los diferentes tipos de Nube son las Nubes Privadas y al hacer uso de ellas es que se podría de alguna manera brindar la seguridad necesaria y requerida a las PYMES en cuanto al manejo de la información.

2. ANTECEDENTES

Hace casi 40 años, en junio de 1975, aparece por primera vez la expresión "Oficina sin Papeles" en un artículo de la revista norteamericana “Business Week” titulado "La Oficina del Futuro". En este artículo, George Pake, por entonces responsable de Xerox Palo Alto Research Center, predecía con notable clarividencia, que en 1995 la tecnología permitiría a los usuarios convocar documentos en la pantalla de una computadora "pulsando sólo un botón". Según Peak, esto eliminaría la necesidad de gran parte del papel impreso -aunque no todo aquel que saturaba los espacios de trabajo [1].

La Oficina sin Papel, es un concepto que ya se ha manejado desde hace algún tiempo, con la llegada de las computadoras, esta idea toma renovado impulso, sin embargo, los modernos y cada vez más accesibles equipos de impresión, copiado y escaneo causaron el efecto contrario.

A principios de la década del 90, con el boom de Internet, el sueño de la oficina completamente computarizada y sin papeles parecía estar más cerca que nunca. Sin embargo, las estadísticas muestran que, aún hoy en día, el 90% de la información se encuentra en soporte de papel y que, paradójicamente, mientras el empleo del e-mail y de los documentos digitales es cada vez más cotidiano, el consumo de papel crece un 20% cada año.

Aunque de acuerdo con estos datos la “oficina sin papeles” parece sólo una ilusión, poniendo en funcionamiento las prácticas adecuadas las empresas pueden aspirar a disminuir su consumo, lo cual, además de representar un aporte a la reducción del impacto ambiental, puede generar importantes beneficios económicos.

Uno de los principales recursos reside en convertir los procesos que tradicionalmente se soportan en papel y que forman parte, en gran medida, de las tareas administrativas y contables de una organización (facturas, presupuestos, contratos, memos, informes, etc.) en formatos digitales.

Además, el rápido aumento de la cantidad de documentos que se producen, se reciben y se almacenan en las organizaciones hace necesaria la búsqueda de soluciones para una adecuada gestión de la información que permita contar con un sistema organizado para recuperar los datos en forma rápida y ágil utilizando la tecnología.

Cuando los documentos se guardan en forma electrónica en lugar de tener copias físicas almacenadas en algún fichero, los requerimientos de espacio para el archivo físico disminuyen drásticamente. Esta estrategia puede redundar en un gran ahorro para las empresas situadas en áreas urbanas donde el espacio para oficinas y los lugares de almacenamiento y guardado tiene un alto costo económico.

Sin embargo, debido a su fácil acceso, su simplicidad de uso y su excelente calidad de lectura, el papel sigue siendo un instrumento difícil de reemplazar, es por esto que el paso a dar para la evolución hacia la oficina sin papeles es un camino mucho más largo de lo que parecía hace años. Pese a todo, esto no debería convertirse en una excusa para no iniciar los procedimientos, prácticas y acciones tendientes a disminuir su uso y de esta manera llevar a evitar el despilfarro y el abuso.

3. TERCERIZACIÓN

El espacio físico dentro del ámbito de trabajo de una organización, representa una variable fundamental en la determinación de los costos de operación y demuestra que desperdiciar espacio en archivos es caro. Existen en el mercado empresas dedicadas a la administración y custodia de la información, que almacenan y protegen los documentos, lo cual ayuda a liberar a las oficinas de papeles y reduce los costos de insumos, espacios y personal.

Estas empresas se ocupan de inventariar todos los documentos en formato de papel; luego el cliente define qué parte de estos deberían digitalizarse en base a criterios tales como la frecuencia de consulta, la simultaneidad de uso, la localización y el origen.

También se puede optar por la digitalización para todos los papeles que deben respaldarse ya que es una exigencia para las autoridad de contraloría, así como es de importancia vital para la PYME. Los documentos se llevan a las plantas de las empresas tercerizadoras donde se guardan bajo estrictas condiciones ambientales -en salas especialmente acondicionadas con temperatura y humedad controladas a fin de evitar su deterioro y preservar las condiciones originales- y de seguridad. Algunas empresas ofrecen la opción de una plataforma online donde se puede consultar la imagen de todos los documentos por Internet, configurando distintos perfiles de usuario para controlar el acceso de los empleados a la información.

Estas empresas también se encargan de destruir en forma segura aquellos documentos que no se desea conservar para evitar que la información confidencial sea puesta en la calle y pueda llegar a manos equivocadas.

Cuando los documentos se guardan en forma electrónica en lugar de tener copias físicas almacenadas en algún archivo, los requerimientos de espacio físico disminuyen drásticamente; esta estrategia puede redundar, en un gran ahorro para las empresas.

Sin embargo, debido al fácil acceso, la simplicidad de uso y su excelente calidad de lectura, el papel sigue siendo un instrumento difícil de reemplazar y la evolución hacia la Oficina sin Papel es un camino mucho más largo de lo que parecía hace años.

Como contrapartida, la Oficina sin Papel, representa un modelo moderno que puede consistir solamente en equipamiento conectado a la red, ya sea corporativa o pública, en donde los usuarios almacenan, recuperan y utilizan solamente documentación digital que se guarda localmente o se envía a través de la red.

Es con la llegada de Internet (Web y correo electrónico) que esta tendencia vuelve a retomar toda su fuerza. Hoy en día, la Oficina sin Papel está considerada, otra vez, como una filosofía innovadora que permite trabajar con la cantidad mínima de papel convirtiendo todo tipo de documentos al formato digital.

Las copias de seguridad de datos digitales es una de las prestaciones que brinda en este momento la infraestructura en la Nube, considerando que puede haber más ventajas que desventajas en su uso, como: eficiencia y fiabilidad, escalabilidad sin grandes desembolsos, tiempos cortos de acceso y recuperación de datos, fácil accesibilidad, costos relativamente bajos [2] y un grado de sustentabilidad que lo hace ver como un tema a desarrollarse favorablemente [3].

4. SISTEMAS DE GESTIÓN ELECTRÓNICA DE DOCUMENTOS (SGED)

A principios de la década de los 80 aparecieron los primeros programas de computadora para la gestión de archivos, basados fundamentalmente en registros de papel, cuya finalidad era facilitar el trabajo de las personas que se dedicaban a esta tarea.
En la actualidad, muchas organizaciones han comenzado a manejar grandes volúmenes de registros corporativos que incluyen, además de los tradicionales mensajes de correo electrónico, los documentos adjuntos a estos, documentos creados con un procesador de textos, hojas de cálculo, etc.
De esta forma, el concepto de sistema para la gestión de archivos se ve asociado al uso efectivo, la reutilización y también la disponibilidad de la información en formato digital, cuestión vital para la empresa.

Un sistema de Gestión Electrónica de Documentos (GED) es un software que permite guardar toda la información de una empresa; por un lado la que procede de los archivos físicos en papel -previamente digitalizada- y por otro, la que se encuentra contenida en archivos digitales. El sistema permite crear una serie de estructuras clasificadoras para organizar la información según las necesidades propias de la empresa y facilitar su localización en forma precisa e inmediata.
La mayoría de los documentos en formato electrónico que son generados o recibidos en una empresa - sobre todo los que llegan a través del correo electrónico- se pierden una vez que dejan de ser interesantes para el emisor o el receptor del documento. Generalmente no existen políticas que conviertan un documento en un registro, sea personal, transitorio u oficial. Muy pocos documentos electrónicos dejan de ser de quien los genera o recibe para pasar a un archivo organizacional, pues muy pocas empresas se han percatado de la utilidad de contar con un archivo electrónico.
Para ello se deberá identificar el valor exacto del documento a procesar y almacenar, determinar su ciclo de vida, asegurar la continuidad de la calidad de su información, garantizar que una vez almacenado no pierda valor, facilitar el acceso a la información y preservar los documentos de mayor relevancia.

En los últimos años, la tecnología de la información se convirtió en el motor fundamental de los cambios en las modalidades de trabajo. El nuevo paradigma es trabajar cuando sea y donde sea, lo cual conlleva a un ahorro de espacio, un aumento de la productividad y una disminución de los gastos de operación.
Las empresas tendrán, entonces, que prepararse para esta tendencia mediante la eliminación de la barrera del papel y aumentar la accesibilidad a los sistemas electrónicos de gestión de datos. Resulta evidente lo difícil que podría resultarle a un trabajador móvil cargar con ficheros, presentaciones, carpetas e informes de papel de un lugar a otro.
El archivo de documentos en soporte de papel también representa el mayor obstáculo para los trabajadores remotos. Es por ello que estimular el desarrollo de un entorno sin papel crea un acceso fácil para la fuerza laboral móvil y disminuye la necesidad de tener que viajar hasta la oficina.
También es importante desde el punto de vista de la colaboración en equipo. Los grupos de trabajo que se forman dentro de una compañía deben estar constantemente en contacto y a menudo sus integrantes se pueden hallar en distintas partes del mundo. A medida que las empresas utilicen menos los documentos de papel, la gestión de datos dentro de los equipos se volverá mucho más fácil.
Por lo tanto, una de las inquietudes más importantes es la seguridad de estos almacenamientos de datos. Una encuesta realizada recientemente muestra que el rubro de la seguridad es una de las mayores preocupaciones las empresas. [4].

5. BENEFICIOS DE LA OFICINA SIN PAPEL

Para aceptar la idea de la oficina computarizada, la gente tiene que cambiar sus hábitos en la utilización del papel. Para que los empleados acepten este tipo de ambiente se requieren sistemas claros que permitan a la gente trabajar sin papeles sin sacrificar el desempeño laboral.

Aumento de la productividad: la localización y búsqueda de los documentos es más rápida y precisa. El usuario trabaja directamente con el documento en pantalla, eliminado así los tiempos de localización, recuperación, rearchivo y sus costos asociados. Además, al facilitar el procesamiento paralelo de la información contenida en los documentos, el usuario no debe esperar a que otra persona termine con ellos para consultarlos.
Mejor aprovechamiento de los espacios: el espacio necesario para el almacenamiento de documentos físicos se reduce drásticamente. Aquellos originales en papel menos consultados pueden escanearse y enviarse en custodia a una empresa especializada (un CD-ROM puede almacenar unas 15.000 páginas escaneadas). Como consecuencia de estos cambios organizativos, la Oficina sin Papel se presenta como una solución eficaz en la que se puede ahorrar hasta un 20% de la superficie.
Mejor aprovechamiento de la jornada laboral: un empleado tarda un promedio de cuatro horas semanales buscando información perdida y quince minutos diarios en acomodar su área. Una oficina ordenada y sin papeles permite encontrar la información que se necesita en el momento en que se necesita.
Mejor acceso a la información: una oficina ordenada disminuye las posibilidades de que se pierdan documentos. Además, se puede controlar el acceso al archivo por niveles de seguridad preestablecidos.
Mejor calidad del servicio ofrecido: se puede responder en el acto a las demandas de documentos por parte de los clientes (internos y externos), pudiendo enviarse una copia de los mismos inmediatamente, o brindando acceso remoto al sistema.
Preservación de los documentos originales: se eliminan los riesgos de deterioro de los documentos producido por el uso.
Disminución de los gastos de impresión y de papel: los recursos dedicados a la compra de papel, tóner e impresoras aumentan cada año y pueden ser destinados a otras áreas.
Reducción del impacto medioambiental: cada persona del Primer Mundo emplea un árbol al año en el consumo de papel. En las últimas siete décadas, Argentina perdió el 70 % de sus bosques nativos por la tala indiscriminada de árboles. Según Greenpeace, se pierden 250 mil hectáreas de bosques al año.
Una alternativa para la reducción del impacto ambiental es el Cómputo en la Nube y para tratar de tranquilizar a las empresas respeto a la seguridad, las Nubes Privadas personalizadas a las necesidades de las PYMES son una alternativa para administrar una oficina sin papel; actualmente, existen infinidad de definiciones al respecto del Cómputo en la Nube desarrolladas por diferentes investigadores. Armbrust, de La Universidad de Berkeley, lo define de la siguiente manera: “Cómputo en la Nube (Cloud Computing) se refiere tanto a las aplicaciones entregadas como servicios sobre Internet y al hardware y software en los centros de datos que proveen esos servicios”. [5]
El Cómputo en la Nube es considerado como un paradigma en crecimiento [6], cuya madurez puede en estos momentos considerarse en etapa de desarrollo [7].
Al tratarse de uno de los más recientes paradigmas de la computación [8], aún no existen acuerdos generales bien

detallados para su definición, así como también hay discrepancia en cuanto a sus posibles arquitecturas, modelos y estándares; sobre todo no hay teoría o práctica que fundamenten o le aseguren a las empresas la seguridad que tanto requieren para su información, por lo tanto, las empresas prefieren las Nubes Privadas que son las que de alguna manera les permiten administrar y asegurar la información dentro de las políticas establecidas por la empresa.

6. ASPECTOS QUE PUEDEN AYUDAR A CONVERTIR LA EMPRESA EN UNA OFICINA SIN PAPELES

- Concientización de la "nueva estrategia" en todos los niveles de la empresa.
- Políticas bien encaminadas para poder centrarse en los procesos empresariales y no en los documentos.
- Elaboración de flujos de trabajo integrados que normalicen los pasos del proceso de información dentro de la empresa, es decir, que mantengan un seguimiento de los plazos para intercambio de documentación, permitiendo la automatización de decisiones y la detección de obstáculos; lográndose interactuar automáticamente con otros sistemas recuperando o escribiendo datos en ellos y que permitan encontrar documentos más rápido.
- Procesos específicos para llevar a cabo la digitalización de todos los documentos de la empresa.
- Transición del papel a los documentos electrónicos.
- Desarrollo de un sistema de gestión de documentos.
- Implementación de un "Plan de Continuidad de Negocio" que permita que la oficina siga funcionando en caso de fallo del equipo que resguarda la información.

7. SOFTWARE, HARDWARE Y ESTRATEGIAS QUE PUEDEN APOYAR A LA EMPRESA PARA CONVERTIRSE EN UNA OFICINA SIN PAPELES

Debido al interés cada vez mayor de cuidar el ambiente, existen varias empresas desarrolladoras de software que han centrado gran parte de su esfuerzo en el desarrollo e implementación de diferentes herramientas que sirven para apoyar a las organizaciones cuando estas se consideren listas y preparadas para llevar a cabo una transición que las conduzca y a la vez las convierta en Oficinas sin Papeles.

Como un ejemplo muy específico, se puede hablar de una herramienta construida por la empresa SAFIRA [9], esta ofrece el producto *Paperless Express o PLS Express* con el lema "La forma más rápida de cambiar entre la gestión de documentos y la de negocios", en su filosofía está la de proponer pasos iniciales para transitar sin muchos problemas, de la gestión de procesos empresariales establecidos principalmente en papel, a la de procesos empresariales basados en el flujo de trabajo sin tener que invertir en varias plataformas. Las tecnologías que utiliza para la gestión de procesos y documentos en el mercado son: Gestor de procesos empresariales de *Alfresco* e IBM.

Por otra parte, la empresa *Paperless Software Solutions* [10], pone al mercado el llamado WACOM SIGNATURE PAD y promociona que gracias a este hardware se puede dejar de imprimir, firmar, escanear, archivar, transportar y recuperar montones de papel, todo en la palma de la mano, gracias a esta *Tablet* que pone al mercado.

Realmente, lo importante, es considerar que toda oficina suele tener que adquirir software y hardware adicional cuando se lleva a cabo la migración a un entorno sin soporte de papel. Como mínimo, esto implica computadoras personales (PC) en las áreas de tratamiento de información, por ejemplo, colocar un computador personal en la zona de recepción es suficiente y se evita el uso de papel. Se hace necesario analizar algunas de las consideraciones de hardware y software cuando se quiere convertir una empresa en una oficina sin papel.

El mayor desafío en la recomendación de software y hardware es que se trata por así decirlo, de blancos en movimiento, ya que por ejemplo, toda la documentación publicada hoy será obsoleta dentro de un par de semanas cuando un nuevo hardware se ponga a disposición de los fabricantes. Sin embargo, hay algunos elementos básicos que son relativamente estáticos.

Toda oficina debe considerar las implicaciones de ser considerada sin papeles; esto significa, que la oficina es completamente dependiente de equipos informáticos para obtener información sobre sus clientes. En una oficina totalmente sin papel, incluso radiografías, tarjetas de viaje, etc. todo está informatizado, lo que significa que la pérdida de un trabajo en la computadora impacta en una o varias áreas de la empresa y que además, la pérdida del servidor de la oficina (o principales servidores/estaciones de trabajo) afecta el funcionamiento de toda la oficina.

Por consiguiente, se recomienda tener un "Plan de Continuidad de Negocio" que permite que la oficina siga funcionando en caso que el equipo falle.

Otras estrategias de mitigación de riesgos que se pueden considerar son:

- Las oficinas deben implementar su propia solución de copias de seguridad. Una copia de seguridad fuera de la empresa es esencial, ya que los eventos severos pueden resultar en la pérdida de los datos no solamente en el servidor principal y/o estaciones de trabajo, sino que también podrían dar lugar a la pérdida de dispositivos de copia de seguridad conectados y copias de seguridad en estrecha proximidad con el servidor (por ejemplo, un incendio). Podría por tanto considerarse, el uso de la Nube.
- Cada oficina debe tener un sistema de alimentación ininterrumpida conectado al PC principal (o servidor).
- Oficinas con 5 estaciones de trabajo o menos normalmente pueden funcionar eficazmente con uno de los PC que funciona como una combinación de estación de trabajo y servidor. Oficinas con 6 estaciones de trabajo o más deben considerar un servidor dedicado.
- El PC principal (o servidor dedicado) debe tener un sistema redundante (por ejemplo RAID - *Redundant Array of Independent Disks*) para garantizar el funcionamiento ininterrumpido en caso de que uno de ellos falle.
- Cada oficina debe tener una conexión a Internet de banda ancha que opera a tiempo completo. Esto asegura actualizaciones directas de alta velocidad y la capacidad de transferir datos, en el improbable caso de que se requiera la reparación de datos como medida de emergencia.
- Si las estaciones de trabajo se utilizan para mostrar imágenes (como podría ser en el caso particular, de un laboratorio que opere rayos X) deben tener pantallas más grandes (se recomienda como mínimo, monitores de 19 pulgadas). Las pantallas táctiles están ganando cierta popularidad, pero las oficinas deben ser conscientes de que la mayoría de las pantallas táctiles requieren para manipular las imágenes completas. No obstante, las pantallas táctiles se están utilizando con éxito en algunas oficinas y lo único que se aconseja a las oficinas es solicitar asesoramiento especializado de su técnico de PC local antes de hacer una

compra, para que el equipo seleccionado sea realmente el adecuado para la empresa.
- Las oficinas que deseen utilizar escaneo de huella digital o tecnología de tarjetas por deslizamiento deben consultar y considerar respecto a la exactitud y fiabilidad de los lectores de huellas digitales, código de barras o lectores de tarjetas de banda magnética.

Las estrategias planteadas están orientadas a que independientemente de la herramienta software y hardware que se selecciones, permitan la elección de la que se considere adecuada dependiendo del tipo del negocio.

8. EJEMPLOS DE ÉXITO

Las organizaciones están perdiendo millones de dólares al invertir tiempo productivo de trabajo en buscar información. Otros millones más en el uso desmesurado de papel entre copias e impresiones de información, la mayoría de las veces ya existente.
A inicios del año 2013, la empresa Cuauhtémoc Moctezuma [11], adoptó este modelo de conservación ambiental, donde por medio de diversos programas se logró el ahorro de 6 mil 382 cajas de 5 mil hojas tamaño carta. Por ello, Cuauhtémoc Moctezuma a través de la configuración estándar en impresión a doble cara, logró el ahorro del 50 por ciento del consumo de papel.
La empresa maneja un programa "paperless" (menos papel) que tiene tres ventajas principales:

- Ahorro de dinero: la impresión doble cara le permite ahorrar dinero, ya que gasta la mitad de papel que la impresión estándar
- Ahorro de espacio: menos papel, más lugar
- Cuidado del medio ambiente: menos árboles talados y menos combustible para trasportarlo

Otro caso de éxito del "paperless" es el de la institución financiera BANORTE [12], que se ha esforzado por generar una cultura de consumo responsable de papel y tóner entre sus empleados. El ahorro alcanzado durante 2013, en el consumo de papel, fue de 35% con respecto al año base del programa correspondiente a cada área de la institución (2010, 2011 o 2012), lo que equivale aproximadamente a un ahorro acumulado de cerca de $ 1,100,000 y lo importante, es que continúa trabajando para que durante este año (2014) se alcance la meta de 50% de ahorro establecida para 2013 en el 2010. BANORTE maneja el programa de reconocimiento "Paperless Hero" para los proyectos que, además de mejorar la eficiencia de las operaciones internas, generen un beneficio ambiental.

Lexmark México [13], menciona el uso de una digitalización en la información no sólo es hablar de tecnología, sino de modernización y sustentabilidad; por lo cual, ha realizado las gestiones más recientes en el sector público en México, para que tomen la decisión de caminar hacia un gobierno sin papel. Lexmark comparte un caso de éxito en el que su alianza con el gobierno de Estados Unidos le ha permitido un ahorro de 1,000 millones de dólares en las diferentes soluciones tecnológicas implementadas para digitalizar distintos archivos y datos de la nación.
Lexmark tiene una planta de producción en Ciudad Juárez en México y ésta es la primera que obtiene el certificado ***LEEDS***, un estándar de referencia en edificación sustentable con el medio ambiente a nivel mundial. Y justo con su programa "Planeta Lexmark", los ciclos de vida ya no sólo de la información, sino de cualquier dispositivo, se ponderan en el camino hacia la construcción de mecanismos de reciclaje.

9. CONCLUSIONES

En el presente documento, se han abordado los beneficios que las empresas en México tienen al incorporar el concepto de oficina sin papeles en las PYMES, utilizando como medio de almacenamiento la nube.
Los requisitos y efectos del Cómputo en la Nube en las empresas y en México en particular, han causado que el Cómputo en la Nube es considerado un tema de moda hoy en día y muchas empresas están interesadas en él para encaminarse a una oficina sin papeles.
Las PYMES en México que están en el proceso de decidir administrar una oficina sin papales y además, considerar como infraestructura el Cómputo en la Nube se encuentran a un dilema, pues escuchan diferentes comentarios y puntos de vista (positivos y negativos) de diferentes fuentes.
Se concluye que las empresas ahorran su capital al no construir centros de datos. Junto con esto, la flexibilidad y los diferentes modelos de costo hacen a la Oficina sin Papel rentable y un hallazgo importante es que estos beneficios son sobre todo para las pequeñas y medianas empresas; considerando que las empresas grandes pueden ahorrar aún mas costos al construir un centro de datos propio, dado la demanda y el capital con el que cuentan.
También se puede decir que el aspecto de la seguridad en el Cómputo en la Nube para las empresas tiene varios problemas, es por esto que la tendencia para las PYMES son sobre todo las Nubes Privadas para administrar la información.
Aún así, con esta desventaja también existen beneficios tales como: expansión, interfaces estándares, registros, administración de riesgos y actualizaciones efectivas y por defecto.
El proceso de transferir archivos del papel a formato digital o desmaterialización forma parte también de la completa apuesta para un futuro cercano en las PYMES en México.
Lo importante es no perder la visión, de que estos diferentes procesos no son algo que ocurrirá de la noche a la mañana y que la construcción de una oficina totalmente digitalizada sigue un proceso de lenta implementación, ya que es un etapa de cambios que afectan de forma integral a la empresa y que se debe hacer, asegurándose la misma validez de los documentos digitales respecto a los documentos que antes se tenían en papel.
Asegurando con ello, que las PYMES en México tengan confianza en el mundo digital, pensando en un entorno seguro que puede tener como base la plataforma del Cómputo en la Nube, para el resguardo y custodia de su información.
De acuerdo con especialistas, un empleado promedio gasta anualmente $85.00 USD en impresiones y copias innecesarias; a esto, se suman las 50 hojas de papel que se gastan diario por persona en una oficina típica.
Las cifras son alarmantes cuando se multiplican por la nómina de una empresa, pero más dramáticas cuando se traducen los gastos económicos en el número de árboles necesarios para obtener el papel que se gasta.
Los cálculos apuntan que de no tomar conciencia e implementarse una cultura "paperless", en 5 años el uso de papel se incrementará hasta un 20 por ciento, ya que de acuerdo a estadísticas del estudio realizado por la AIIM [14], menos del 2 por ciento de las compañías han migrado a *e-paper*.

10. REFERENCIAS

[1] Rivas, Javier, Ventajas y desventajas del backup en la nube, Tecnología PYME. 2009. En línea en:

http://www.tecnologiapyme.com/servicios-web/ventajas-y-desventajas-del-backup-en-la-nube.Consultado [24/07/2013].

[2] Hesseldahl, Arik. The New Push to Get Rid of Paper. BusinessWeek.com. En línea en: http://www.printaudit.com/downloads/pdf/Business_Week_Xerox_Print_Audit.pdf. Consultado [01/09/2013].

[3] Salesforce.com, Inc. Milestones. En línea en: http://www.salesforce.com/company/milestones/. Consultado [14/03/2013].

[4] Gens, F. IDC on 'the Cloud': Get Ready for Expanded Research. IDC Exchange. 2008 En línea en: http://blogs.idc.com/ie/?p=189, Consultado [11/06/2013].

[5] Ragnet, Francois. White Paper The "Less Paper" Office: How to Reduce Costs, Enhance Security and be a Better Global Citizen. Xerox Global Services. Marzo 2008. En línea en: http://www.xerox.com/downloads/usa/en/t/TL_whitepaper_less_paper_office_Francois_Ragnet.pdf. Consultado [26/08/2013].

[6] Sullivan, Francis. Guest Editor's Introduction: Cloud Computing for the Sciences. [ed.] IEEE Computer Society. 4. Computing in Science and Engineering, Vol. 11, pages. 10-11. 2009, En línea en: http://www.computer.org/portal/web/csdl/doi/10.1109/MCSE.2009.121. Consultado [04/02/2013].

[7] Lasica, Joseph Daniel. Identity in the Age of Cloud Computing: The next-generation Internet's impact on business, governance and social interaction. En línea en: http://www.aspeninstitute.org/sites/default/files/content/docs/pubs/Identi y_in_the_Age_of_Cloud_Computing.pdf. Consultado [09/11/2012].

[8] Buyya, Rajkumar y otros. Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility. Future Gener. Comput. Syst. Junio 2009, En línea en: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X08001957. Consultado [03/04/2013].

[9] En línea en: http://www.safira.pt/es/es/paginas/267/paperless-express.html Consultado [01/05/2014].

[10] En línea en: http://www.paperless.co.za/home/hardware-products/ Consultado [01/05/2014].

[11] En línea en: http://www.cuamoc.com/es/content/bienvenido-al-sitio-de-cuauhtemoc-moctezuma Consultado [14/12/2013].

[12] En línea en: http://www.banorte.com/portal/personas/home.web, http://www.banorte.com/doc/Informe_Anual_2013_esp.pdf Consultado [15/01/2014].

[13] En línea en: http://paperlessmx.wordpress.com/2013/11/28/digitaliza-tu-empresa-en-5-pasos/ Consultado [21/11/2013].

[14] En línea en: http://www.aiim.org/ Consultado [01/06/2014].

Impacto de la Contaminación Radial No Ionizante con IEEE 802.11n

José A. ORIZAGA
Departamento de Sistemas de Información, Universidad de Guadalajara
Zapopan, Jalisco, 45100, México

y

Ma. Hidalia CRUZ
Departamento de Sociales y Jurídicas, Universidad de Guadalajara
Zapopan, Jalisco, 45100, México

RESUMEN

El crecimiento de los servicios inalámbricos en los últimos años ha incrementado la propagación de diferentes tecnologías focalizadas en la movilidad de los usuarios, la exposición a las señales no ionizantes en ambientes de áreas locales incrementa el riesgo de afectar la salud principalmente en menores de 10 años y en especial a los que se encuentran en proceso de gestación dentro de la madre, por ello este proyecto pretende determinar el grado de impacto de este tipo de contaminación en esta área vulnerable que cada día esta más expuesta, ya sea en el hogar o cualquier área que cuente con servicios basados en comunicaciones móviles que en nuestro estudio se desarrolla bajo el de IEEE 802.11n.

Palabras Claves: Movilidad, inalámbricos, no ionizantes, comunicaciones, salud .

INTRODUCCIÓN

Dentro de los antecedentes se encuentran los relacionados a la expansión de los servicios inalámbricos dentro de los espacios educativos de formación básica para menores de 18 años, tal es el caso de sistemas de educación básica de los niveles de pre-escolar, primaria y secundaria, así como los relacionados sobre mujeres embarazadas que se encuentran expuestas a comunicaciones inalámbricas y que cursan los niveles de bachillerato o licenciatura .

La Agencia Internacional de Investigación de Cáncer (IARC) de la Organización Mundial de la Salud, ha publicado resultados de investigaciones relacionadas con la posibilidad de riesgo para desarrollar algunos tipos de cáncer (Glioma) derivado a la explosión ha campos electromagnéticos y radiofrecuencia en diferentes bandas de frecuencia como lo especificado en Press Release No. 208 de fecha 31 de Mayo de 2011.

OBJETIVOS

Dentro de los objetivos planteados en este trabajo de investigación destacan los relacionados con la medición del impacto del uso de servicios basados en IEEE 802.11n en áreas cerradas donde comúnmente se encuentran menores de 13 años y además también se considera a las mujeres que se encuentren en proceso de gestación y que son portadoras de un producto en formación están expuestas a estos procesos de contaminación no ionizante, siguiendo el proceso de toma de datos mediante la planificación de una campaña de medidas [1] sobre redes locales con la finalidad de clasificar los tipos de señales inalámbricas que agrupan un ambiente escolar, oficina y en el hogar, los cuales se acumulan con otros elementos espectrales de baja radiación clasificada como no ionizante. En la Figura 1 se describe el proceso de acceso de clientes móviles dentro de una red Ethernet basada en el estándar IEEE 802.11n.

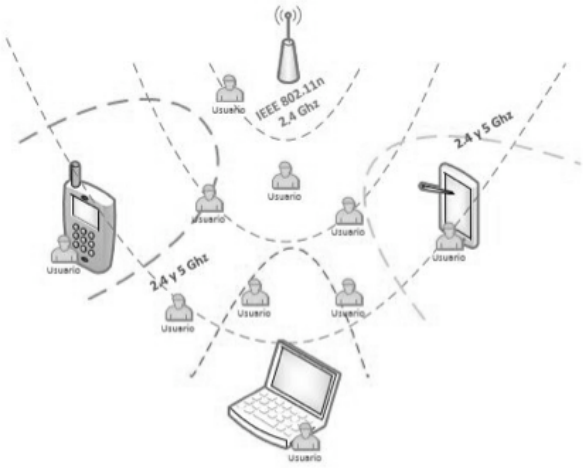


Figura 1 Clientes móviles utilizando tecnología IEEE 802.11n.

Ahora bien, considerando los aspectos de expansión, abaratamiento y convergencia de la tecnología en los últimos 17 años partiendo de la liberación del estándar IEEE 802.11[6] en 1997, esto últimos basados principalmente en servicios móviles sobre dispositivos Wi-Fi utilizando las dos bandas de frecuencia 2.4 y 5 Ghz y aspectos como la globalización y portabilidad de la tecnología ha permitido que el número de usuarios sé incremente año con año y uno de los sectores que más a permeado es sin duda el infantil, en edades que oscilan entre los 2 y 13 años de forma directa, ya que es común que cuentes con dispositivos como teléfonos inteligentes o tabletas conectadas a la red, según la ultima encuesta anual de la compañía Telcel.

Si bien es cierto que este incremento obedece a una tendencia global por la dinámica al acceso de red Internet a cualquier individuo, muchos de los usuarios que mas están expuestos son los que se encuentran inmersos en el proceso de formación académica elemental, principalmente el sector infantil y en gran medida el universitario.

Esta globalización de servicios móviles ha incluido prácticamente cualquier disciplina del quehacer humano.

Varios programas educativos federales en México en los últimos tres años han permitido que el uso de la tecnología inalámbrica, como plataforma base, [ver tabla 1], para acceder a contenidos de aprendizaje en línea e-learning como modelos educativos bajo un nuevo paradigma de competencias orientado al uso de herramientas llamadas Sistemas de gestión de aprendizaje o LMS en donde plataformas como WebCT, Moodle y BlackBoard, entre otros orientados al sector de educación básica tienen una presencia marcada en escuelas y colegios a nivel nacional e internacional.

PROGRAMA	AULAS	EQUIPOS
1.- FORACIT	800	11,786
2.- ENCICLOMEDIA	8,404	8,404
3.- RED ESCOLAR	548	5,286
4.- UNETE*	123	1,649
5.- HDT	326	10,873
6.- E-MEXICO	133	195
7.- E-JALISCO	3,718	3,718
8.- EDUSAT	1,915	1,915
9.- PEC	605	3,837
10.- PAREIB	626	1,569
11.- CAPECE	57	1,380
12.- EMAT**	S.D.	S.D.
TOTAL	**17,255**	**50,612**

Tabla 1, Crecimiento de Tecnologías en el aula, Secretaria de Educación Jalisco, 2013.

Según cifras de la Dirección de Tecnología en el Aula de la Secretaría de Educación Jalisco, para el cierre de 2011 se tenían equipadas 326 aulas de educación secundaria bajo el programa Habilidades Digitales para Todos del gobierno federal mexicano y se espera que para este año el número de equipos de cómputo principalmente tabletas estén siendo utilizados en espacios educativos y en cualquier punto que tenga acceso a la red Internet a través de la plataforma e-México y e-Jalisco WiMax, [ver figura 2], bajo el modelo de aula interactiva de medios con una computadora o dispositivo tableta por alumno interconectada bajo el estándar IEEE 802.11n.

En México, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, previa opinión de la Comisión Consultiva Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, estableció en la Ley Federal del trabajo, enfermedades que provocan incapacidades permanentes resultantes de los riesgos de trabajo, en su artículo 513, el cual contempla la enfermedad:

151. Trabajadores de la industria atómica, minas de uranio y otros metales radioactivos (arsénico, níquel, cobalto, estroncio, asbesto, berilio, radium), tratamiento y metalurgia, reactores nucleares, utilización de radio-elementos (gammagrafía, gama y beta terapia, isótopos), utilización de generadores de radiaciones (trabajadores y técnicos de rayos X), radio, sonar, rayos láser, masser, etc.; que presentan, entre otras, enfermedades neoplásicas malignas debidas a la acción de cancerígenos, industriales de origen físico, o químico inorgánico u orgánico, o por radiaciones ionizantes, de localización diversa.

Figura 2 Red e-Jalisco WiMax y Wi-Fi bajo IEEE 802.11n.

Otros factores asociados es la penetración de los servicios inalámbricos móviles, están presentes dentro del hogar, lugares públicos como Hotspots, y tecnología celular para transporte de datos con tecnología 3G y 4G basada en LTE[5] y en algunos casos con WiMax hacen fácil el uso de estas arquitecturas del conocimiento y entretenimiento.

Ahora bien, los beneficios tecnológicos asociados a la movilidad traen consigo reacciones o estímulos que puede crear un efecto de forma negativa, neutral o positiva; por ejemplo dentro de estos aspectos positivos consistirían en tener la posibilidad de estar conectados en cualquier lugar y en cualquier momento, de forma neutral siendo solo un consumidor de servicio vía inalámbrico o de forma negativa como el tema de ocio.

Este incremento de usuarios conectados a la red explora posibles riesgos en la salud o efectos dañinos que los elementos de radio son generados en las redes inalámbricas IEEE 802.11n y su asociación con otros elementos de radiación ionizantes y no ionizante principalmente en el sector infantil con el uso de este tipo de tecnología.

Las ondas electromagnéticas derivadas de la frecuencia y energía de propagación están clasificadas como señales ionizantes y no ionizantes, siendo la primera la que mayor efecto negativo tiene sobre el humano en cualquier edad de su vida como los rayos gamma o rayos x, por su parte las señales no ionizantes son de baja potencia sin la posibilidad de modificar enlaces químicos, para este caso son los campos de radiofrecuencia RF y microondas, estas últimas no ocasionan ionización del proceso biológico del individuo

Estos procesos biológicos por lo general son respuestas que pueden ser detectables ante los cambios o estímulos en el medio donde se propaguen las ondas de radio y no todas son perjudiciales, cuando existe un efecto perjudicial a la salud humana los procesos biológicos sobrepasan la capacidad normal de compensación del sistema orgánico y tiene efectos

negativos cuando los individuos son expuestos a estos elementos de radiación de forma permanente.

Dentro del proceso de diferentes investigaciones se ha comprobado que los efectos orgánicos se clasifican en tres tipos de efectos, el térmico ocurre cuando la radiación cuenta con la energía para estimular un incremento de temperatura que es medible como modificaciones en el metabolismo cardiovascular, función endocrina entre otras del sistema nervioso, este tipo de efecto son considerados ya que los valores inferiores a los límites de absorción específica establecidos por el (International Comission on Non-ionizing Radiation Protection) ICNIRP [2] ya que una gran cantidad de estudios han concluido que los diferentes efectos biológicos pueden afectar la salud humana.

En sentido visual el efecto, obedece a las características fisiológicas y morfológicas de los ojos, siendo muy lento para disipar el calor cuando se expone a microondas y radiofrecuencia generando efectos en el daño en la retina, iris y cornea. Esta correlación tiene efectos sobre el desarrollo, O´conner (1980) y Larry/Conover (1987) [3], en este sentido se vincula también que el sobrecalentamiento del útero materno causa anormalidades en el desarrollo embrionario y fetal, en este experimento se concluyo que al elevarse la temperatura corporal en una rata hasta los 43 grados centígrados provocado por una exposición de 11 W/kg necesarios para generar anormalidades en el desarrollo e incluso hasta provocar la muerte embrionaria.

La intensidad del campo de radiofrecuencia desciende rápidamente con la distancia, considerando que un individuo a largo plazo puede absorber mas energía de un dispositivo que emita radiofrecuencia cerca del cuerpo, que a su vez de una fuente que emita con más potencia, pero un lugar mas distante.

Considerando estos factores de exposición radial no ionizante en aulas de cómputo principalmente donde son hospedados puntos de acceso con tecnología IEEE 802.11n y los demás estándares como el a, b, g y ahora el nuevo ac, inciden directamente sobre el usuario que tenga mas tiempo su dispositivo móvil cerca del él y así mismo dentro del radio de cobertura que tenga la antena omnidireccional o direccional de forma constante, provocando contaminación radial de baja potencia al individuo.

FASE EXPERIMENTAL

Dentro de las campañas de medición para corroborar esta hipótesis, se utilizaron principalmente dos equipos (Fluke Networks Optiview XG Network Analysis Tablet ver figura 3, y Metageek Chanalyzer y eye P.A. para validar las WLANs y coberturas, espectros inalámbricos, tipo de radiofrecuencia utilizada así como su banda e identificador del tipo de estándar de operación dentro de aulas escolares de nivel secundaria, aulas universitarias y áreas de salud neonatal.

En la fase de levantamiento de datos se procedió a tomar campañas de medición cuando los alumnos se encontraban aplicando evaluaciones haciendo uso de tecnología de cómputo móvil con servicios Wi-Fi, tanto en la escuela de nivel básico como en un campus universitario que hacen uso del LMS [4] Moodle.

Dentro de los resultados que se obtuvieron se logró determinar el número exponencial de dispositivos que realizan las funciones de puntos de acceso bajo el estándar de la IEEE 802.11 en sus diferentes modalidades.

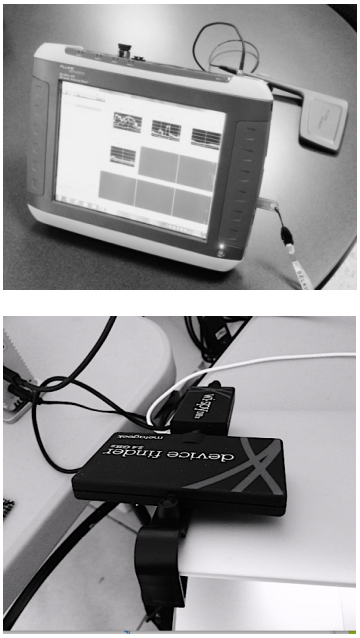


Figura 3 Equipo para mediciones de campañas.

Para la fase de análisis de servicios asociados al estándar IEEE 802.11 en la fase inicial se llevó una campaña de medición con el equipo Fluke Networks ver figura 4, y el analizador de protocolos Wireshark, en donde se logra detectar que el numero de puntos de acceso es alto con relación a el área geográfica asignados, presentándose traslape entre ellos por la cercanía de su instalación generando un esfuerzo máximo por parte del dispositivo para mantener la operación espectral, este mismo efecto se da en cada unos de los puntos de acceso, [ver figura 5], incluso la competencia por el usos de la banda de frecuencia del los 2,4 Ghz a nivel de canales se saturan ya en la operación entre tecnología n, g y b.

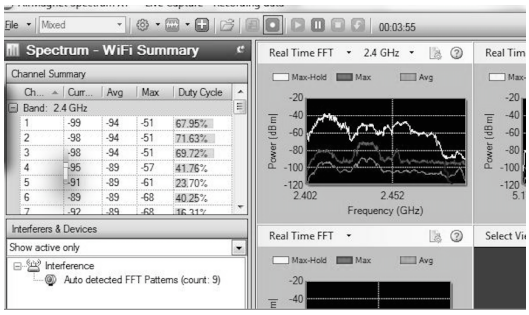


Figura 3 Muestra de tráfico espectral utilizando Fluke Networks.

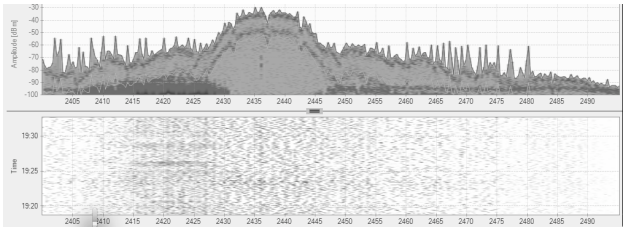


Figura 4 Muestra espectral de saturación de puntos de acceso y clientes móviles en área escolar de educación básica.

Los niveles de contaminación radial dentro de hospitales, específicamente dentro del área neonatal, así como los niveles de contaminación radial no ionizante se combinan con las fuentes que generan internamente en salas de rayos X y áreas de tomografía que se conjuntan con los dispositivos móviles que los transeúntes llevan consigo, así como los medios de comunicación que tienen internamente los hospitales para sus procesos de cobertura de servicios de red para la operación diaria de la administración ocasionan que los niveles de contaminación sean altos también en estos puntos, [ver figura 5].

Figura 5 Área neo-natal de clínica hospitalaria.

CONCLUSIONES

Dentro los elementos concluyentes de este trabajo, bajo el estándar de la IEEE 802.11n, se logra detectar que el agrupamiento de mas servicios convergentes de tecnología móvil hacen que las fuentes emisoras están en aumento año con año, en gran medida dado que la tecnología es cada vez más accesible a un sector de la población que para hace dos años todavía era considerada como un lujo y precisamente esta portabilidad y posibilidad de tener uno o más dispositivos por persona hace que las fuentes de generación de contaminación no ionizante este en aumento y que el sector infantil es vulnerable desde el proceso de gestación hasta cumplidos los 13 años, son los principales afectados al recibir de forma permanente este tipo de radiación desde que nacen hasta el hogar, escuela y lugares públicos donde pueda permanecer, ya que la dependencia al estar conectado a la red internet es cada vez indispensable para la ciencia.

Dentro de otras consideraciones, las áreas de salud pública están dejando este problema y no se atiende con la seriedad necesaria, particularmente en países de Latinoamérica, para ello la Organización Mundial de la Salud [7] hace una llamado para aplicar protocolos precautorios y clasifica las radiaciones no ionizantes como posibles cancerígenos. Países de Europa específicamente uno en particular a modificado sus reglamentos de telecomunicaciones para permitir solamente 0.01 W/m^2.

Aún no existen mecanismos confiables para verificar de forma clínica para su diagnostico y forma confiable del problema al que nos enfrentando y en los próximos años ya que puede ser un problema de salud pública, sin embargo uno de las acciones que deben considerarse como obligatorias son la modificación a la leyes que regulan los servicios de telecomunicaciones con la finalidad de salvaguardar la protección humana.

REFERENCIAS

[1] Soto Sumuano, Cuiñas Gómez, La Contaminación electromagnetica, Truaco, 2010.

[2] Lennart Hardell, Cindy Sage "Biological effects from electromagnetic field exposure and public exposure standards", Cancer: Influence of environment", Biomedicine & Pharmacotherapy 2007;62:10.

[3] ILO and International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), Safety in the use of radiofrequency dielectric heaters and sealers: A practical guide Geneva, International Labour Office, (Occupational Safety and Health Series, No. 71), 1998.

[4] Kari Lindroos, M.R., Learning Management System as a basis for virtual campus project, Springer Heidelberg, 2007.

[5] Leonhard Korowajczuk, LTE, WiMax and WLAN network design, optimization and performance analysis, Wiley, 2011.

[6] IEEE Std 802.11b-1999, ANSI/IEEE, ED, NY, USA, 2000.

[7] OMS, IARC Classifiers radiofrequency electromagnetic fileds as possibly carninogenic to humans, 2011.

Los Métodos Formales en Contexto

Formal Methods in Context

Edgar SERNA M.
Facultad de Ingenierías, Instituto Tecnológico Metropolitano
edgarserna@itm.edu.co
Medellín, Colombia

Alexei SERNA A.
Grupo de Investigación CCIS, Instituto Antioqueño de Investigación
alexei.serna@fundacioniai.org
Medellín, Colombia

Abstract
Research around the formal methods has progressed in quality and volume in recent years; in industry and science, tools and ideas related to formal methods are used increasingly in a wide variety of ways; many of the challenging problems in building secure software systems, programming multi-core processor and cyber-physical systems require formal support for its modeling and analysis and investigative processes and applications of computer science and other disciplines there is a growing number of applications for them. However, despite its growing strength and its necessity and importance, formal methods are not yet an integral part of conventional educational processes in undergraduate and graduate level. This article reflection summarizes some of the challenges facing formal methods to achieve greater use and application in training and industry processes and describes the opportunities for traditional and non-traditional application.

Keywords: Computational Sciences, Educational Processes, Formal Methods.

Resumen
La investigación alrededor de los métodos formales ha progresado en calidad y volumen en los últimos años; las herramientas y las ideas relacionadas con ellos se utilizan cada vez más en la industria y en la ciencia en una amplia variedad de formas; muchos de los problemas desafiantes en la construcción de sistemas software seguros, en la programación de procesadores multi-núcleo y en los sistemas ciber-físicos requieren el apoyo formal para su modelado y análisis, y en los procesos de investigación y aplicación de las Ciencias Computacionales y en otras disciplinas existe un número creciente de aplicaciones. Pero, a pesar de su creciente fuerza y de su necesidad e importancia, todavía no constituyen una parte integral de los procesos formativos convencionales en pregrado y posgrado. En este artículo de reflexión se resumen algunos de los desafíos que enfrentan los métodos formales para lograr mayor utilización y aplicación en los procesos formativos y en la industria, y se describen las oportunidades para su aplicación tradicional y no-tradicional.

Palabras clave: Ciencias Computacionales, Métodos Formales, Procesos Formativos.

INTRODUCCIÓN

Para explicar por qué funcionan las cosas o por qué fallan se utilizan argumentos formales, conformados por una estructura precisa de axiomas y reglas de inferencia, y para verificar su correctitud, estos argumentos formales se comprueban mecánicamente mediante la codificación de los pasos de inferencia. En muchos casos, los argumentos también se pueden generar mecánicamente, y para producir ejemplos de algunas limitaciones matemáticas también se utilizan técnicas automatizadas de razonamiento.

Recientemente, ha habido un incremento significativo en la investigación de los métodos formales, lo que ha hecho posible un número de aplicaciones de amplio alcance para esta tecnología, que se pueden aplicar para apoyar un riguroso y coherente plan de estudios en matemáticas y en Ciencias Computacionales. Además, los métodos formales para verificar hardware, algoritmos y protocolos, y el modelado y el diseño de sistemas complejos, se pueden incorporar en los cursos de otras sub-disciplinas de las Ciencias Computacionales. En la industria se pueden aplicar en una amplia variedad de formas, ya sea para capturar requisitos y reglas de negocio, para generar casos de prueba y escenarios, para explorar diseños, para verificar protocolos, o para producir prototipos seguros. En otras disciplinas científicas y de ingeniería se pueden utilizar para apoyar el modelado y el análisis a nivel de sistema.

En las próximas décadas, los métodos formales encontrarán una audiencia mucho más amplia, cubriendo una vasta gama de disciplinas. Este

panorama debe servir para que se incorporen en los planes y procesos formativos, en lo que actualmente tienen poca o ninguna referencia. El objetivo es poder contar a corto plazo con profesionales capacitados para que, mediante representaciones formales, interpreten, modelen y presenten soluciones eficientes y eficaces a los problemas. Es un hecho que el desarrollo de la tecnología presentará retos cada vez más complejos, y los métodos formales son la instancia a la que se puede recurrir para presentarles soluciones más fiables [1].

En este artículo se resumen algunos de los desafíos que enfrentan los métodos formales para lograr mayor cobertura, utilización y aplicación en los procesos formativos y en la industria, y se describen las oportunidades para ampliar su aplicación tradicional y no-tradicional.

1. CONTEXTO DE INVESTIGACIÓN

La creciente complejidad de la información es un desafío para la investigación en el siglo XXI. Un automóvil moderno tiene entre 70 y 80 procesadores operando una amplia gama de funciones sofisticadas, y la World Wide Web contiene miles de millones de sitios web; por otro lado, el componente software cuesta cerca de la mitad del valor del desarrollo de sistemas, y su fiabilidad impacta las economías de organizaciones y países. Además, se acrecienta la crisis de la ingeniería, cuando el interés por tomar estudios en estas áreas, o en las científicas como las Ciencias Computacionales, decrece cada año [15]. Por ejemplo, la Oficina de Estadísticas Laborales de los Estados Unidos estima para el 2016 un crecimiento del 40% en la oferta laboral en Ciencias Computacionales, pero las matrículas en pregrado en esta misma área pasaron de 13.900 estudiantes en 1998 a 7.915 en 2007. Es evidente que hay bastante por hacer en el asunto de estas ciencias como disciplina dinámica, intelectualmente rica y con crecientes vínculos con otras disciplinas científicas y de ingeniería.

Las Ciencias Computacionales y las matemáticas se basan en el estudio, la construcción, la comprensión y la aplicación de la lógica y la abstracción puras [2], y aunque los computadores existen en la realidad física, la computación se encarga de la representación y la manipulación de información, un componente no-físico. Además, mientras que las matemáticas tratan con las leyes de las entidades abstractas, como los números, los conjuntos, las superficies, los volúmenes, las relaciones, el álgebra y los homomorfismos, la computación se focaliza en la manipulación de la información, representada en abstracciones como los bits, los vectores-bit y las estructuras de datos. Es decir, las matemáticas se utilizan para representar y analizar la realidad física, y la computación para modelar y simular esa realidad. Mientras que las primeras trabajan con operaciones y descripciones concisas, el hardware y el software son construcciones más complejas, y se espera que se desempeñen con precisión y fiabilidad, incluso al trabajar con datos poco fiables [3].

Un científico computacional debe desarrollar ampliamente su capacidad lógico-interpretativa y abstractiva, de tal forma que pueda comprender los problemas y modelar soluciones, con el fin de formalizar requisitos, construir representaciones eficaces y expresivas de datos, diseñar algoritmos correctos y eficientes que funcionen con todas las entradas posibles, y para moldear esos diseños en un código confiable [4]. La lógica y la abstracción son esenciales para formalizar el entorno en el que el producto software funcionará, para especificar los requisitos, para diseñar e implementar la arquitectura del sistema y los componentes, y para depurarlo y mantenerlo en el tiempo. Estos científicos están constantemente solucionando problemas, generando representaciones de datos, algoritmos y protocolos, diseñando nueva programación y lenguajes de descripción, y resolviendo conflictos de sincronización. Desde las Ciencias Computacionales, en los últimos sesenta años se ha desarrollado un cuerpo de conocimientos lógico-abstracto para resolver estos problemas.

Los sistemas computacionales tratan la complejidad en todos los niveles, desde las plataformas hardware, los protocolos y las representaciones de datos, hasta los sistemas ciber-físicos y las sofisticadas amenazas a la seguridad. Los métodos formales representan un enfoque para la gestión de esta complejidad, mediante el uso de representaciones simbólicas de abstracciones extraídas de las matemáticas y la computación a través de fórmulas lógicas, que se pueden percibir como obstáculos a resolver, pero que se pueden manipular de varias maneras para construir pruebas. Por otro lado, la lógica se puede utilizar para demostrar que un conjunto de restricciones implica a otro. Por esto, la computación trata con fenómenos dinámicos, autómatas y máquinas de estado, y la lógica temporal representa formalismos expresivos para capturar el comportamiento y las propiedades computacionales.

Los métodos formales se desarrollan desde hace más de cincuenta años, y han introducido principios y paradigmas como la programación funcional, la programación lógica, los lenguajes de especificación, el álgebra de procesos, la interpretación abstracta, la verificación en tiempo de ejecución, y una serie de otras innovaciones conceptuales influyentes. Casi una cuarta parte de los premios Turing, entregados entre 1966 y 2007, fueron reconocimientos a trabajos con un significativo componente de métodos formales. Pero, a pesar de todo, esta área del conocimiento todavía parece estar en una encrucijada. Por un lado, en lo positivo, esta tecnología está bien desarrollada, y se sustenta en un amplio número de aplicaciones y de

usuarios y desarrolladores industriales importantes; sin embargo, en el lado negativo, ha dejado de ser un componente principal para los procesos formativos en Ciencias Computacionales e ingeniería. Existen pocos profesores universitarios trabajando en el área, la oferta de cursos a nivel de pregrado y postgrado es escasa, difícilmente se desarrollan proyectos importantes, y sólo un pequeño número de graduados los acoge como fuente de trabajo. Los planes de estudios parecen no desarrollar adecuadamente la capacidad lógico-interpretativa y abstractiva de los estudiantes, y por el contrario parece haber disminuido en los últimos años, y la actual generación cada vez tiene más aversión por las matemáticas [5].

Aun así, el tema de los métodos formales es emocionante y cada vez más relevante. Con el dramático incremento en el poder computacional de la última década, es el momento de llevar la computación a la esfera semántica de los modelos y de la inferencia. Este cambio posibilitará una serie de nuevas aplicaciones en los procesos formativos e industriales. Como ejemplo se pueden citar los modelos de hardware digital y analógico, las teorías matemáticas, los sistemas físicos estáticos y dinámicos, las redes biológicas, los sistemas software complejos, e incluso a la psicología, la filosofía y las interacciones sociales.

La formación, en todos los niveles, se puede beneficiar del modelado y del análisis formal, y del uso más profundo de metáforas computacionales [6]. Actualmente, la formación en informática se desarrolla en términos de tareas de procesamiento de información de bajo nivel, mientras que la percepción real se obtiene mediante el uso de modelos computacionales y de Ciencias Computacionales de alto nivel. Es el caso de los autómatas finitos, que pueden servir como una metáfora útil para una serie de tareas, como el funcionamiento de una máquina expendedora, los analizadores de lenguajes, o los videojuegos. Los juegos interactivos constituyen otra metáfora computacional que se utiliza frecuentemente en los procesos formativos, y los sistemas dinámicos se pueden utilizar para modelar flujos continuos, como los vehículos en movimiento, los proyectiles, los niveles de fluidos, los reguladores de velocidad, los circuitos analógicos y los péndulos; los sistemas híbridos combinan cambios de estado discretos y continuos, y se pueden utilizar para termostatos modelo, sistemas de control de navegación y sistemas biológicos y económicos. Casualmente, estos modelos computacionales, metáforas y tecnologías pueden enriquecer los procesos formativos en todos los niveles, porque apoyan la formación, el desarrollo de competencias, la colaboración y la comunicación.

La aceptación industrial de los métodos formales también se puede ampliar. Actualmente, existen industrias productoras y consumidoras de herramientas formales, por ejemplo, Intel y AMD las utilizan para controlar la equivalencia de circuitos, generar secuencias de prueba, controlar modelos de controladores de estado finito, y demostrar teoremas acerca de algoritmos aritméticos de punto flotante; Microsoft tiene una serie de proyectos que utilizan software de comprobación de modelos y razonamiento automatizado, para analizar el código secuencial para terminación, correctitud asercional, y en la eliminación de vías y callejones sin salida en sus procesos; Rockwell-Collins utiliza el razonamiento automatizado en la verificación de software; empresas de diseño electrónico automatizado, como Synopsys, Cadence y Mentor Graphics, venden herramientas para el control de modelos y equivalencias, y el verificador de diseño Simulink de Matlab puede generar casos de prueba y verificar propiedades. Sin embargo, estos esfuerzos todavía son relativamente modestos en comparación con la posibilidad de uso sistemático de herramientas formales en todos los procesos [7]. Es cierto que la tecnología formal todavía puede no estar lista para un uso masificado, pero en este momento se tiene un marco para pensar en aplicaciones más ambiciosas y no-tradicionales, y es cuando las universidades y sus procesos formativos deben cobrar relevancia [8].

Por todo lo anterior, se necesitan innovaciones audaces que aprovechen la potencia de las herramientas y técnicas formales modernas, para transformar radicalmente los procesos formativos, tanto en Ciencias Computacionales como en otras disciplinas ingenieriles que aplican metáforas computacionales, y se pueden aprovechar en el modelado asistido por computador y en el diseño de sistemas complejos. Si se cultiva adecuadamente este momento en la historia, se podrán iniciar trabajos con el objetivo de mejorar la calidad y la fiabilidad de los productos software.

2. CONTEXTO DE LOS MÉTODOS FORMALES

La idea de colocar a las matemáticas y a la ciencia sobre una base axiomática se remonta a Pitágoras, Platón, Aristóteles y Euclides. El uso de un lenguaje formal, soportado en razonamiento mecanizado fue defendido por primera vez por Raymon Lully en el siglo XIII, y más tarde por Gottfried Leibniz en el siglo XVII. Vannevar Bush sugirió, refiriéndose al uso de la tecnología computacional para gestionar grandes volúmenes de información, que la lógica podría llegar a ser muy difícil, y que sin duda sería muy conveniente generar más seguridad en su uso, y predijo que algún día sería posible hacer *clic* sobre las opciones operativas de una máquina, con la misma seguridad con la que se opera una caja registradora [9].

En el siglo XXI, con el incremento de la potencia computacional y el desarrollo de potentes herramientas software para el razonamiento formal, la ciencia está

mucho más cerca de alcanzar los objetivos que se trazaron estos pensadores visionarios. La necesidad de la formalización es especialmente aguda en protocolos que implican concurrencia y criptografía, y sin el rigor que otorga sería extremadamente difícil lograr con certeza que estos protocolos alcancen sus propiedades sin un punto muerto, un bloqueo activo, o ciertas condiciones de prueba. La semántica formal explica la interpretación matemática de un trozo de texto del programa o de una propiedad, y sus postulados son técnicas de razonamiento acerca de los programas y sus propiedades. Entonces, aplicar exitosamente los métodos formales se trata de un pre-requisito, y su carácter composicional es un desafío clave en la semántica formal, porque es conveniente poder desarrollar las propiedades de los programas en términos de sub-programas constituyentes [10]. Los recientes desarrollos en semántica posibilitan la formalización del comportamiento de los programas con almacenamiento dinámico, Programación Orientada por Objetos, y programas concurrentes [11].

Por otro lado, la automatización juega un papel significativo en la aplicación exitosa de los métodos formales. En la Verificación del comportamiento de software y hardware de estado finito, y con una cantidad limitada de esfuerzo, se puede utilizar la Verificación formal de modelos para anotar los estados con sus propiedades de comportamiento. Para una determinada propiedad, esto se puede hacer en tiempo lineal en el tamaño del espacio del estado del sistema. Por supuesto, este espacio puede ser amplio, porque incluso un sistema con n bits tiene 2^n estados posibles. El problema de la explosión de estados en la Verificación formal se ha abordado mediante el uso de representaciones simbólicas, abstracciones y reducciones de orden parcial, y también se ha extendido a sistemas de estado infinito, como los sistemas paramétricos, los sistemas de tiempo real y los sistemas híbridos lineales.

La satisfacibilidad booleana también se utiliza para representar y razonar acerca de los sistemas de estado finito, mediante la Verificación limitada de modelos. En las últimas décadas se han presentado importantes mejoras algorítmicas para estos procesos de satisfacibilidad, que también han sido utilizados para las restricciones que proceden de una mezcla de teorías, como las de la aritmética, las matrices, los vectores bits, y los tipos de datos recursivos. Estos procedimientos se pueden utilizar para comprobar que una fórmula compleja no se puede satisfacer, o para generar contra-ejemplos, casos de prueba o calendarios, cuando la fórmula, en efecto, se puede satisfacer.

3. DESAFÍOS DE LOS MÉTODOS FORMALES

Hoy en día no debería existir mucha necesidad de debatir el hecho de que los métodos formales se deben utilizar más ampliamente en la industria del software. Muchos de los problemas de complejidad que se presentan en la moderna Ingeniería de Software, como los procesadores de múltiples núcleos, las máquinas virtuales múltiples, los requisitos de seguridad y los sistemas distribuidos globalmente, no se manejan adecuadamente mediante los métodos existentes, porque nos son suficientemente eficientes y eficaces en las pruebas. Además, la formación en Ciencias Computacionales e ingeniería se podría beneficiar con la introducción de herramientas y técnicas formales, sin embargo, existen muchos retos que se deben abordar antes de poder tener un caso convincente de sus beneficios:

1. Los lenguajes de programación para desarrollar software a gran escala tienen una semántica formal compleja, y parte de ella es innecesaria e inútil. Las herramientas formales tendrán que hacer frente a la complejidad de otras características, como el flujo de información, los interruptores, los hilos y la concurrencia.

2. La aplicación exitosa de los métodos formales requiere habilidad e ingenio humano, incluso con una amplia automatización. Los usuarios potenciales podrían no estar dispuestos a invertir tiempo y dinero en una tecnología, si antes no tienen una idea clara de sus beneficios.

3. El proceso de la aplicación de los métodos formales en un proyecto de desarrollo de software puede ser oneroso, y todavía no es claro hasta qué punto su aplicación puede reducir los costos de las pruebas.

4. Las herramientas de los métodos formales no son lo suficientemente amigables para un uso más amplio, en particular, todavía no tienen respuestas útiles cuando falla un esfuerzo de Verificación. Además, el mantenimiento de un desarrollo formal es una tarea de enormes proporciones, comparable a la del mantenimiento del software.

5. Existen diversas herramientas formales poderosas, y los problemas difíciles requieren frecuentemente una combinación de ellas. La interoperabilidad es un reto para estas herramientas, porque existen diferencias semánticas sutiles que se deben solucionar.

Algunos de estos desafíos se están abordando al interior de la comunidad de investigadores en el área, y gran parte de la tecnología se puede cruzar con una funcionalidad transparente para el usuario [12]. El costo general de la aplicación de los métodos formales bajará en la medida que las herramientas se vuelvan más poderosas y más integradas. La ley de Moore proporciona una fuerte aceleración en el poder de las

herramientas formales, y a medida que esta tecnología se estabilice, el desarrollo de interfaces de usuario formales se convertirá en una prioridad.

4. OPORTUNIDADES DE LOS MÉTODOS FORMALES

4.1 En los procesos formativos

Los métodos formales se deben integrar plenamente en los procesos formativos relacionados con las Ciencias Computacionales y algunas ingenierías. Cursos como complejidad computacional, análisis algorítmico, bases de datos, sistemas operativos, arquitectura de software, lenguajes de programación, Inteligencia Artificial, y Análisis Numérico se pueden ilustrar con mayor eficacia mediante el uso de modelos, el análisis de métodos y las herramientas formales. Pero actualmente se imparten de forma tradicional, y en muchos casos los currículos en Ciencias Computacionales se alejan cada vez más de las matemáticas, lo que puede influenciar en el hecho de que los egresados no estén significativamente mejor calificados para trabajar en computación, que aquellos con títulos en otras disciplinas. Existen algunos esfuerzos preliminares en esta dirección, como el uso de la herramienta Alloy, que está dando resultados para formar en Ingeniería de Software formal, la herramienta Coq proof se está utilizando en la Universidad de Pennsylvania para formar en meta-teoría de lenguajes de programación, la propuesta Wing [13] puede servir como modelo para incorporar métodos formales y herramientas de Verificación en cursos de Ciencias Computacionales, y el proyecto TeachScheme! experimenta con el demostrador de teoremas ACL2, para formar en desarrollo de software a estudiantes de pregrado [11].

Otras disciplinas también se pueden beneficiar de la utilización de los métodos formales. Este es el caso de los estudiantes de ingeniería eléctrica, que gracias al éxito de la Verificación de hardware están cada vez más expuestos al uso del razonamiento booleano y de la lógica temporal, y de muchos cursos de ingeniería que utilizan Matlab para el modelado y la simulación. Estos modelos se pueden formalizar, y podrían ofrecer ventajas pedagógicas a partir de la integración del razonamiento formal con la simulación. Mathematica es una herramienta popular para el álgebra computacional, y un medio para desarrollar cursos [7, 12], que al igual que otros sistemas de álgebra computacional se puede mejorar con soporte para el desarrollo de pruebas, como se ha hecho con REDLOG [10]. La combinación del modelado, la construcción de pruebas y las herramientas de álgebra computacional pueden sustituir a los libros de texto por live-books, que combinen información con software para apoyar la experimentación, la visualización y las pruebas. Además, las herramientas de abstracción que se aplican en los cursos pueden hacer parte de la bibliografía de los estudiantes.

Una cuestión clave para incrementar el trabajo y la investigación en métodos formales es lograr el desarrollo de la capacidad lógico-interpretativa y abstractiva de los estudiantes. Sin esta capacidad puede que no abandonen la *fobia* por las matemáticas, o por las carreras con alto contenido de éstas. Además, es fundamental que las instituciones estructuren e implementen procesos formativos, en los que los profesores vinculen la teoría con la práctica a través de proyectos más cercanos a la realidad. De esta forma, los estudiantes se desempeñarán mejor en la resolución de problemas, una de las funciones primordiales de los profesionales en Ciencias Computacionales e Ingeniería [4, 6, 14].

4.2 En la ciencia

El modelado formal y las técnicas de análisis se están utilizando en algunas ciencias para lograr mayor comprensión y entendimiento de los sistemas. Por ejemplo, las redes reguladoras de genes se pueden modelar como redes booleanas, sistemas híbridos, o sistemas estocásticos, y sus propiedades se pueden analizar utilizando la deducción y la Verificación de modelos, y para obtener una visión a nivel de sistemas, de los diferentes procesos naturales y artificiales, se cuenta con la propuesta de Systems X. Los modelos a nivel de sistemas capturan abstracciones reales del programa destino utilizando máquinas de estado y limitaciones. Las técnicas formales se pueden utilizar para deducir las propiedades de estos modelos a nivel de sistema, y en el análisis se pueden utilizar teorías de prueba y de diagnóstico de problemas, y para hacer predicciones.

4.3 En la industria

En Microsoft existe cerca de un centenar de investigadores que trabaja en métodos formales, y otras compañías tecnológicas, como Intel, AMD, Rockwell Collins y MathWorks están desarrollando y utilizando activamente las herramientas formales. Los proveedores de diseño electrónico para automatización, como Cadence, Mentor Graphics y Synopsys, tienen importantes productos de Verificación formal en sus suites de herramientas. En Microsoft, existe una decena de grandes proyectos para desarrollar herramientas formales de Ingeniería de Software, para especificación, anotación, generación de casos de prueba, verificación de modelos y comprobación de seguridad, y muchos de estos proyectos se centran alrededor de un potente motor para deducir y explorar modelos simbólicos. En los contextos con fiabilidad estricta y con requisitos de seguridad existe claramente una necesidad de herramientas, sin embargo, las más poderosas se pueden insertar en entornos de desarrollo integrado y en compiladores. Un desafío particular para los

métodos formales es en el desarrollo de sistemas ultra-grandes, que integran componentes software y hardware de diversas fuentes. Con la creciente aceptación de las capacidades de las herramientas formales, y la necesidad de requisitos más estrictos en fiabilidad y garantía, se puede esperar un incremento importante en la implementación y utilización de los métodos formales en la industria, a la vez que los laboratorios de investigación industrial podrán aportar importantes resultados de investigación y prototipos.

5. CONCLUSIONES

Las últimas décadas se pueden considerar como la época dorada de la investigación en métodos formales. El trabajo de los investigadores generó avances significativos en lógica, semántica de programas, lenguajes de especificación y de programación, metodologías de diseño, técnicas de análisis estático, razonamiento automatizado, herramientas de Verificación de modelos, y asistentes de prueba interactivos.

En las próximas décadas, el enfoque de los métodos formales se centrará en ampliar su alcance y audiencia. Para lograrlo, deben ser lo suficientemente potentes para que se puedan utilizar sin ningún tipo de esfuerzo intelectual manifiesto, y buscar que la complementariedad entre la intuición y el juicio humano, y el cálculo y la inferencia por computador se puedan explotar como una herramienta clave en la gestión de la complejidad de la información.

Además, se espera que los métodos formales no sólo enriquezcan a las Ciencias Computacionales, sino a muchas otras disciplinas e ingenierías que se pueden beneficiar de la formalización y la inferencia. El objetivo es que muy pronto se pueda hacer realidad el sueño de Leibniz: *de que en lugar de recurrir a argumentos técnicos, podamos ser capaces de sentarnos frente a un computador y decir: vamos a calcular.*

REFERENCIAS

[1] Serna, M.E. (2010). Formal Methods and Software Engineering. *Rev. Virtual Universidad Católica del Norte*, 30, pp. 158-184.

[2] Serna, M.E. (2013). Challenges of Research in Formal Methods. *In press*.

[3] Tiwari, A.A., et al. (2003). Invisible formal methods for embedded control systems. *Proceedings of the IEEE*, 91(1), pp. 29-39.

[4] Serna, M.E. (2013). Logic in Computer Science. *Revista Educación en Ingeniería*, 8(15), pp. 62-68.

[5] Tucker, A., et al. (2001). Our curriculum has become Math-Phobic! *Thirty-second SIGCSE Technical Symposium on Computer Sciense Education SIGCSE-01*. New York, pp, 243-247.

[6] Serna, M.E. (2012). El Desarrollo de la Capacidad Lógico-Interpretativa y Abstractiva. Reporte Técnico USBMED-FIDI-ESM-0112.

[7] Scott, D.S. (1991). Exploration with Mathematica. In *CMU Computer Science: A 25th Anniversary Commemorative,* R.F. Rashid (Ed.), pp. 505-519. Addison-Wesley.

[8] Boyer, R.S. & Moore, J.S. (1991). MJRTY – a fast majority vote algorithm. In *Automated Reasoning: Essays in Honor of Woody Bledsoe*, R.S. Boyer (Ed.), pp. 105-117. Kluwer.

[9] Bush, V. (1945). As We May Think. *Atlantic Magazine*. En línea: http://www.theatlantic.com/magazine/archive/1945/07/as-we-may-think/303881/ [Aug. 2012].

[10] Dolzmann, A. & Sturm, T. (1997). REDLOG: Computer algebra meets computer logic2. *ACM Special Interest Group on Symbolic and Algebraic Manipulation*, 31(2), pp. 2-9.

[11] Eastlund, C., et al. (2007). Acl2 for freshmen: First experiences. *Seventh International Workshop on the ACL2 Theorem Prover and its Applications*. Austin, USA, pp. 200-211.

[12] Kaltofen, E. (1997). Teaching computational abstract algebra. *Jour. Symb. Comput*, 23(5-6), pp. 503-515.

[13] Wing, J. (2000). Weaving formal methods into the undergraduate computer science curriculum. *8th International Conference, AMAST 2000*. Iowa, USA, 1816, pp. 2-9.

[14] Serna, M.E. (2011). Abstraction as a critical component in Computer Science training. *Rev. Avances en Sistemas y Computación*, 8(3), pp. 79-83.

[15] Serna, M.E. & Serna, A.A. (2013). Is it in crisis engineering in the world? A literature review. *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia,* 66, pp. 197-206.

Perspectiva y Aplicación de los Métodos Formales

Perspective and Application of the Formal Methods

Edgar SERNA M.
Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Corporación Universitaria Remington
edgar.serna@remington.edu.co
Medellín, Colombia

Alexei SERNA A.
Grupo de Investigación CCIS, Instituto Antioqueño de Investigación
alexei.serna@fundacioniai.org
Medellín, Colombia

Abstract
This article details some relevant aspects from formal methods, It is a description of its historical perspective, the most widely accepted definitions, of its applications and benefits, and framework of future of the research in the area. It is the result about a reflection on this component of Computer Science, and the necessity to have a community more wide and solid of researchers dedicated to promoting and applying the formal methods.

Keywords: Formal methods, Computer Science, formal Verification, abstraction.

Resumen
En este artículo se describen algunos aspectos relevantes de los métodos formales, se hace una descripción de su perspectiva histórica, de las definiciones ampliamente aceptadas, de sus aplicaciones y beneficios, y del marco del futuro de la investigación en el área. Es el resultado de una reflexión acerca de este componente de las Ciencias Computacionales, y de la necesidad de tener una comunidad más amplia y sólida de investigadores, dedicada a fomentar y aplicar los métodos formales.

Palabras clave: Métodos formales, Ciencias Computacionales, Verificación formal, abstracción.

INTRODUCCIÓN

Desde mediados del siglo XX, los investigadores empezaron a trabajar y a promocionar los métodos formales como la mejor alternativa disponible para desarrollar sistemas digitales seguros y confiables. Para muchos de ellos, la eficacia, o más exactamente la necesidad, de los métodos formales está más que demostrada. Meyer opina que es claro, para las mentes más brillantes de las Ciencias Computacionales, que se necesita un enfoque más matemático para el software, si se quiere que progrese mucho más en calidad y fiabilidad [1]. Pero a pesar de esta audaz afirmación, la actitud de algunos ingenieros en ejercicio ha sido muy diferente, con una inclinación más hacia el rechazo que a su aceptación.

Aunque la situación ha cambiado un poco en los últimos años, especialmente dentro de la comunidad del diseño de hardware [2], la aceptación y el uso regular de los métodos formales todavía es mucho menor de lo que pensaron los pioneros. Los investigadores y los profesionales en esta área han tratado de comprender y explicar las causas de estas circunstancias [3-6], y algunos sugieren que se debe a la falta de herramientas adecuadas, falta de formación adecuada en matemática de los desarrolladores, incompatibilidad con las técnicas actuales, altos costos, falta de interés desde los procesos formativos, falta de decisión de los defensores, y poca o ninguna capacidad lógico-interpretativa y abstractiva de los ingenieros de software.

A pesar de llegar a conclusiones diferentes, estos aportes tienden generalmente a abordar el tema de forma similar [2, 7]. Cada uno ha tratado de determinar por qué los ingenieros y científicos computacionales no utilizan las actuales técnicas y herramientas formales habitualmente. La suposición común parece ser que ya se ha demostrado suficientemente que la idea es buena, pero el problema radica en la aceptación de los detalles, no en la idea. Que los defensores de los métodos formales compartan esta suposición no es sorprendente, sin embargo, la reticencia de muchos ingenieros y científicos para utilizar o apoyar el desarrollo de cualquier método o herramienta formal sugiere otra posibilidad, y tal vez el problema de aceptación no está en los detalles, sino en la forma como la idea ha sido comunicada a los profesionales en sus procesos formativos.

Este documento se estructura de la siguiente forma: en la segunda sección se detalla el contexto de los métodos formales; en la tercera se describe la perspectiva histórica; en la cuarta sección se describen algunas aplicaciones exitosas; una descripción del futuro de los métodos formales está contenida en el

quinta sección, y en la sexta se enumeran algunas conclusiones.

1. CONTEXTO DE LOS MÉTODOS FORMALES

El concepto *Métodos Formales* se refiere a las técnicas y herramientas *matemáticamente rigurosas* para especificar, diseñar, Validar y Verificar sistemas software y hardware [2, 7]. *Matemáticamente rigurosas* significa que la especificación utilizada en los métodos formales está conformada por enunciados bien formados en una lógica matemática, y la Verificación formal por deducciones rigurosas en la misma lógica; es decir, cada paso sigue una regla de inferencia y por lo tanto se puede comprobar mediante un proceso mecánico. El informe FM89 [5] describe que estos métodos suman el rigor matemático al desarrollo, el análisis y la operación de sistemas computacionales y a sus aplicaciones, y que no son más que la concentración de las matemáticas aplicadas –en este caso, la lógica formal– al diseño y al análisis de sistemas software intensivos.

En términos generales, existe una tendencia en la comunidad de los métodos formales para definirlos en términos de una axiomatización, al estilo Hilbert. Para Bloomfield [9] son métodos, basados en un sistema matemático para especificar y producir software, que comprenden:

- Una colección de notaciones matemáticas, que direccionan las fases de especificación, diseño y desarrollo de software.
- Un sistema de inferencia lógica bien fundada, en el que se pueden formular pruebas de Verificación formal y de otras propiedades.
- Un marco metodológico, en el que se puede desarrollar software a partir de una especificación, pero verificable formalmente.

La razón primordial para desarrollar técnicas formales es poder construir un marco dentro del cual se pueda predecir, científicamente, el comportamiento de los productos software. Mientras que las técnicas que subyacen en los casos estudiados hasta ahora son peldaños en pro de lograr una disciplina científica e ingenieril, los procesos para desarrollar sistemas controlados por computador están todavía en evolución. Por otro lado, es necesario aclarar que los términos *métodos formales* y *Verificación de programas* no son sinónimos, porque la Verificación es un componente de los métodos formales, mediante el cual se verifica que el software es compatible con la especificación. Este proceso lo describen Gries [10], Hoare [11] y Dijkstra [12], y se soporta en sistemas como el Gypsy Verification Environment [13].

Los métodos son *formales* en el sentido de que son lo suficientemente precisos como para ser implementados en un computador. Con esta tecnología es posible desarrollar especificaciones y modelos que describan parte o todo el comportamiento de un sistema, en varios niveles de abstracción, que se puede utilizar como entrada para un demostrador de teoremas automatizado. Para la Ingeniería de Requisitos, la entrada puede ser una colección de especificaciones parciales y la salida un reporte sobre inconsistencias. Para el diseño, la entrada puede ser una especificación y una etapa de diseño, y la salida puede ser *sí*, cuando la etapa de diseño es consistente con la especificación, o *no*, en otro caso. Para la Verificación, la entrada puede ser una especificación y una propiedad deseada del comportamiento del sistema, y la salida puede ser *sí*, cuando la propiedad es una consecuencia de la especificación, o *no*, en otro caso.

El valor de los métodos formales radica en que proporcionan un medio para examinar simbólicamente todos los estados de un diseño digital –hardware o software–, y para establecer una propiedad segura de correctitud, que sea verdadera para todas las posibles entradas [2]. Sin embargo, en la práctica y debido a la enorme complejidad de los sistemas reales, rara vez se hace, excepto en los componentes de los sistemas de seguridad crítica. Existen diversos enfoques utilizados para trabajar con el tamaño y la complejidad de los estados asociados a los sistemas reales:

- Aplicar métodos formales para elicitar y especificar los requisitos y para los diseños de alto nivel, donde la mayoría de los detalles quedan ocultos.
- Aplicar métodos formales sólo a los componentes más críticos.
- Analizar los modelos software y hardware, donde las variables se discretizan y los rangos se reducen drásticamente.
- Analizar los modelos del sistema de forma jerárquica, de tal manera que se posibilite el *divide y vencerás.*
- Automatizar toda la Verificación que sea posible.

Pero cada dominio de aplicación requiere diferentes métodos de modelado y diferentes enfoques de prueba. Además, incluso dentro del dominio de una aplicación particular, las diferentes fases del ciclo de vida se pueden atender mejor desde diversas herramientas y técnicas. Por ejemplo, un demostrador de teoremas podría ser mejor para analizar la correctitud de la descripción de nivel RTL de un circuito de la Transformada de Fourier, mientras que los métodos algebraicos de derivación podrían ser mejor para analizar la correctitud de los refinamientos de un diseño a nivel de compuertas.

A pesar de que la Verificación formal completa de un sistema complejo es poco práctica en este momento, los métodos formales se pueden aplicar a diversos

aspectos o propiedades de estos sistemas, y comúnmente se aplican a la especificación detallada, al diseño y a la Verificación de sus partes críticas, como en la aviación, en los sistemas aeroespaciales, y en sistemas de seguridad crítica, como el monitoreo de la frecuencia cardíaca.

2. PERSPECTIVA DE LOS MÉTODOS FORMALES

Por décadas, los investigadores han explorado enfoques matemáticos en la síntesis, el análisis, la especificación y la prueba de programas informáticos, y Floyd [8] fijó los objetivos para esas exploraciones: 1) la semántica de los lenguajes de programación, y 2) la especificación y el razonamiento acerca de los programas individuales. Estos objetivos se convirtieron en la idea clave de las afirmaciones inductivas, porque definieron la semántica de los lenguajes y el significado de los programas mediante relaciones entre las pre-condiciones, las instrucciones del programa, y las post-condiciones. Desde entonces, la posibilidad de la prueba mecánica de programas, o la generación heurística de programas, ha dado paso a diversos sistemas exploratorios y perspectivas teóricas.

Pero en ese camino surgieron dos obstáculos a la aplicación práctica: 1) la dificultad para capturar todo el contenido semántico de los lenguajes de programación y los entornos operativos, y 2) el desafío para poder expresar el propósito funcional y no-funcional de un programa en su contexto de uso. La investigación condujo entonces a diversos conceptos importantes: la definición formal de las características complejas del lenguaje y la identificación de características innecesarias y complejas; los lenguajes de especificación para tipos abstractos de datos, procesos concurrentes y máquinas abstractas; una teoría de la abstracción detrás de las estructuras del sistema jerárquico; lógicas mecanizables que permitan el razonamiento computacional acerca de las propiedades del programa, y teorías de dominios, como seguridad, relojes síncronos, microprocesadores y compilación.

Al descubrir las aplicaciones prácticas en estos dominios y al elaborar ejemplos a pequeña y mediana escala, la práctica tomó una ruta diferente. Se alcanzó y definió la Verificación a través de razonamientos con base en casos, es decir, en pruebas, con numerosos criterios y estrategias para la buena práctica de las mismas, sobre todo en cobertura funcional y estructural. Estas revisiones proporcionaron el principal medio de control intelectual: la comprobación mental de las propiedades deseables de los sistemas en desarrollo, y la comunicación simultánea entre las partes interesadas. Por otro lado, las metodologías heurísticas, para el análisis y el diseño de los requisitos estructurados, ofrecen una guía adicional a los sistemas que capturan la sabiduría convencional de una buena estructura, y proporcionan un medio de comunicación común.

Luego de esto, los investigadores desarrollaron una base teórica para la prueba y los resultados, que aunque en su mayoría fueron negativos, sugirieron diversas heurísticas para las pruebas, que se aproximaban más a un ideal en el que cada caso de prueba significaba algo con alguna posibilidad de revelar errores o demostrar una nueva evidencia de correctitud. Las metodologías heurísticas de la práctica no llamaron la atención de los investigadores, aunque los tipos abstractos de datos dieron lugar a lenguajes orientados por objetos y a métodos para agregar aún más estructuras y soporte al desarrollo del sistema heurístico. Los resultados teóricos, como la compresión de datos, la corrección de errores y algoritmos encriptados para el almacenamiento en redes y en discos, y las estructuras de datos que permiten la representación y la búsqueda en bases de datos y el procesamiento de imágenes, también han desempeñado un importante papel en el desarrollo de sistemas. Además, las teorías y estrategias para la gestión de la computación distribuida y los datos son especialmente exigentes, tanto sobre recursos físicamente distribuidos como en sistemas de computación con multi-procesadores.

Pero, sin importar el enfoque técnico que se aplique en el desarrollo de software, la necesidad del procesamiento de información común surge de mantener coherencia entre, y la inteligibilidad de, una amasa entrelazada de documentos, que expresan los puntos de vista de las partes interesadas, con cambios constantes en la estructura; además de que las partes interesadas también cambian a lo largo de los años de vida útil del sistema. Los entornos de programación han evolucionado para hacer frente a estas necesidades, y se reflejan en editores estructurados, gestión de configuración, representaciones de base de datos, interfaces gráficas, la forma de coordinar el flujo de trabajo, y en las propuestas para interactuar con las partes interesadas. Especialmente importantes son los métodos y herramientas que se pueden utilizar más allá de su contexto en el proyecto, por ejemplo, componentes software, plantillas de documentos, guías de revisión y de errores, y datos de productividad.

Otra cuestión importante en la práctica ha sido la atención forzada sobre los procesos de desarrollo del sistema, es decir, la forma en que una organización gestiona y mejora su infraestructura, y los procedimientos específicos. pero la forma basada en la lógica de los enfoques matemáticos, para describir el sistema, madura mediante el razonamiento estadístico acerca de los errores y el crecimiento de la fiabilidad en el tiempo, con el objetivo de introducir el control de calidad industrial y las prácticas de seguridad.

3. APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS FORMALES

Los métodos formales se han investigado desde el siglo pasado, y se encuentran trabajos, como los de Redes Petri, que se remontan a la década de 1960. Esas investigaciones se realizaron en el ámbito de las Ciencias Computacionales, y generalmente su objetivo era elaborar técnicas que se pudieran utilizar en los procesos de desarrollo de software. De hecho, algunos de los primeros defensores sugirieron que era posible sustituir inmediatamente a los métodos informales y ad-hoc con la especificación, la Verificación y el análisis formal. Sin embargo, aunque existen casos de aplicaciones exitosas y algunos nichos de mercado donde su aplicación es rutinaria, todavía no se masifica su aplicación en el desarrollo de programas.

Una posible explicación es que los métodos formales no se integran fácilmente en las prácticas actuales de desarrollo, en parte porque requieren un importante cambio notacional. Además, todavía no compaginan adecuadamente con algunos paradigmas de aplicación, como los lenguajes de programación imperativa. Sin embargo, los investigadores seguimos valorando los frutos alcanzados y, de hecho, el éxito de las recientes aplicaciones de los métodos formales en el desarrollo de sistemas sustenta nuestro punto de vista. Entonces, qué es lo que ofrecen los métodos formales y cuáles son sus beneficios:

1. Soportan de forma abstracta la descripción del comportamiento de los sistemas. Esto es importante, porque aunque los lenguajes de programación reconocen claramente el comportamiento de los sistemas, no lo describen de forma descriptiva; es decir, un programa sólo logra definir una única implementación. Pero, gracias a los principios no-determinísticos, los métodos formales pueden soportar una descripción más abstracta, donde caracterizan la especificación como un conjunto de posibles implementaciones.

2. Las descripciones formales de los sistemas son susceptibles de análisis y manipulación formal. Por ejemplo, lo que demuestran el teorema de gran alcance y el modelo de herramientas de control, y que se utilizan para determinar las descripciones de las propiedades del sistema que se pueden exhibir. Además, este análisis se puede realizar de manera automática, o por lo menos, semi-automática. Por otro lado, los principios básicos de los métodos formales a menudo son muy generales. Por ejemplo, parte de la investigación en la teoría de concurrencia subyace en los conceptos básicos, particularmente en el proceso de cálculo, lo que hace que estos sistemas se vean como una colección de componentes que evolucionan, al mismo tiempo que interactúan mediante la realización de citas sincrónicas. Estos principios son completamente generales, y de ninguna manera vinculan el dominio de aplicación de las Ciencias Computacionales.

A pesar de que la comunidad de investigación es pequeña, y de que la acogida en los procesos formativos de pregrado y postgrado todavía es poca, no se pueden perder de vista los beneficios de los métodos formales. De hecho, poder desarrollar la capacidad para escribir descripciones abstractas del comportamiento de los sistemas, para analizarlas formalmente con el objetivo de determinar sus propiedades emergentes, es un caso de éxito de la investigación en métodos formales. A continuación se describen algunas razones que sustentan el hecho de que es conveniente ampliar su aplicación:

1. Una ventaja de aplicar especificación y Verificación formal en un entorno de desarrollo es que a menudo el problema no se plantea claramente. Esto se debe a que típicamente los métodos formales sólo se utilizan para el modelado y el análisis, y no para generar una implementación en el sentido de las Ciencias Computacionales.

2. La abstracción puede ser importante en estas áreas exóticas de aplicación, porque a menudo las interpretaciones programadas son muy prescriptivas, y sólo es posible una descripción suelta del sistema objeto de investigación. Esto se debe, por ejemplo, a que no se dispone de una comprensión completa y determinística del comportamiento del sistema, o a que ciertos aspectos son tan complejos que no se pueden describir determinísticamente.

3. La formalización brinda la posibilidad de verificar la descripción resultante de diferentes formas: razonando acerca de la descripción y uso del teorema de la tecnología de pruebas; verificando el modelo para determinar automáticamente si tiene una propiedad particular, o hacer un análisis de resultados para determinar el comportamiento del sistema. Todas estas técnicas tienen una importancia relevante en áreas exóticas de aplicación, como:

   - Descripción formal de juegos
   - Manuales de usuario
   - Formalización y Verificación de procedimientos y protocolos
   - MUSIC! formalizada
   - Representación formal de novelas y textos narrativos
   - Conducta personal/social de agentes humanos y virtuales
   - Temáticas de lenguaje natural
   - Modelado de usuario formal para la interacción Persona-Computador.

- Modelado formal de sistemas biológicos
- Modelos físicos formales.

4. EL FUTURO DE LOS MÉTODOS FORMALES

En términos de aplicación en este siglo, los métodos formales están entrando en un período prometedor, y diferentes industrias, como la del hardware y software, la aeroespacial, y la automotriz, ya los han adoptado. La demanda por más seguridad en el software obliga a su utilización, como se ha demostrado convincentemente [14-16], y las herramientas formales se despliegan como una singularidad en navegadores y sistemas operativos. En Europa, se han desarrollado aplicaciones importantes como las tarjetas inteligentes para el metro de París, y tienen un currículo dinámico en el que incluye la formación en métodos formales a nivel de pre y postgrado. También se aplican en las ciencias, como en los trabajos de Cardelli en biología de sistemas para el uso de *cuadernos de laboratorio formales*. En EE.UU., la NSA y la NASA organizan un trabajo aplicado de los métodos formales en materia de seguridad y en los vuelos aeroespaciales.

Se espera que a medida que se incremente y difunda la aplicación de los métodos formales surjan nuevos y fundamentales desafíos para su investigación. Uno de ellos podría ser el de las librerías matemáticas formales, que requieren una comprensión más profunda de cómo compartir los resultados entre los probadores. Por otro lado, se espera que estos desafíos impregnen y exciten las Ciencias Computacionales en su totalidad. Además, una mirada seria desde los métodos formales a la comunidad de la *Web semántica* podría crear nuevos desafíos, y demostrar que es posible mover la computación a la esfera semántica. También se podría pensar en incrementar la eficacia de las pruebas de software, lo que originaría una área importante de trabajo investigativo en Ciencias Computacionales. Puede que sea posible relacionar esa investigación con la que se lleva a cabo en las redes, la teoría computacional, o el aprendizaje autónomo de las máquinas, y las preocupaciones y desafíos de otras comunidades cercanas a los métodos formales, como las matemáticas computacionales, con lo que se podría vivir un período de alto impacto de la investigación en esta área.

La mayoría de las aplicaciones conocidas de los métodos formales buscan automatizar completamente y controlar los modelos. Pero muchos de los proyectos que demuestran teoremas centrales se basan en la construcción de pruebas interactivas de teoremas complejos. Como trabajo siguiente se podría observar un compromiso más serio para usar más ampliamente las aserciones y datos, tipo invariantes, en el código ordinario, lo que despertaría el interés y la realización de herramientas formales que les ayuden a los desarrolladores y diseñadores a comprender lo que están haciendo, y a exponer la estructura lógica subyacente de los algoritmos. Esta comprensión acelerará el proceso de desarrollo y lo hará más confiable, porque se podrá moverse a un nivel superior de abstracción.

5. CONCLUSIONES

Las fuerzas naturales que impulsan la aplicación de los métodos formales, las que ofrecen plataformas más potentes, y las extensiones de las herramientas estándar que vienen con cada aplicación nueva e importante, facilitaran que la investigación de los métodos formales genere aplicaciones diversas y creativas, y será posible hacer realidad más casos de éxito en esta área, como las expediciones NASA, donde podrían tener mayor impacto los avances en el conjunto básico de herramientas y aplicaciones.

Otra cuestión que se debe atender es cómo introducir los métodos formales en los procesos formativos, y cómo hacer que los estudiantes de pregrado y postgrado se interesen en ellos. Esta es un área en la que las necesidades son inmediatas, porque si desde ahora se trabaja pensando en el relevo generacional, la investigación en métodos formales podría ofrecer productos y resultados de mayor impacto. No se puede esperar hasta que los investigadores actuales ya no estén, porque no habrá quién capacite a los nuevos interesados.

Una oportunidad para lograrlo es mediante cooperación entre las universidades y la industria que trabaja en métodos formales, porque esto generaría modificaciones al currículo, para que los estudiantes utilicen técnicas y herramientas formales como la especificación formal, las aserciones, los modelos de control integrado, los avances en el refinamiento formal, y los protocolos para diseñar y aplicar pruebas. El logro efectivo de esta oportunidad supone un trabajo amplio, pero el esfuerzo será recompensado con beneficios formativos, y pondrá a los métodos formales al lado de las temáticas centrales de las Ciencias Computacionales y la ingeniería.

REFERENCIAS

[1] Meyer, B. (1995). From Process to Product: Where is Software Headed? IEEE Computer, 28(8), pp. 17-23.

[2] Serna, M.E. (2010). Formal Methods and Software Engineering. Revista Virtual Universidad Católica del Norte, 30, pp. 158-184.

[3] Saiedian, H. (1996). An Invitation to Formal Methods. IEEE Computer, 29(4), pp. 16-17.

[4] Meyer, B. (1997). The Next Software Breakthrough. IEEE Computer, 30(7), pp.113-114.

[5] Craigen, D. & Summerskill, K. (1991). Formal Methods for Trustworthy Computer Systems. Report from FM89: A Workshop on the Assessment of Formal Methods for Trustworthy Computer. Springer-Verlag.
[6] Knight, J.C.; DeJong, C.L.; Gibble, M.S. & Nakano, L.G. (1997). Why are formal methods not used more widely? The Fourth NASA Langley Formal Methods Workshop (Lfm97). Hampton, Virginia, pp. 1-12.
[7] Serna, M.E. (2014). Formal Methods in Context. In Press.
[8] Floyd, R.W. (1967). Assigning Meanings to Programs. Mathematical aspects of computer science, 19, pp. 19-32.
[9] Bloomfield, R.E. (1986). The Application of Formal Methods to the Assessment of High Integrity Software. IEEE Transactions on Software Engineering, 12(9), pp. 988-993.
[10] Gries, D. (1981). The Science of Programming. Springer-Verlag.
[11] Hoare, C.A.R. (1969). An Axiomatic Basis for Computer Programming. Communications of the ACM, 12(10) pp. 576-583.
[12] Dijkstra, E.W. (1976). A Discipline of Programming. Prentice-Hall, pp. 217.
[13] Akers, R.L.; Hartman, B.A; Smith, L.M. Taylor, M.C. & Young, W.D. (1990). Gypsy Verification Environment User's Manual. Technical Report 61, Computational Logic Inc.
[14] Craigen, D. (1995). Formal Methods Technology Transfer: Impediments and Innovation. Lecture Notes in Computer Science, 962, pp. 328-332.
[15] Bowen, J.P. & Hinchey, M.G. (1995). Applications of Formal Methods. Prentice Hall.
[16] Woodcock, J.; Larsen, P.G.; Bicarregui, J. & Fitzgerald, J. (2009). Formal methods: Practice and experience. ACM Computing Surveys, 41(4), pp. 1-40.

Comparación entre códigos de gobierno corporativo de las 10 principales empresas del índice S&P MILA 40 y los principios de gobierno corporativo propuestos por la OCDE

David Acevedo Arango
Departamento de Finanzas, Instituto Tecnológico Metropolitano
Medellín, Antioquia, Colombia

Jairo A. Becerra Arévalo
Departamento de Finanzas, Instituto Tecnológico Metropolitano
Medellín, Antioquia, Colombia

David Molina Sánchez
Estudiante, Instituto Tecnológico Metropolitano
Medellín, Antioquia, Colombia

Resumen

El gobierno corporativo es la manera que las empresas que cotizan en bolsa previenen el fraude derivado del conflicto de interés que se genera entre la separación de la propiedad y la administración de una empresa, la OECD (Organización para la cooperación y desarrollo económico) publica periódicamente una serie de recomendaciones denominada Principios de Gobierno Corporativo, el objetivo de este artículo es comparar estos principios con los códigos de gobierno corporativo de las 10 principales empresas que conforman el índice Standard and Poor´s MILA 40. Se encontró poca participación de los empleados en la toma de decisiones de las empresas al igual que ninguna implementación por parte de las empresas para hacer pública la manera en que los inversionistas institucionales toman sus decisiones.

Palabras clave: Gobierno corporativo, mercado integrado latinoamericano, Standard and Poor´s MILA 40

1. Introducción

El gobierno corporativo nace como una necesidad del medio debido a la imposibilidad de atender distintos asuntos de las corporaciones a través de los modelos tradicionales bajo condiciones de competencia e información perfecta [1], gobierno corporativo se define como el conjunto de sistema de controles, regulaciones e incentivos para impedir un posible fraude, que se genera en los conflictos de interés cuando se separa la administración de la propiedad [2]. El conflicto de interés se genera cuando se separa la administración y la propiedad de una compañía determinada, ya que la primera podría actuar en contra de los intereses de los accionistas, generando una pérdida o expropiación de la inversión de los propietarios por parte de los directivos. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico cuya misión es promover políticas que mejoren el bienestar económico y social de las personas alrededor del mundo aborda dentro de sus temas de discusión el gobierno corporativo [3], dentro de este la OCDE publica un documento con los principios de gobierno corporativo que deben abordar las organizaciones que listan en bolsa que busca defender los derechos de los accionistas.

El MILA o mercado integrado latinoamericano es un acuerdo entre la Bolsa de Comercio de Santiago (Chile), la Bolsa de Valores de Colombia, y Bolsa de Valores de Lima (Perú), que entró en vigencia el 30 de mayo de 2011 y tiene como misión integrar los mercados de la valores renta variable de los países miembros ofreciendo mayores alternativas de inversión para el público [4]. La calificadora de riesgo Standard and Poor´s se encarga de ofrecer diferentes productos a inversionistas de todo el mundo[5] dentro de este portafolio ofrece el índice S&P MILA 40 que está constituido por las 40 principales empresas de los tres países miembros del MILA, entre las principales características del índice es importante resaltar que las empresas tienen un límite de participación del 8%, los sectores económicos del 20% y cada país debe tener al menos 4 empresas en el índice[6], lo que garantiza una representación de los tres mercados debidamente diversificados entre los diferentes sectores de la economía.

El objetivo de esta investigación es comparar las políticas de gobierno corporativo de las 10 principales empresas con los principios de gobierno corporativo sugeridos por la OCDE, y así establecer algunas pautas que se deben seguir para obtener mercados más transparentes y eficientes que finalmente redundaran en un mayor crecimiento económico. También se desea establecer las formas de gobierno corporativo más comunes en el MILA.

Se encontró en general una gran acogida por parte de las empresas a los principios sugeridos por la OECD, lo cual muestra un

compromiso en la búsqueda de mayor eficiencia de los mercados, al igual que la manera de gobierno corporativo más común en la región son los conglomerados o grandes accionistas.

2. Marco teórico

1) Gobierno corporativo

Se define como el conjunto de sistema de controles, regulaciones e incentivos para impedir un posible fraude, que se genera en los conflictos de interés cuando se separa la administración de la propiedad [2], por su parte Vishny en [7] define al gobierno corporativo de una manera más general como las formas en que los proveedores de financiación (Dueños de la empresa y acreedores) aseguran un retorno sobre la inversión, se puede concluir entonces que las definiciones convergen en la defensa de los derechos de los accionistas y acreedores.

La separación de la administración y la propiedad de la empresa se denomina el problema de agencia, y consta de la divergencia entre los intereses de los accionistas y administradores. Para solucionar este problema se asigna a un consejo directivo (Junta directiva) el cual está encargado de supervisar y sancionar las acciones del cuerpo directivo de la compañía, este consejo debe velar por los intereses de los accionistas, en ocasiones puede estar constituido por diferentes miembros de la compañía (Lideres, empleados antiguos), proveedores, entre otros, es deseable que la junta directiva esté constituida por miembros independientes [8] que puedan tomar decisiones de una forma objetiva, ya que esta es la única manera en que se garantiza los intereses accionistas no se mezclan con otros intereses personales.

Control en las organizaciones

La manera en que se forman los grupos controlantes dentro de la organización (aquel que posee más del 30% de los votos), se clasifica de la siguiente manera:

Accionistas mayoritarios:
Dentro de este tipo de accionistas caben aquellos que poseen más del 10% del voto de la junta de accionistas[7].

Grandes acreedores:
Son grupos ajenos a la organización que han ganado derechos de participación en el voto y las utilidades de la empresa, por incumplimiento en las acreencias de esta.

Compradores
Son empresas o grupos empresariales que adquieren un número de acciones suficientes en la empresa para tener control sobre la empresa adquirida.

Accionistas minoritarios
Esta situación se presenta cuando no existe un accionista mayoritario en la sociedad, este tipo de control es susceptible a ser defraudado ya que no existe una persona con suficiente control para controlar las actuaciones de los directivos[9], para evitar este fenómeno existen asociaciones temporales entre accionistas para tener un mayor peso en las decisiones relevantes de la empresa.

2) Principios de gobierno corporativo

El buen gobierno corporativo es crítico para el sector privado orientado hacia al crecimiento económico, que depende del incremento de las inversiones, eficiencia y transparencia del mercado de capitales y del desempeño de las compañías [10], en este orden de ideas la OCDE sugiere un conjunto de principios que han sido revisados por diferentes estamentos como empresas, ministros de economía e incluso cualquier persona del común podría intervenir, con el ánimo de tener un documento que se adapte a las condiciones cambiantes del mercado. Es posible que no se logre eliminar la actividad criminal pero con la adaptación de los principios la dificultará bastante. Los seis principios corporativos tienen puntos adicionales nombrados en letras, en este aparte se nombraran los principios de una manera superficial[3].

I. **Garantizar la base de un marco eficaz para el gobierno corporativo**
El marco de gobierno corporativo debe de garantizar un marco eficaz que se articule con la normativa de cada país, repartiendo de una forma adecuada todas las responsabilidades, brindando poder y recursos a las autoridades supervisoras, reguladoras y ejecutoras.

II. **Los derechos de los accionistas y funciones clave en el ámbito de la propiedad**
Consiste en asegurar derechos de propiedad, venta y transferencia de acciones, al igual que la participación y voto en decisiones relevantes de la empresa, al igual que garantizar el normal ejercicio de estos derechos.

III. **Tratamiento equitativo de los accionistas**
Todos los accionistas de una misma emisión tendrán los mismos derechos. Desarrollo de instrumentos de protección de los accionistas minoritarios frente a actuaciones indebidas de los mayoritarios, al igual que los conflictos de interés del consejo y directivos.

IV. **El papel de las partes interesadas en el gobierno corporativo**
Las partes interesadas en este caso se refieren aquellos que tengan interés en las decisiones de la empresa que no son accionistas ni administradores, como lo son los grandes acreedores y empleados. En el caso de los empleados se debe de garantizar un sistema en el cual pueda informar de las actuaciones indebidas sin sufrir repercusiones por parte de la administración. Por otro lado para los grandes acreedores debe garantizarse los derechos de estos en caso de insolvencia de la empresa.

V. **Divulgación de datos y transparencia**

Se deberá garantizar la revelación oportuna y precisa de la situación financiera de la empresa, resultados, titularidad y gobierno de la empresa. En el caso de los estados financieros deben de estar auditados por una firma idónea que pueda garantizar la fidelidad de la información publicada.

VI. Responsabilidades del consejo

El consejo deberá de actuar de buena fe, con estándares de ética muy altos, estará encargado de la revisión y orientación estratégica de la empresa, de los presupuestos anuales, del alineamiento de los intereses de la sociedad y de los accionistas a largo plazo. También es el encargado de garantizar la formalidad y transparencia de la elección de directivos y otros miembros del consejo.

3. Resultados

Las empresas que se tomaron en cuenta en esta investigación fueron las 10 principales empresas del índice S&P MILA 40 (Tabla 2)

La tabla 1 muestra las fuentes de información revisadas para llegar a los resultados de esta investigación. El anexo 1 muestra los resultados que se obtuvieron al comparar los principios de gobierno corporativo propuestos por la OCDE; es necesario explicar que la tabla del anexo en su primera columna indica los principios de gobierno corporativo como objetivo general, la segunda son objetivos específicos necesarios para cumplir los principios, mientras que la tercera detalla un conjunto de actividades (Ver detalle [3]) , es decir a medida que se avanza se incrementa el nivel de detalle y la posibilidad de evaluarlo de una manera cualitativa. Es de suma importancia hacer hincapié el hecho que no aparezca en el anexo 1 no quiere decir necesariamente que no se apliquen las recomendaciones, solo quiere decir que si se aplican esta información no se hace pública. La compañía con mejores prácticas de gobierno corporativo es Pacific Rubiales esto puede deberse a que dicha empresa es canadiense y en este país la normativa es mucho más estricta que en Colombia, Perú y Chile. Sorprende el resultado de las empresas chilenas ya que este es el único país del MILA que pertenece a la OCDE, fueron las empresas de este las que menos información ofrecían al público y en donde las prácticas de gobierno corporativo eran menos claras, sin embargo en Chile existe la "Ley 19075 de 2000 o Ley que Regula las ofertas públicas de adquisición de acciones (OPAS) y establece régimen de gobiernos corporativos" entonces esto puede explicar en gran medida que las políticas en este país no fueran públicas porque se hace implícito que la operación de una empresa cumple la normativa del país en el que se encuentra. Ninguna empresa acoge las recomendaciones sobre las prácticas que se deben de tener con inversionistas institucionales al igual que la participación de los empleados en las decisiones de las empresas es mínima.

4. Conclusiones

Las principales empresas que constituyen el índice MILA 40 tienen unas prácticas de gobierno corporativo aceptables, teniendo en cuenta que países como Perú y Colombia que no pertenecen a la OCDE se esperaba que sus prácticas fueran más pobres que para Chile que si pertenece a esta organización[7]. Es importante comenzar a avanzar en el tema de partes interesadas ya que los grandes acreedores y los empleados tienen una participación casi nula en las decisiones de las empresas. Para Chile se recomienda una mayor claridad y acceso al público de las diferentes prácticas que tienen las empresas.

En asuntos de propiedad, elección de miembros de la junta , modificación de estatutos, divulgación de información la mayoría de las empresas tuvieron un buen desempeño, para concluir este artículo no pretende hacer una crítica a las prácticas de gobierno corporativo sino simplemente a realizar una revisión de los diferentes estatutos, esto permitirá en el futuro generar una mayor confianza en los mercados internacionales y posicionar al MILA como una alternativa interesante en niveles de riesgo y rentabilidad

Tabla 1 Fuentes de información revisadas

Empresa	Estatutos revisados
Ecopetrol	[11], [12]
S.A.C.I Falabella	[13], [14]
Credicorp Limited	[15]–[17]
Empresas Copec	[18]–[23]
Pacific Rubiales Energy Corporation	[24]–[26]
Enersis	[27]–[32]
Bancolombia Prf	[33]–[36]
Grupo de Inversiones Suramericana	[37], [38]
Cencosud	[39]–[42]
Endesa	[43]–[47]

Tabla 2 Empresas y participación en el MILA 40

Empresa	País	Peso índice	Sector
Ecopetrol	Colombia	7.96%	Energía
S.A.C.I Falabella	Chile	6.54%	Consumo no básico
Credicorp Limited	Perú	5.96%	Finanzas
Empresas Copec	Chile	5.10%	Energía
Pacific Rubiales Energy Corporation	Colombia	4.48%	Energía
Enersis	Chile	4.32%	Servicios públicos
Bancolombia Prf	Colombia	3.47%	Finanzas
Grupo de Inversiones Suramericana	Colombia	3.44%	Finanzas
Cencosud	Chile	3.44%	Consumo básico
Endesa	Chile	3.24%	Servicios públicos

.

Referencias

[1] F. Lefort, "Gobierno corporativo, qué es y como andamos por casa?," *Cuad. Econ.*, vol. 120, pp. 207–237, 2003.

[2] J. Berk and P. DeMarzo, *Finanzas Corporativas*, 1st ed. México DF: Pearson, 2008, p. 988.

[3] OECD, *Principios de Gobierno Corporativo de la OCDE*. Francia, 2004, p. 68.

[4] MILA, "MILA." [Online]. Available: http://www.mercadomila.com/. [Accessed: 27-Mar-2014].

[5] Standard and Poors, *S&P U.S. Indices Methodology*, no. June. Standard and Poors, 2012.

[6] Standard and Poors, "S & P MILA Metodología," 2013.

[7] A. Shleifer and R. W. Vishny, "A Survey of Corporate Governance," *J. Finance*, vol. 52, no. 2, p. 737, Jun. 1997.

[8] M. Ehrhardt and E. Brigham, *Finanzas Corporativas*, 2nd ed. México DF: Cengage Learning, 2007, p. 650.

[9] S. Claessens and B. B. Yurtoglu, "Corporate governance in emerging markets: A survey," *Emerg. Mark. Rev.*, vol. 15, pp. 1–33, Jun. 2013.

[10] OECD, "'White paper' sobre gobierno corporativo en américa latina," Parías, 2004.

[11] "Estatutos sociales Ecopetrol," pp. 1–35, 2007.

[12] S. A. Ecopetrol, O. D. E. L. Código, D. D. E. L. Código, and P. D. E. L. Código, "Código de Buen Gobierno."

[13] S.A.C.I Falabella, *Estatutos S.A.C.I Falabella*. 1941.

[14] S.A.C.I Falabella, *Manual de manejo información de interés*. 2010, pp. 1–10.

[15] Credicorp, *Lineamientos de conducta Credicorp*. 2012, p. 25.

[16] Credicorp, "Estatutos Credicorp."

[17] Credicorp, "Politicas de gobierno corporativo Credicorp," pp. 0–20, 2012.

[18] E. Copec, *Política de prevención de delitos Empresas Copec*. 2011.

[19] Empresas Copec, *Linea antifraude Empresas Copec*. pp. 1–5.

[20] Empresas Copec, *Estatutos de la sociedad anónima Empresas Copec*. 2013, p. 36.

[21] S. de V. y S. de Chile, "Información respecto a la adopción de prácticas de gobierno corporativo Copec."

[22] Empresas Copec, *Manual de manejo de información de interés para el mercado*. 2010.

[23] Empresas Copec, *Código de ética: Principios y Valores*. 2011.

[24] Pacific Rubiales, *Mandato del presidente de la junta directiva Pacific Rubiales*. 2008.

[25] Pacific Rubiales, *Política revelación de información Pacific Rubiales*. 2007.

[26] Pacific Rubiales, *Estatutos Pacific Rubiales*. 2013, pp. 1–39.

[27] Enersis, "Manual de manejo de información Enersis." p. 17.

[28] Enersis, "Estatutos Enersis." .

[29] Superintendencia de Valores y Seguro, *Información respecto a la adopción de prácticas de gobierno corporativo Enersis*. 2013.

[30] Enersis, "Código de conducta empleados Enersis." .

[31] Enersis, "Plan de tolerancia cero con la corrupción Enersis," pp. 1–16.

[32] Enersis, *Estatuto del directivo Enersis*. p. 5.

[33] Bancolombia, *Estatutos Bancolombia*. 2011, p. 30.

[34] S. F. de Colombia, "Encuesta código país Bancolombia," 2013.

[35] Bancolombia, "Código de buen gobierno," p. 41, 2011.

[36] Bancolombia, "Ética y conducta para los órganos de supervisión y control de las compañias del grupo," no. 3, pp. 1–4.

[37] Superintendencia Financiera de Colombia, *Encuesta Código País Grupo de Inversiones Suramericana*, vol. 1, no. Medida 2. 2012.

[38] Grupo Inversiones Suraméricana, *Código de Buen Gobierno*. p. 44.

[39] Cencosud, "Codigo de conducta del directorio Cencosud," pp. 4–6, 2013.

[40] Cencosud, *Código de ética Cencosud*. .

[41] Superintendencia de Valores y Seguros Chile, *Encuesta Cencosud*. pp. 1–10.

[42] Cencosud, "Tiempo mínimo mensual directores," pp. 1–2, 2013.

[43] Endesa, "Reglamento consejo de administración Endesa," pp. 1–28, 2011.

[44] Endesa, "Reglamento interno de conducta en los mercados de valores Endesa," 2011.

[45] Endesa, "Estatuto de alta dirección Endesa." .

[46] Endesa, *Reglamento Junta General de Accionistas Endesa*. pp. 1–12.

[47] Endesa, *Estatutos sociales Endesa*. p. 20.

Anexo 1

			ECOPETROL	CREDICORP	Bancolombia	Sura	Enersis	Copec	Falabella	Rubiales	Endesa	Cencosud
I	A		*	*	*	*	*	*		*	*	
	B		*	*	*	*		*		*	*	
	C		*	*		*	*	*		*		
	D		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
II	A	1	*	*			*		*	*		*
		2	*		*	*	*	*	*	*	*	
		3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		5	*	*	*			*	*	*	*	
		6	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	B	1			*	*	*		*	*		
		2		*	*	*			*	*		
		3			*	*	*		*	*		
	C	1	*	*	*	*	*	*		*	*	
		2	*	*	*	*	*	*		*	*	
		3	*	*	*	*	*	*		*	*	
		4	*	*	*	*	*		*	*		
	D									*		
	E	1	*	*	*	*	*	*		*	*	
		2	*	*						*		
	F	1										
		2										
	G		*	*	*	*	*	*		*	*	
III	A	1	*	*	*	*	*	*		*	*	
		2	*	*		*				*		
		3	*	*	*	*	*			*	*	
		4	*	*	*		*			*		
		5	*		*	*	*	*		*	*	
	B								*	*		
	C		*	*	*	*	*	*		*	*	

Anexo 1

			ECOPETROL	CREDICORP	Bancolombia	Sura	Enersis	Copec	Falabella	Rubiales	Endesa	Cencosud
IV	A				*	*	*			*	*	
	B			*						*		
	C		*							*		
	D		*	*	*	*	*	*		*	*	
	E		*			*				*	*	
	F			*	*	*	*	*		*	*	
V	A	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		4	*	*	*	*	*		*	*	*	
		5		*	*	*	*	*	*	*	*	
		6	*	*	*	*	*	*		*	*	
		7		*	*	*	*	*		*	*	
		8	*	*	*	*			*		*	
	B		*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	C		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	D		*	*	*	*	*	*		*	*	*
	E		*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	F		*		*	*	*	*		*	*	
VI	A			*	*	*	*			*		
	B									*		
	C			*	*	*	*			*		
	D	1	*	*	*	*	*		*	*	*	*
		2	*	*	*		*		*	*	*	*
		3	*	*	*	*	*		*	*	*	*
		4	*	*	*	*				*	*	*
		5	*	*	*	*	*			*		

Automatización de Banda Transportadora con Retroalimentación Visual

Iván Elizondo Aguilera, O. Félix-Beltrán, J. Cid Monjaraz, F. Reyes Cortés, L. C. Gómez Pavón, E. Ríos Silva, S. Ayala Raggi

Facultad de Ciencias de la Electrónica, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Puebla, Puebla 72570, México

RESUMEN

En este artículo se describe el diseño e implementación del sistema de automatización de una banda transportadora para una celda robótica. La celda robótica está compuesta de robots antropomorfos de tres grados de libertad. En particular, se propone un diseño mecánico para el movimiento de la banda transportadora. Así mismo, las etapas de control y potencia son implementadas utilizando la técnica *Visual Servoing*, que usa como principal elemento de retroalimentación la *información visual* obtenida de una cámara web convencional, así como una tarjeta Arduino para la adquisición de los datos. Como resultado se obtuvo un sistema mecánico controlado completamente por dicha *información visual*.

Palabras Claves: Visual Servoing, Banda transportadora, Robot antropomorfo de 3 grados de libertad.

1. INTRODUCCIÓN

El posicionamiento de sistemas que utilizan información visual para su control y automatización ha constituido un problema de considerable relevancia para diversas áreas de investigación en los últimos 30 años. El mayor trabajo fue hecho en el dominio del análisis de secuencias de imágenes (visión dinámica) [1]. Los primeros sistemas de control con retroalimentación visual fueron reportados a mediados de los 80's [2].

La retroalimentación visual como parte fundamental en el control de robots es un área activa de investigación [3],[4]. La retroalimentación visual consiste en utilizar técnicas de visión por computadora para reconocimiento visual y usar la información generada para cerrar el lazo de control. La *visión por computadora* puede ser definida como el proceso de extracción, caracterización e interpretación del mundo tridimensional a partir de una imagen bidimensional. Este proceso, puede ser dividido en seis áreas principales: (*a*) sensado, (*b*) pre procesamiento, (*c*) segmentación, (*d*) descripción, (*f*) reconocimiento e (*g*) interpretación. Sensado es el proceso que produce una imagen visual. Pre procesamiento es un tratamiento con técnicas tales como reducción de ruido y realce de detalles. Segmentación es aquel proceso en el que se divide una imagen en objetos de interés. La descripción es un tratamiento mediante la computadora adecuado para diferenciar un tipo de objeto de otro. Reconocimiento es el proceso que identifica esos objetos. La interpretación asigna un *significado* para un conjunto de objetos reconocidos.

En este trabajo proponemos y realizamos el diseño e instrumentación de un sistema transportador de cadena (referido también como banda transportadora) cuya interacción con robots manipuladores antropomorfos puede ser controlada a partir de la información visual proporcionada por una cámara web convencional. Dicha información visual será utilizada por un algoritmo de visión por computadora para detectar movimiento. El resultado obtenido de dicho algoritmo es procesado usando una tarjeta de adquisición de datos Arduino Mega2560. La figura 1 muestra el montaje parcial de la banda transportadora y los dos robots que formarían la celda robótica. Así, el principal objetivo de este trabajo consiste en controlar la dinámica de la banda utilizando como retroalimentación la información proporcionada por la cámara.

Este trabajo está organizado de la siguiente forma: en la sección 2 describimos brevemente el modelo dinámico estándar de un robot manipulador, la descripción de la técnica *Visual Servoing* y de la tarjeta de adquisición de datos Arduino usada en este trabajo, en la sección 3 proporcionamos las especificaciones técnicas concernientes a nuestro diseño mecánico particular; posteriormente, en la sección 4 describimos el sistema electrónico completo; en la sección 5 discutimos los resultados más relevantes obtenidos; finalmente, en la sección 6 formulamos las conclusiones.

Figura 1 Fotografía de la banda transportadora y los robots antropomorfos montados en el Laboratorio de Robótica FCE-BUAP.

En la figura 2 se muestra el diagrama general del proyecto.

2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Robot antropomorfo

Un robot antropomorfo de transmisión directa (ROTRADI) define un sistema mecánico de considerable complejidad. La naturaleza no lineal, multivariable y acoplada del sistema de ecuaciones que describen el modelo dinámico de un robot ofrece un amplio espectro en la formulación de problemas de

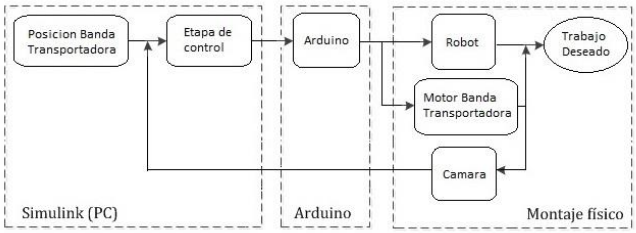


Figura 2 Diagrama general de la banda transportadora automatizada interactuando con una celda robótica.

control. Así, el modelo dinámico del robot permite analizar los fenómenos físicos más importantes encontrados en su descripción mecánica, tales como efectos inerciales, fuerzas centrípetas y de Coriolis, par gravitacional y fricción, los cuales son fenómenos intrínsecos o propios de la naturaleza dinámica del robot [5].

Así, el modelo dinámico de un robot manipulador de tres grados de libertad se obtiene aquí por el método de Lagrange. Las ecuaciones de movimiento están descritas por la ecuación

$$\tau_i = \frac{d}{dt}\left[\frac{\partial L(q_i,\dot{q}_i)}{\partial \dot{q}_i}\right] - \frac{\partial L(q_i,\dot{q}_i)}{\partial q_i}, i = 1,2,\dots,N \qquad (1)$$

donde $L(q_i,\dot{q}_i) = K + U$ es la función lagrangiana asociada al sistema, $\dot{q}_i$ denota la derivada temporal de la coordenada generalizada q_i. En nuestro sistema, la energía cinética K es debida a la traslación y rotación de un cuerpo rígido (articulación) y U es la energía potencial del sistema, en este caso gravitacional. El sistema se encuentra formado por tres eslabones o articulaciones: *base* (q_1), *hombro* (q_2) y codo (q_3), ver figura 3. Utilizando la teoría de estabilidad de Lyapunov, así como la técnica de moldeo de energía, podemos realizar el control de posición del robot. En consecuencia, el formalismo permite posicionar el robot en las coordenadas de nuestra elección con un alto grado de precisión [6].

Visual servoing

Visual servoing hace referencia a un sistema en lazo cerrado para el control de posición del extremo final de un robot usando directamente la retroalimentación visual [7], este concepto fue introducido por Hill y Park [8]. Representa una solución atractiva para posicionar y mover robots manipuladores autónomos que evolucionan en los ambientes no estructurados.

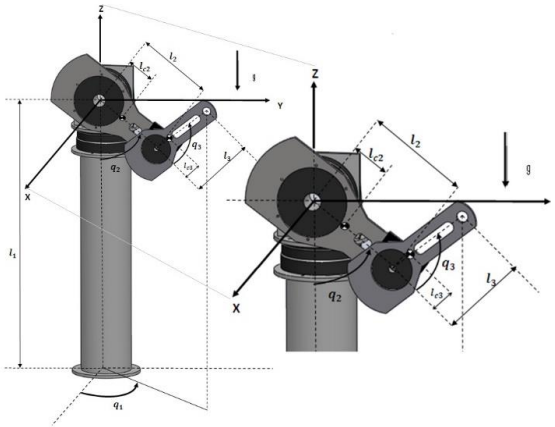


Figura 3: Descripción del sistema de tres grados de libertad, robot antropomorfo.

En un inicio, el uso de sensores de visión y el control de robots se combinan en modelos de lazo abierto, esto es, la posición del objeto a manipular en el espacio de trabajo se obtiene a través del sistema de visión, posteriormente una secuencia de movimientos es planeada y ejecutada, este modelo es conocido como *mira y mueve*; por tratarse de un sistema en lazo abierto, este padece algunas desventajas como son la sensibilidad a la incertidumbre paramétrica y a las perturbaciones externas. Una atractiva solución para mejorar el desempeño y la exactitud de estos tipos de sistemas representa la retroalimentación visual, la utilización de sistemas servo visuales contribuye a disolver las desventajas de sensibilidad del sistema a perturbaciones externas y variaciones en sus parámetros, además que no se necesita una rigurosa precisión en la manufactura de los mecanismos del robot, debido a que pueden ser compensadas mediante la información visual.

En este proyecto se implementa un sistema de control de lazo cerrado en donde la información obtenida por la cámara es usada como señal de retroalimentación visual para poder controlar la posición de los objetos trasladados por la banda, obteniendo así el control de posición de la cadena transportadora. Este sistema nos servirá para que los objetos que se desplazan por la banda transportadora puedan interactuar con la celda robótica para realizar distintas aplicaciones. Para esto se realiza un programa de detección de movimiento implementado en Simulink/Matlab, el cual servirá como sensor de posición y representará la señal de retroalimentación en el sistema de control de lazo cerrado.

Tarjeta de adquisición de datos

La tarjeta de adquisición de datos Arduino es una plataforma electrónica y de programación en arquitectura abierta con amplia gama de aplicaciones en ciencias exactas e ingeniería. Esta pertenece a la familia de microcontroladores ATMEL y por medio de un entorno de programación, con las herramientas necesarias integradas para diseñar y desarrollar aplicaciones de manera sencilla en los lenguajes C y C++, representa un sistema empotrado (*embedded system*) de propósito específico para automatizar procesos físicos. Para esta investigación se escogió la tarjeta Arduino Mega 2560, ya que esta cuenta con compatibilidad con Simulink/MATLAB (ver figura 4).

Figura 4: Tarjeta Arduino MEGA 2560.

El Arduino Mega es una placa microcontroladora basada ATmeg1280. Tiene 54 entradas/salidas digitales (de las cuales 14 proporcionan salida PWM), 16 entradas digitales, 4 UARTS (puertos serie por hardware), un cristal oscilador de 16MHz, conexión USB, entrada de corriente, conector ICSP y botón de reset. El ATmega1280 tiene 128KB de memoria flash para almacenar código (4KB son usados para el arranque del sistema (bootloader). El ATmega1280 tiene 8 KB de memoria SRAM. El ATmega1280 tiene 4KB de EEPROM, a la cual se puede acceder para leer o escribir con la [Reference/EEPROM |librería EEPROM] [9].

3. DISEÑO MECANICO

En este trabajo utilizamos el material de Rexroth VarioFlow S, sin embargo, debido a su alto costo, no todo el material era disponible para el funcionamiento de la banda transportadora, por lo que tuvimos que llevar a cabo el diseño y construcción de algunas piezas que nos permitieran utilizar la banda transportadora. El primer aspecto a realizar, con respecto al diseño mecánico, correspondió a como se iba a generar el desplazamiento de la cadena para la banda transportadora. Analizando el montaje de las piezas, con ayuda de Solidworks, se diseñó un engrane con las dimensiones necesarias para acoplarse a la banda transportadora, y así, adaptando un motor a este engrane, se pudiera generar movimiento de la cadena.

Parte fundamental del movimiento de la banda transportadora, consiste en un correcto diseño del engrane, debemos asegurarnos que el paso de diente coincida con cada eslabón de la cadena transportadora, además la proporción del diente debe ser la adecuada para el tamaño de cada eslabón. Para diseñar el engrane se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$PD = 1.25M, \quad (2)$$
$$DP = ZM, \quad (3)$$
$$DE = DP + 2M, \quad (4)$$
$$DI = DP - 2.5M, \quad (5)$$
$$M = \frac{paso}{\pi}, \quad (6)$$

donde *PD* denota el pie de diente, *M* es el modulo, *DP* es el diámetro primitivo, *Z* el número de dientes, *DE* es el diámetro exterior y *DI* corresponde al diámetro interior [10].

Teniendo todas estas medidas se procedió a realizar el diseño del engrane en el software Solidworks 2013 (ver figura 5).

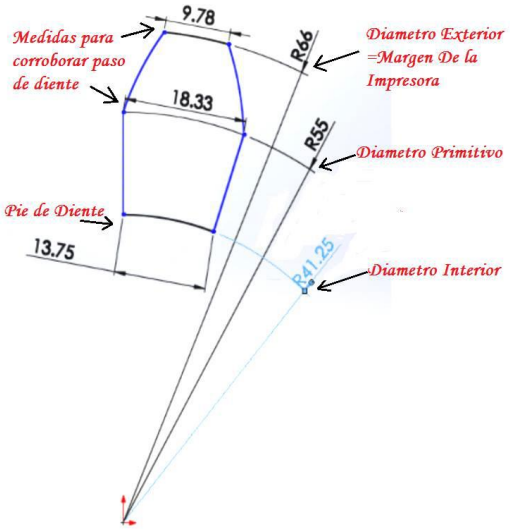


Figura 5: Croquis del diente de engrane diseñado en Solidworks 2013.

Una vez obtenido el diseño, este fue impreso en 3D con una impresora Replicator 2 de Makerbot. La pieza fue construida con PLA (ácido poliláctico) que es un polímero constituido por moléculas de ácido láctico, con propiedades semejantes a la del Politereftalato de Etileno (PET, Tereftalato de polietileno), ver figura 6.

Figura 6: Engrane impreso en PLA.

Debido a que el PLA no tiene la resistencia necesaria para mover a la cadena transportadora, se creó un molde con este engrane utilizando caucho de silicón p-48. Con el molde creado y usando resina de poliéster PP-70x60, se realizaron réplicas más resistentes del engrane. Esto se comprobó haciendo un estudio de fuerzas en Solidworks 2013, figura 7.

Como se observa en la figura 7, el primer elemento en sufrir una deformación está en la zona de sujeción con el motor, esta deformación ocurre hasta un valor de 1,108,961.3 N/m^2 (110.89613 N/cm^2).

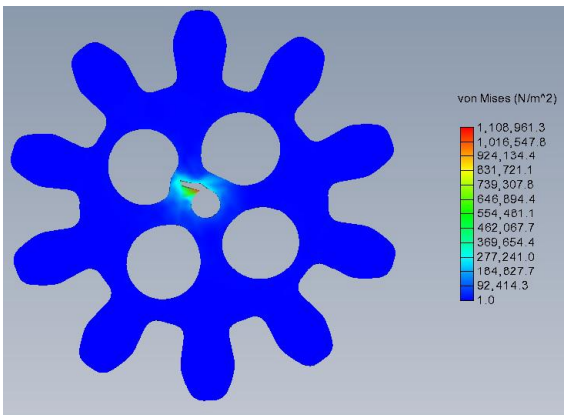


Figura 7: Análisis de fuerza en Solidworks.

Con el engrane listo se acopló a este un motor de DC a 12 V, este motor nos ofrece 80 RPM, tiene un consumo de 300 mA en corrida libre y puede llegar a consumir en pico hasta 5 A. Por lo tanto, se cuenta ya con una caja de engranes adecuada para suministrar la fuerza necesaria para mover el engrane junto con la cadena transportadora.

Con todos los elementos anteriores funcionando, el siguiente paso es diseñar y maquilar una estructura capaz de sujetar al motor. Una consideración importante para este diseño era que no se alterara el material existente de Rexroth. Para hacer esto posible se utilizaron los elementos de unión que nos ofrece la banda transportadora, utilizando estas propiedades se diseñó la siguiente pieza en el software Solidworks 2013, ver figura 8, la cual permite acoplarse a la banda transportadora y sujetar el motor a la distancia apropiada para que el engrane embone con la cadena.

Terminadas las piezas se procedió a ensamblarlas junto con la banda transportadora, y se verificó su funcionamiento,

energizando el motor con una fuente de voltaje y comprobando que se desplazara la cadena transportadora (Figura 9).

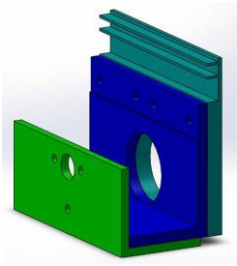


Figura 8: Ensamble de las tres piezas que conforman la caja del motor.

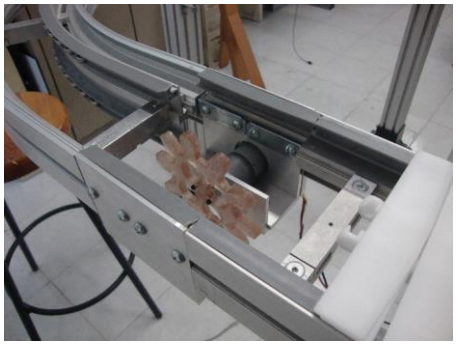


Figura 9: Ensamble de las tres piezas que conforman la caja del motor.

4. SISTEMA ELECTRÓNICO

Para la implementación del control de posición utilizando *Visual Servoing* como elemento de retroalimentación se desarrolló un programa en MatLab 2013 (ver figura 10) con ayuda del Toolbox de procesamiento de imágenes, el cual interactúa con la tarjeta Arduino Mega2560, utilizando comunicación serial asíncrona, para enviar señales de control a la banda transportadora y así controlar su desplazamiento.

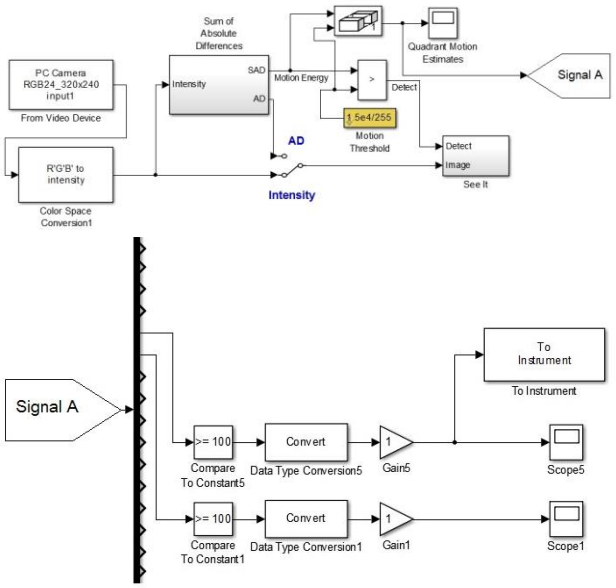
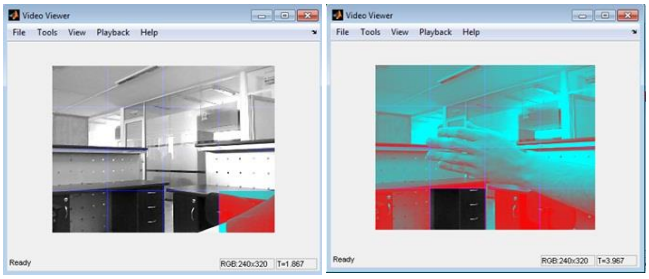


Figura 10: Programa en Simulink, detección de movimiento con envío de datos a Arduino.

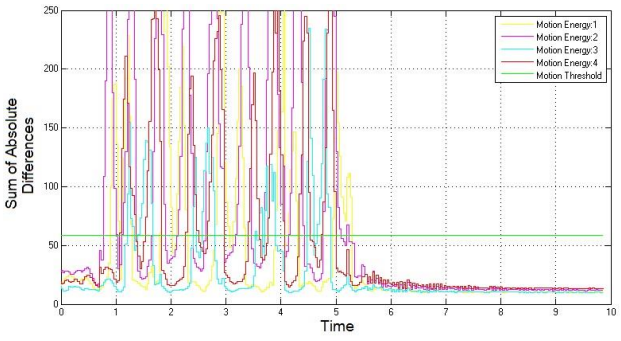
La primera parte del programa es la encargada de la detección de movimiento, el primer bloque es la cámara web, la cual está conectada a un bloque que convierte del formato de video RGB a señales de intensidad, las cuales toman los valores de las matrices RGB y las convierten al multiplicarlos por un valor constante generando dichos valores de intensidad. Además, está conectado al bloque de *suma de diferencias absolutas* o SAD, este bloque representa el valor absoluto de la diferencia entre la imagen actual y la anterior. Cuando estos valores SAD exceden un valor umbral, la imagen pone de relieve el cuadrante en rojo.

En la figura 11 (a) se observan dos imágenes tomadas por la cámara, una sin movimiento y la otra con movimiento, cuando el programa detecta perturbaciones que rebasan el valor umbral resalta el cuadrante en donde se produjo el movimiento, la división de los cuadrantes para detectar el movimiento está en función de la resolución que se utilice en la cámara. Posteriormente se realiza una comparación con un valor constante y se convierte el tipo de dato para poderse enviar por comunicación serial a la tarjeta Arduino.

En la figura 11 (b) se puede observar el comportamiento de las señales cuando no se detectan perturbaciones, se generó movimiento en la cámara y podemos observar cómo se rebasa el valor umbral produciendo que los cuadros en donde se halla detectado actividad se resalten. Posteriormente se hace una división de la imagen en cuadrantes, después se realiza una comparación con un valor constante y se convierte el tipo de dato para poderse enviar por comunicación serial a la tarjeta Arduino.



(a)



(b)

Figura 11: Programa de detección de movimiento.

El programa utiliza una cámara de la marca Prefect Choice, la cual tiene una resolución de 800x600 pixeles, y divide la imagen en 16 cuadros, en donde por cada cuadrante se producen señales. Se seleccionó un cuadrante en específico y cuando se genera movimiento en dicho cuadrante, Simulink envía esa

señal a la tarjeta Arduino, en donde se ejecuta un algoritmo de control el cual controla la posición de la banda transportadora (ver figura 13).

Etapa de potencia

Durante la caracterización de la banda transportadora, probamos los pesos que pueden transportar la banda, y la corriente que consume el motor a distintos pesos. Durante esta prueba se observó que el motor no excedía los 2.5 A, por lo que se instrumentó el puente H (L298N), que es un puente completo para dos motores, de alto voltaje y corriente, el cual nos ofrece la capacidad de otorgar una corriente en DC de hasta 4 A, también posee protección contra sobrecalentamiento (adicionalmente, en el sistema se utilizó un disipador). La configuración usada es la mostrada en la figura 14.

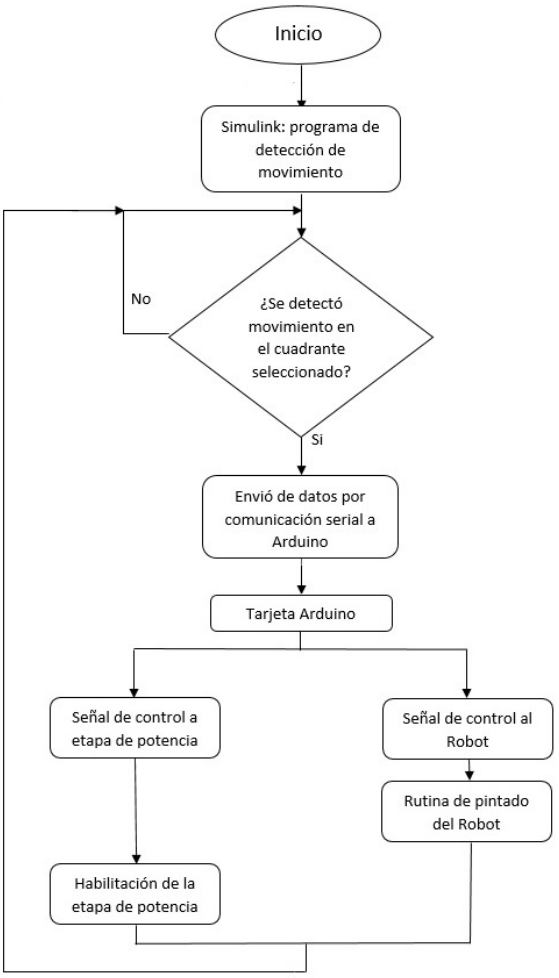


Figura 12: Algoritmo de control

El Algoritmo de control, empieza a ejecutarse desde Simulink/Matab, en donde se detectan señales de movimiento por cada división de la imagen realizada en la cámara, se selecciona un cuadrante y cuando ocurre alguna perturbación en dicho cuadrante se genera una señal de control, la cual es enviada por comunicación serial asíncrono desde Simulink hacia la tarjeta Arduino, en donde se envían señales de control al robot y a la etapa de potencia, para ejecutar el proceso deseado.

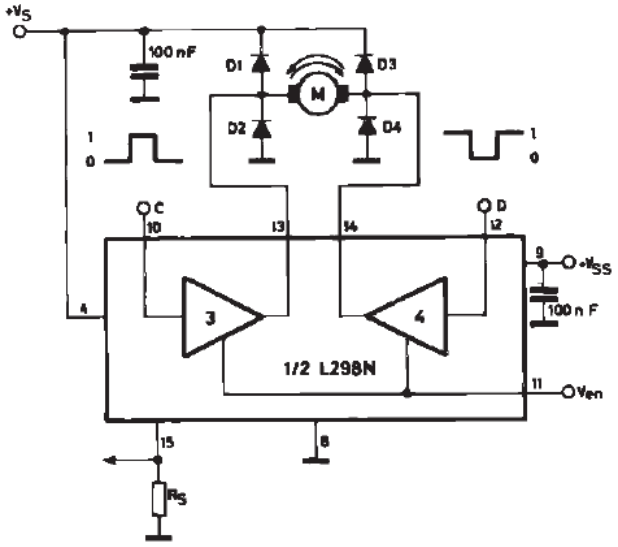


Figura 13: Configuración del puente L298N.

5. RESULTADOS

Con el engrane ensamblado, funcionando con su caja de soporte, y acoplado a la banda transportadora se realizó una caracterización de los pesos que podía transportar la cadena y el consumo de corriente correspondiente a los pesos que trasladaba, esta caracterización se muestra en la tabla 1.

Peso (N)	Corriente consumida (A)
9.989	1.40
19.551	1.42
29.694	1.58
39.494	1.62
49.196	1.73
58.800	1.82
68.404	1.91
78.498	2.13
88.494	2.24
98.196	2.33

Tabla 1: Caracterización de pesos transportados y corriente consumida por el motor.

En las siguientes imágenes, figura 14, podemos ver el funcionamiento de la banda transportadora, se puede observar que cuando el objeto cruza por el cuadrante seleccionado, el programa de Simulink detecta una señal, la cual es enviada a la tarjeta Arduino para detener la etapa de potencia, y el movimiento de la banda transportadora, dejando un tiempo de operación para que el robot de transmisión directa realice la tarea deseada.

6. CONCLUSIONES

En este trabajo se diseñó y desarrolló la automatización de un sistema transportador de cadena, banda transportadora, para su interacción con una celda robótica compuesta por robots antropomorfos de tres grados de libertad. Se presentó el diseño y construcción de un sistema engrane-soporte-motor que provee

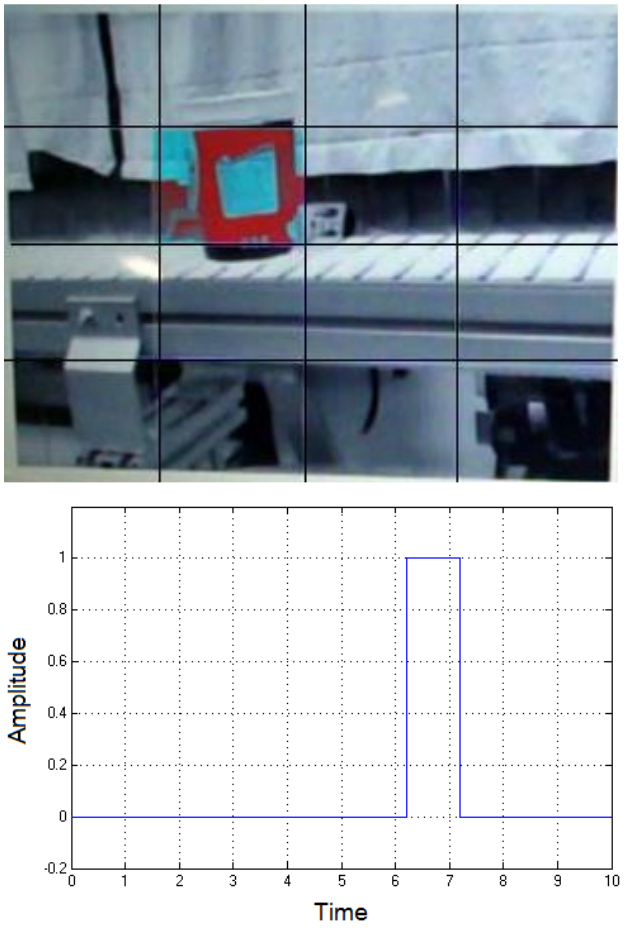


Figura 14: Resultados del control de posición utilizando retroalimentación visual.

el movimiento a la banda transportadora. Para el control de dicha banda se utilizó la técnica *Visual Servoing* con el uso de una cámara web, como elemento principal de retroalimentación, y una tarjeta de adquisición de datos Arduino. Se presentó la relación peso transportado/corriente consumida por el motor, así como el funcionamiento del sistema de control de posición, mostrándose que se logra la detección de un punto de referencia dado con la orden de paro. Obteniendo así un sistema mecánico controlado completamente con *información visual*. Estos avances nos permiten la aplicación de la banda transportadora en interacción con la celda robótica para su uso en diversas tareas sistematizadas cambiando la herramienta del efector final en los robots.

7. REFERENCIAS

[1] Marr D., "Vision A computational Investigation into Human Representation and Processing of Visual Information", Freeman, 1982

[2] Corke P. I. Visual Control of Robot Manipulators A review. Visual Servoing, K. Hashimoto, Ed. Singapore: World Scientific, pp. 1-31, 1993.

[3] Weiss L. E., A. C. Sanderson, and C. P. Neuman, Dynamic sensor-based control of robots with visual feedback. In IEEE Journal of Robot. Automat, vol. RA-3, pp. 404-417, Oct. 1987.

[4] Wilson W. J., C. C. Williams, and Graham S. B. Relative End-Effector Control Using Cartesian Position Based Visual Servoing. IEEE Transactions on Robotics and Automation. vol. 12 No. 5, pp. 684-696. October 1996.

[5] Espiau, B.; Chaumette, F.; Rives, Patrick. A new approach to visual servoing in robotics Volume: 8, Issue: 3 Publication Year: 1992 , Page(s): 313 – 326.

[6] Chaumette, F. ; Hutchinson, S. Visual servo control. I. Basic approaches Robotics & Automation Magazine, IEEE Volume: 13 , Issue: 4, Publication Year: 2006 , Page(s): 82-90.

[5] F. Reyes "Robótica control de Robots Manipuladores" Alfaomega 2011.

[6] González, E., Desarrollo y construcción de un robot antropomorfo de tres grados de libertad, Tesis de Maestría en Ciencias de la Electrónica, BUAP, México (2009),pp 21-66.

[7] Hutchinson S., G. D. Hager and P. I. Corke, A Tutorial on Visual Servo Control. IEEE Trans. on Robotics and Automation, Vol. 12, No. 5, October 1996, pp. 651-670.

[8] Hill J. and W. T. Park, Real Time Control of a Robot with a Mobile Camera. In Proc. 9th ISIR, Washington, D.C., Mar. 1979, pp. 233-246.

[9] Información acerca de las tarjetas Arduino ver http: arduino.cc

[10] R. L. Norton, Diseño de Maquinaria, McGraw Hill, Tercera Edición (2005).

Estimación de distancias relativas aplicando técnicas de correlación-cruzada para aplicaciones de localización en interiores

Diana Martínez, Alberto Ochoa, Ramón Félix, Apolinar González, Walter Mata, Carlos Escobar
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica / Universidad de Colima, E-28400 Coquimatlán (Colima), Mexico
E-mail: aochoa@ucol.mx

***Resumen*— En este trabajo se ha emulado un sistema de transmisión y recepción simultáneo que permite estimar las distancias entre transmisores inalámbricos (balizas) y receptor móvil para aplicaciones de localización en interiores. El sistema de transmisión está basado en la técnica CDMA (Acceso Múltiple por División de Códigos) y emplea secuencias que se caracterizan por su ortogonalidad. Las balizas están codificadas por un código ortogonal tipo Walsh de longitud 4. La detección de la señal en el receptor se basa en la aplicación de la técnica de correlación con el fin de obtener la auto-correlación y la correlación-cruzada de las señales. Las distancias se calculan a partir del retardo del pico máximo de correlación cruzada entre cada enviado y el dato recibido. El sistema propuesto se diseñó empleando la herramienta computacional MATLAB. Los resultados entregados por el sistema muestran que se ha logrado obtener las distancias entre las balizas y el receptor al emplear los picos de las auto-correlaciones. En los casos contemplados en el trabajo, se han logrado obtener las distancias que posteriormente pueden ser utilizadas en aplicaciones de localización de objetos en espacios interiores.**

***Temas claves*— Estimación de distancias, CDMA, LPS, códigos Walsh, correlación-cruzada.**

I. INTRODUCCIÓN

En sistemas de localización LPS, la obtención de los parámetros involucrados en el cálculo de distancias entre balizas y móvil como Tiempos de llegada (TOA), Tiempos diferenciales de llegada (TDOA), Ángulos de Llegada (AOA), Potencia de la señal (RSS) son de especial relevancia debido a que los sistemas de posicionamiento local requieren que dichas mediciones tengan un reducido margen de error para una correcta estimación de posición del emisor [1]-[6]. En la técnica de trilateración hiperbólica basada en TDOA las mediciones de distancia relativa son un parámetro fundamental para realizar el cálculo de posición de un objeto móvil [3][5][6].

El proceso de envío de los datos y la forma en que se accede al medio requiere de sincronía en tiempos y de técnicas capaces de combatir la interferencia entre transmisores. En CDMA múltiples balizas pueden transmitir al mismo tiempo con la misma señal portadora debido a que emplea una técnica de espectro ensanchado (spread-spectrum) donde a cada baliza se le asigna un código Walsh diferente.

Con CDMA se logra separar y recuperar la información enviada por cada baliza transmisora sin afectar la enviada por las demás balizas, esto conociendo el código correspondiente tanto en cada baliza transmisora como en el receptor móvil. Así, CDMA explota las propiedades matemáticas de ortogonalidad entre vectores cuyas coordenadas representan los datos a transmitir.

En este trabajo se propone un algoritmo donde se estima la distancia relativa a partir del modelo de canal inalámbrico. Para llevar a cabo esta tarea se utilizan los Códigos Walsh en las balizas con el fin de aislar los datos durante la transmisión y poder identificar la procedencia de la información (baliza de interés) del resto de las balizas. La técnica de correlación, mediante la auto-correlación y la correlación cruzada, es el método que se emplea para identificar la señal de la baliza transmisora en la señal recibida por el receptor móvil. Los códigos de usuario Walsh se caracterizan por ser ortogonales entre ellos, permitiendo que se recupere la señal de interés y se anule el resto de la información, dando como resultado un pico máximo de correlación. A este proceso se le conoce como *matched filtering* y mediante éste se logran obtener las distancias al analizar el instante de llegada del pico máximo de la auto-correlación [7]-[13].

El artículo se ha estructurado de la siguiente forma: en la sección II se describe el modelo del entorno (escenario de simulación); a continuación en la sección III se define el modelo de canal inalámbrico para interiores; en la sección IV se explica y justifica el proceso de codificación CDMA escogido y sus parámetros; después en la sección V, se presentan y analizan los resultados, y se finaliza con la sección VI de Conclusiones.

II. MODELADO DEL ENTORNO

En este trabajo se propone un algoritmo donde se estima la distancia relativa a partir del modelo de canal inalámbrico, en un entorno interior considerando la plataforma de simulación MATLAB. El canal radio tiene una frecuencia de transmisión de 2.4GHz, basado en el estándar IEEE 802.11 presenta un comportamiento estocástico, se asume línea de vista (LOS), es decir, no hay obstáculos entre transmisores y receptor. Existe un desvanecimiento de la señal debido a la propia naturaleza dinámica del entorno (path-loss) de 3dBs.

En la Figura 1 se ilustra la representación de cuatro balizas transmisoras T_x ubicadas en posiciones conocidas, las cuales transmiten bits simultáneamente al receptor R_x ubicado en el elemento deflector de un brazo robot. Cada baliza T_x emite símbolos QPSK.

El sistema se modela como una fuente direccional sobre el elemento a localizar. Una baliza maestra excita una serie de balizas dispuestas en su entorno. Las balizas están en una posición fija sobre las cuatro esquinas de una superficie de $100cm^2$, como se puede observar en la Figura 1

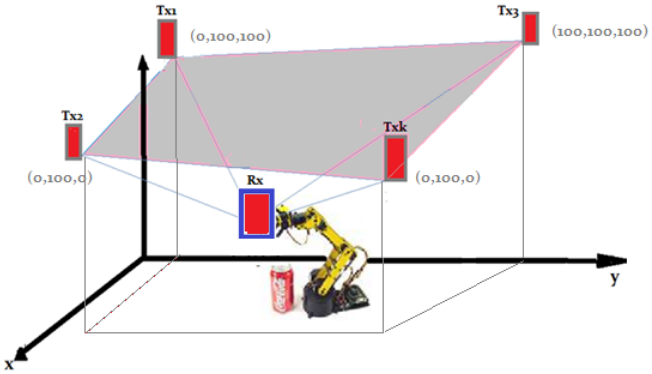


Fig. 1 Representación de las cuatro balizas Tx y el receptor Rx.

Cada baliza está provista de una conexión cableada para organizar el envío de los datos, en el instante que las balizas reciben una señal binaria de la baliza maestra por dicha conexión, éstas emiten de manera síncrona un código CDMA que permite al sistema identificar inequívocamente las balizas, después se realiza un proceso matemático para estimar las distancias relativas de las balizas activadas al receptor.

III. MODELADO DEL CANAL INALÁMBRICO

El objetivo de este trabajo es desarrollar una herramienta de simulación para estudiar y probar un sistema de transmisión inalámbrico y obtener las distancias relativas de cuatro transmisores a un móvil utilizando las técnicas de correlación de la señal. La información obtenida mediante el sistema propuesto puede ser utilizada en algún algoritmo de localización en interiores para aplicaciones LPS.

En el modelo del canal inalámbrico, las balizas se consideran como un conjunto de cuatro transmisores $T_{x1}, T_{x2}, T_{x3}\, y\, T_{x4}$ y un receptor móvil R_x. Cada señal transmitida $x_j(t)$ se asigna y codifica mediante la técnica CDMA, que emplea un código diferente para cada baliza y la señal codificada es modulada empleando el esquema QPSK y es representada por c_j. Se asume que se realiza la convolución entre la señal modulada c_j con la respuesta al impulso del transmisor h_t para j=1, 2, 3,…, K (número de balizas) y se genera la señal $x_j(t)$. Considerando que $h_j(t,\tau_j)$ es la respuesta del canal para la baliza j con K=4 balizas, τ_j es el retardo de la señal en recepción y $n_j(t)$ es el AWGN (Ruido Blanco Gaussiano) modelado como una variable aleatoria con media cero y varianza σ^2. La señal $x_j(t)$ y el ruido son mutuamente independientes. La señal recibida $y(t)$ está dada por la ecuación (1):

$$y(t) = \int_{j=1}^{K} x_j\,(t) * h_j(t,\tau_j) + n(t) \qquad (1)$$

IV. PROCESO DE CODIFICACIÓN EMPLEANDO LA TECNICA DE ACCESO MÚLTIPLE CDMA

Para lograr la transmisión simultánea entre balizas se utiliza multiplexación por división de código, CDMA (acceso múltiple por división de código) basada en la tecnología de espectro expandido (spread-spectrum). Esto se hace con el fin de resolver en la comunicación entre transmisiones al mismo tiempo empleando un único canal de comunicación, para que puedan gestionarse varias transmisiones al mismo tiempo evitando que aparezcan interferencias que degradan la calidad de la señal o bien directamente impedir la comunicación entre balizas.

La técnica CDMA emplea una tecnología de espectro expandido (spread-spectrum) por el que a cada transmisor se le asigna un código único, escogido de forma que sea ortogonal respecto del resto. El receptor capta las señales emitidas por todos los transmisores al mismo tiempo, pero gracias al esquema de codificación (que emplea códigos ortogonales entre sí) puede seleccionar la señal de interés si conoce el código empleado, como se observa en el diagrama general del sistema de transmisión mostrado en la Figura 2 y 3. Los códigos que se utilizan en el sistema son tipo Hadamard-Walsh y pueden separarse en el receptor con nula interferencia entre ellos, siempre y cuando el canal no corrompa la ortogonalidad de las secuencias, que tienen una longitud N y se genera una matriz Hadamard H_N de NxN elementos. Para $N = 2$ la matriz es (2):

$$H_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \qquad (2)$$

Y una matriz más grande se obtiene usando H_2:

$$H_{2N} = \begin{bmatrix} H_N & H_N \\ H_N & -H_N \end{bmatrix} \qquad (3)$$

Por lo tanto secuencia Hadamard-Walsh que se forma para N=4 es:

$$H_{2N} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{matrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{matrix} \qquad (3)$$

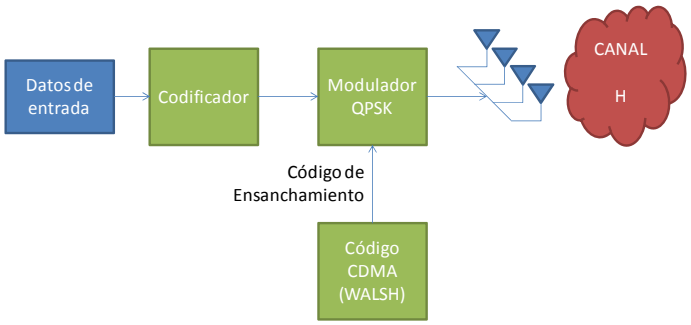


Fig 2. Diagrama de bloques del canal de comunicación digital con CDMA desde las balizas transmisoras.

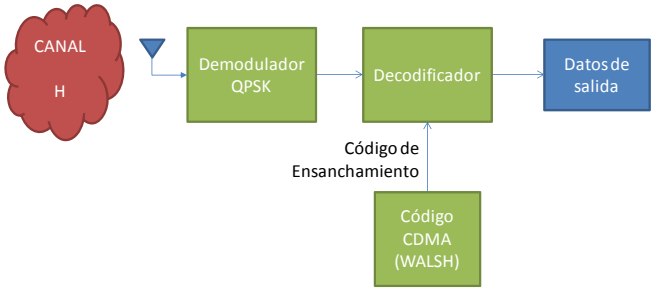


Fig 3. Diagrama de bloques del canal de comunicación digital con CDMA desde el receptor móvil.

Un renglón de la matriz es asignado a cada bit enviado por cada baliza c_1 para la primera baliza, c_2 para la segunda y así sucesivamente, el dato a transmitir es multiplicado por su secuencia correspondiente y los bits codificados son modulados en QPSK y transmitidos, como se muestra en la Figura 4.

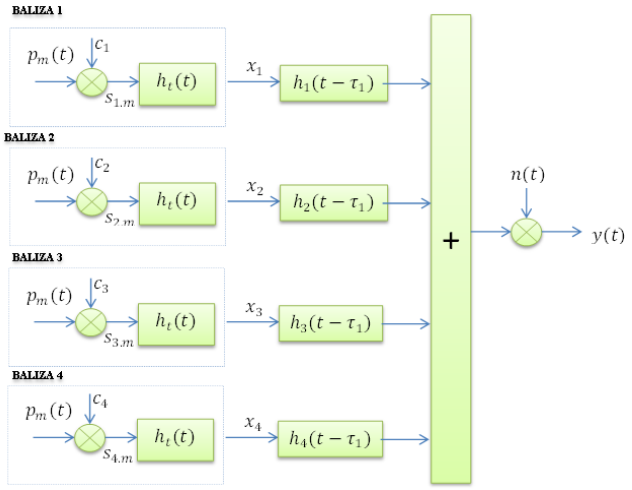


Fig 4. Diagrama de bloques del transmisor.

En el canal todas las señales se mezclan debido a que comparten un mismo canal, además de son corrompidas por el ruido. El proceso es inverso en el receptor, primero la señal se demodula, y los datos enviados por cada transmisor se decodifican multiplicando el dato recibido por el renglón de la matriz de Hadamard-Walsh correspondiente a la baliza que se quiere identificar.

V. DETECCIÓN DE LA SEÑAL DE LAS BALIZAS

El elemento deflector móvil capta las señales emitidas por todos los transmisores al mismo tiempo, pero gracias al esquema de codificación (que emplea códigos ortogonales entre sí), diferencia las señales enviadas por cada baliza conociendo el la secuencia empleada. En este proceso, se aplican técnicas de correlación cruzada a la señal recibida $y(t)$ y la señal enviada S_j (Figura 5), para finalmente estimar las distancias d_1, d_2, d_3 y d_4 ilustrado en la Figura 6.

Fig 5. Diagrama de bloques del proceso de recepción y estimación de distancias.

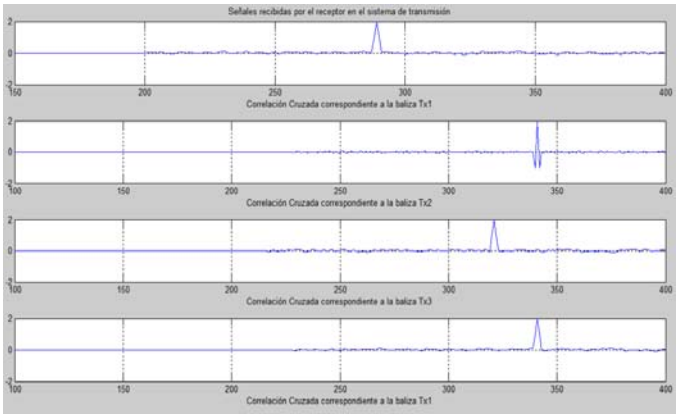


Fig 6. Gráfica resultante de la aplicación de la técnica de correlación y la estimación de la distancias mediante el conteo del desplazamiento del pico máximo de la función de auto-correlación.

Considerando en el proceso de detección de la señal de la baliza j es necesario el proceso de correlación entre la señal recibida y s_j bits enviados por el transmisor. La función de correlación está dada por la función (4):

$$\varphi_{sj}(t) = \int_{k=-\infty}^{\infty} y(t) * s_j(t+k) \qquad (4)$$

La función se maximiza para $t = D_j$ que corresponda al instante de tiempo de llegada de la secuencia asignada a la baliza j. La siguiente ecuación (5) representa el instante de llegada de la secuencia j:

$$D_j = \arg\max \varphi_{sj}(t) \qquad (5)$$

Las distancias d_1, d_2, d_3 y d_4 que se muestran la Figura 7 se obtienen a partir de los retardos de la señal proporcionados por la ecuación (5).

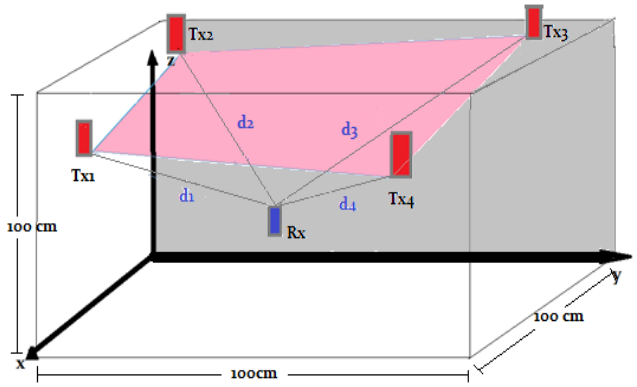


Fig. 7 Representación de las distancias d_1, d_2, d_3 y d_4 obtenidas mediante técnicas de correlación.

VI. Análisis de Resultados y Conclusiones

El resultado de la simulación donde se realiza el proceso de matched filtering en MATLAB, genera las correspondientes distancias entre cada baliza y el receptor. Tales distancias son calculadas a partir de los retardos de la delta de Kronecker obtenida al correlacionar señal recibida con las secuencias emitidas por cada una de las balizas transmisoras. Como se pudo observar en la Figura 6, se lograron obtener las correspondientes picos de auto-correlación en relación a las señales transmitidas por cada baliza transmisora. Además, los datos arrojados en esta gráfica permiten estimar la distancia entre cada baliza y el receptor dentro de un entorno interior, y que al estimar el tiempo que se tardo en detectar el pico de correlación con respecto al inicio de la transmisión de las señales, esta diferencia de tiempos genera la distancia entre cada una de las balizas y el receptor. Por consiguiente, en dicha figura se visualizan los 4 resultados del proceso de simulación donde cada una de las 4 distancias en cada gráfica se corresponde con la distancia más corta en línea de vista entre la baliza y el receptor. En este caso, durante la simulación se considera que no existe multicamino en el proceso de transmisión/recepción. Los resultados obtenidos en las simulaciones muestran que se ha logrado determinar de forma precisa la distancia que guarda cada baliza con respecto al elemento receptor. Dicha información es vital para la aplicación de cualquier algoritmo de localización en interiores.

AGRADECIMIENTOS

La realización de este proyecto fue gracias al proyecto FRABA (Fondo Ramon Alvarez Buylla de Aldana) “Análisis, diseño y construcción de una estructura sensorial para su utilización en la detección de reflectores ultrasónicos” y al Programa FOMIX de CONACYT.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] H. Liu, H. Darabi, P. Banerjee, and J. Liu, “Survey of wireless indoor positioning techniques and systems,” *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part C*, vol. 37, no. 6, pp. 1067–1080, Nov 2007.

[2] Y. Gu, A. Lo, and I. Niemegeers, “A survey of indoor positioning systems for wireless personal networks,” *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, vol. 11, no. 1, pp. 13–32, 2009.

[3] A.R.Jiménez, F. Seco, C. Prieto, and J. Roa. Tecnologías sensoriales de localización para entornos inteligentes. *I Congreso español de informática - Simposio de Computación Ubicua e Inteligencia Ambiental, UCAmI2005(Granada),* pp. 75-86, 2005.

[4] C. Drane, M. Macnaughtan, and C. Scott, “Positioning GSM telephones”, *IEEE Commun. Mag.*, vol. 36, no. 5, pp. 748-753.

[5]F. Seco, C. Plagemann, A. R. Jiménez, W. Burgard, *Improving RFID-based indoor positioning accuracy using Gaussian processes*, Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), pp. --, Zurich, Switzerland, October 13–15th (2010).

[6]J. Guevara, A. Jiménez, F. Seco, C. Prieto, J. Ealo, J. Roa y K. Koutsou, *Sistema de identificación y localización simbólica utilizando una red sensorial de nodos ultrasónicos*, XXVIII Jornadas de Automática, Huelva, 5-7 de septiembre de 2007.

[7] K. Kaemarungsi and P. Krishnamurthy, “Modeling of indoor positioning systems based on location fingerprinting,” in *23rd Conference of the IEEE Computer and Communications Societies*, vol. 2, March 2004, pp. 1012–1022.

[8] A. Koutsou, F. Seco, A. Jimenez, J. Roa, J. Ealo, C. Prieto, and J. Guevara, “Preliminary localization results with an RFID based indoor guiding system,” in *WISP 2007, IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing*, Oct. 2007, pp. 1–6.

[9] Moses, R; Krishnamurthy, D.; Patterson, R.;” A self-localization method for wireless sensor networks”, Eurasip Journal on applied Signal Processing, Special Issue on Sensor Networks, March 2003, pp. 348-358.

[10]F. Seco, A. R. Jiménez, C. Prieto, J. Roa and K. Koutsou, *A survey of mathematical methods for indoor localization*, WISP 2009, 6th IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing, 26–28 August, 2009 Budapest, Hungary, pp. 9-14.

[11] D. Torrieri, “Statistical theory of passive location systems,” *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.*, vol. 20, no. 2, pp. 183–197, Mar. 1984.

[12] Rappaport, Theodore S., 1960-, Wireless communications: Principles and practice/Theodore S. Rappaport, 2nd. Edition, Upper Saddle River, N. J.: Prentice Hall PTR, 2002, New Jersey, 2002

[13] Goldsmith, Andrea, 1964-, Wireless communications/Andrea Goldsmith, Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2005, England, 2005.

Lung Segmentation Using Support Vector Machine in Computed Tomography Images

Segmentación De Los Pulmones Usando Máquinas De Soporte Vectorial En Imágenes De Tomografía Computarizada

Valentín Molina[1, 2], Miguel Vera[3], Horderlin V. Robles[1, 2], Edwar Bejarano[1], Hermann Dávila [1],
[1]Ingeniería Biomédica, Escuela Colombiana de Carreras Industriales – ECCI.
[2]GINIC-HUS, Hospital Universitario de la Samaritana.
Bogotá, Cundinamarca, Colombia.
[3]Universidad de los Andes Mérida Venezuela

***Abstract*-- Algorithms for extracting information about the structures present in an image are known as segmentation algorithms and play an important role in numerous biomedical applications where the images are the primary source of information. Image segmentation is a fundamental process in the area of medicine, although many alternatives have been proposed to solve the problem properly segment the objects that make up a scene, there is still one that can meet all the requirements that arise in this types of applications. Through this work we propose a method to segment, automatically, lungs obtained from computed tomography images through region growing. The starting point for the segmentation (seed) is obtained from the location of certain anatomical markers generated by a detection process implemented with Support Vector Machines least squares (LS-SVM) and interpolation of these by cubic spline in order to find a centroid of the contour obtained.**

***Key Words:* Computed tomography, *Segmentation,* Support Vector Machines.**

***Resumen*- Los algoritmos para extracción de información acerca de las estructuras presentes en una imagen son conocidos como *algoritmos de segmentación* y juegan un papel importante en numerosas aplicaciones biomédicas donde las imágenes son la principal fuente de información. La segmentación de imágenes es un proceso fundamental en el área de la medicina, aunque se han planteado muchas alternativas para resolver el problema de segmentar adecuadamente los objetos que componen una escena, aún no existe una que pueda cubrir todos los requerimientos que se plantean en este tipo de aplicaciones. Mediante el presente trabajo se propone un método para segmentar, en forma automática, los pulmones obtenidos en imágenes de tomografía computarizada, mediante crecimiento de regiones. El punto de partida para la segmentación (semilla), es obtenido a partir de la ubicación de ciertos marcadores anatómicos generados mediante un proceso de detección implementado con Máquinas de Soporte Vectorial de mínimos cuadrados (LS-SVM) y la interpolación de estos mediante spline cúbicos a fin de encontrar un centroide del contorno obtenido.**

Palabras Clave:* *Máquinas de Soporte Vectorial,* Segmentación, *Tomografía Computarizada.

1. INTRODUCCIÓN

El avance tecnológico producido en los últimos años ha transformado considerablemente las características del tratamiento de imágenes médicas [1].

La aparición de dispositivos de captura sofisticados, tales como equipos de tomografía computada (CT) o resonancia magnética (MRI), han marcado un cambio revolucionario sobre las prácticas de diagnóstico, al permitir la reconstrucción de cortes internos del cuerpo con alta precisión [2].

En particular, la habilidad de detectar estructuras con características determinadas dentro de una imagen constituye un aspecto fundamental para la automatización de diversos tipos de aplicaciones [12]. Este tipo de procedimientos, conocidos como segmentación de imágenes, permiten la descomposición de una imagen en regiones de interés, según cada aplicación particular [3].

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Actualmente, se encuentran sistemas que aún utilizan una delimitación manual de los objetos por parte del usuario, con base a la determinación de puntos correspondientes a la frontera de componentes. Esta práctica constituye una tarea tediosa y poco repetible, además de ser propensa a errores, por lo que es deseable que en general la intervención del usuario sea mínima y restringida a aquellas situaciones en que puede ser provista en una forma simple y robusta [4]. El desarrollo de métodos automáticos [11] de segmentación tiene el potencial de reducir, sustancialmente, el tiempo empleado por algunos procedimientos médicos, los que así podrían llevarse a cabo con mayor efectividad y menor riesgo, como por

ejemplo, la planificación de cirugías o de tratamientos complejos como los de radioterapia [5], entre otras.

El problema a resolver es poder encontrar un punto de partida para el algoritmo de segmentación por crecimiento de regiones, a partir de esta coordenada en la imagen se espera hacer una reconstrucción adecuada de lo que sería el contorno del pulmón.

3. MARCO TEÓRICO.

3.1 Máquinas de soporte vectorial: Las SVM, constituyen una de las principales herramientas del aprendizaje estadístico. Están basadas en una proyección de los datos en una dimensión mayor, conocida como *Dimensión de Vapnik-Chervonenkis*, donde el problema a resolver tiene garantizada una solución y pueden ser implantadas usando tanto hardware como software. En el diseño de una SVM se plantea el uso de *Hiperplanos* como elementos discriminadores lineales para separar las clases dadas con el mayor margen posible, fijado por un parámetro denominado *gamma*, al cual se le asocia un error de clasificación *sigma* [6]. Es indudable que el criterio de *Minimización del Riesgo Estructural* (mecanismo que permite controlar la dimensionalidad para poder enfrentar con éxito situaciones problemáticas reales), la *dualización* del margen de separación de los datos respecto a los vectores soporte (mediante Multiplicadores o Coeficientes de Lagrange) y el uso de los *Kernels o núcleos*, han generado un poderoso instrumento tanto para la *regresión* de datos como para la clasificación de patrones [10]. Es importante señalar que el análisis denominado *Karush-KuhnTucker* demuestra que la mayoría de los mencionados Multiplicadores serán cero y que solo serán distintos de cero aquellos coeficientes que se encuentren a la distancia definida por gamma obteniéndose así los "vectores soporte" de los cuales depende la solución del problema abordado [7].

3.2 Filtros no-lineales: Los filtros de mediana, constituyen un procedimiento no-lineal, útil para reducir el ruido impulsivo, presente en imágenes médicas [8] [9]. El filtro de mediana utiliza los valores de los pixeles contenidos en una vecindad de tamaño impar, para determinar el nuevo valor del pixel de interés. El procedimiento para ello, consiste en clasificar todos los pixeles incluidos en la ventana en orden creciente y sustituir el pixel ubicado en el centro de la vecindad por el pixel mediano luego de la clasificación, es decir, si tenemos una secuencia discreta de tamaño N impar, entonces la mediana de tal secuencia, es aquel miembro de la secuencia, para el cual, (N-1)/2 elementos son más pequeños o a lo sumo iguales y (N-1)/2 elementos son más grandes.

Una de las propiedades del filtro de mediana, es que el mismo tiende a preservar en lo posible la información referente a los contornos de la imagen, atenuando por el contrario, variaciones impulsivas aleatorias, por lo cual se utiliza frecuentemente.

3.3 Crecimiento de Regiones: El crecimiento de regiones es una técnica para extraer regiones de la imagen, que están conectadas según cierto criterio predefinido [9]. Este criterio puede estar basado en información de intensidades (nivel de gris, color, textura) y/o bordes de la imagen. En su forma más simple, este método requiere un punto semilla que, por lo general, es seleccionado manualmente por el usuario, se comienza evaluando un píxel y entonces se examinan sus vecinos para decidir si ellos tienen una propiedad similar. Si es así, tales pixeles son agrupados para formar una región. De esta forma se obtienen regiones a partir de pixeles simples. Para la ubicación especifica de la semilla que permitirá el desarrollo de este algoritmo, se ve reflejada la importancia la ubicación de marcadores característicos que permitirán una aproximación del contorno del pulmón, para que luego de allí se genere el centroide de dicho contorno. Este pixel ofrecerá las coordenadas de donde empezara a crecer la región a segmentar.

4. METODO PROPUESTO.

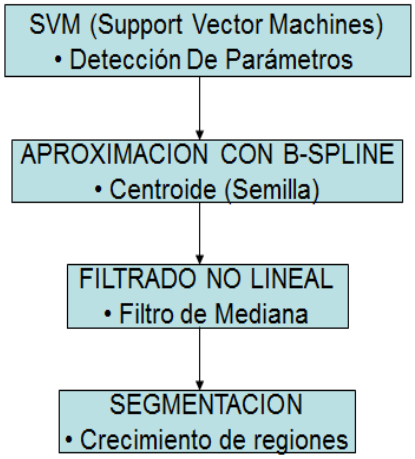


Figura No 1. Proceso implementado.

La metodología principal se centra en el entrenamiento de una LS-SVM a fin de encontrar unos marcadores anatómicos que permitan la aproximación de la estructura (pulmón). Luego aproximar mediante un interpolador lo que sería el contorno del pulmón, se halla el centroide de dicho contorno a fin de encontrar un punto de partida o semilla inicial para utilizar posteriormente en el algoritmo de crecimiento de regiones.

Seguidamente se hace un filtrado o suavizamiento a la imagen, para que en la última etapa el algoritmo de segmentación por crecimiento de regiones sea más adecuado, esto debido a la presencia de ruido de alta y baja frecuencia que no permite similaridad entre las vecindades de la semilla a analizar.

5. RESULTADOS.

El desarrollo de la metodología propuesta se llevó a cabo en imágenes de tomografía computarizada con un tamaño de 512x512 pixeles, ver figura 2.

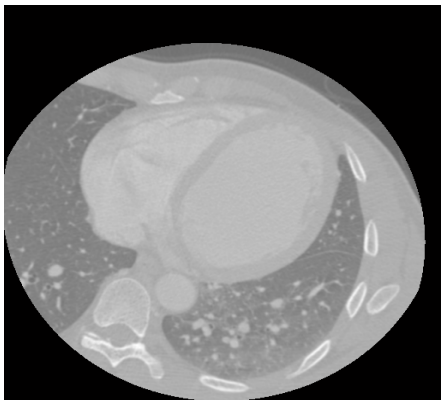


Figura No 2. Imagen de tomografía computarizada.

El punto más importante en el trabajo realizado, es la obtención de puntos característicos en los pulmones mediante SVM, figura No 3. Siendo estas coordenadas las que permitirán un aproximación del pulmón a través de un polinomio interpolador.

4.1 Clasificación de patrones con SVM y generación de la semilla: Se utilizó, una máquina de soporte vectorial del tipo Least Squares Support Vector Machines (*LS-SVM*). Fueron utilizadas 13 imágenes para la obtención de marcadores (8 por cada pulmón), dando como resultado 208 marcadores y utilizando otra imagen para obtener las basuras teniendo en cuenta una relación 1:5, se consiguieron 1040 basuras. El resultado obtenido por la SVM, figura No 3; se logró con los siguientes parámetros de sintonización, *sigma* (σ)= 1,42 y *gamma* (γ)= 11,4. Cabe destacar que tanto las imágenes, como los marcadores y basuras fueron vectorizados para facilitar el manejo de la información debido a su gran tamaño. Es importante resaltar que lograr conseguir la sintonización de los hiperparámetros, es una tarea que puede tardar un rango comprendido entre días, semanas o meses, de una adecuada sintonización de los hiperparámetros dependerá la detección de los marcadores, ver figura No 3.

El kernel utilizado para el desarrollo de este trabajo, se fundamenta en las características ofrecidas por un kernel de base radial, estructura que permite un análisis de componentes principales (PCA), procedimiento que busca obtener resultados con la menor cantidad de componentes que representan a la imagen. Una vez obtenidos estos valores, se esperaría que la máquina de soporte vectorial logre encontrar sin error alguno las posiciones anatómicas del pulmón con las que la maquina fue entrenada.

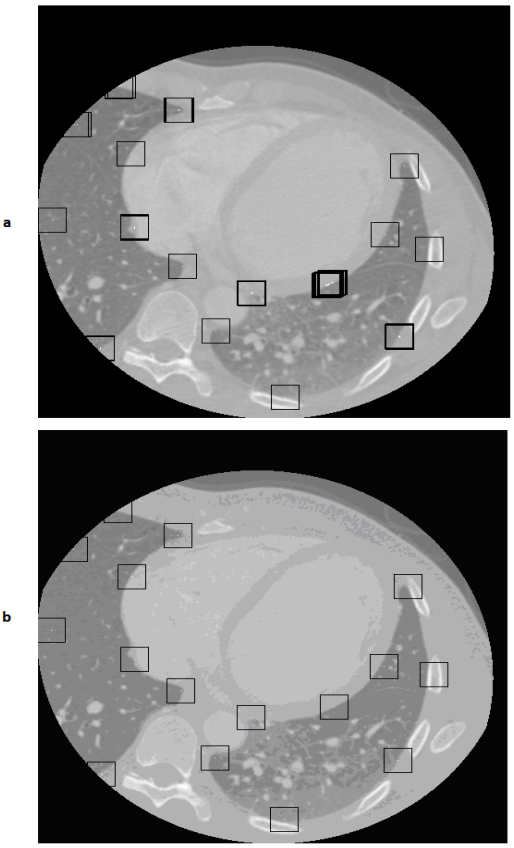


Figura No 3. a) Detección errónea b) Detección adecuada marcadores anatómicos.

Ahora bien, una vez obtenidos estos puntos característicos de cada pulmón en la imagen, se hace una aproximación mediante spline cúbicos de los pulmones figura No 4. Este interpolador permite una aproximación más exacta del contorno a segmentar, comparándolo con metodologías de interpolación de menor grado.

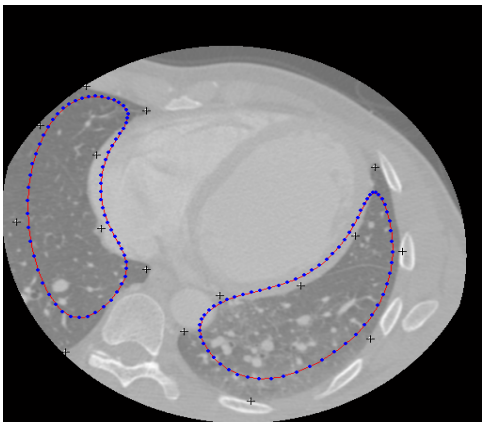


Figura No 4. Aproximación mediante Spline Cúbico.

Después de esto se logra obtener la semilla para realizar el proceso de segmentación, esto se obtiene hallando el centroide de la aproximación hecha con el spline cúbico en cada pulmón. Debido a la irregularidad de la región aproximada mediante el interpolador, existe la posibilidad de que el centroide sea obtenido fuera del contorno que representa a los pulmones, luego sería conveniente aplicar otras técnicas a fin de evitar dicho problema.

4.2 Filtrado no lineal: Es importante tener en cuenta la presencia de ruido en la imagen, ya que de no ser así, se podrían obtener muy malos resultados debido la homogeneidad entre datos relevantes a clasificar y el ruido presente obtenido durante la etapa de la adquisición de las imágenes, ruido que va ligado a altas y bajas frecuencias. Por esto la utilización de un filtro de mediana, con el cual se reducirá considerablemente el ruido de la imagen, figura No 5. Este proceso permite también la difuminación de los pixeles que conforman estructuras internas del pulmón que hacen más difícil el proceso de agrupación de vecinos en el proceso de segmentación pro crecimiento de regiones. Existe variedad de algoritmos para el filtrado en imágenes, orientados al dominio espacial o frecuencial [8]. Para este trabajo debido a un análisis subjetivo sobre la imagen se evidencio que el filtro de mediana lograba la obtención de una mejor uniformidad entre las regiones propias que conforman la imagen original.

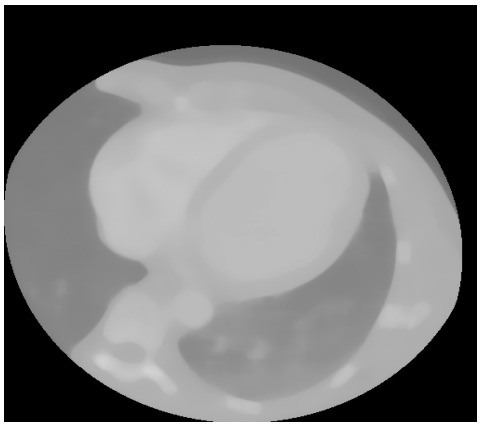


Figura No 5. Filtrado de la Imagen, Filtro de mediana.

4.3 Segmentación por crecimiento de regiones:

Luego de haber filtrado la imagen y obtenido las semillas, el siguiente paso consistió en la aplicación de un algoritmo de segmentación por crecimiento de regiones, el cual, va haciendo un crecimiento de la región teniendo en cuenta una similaridad (nivel de gris, color, textura) entre los pixeles vecinos a la semilla de origen, logrando así el resultado mostrado en la figura No 6. Aquí se ve reflejada la importancia del filtrado del ruido y suavizamiento o difuminación de la imagen. Mientras los pixeles de las regiones a segmentar muestren mayor correspondencia con respecto a sus vecinos próximos, mejor será la reagrupación de pixeles a la región que representara el contorno de los pulmones. Para este algoritmo también es importante que los cambios de niveles de gris entre cada estructura anatómica que conforma la imagen, muestren cambios bruscos en sus características.

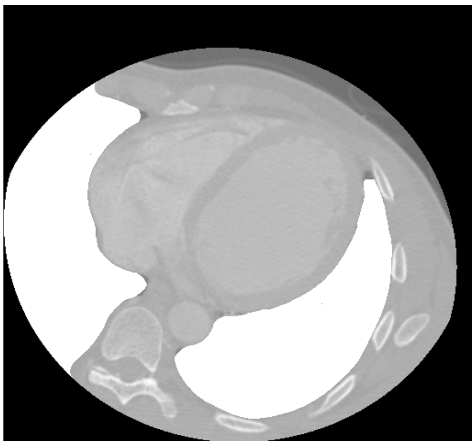


Figura No 6. Segmentación de los pulmones, por crecimiento de regiones.

5. CONCLUSIONES

Se ha mostrado que las SVM son una excelente herramienta a la hora de hacer clasificación de patrones en imágenes médicas, buscando con esto desarrollar nuevas técnicas automáticas de segmentación. La LS-SVM implementada en este trabajo arrojo un reconocimiento de patrones del 96%, validando con esto la eficiencia y robustez de estas técnicas emergentes orientadas a la clasificación de patrones. A fin de reducir considerablemente el costo computacional y hacer más sencillo el proceso de entrenamiento para la LSSVM, sería recomendable utilizar técnicas orientadas al análisis de atributos (análisis estadístico a los niveles de gris) en las regiones de interés a segmentar, como ejemplo análisis de media, mediana, varianza, desviación estándar etc. Esto debido a que el proceso de vectorización de las sub imágenes o marcadores generan vectores de tamaños muy grandes, que aumentan considerablemente el costo computacional. También sería recomendable hacer un proceso de entrenamiento y validación con una base de datos más grande, es decir, evaluar la metodología sobre un conjunto más amplio de imágenes. De esta misma forma seria conveniente evaluar el comportamiento de una segmentación y reconstrucción tridimensional del volumen que representaría a los pulmones.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Duncan J., Ayache N., *Medical Image Analysis: Progress over Two Decades and Challenges Ahead*, 2000, IEEE Transactions on Pattern Recognition and Machine Intelligence, Vol.22, No.1

[2] Herman G., *Image reconstruction from projections. The fundamentals of computarized tomography*, Originally published by Academic Press, 1980 2nd ed. 2010, xii, 300 p.

[3] Castleman K., *Digital Image Processing*, 1996, Prentice Hall. 667 páginas.

[4] Olabarriaga S., Smeulders A., *Interaction in the segmentation of medical images: A survey*, 2001, Medical Image Analysis, Vol.5, 127-142.

[5] Cai, W., Walter, S., Karangelis, G., Sakas, G.,*Collaborative Virtual Simulation Environment forRadiotherapy Treatment Planning*, 2000, Eurographics 2000, Vol.19, No.3

[6] OSUNA E et al, (1997). An improved training algorithm for support vector machines., Neural Networks for Signal Processing, pp 276-285, New York, U.S.A.

[7] GUNN S, (1998). *Support Vector Machines for Classification and Regression*. Technical Report. University of Southampton. U.S.A.

[8] *Bases del Procesamiento de Imágenes Médicas Rubén Medina, Jesús Bellera Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería, Grupo de Ingeniería Biomédica de la ULA (GIBULA), Av. Tulio Febres Cordero, Mérida 5101,Venezuela.2005.*

[9] Gonzalez, Rafael C., Woods, Richard E., Digital Image Processing. New Jersey, 2da Edición, Prince Hall, 2002.

[10] Myers, M.H.; Beliaev, I.; King-Ip Lin; "Machine Learning Techniques in Detecting of Pulmonary Embolisms," *Neural Networks, 2007. IJCNN 2007. International Joint Conference on* , vol., no., pp.385-390, 12-17 Aug. 2007

[11] Bouma, H.; Sonnemans, J.J.; Vilanova, A.; Gerritsen, F.A.; "Automatic Detection of Pulmonary Embolism in CTA Images," *Medical Imaging, IEEE Transactions on* , vol.28, no.8, pp.1223-1230, Aug. 2009

[12] Lujia Tang; Lina Wang; Shuming Pan; Yi Su; Ying Chen; , "A neural network to pulmonary embolism aided diagnosis with a feature selection approach," *Biomedical Engineering and Informatics (BMEI), 2010 3rd International Conference on* , vol.6, no., pp.2255-2260, 16-18 Oct. 2010

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DE LAS DISCONTINUIDADES EN NUBES DE PUNTOS 3D

ANALYSIS OF GEOMETRICAL PROPERTIES OF DISCONTINUITIES IN 3D CLOUD OF POINTS

German Sanchez T.[1], Esmeide Leal[2], Nallig Leal.[3]

[1]PhD en Ingeniería. E-mail: gsanchez@unimagdalena.edu.co. Profesor asistente, Universidad del Magdalena, Santa Marta. Grupo de I+D en nuevas tecnologías de la información y la comunicación GIDTIC. Cra 32 No 22-08. Tel: (57 - 5) 421 7940. Ext: 1138.
[2]MSc en Ingeniería de sistemas. E-mail: esleal@uac.edu.co. Profesor titular, Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla. Programa Análisis y Diseño de Sistemas y Computación. C 90 #46-112.
[3]MSc en Ingeniería de sistemas. E-mail: nleal@uac.edu.co. Profesor titular, Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla. Programa de Ingeniería de Sistemas. C 90 #46-112.

RESUMEN
Típicamente, la corrección de huecos en modelos 3d es realizada mediante interpolación global de los puntos, lo que genera una superficie continua. Sin embargo, un grupo específico de objetos contienen huecos y que no deben corregirse en el modelo digital pues no constituyen una anomalía. Este trabajo muestra el análisis del comportamiento de las características geométricas, específicamente, la curvatura y la torsión, como mecanismo de discriminación entre anomalías reales y falsas. Esto permitirá automatizar el proceso de reconstrucción de piezas sin la necesidad de la intervención de un usuario que seleccione los huecos a reparar. Los resultados muestran que estas características poseen comportamientos estadísticos diferentes en los dos grupos, lo que sugieren que son características candidatas en procesos automáticos de clasificación.

PALABRAS CLAVE: curvatura, llenado de huecos, oclusiones, reconstrucción de superficies, torsión.

KEY WORDS: curvature, hole filling, occlusions, surface reconstruction, torsion.

1. INTRODUCCIÓN

En general, existen numerosas dificultades respecto del proceso de adquisición de datos tridimensionales, tales como: la topología del objeto que genera oclusiones, las características físicas del material del objeto, las condiciones de iluminación, entre otras, las cuales constituyen las fuentes principales de generación de anomalías dentro de los datos que afectan las estimaciones de representaciones precisas de las características geométricas de los objetos. Estas anomalías son corregidas en una etapa denominada Integración, su importancia consiste en disminuir el efecto de estas anomalías en los procesos de representación final (Curless y Levoy, 1996).

Banta *et al.* (1998), describe dos tipos de oclusiones, oclusión láser y oclusión de cámara. Estas oclusiones dependen de la geometría del segmento que se desea adquirir pero tienen su naturaleza en las limitaciones propias de los montajes de adquisición. La oclusión láser ocurre cuando el láser es incapaz de iluminar un punto del objeto visible por la cámara. Por otra parte, la oclusión de cámara ocurre cuando la cámara no puede adquirir un punto iluminado por el láser (ver figura1).

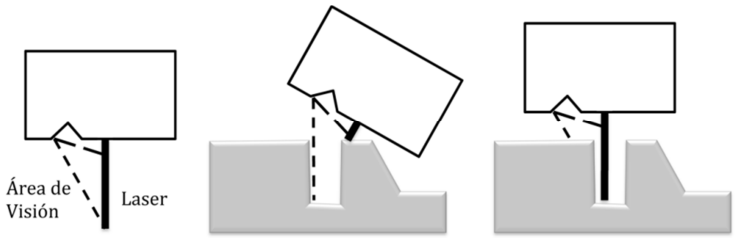


Figura 1. Tipos de oclusión, izquierda; oclusión laser, derecha; oclusión de cámara (Banta *et al.* 2000).

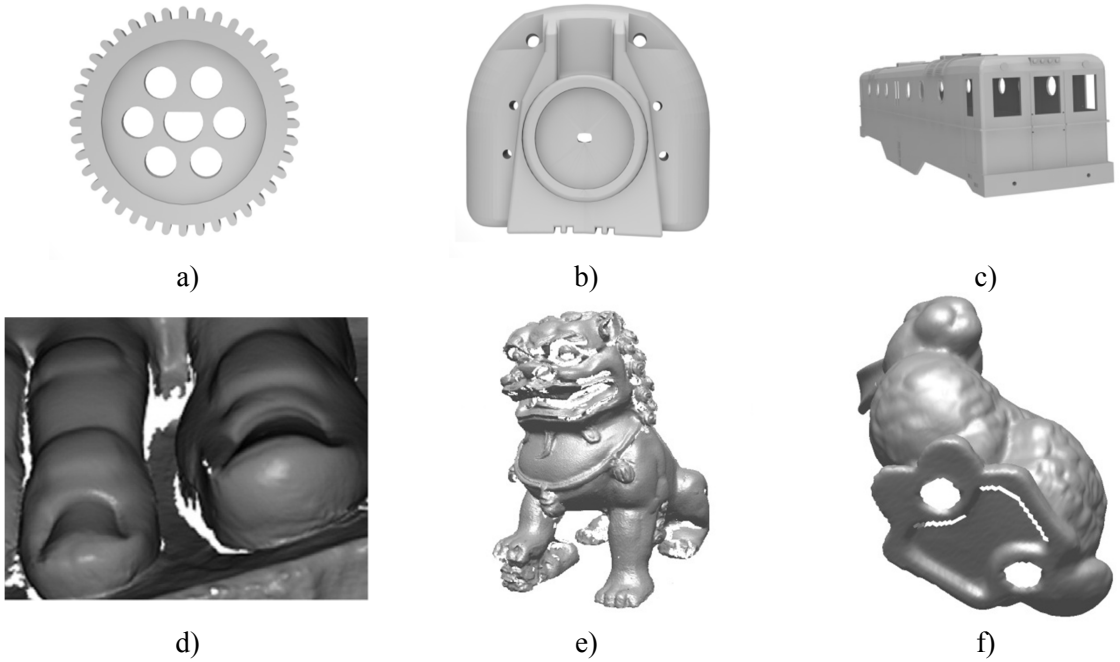
La idea tras la corrección de este tipo de anomalías consiste en reproducir el segmento de superficie faltante que se incorporará a la malla inicial con el fin de reparar la anomalía. En este sentido, diferentes técnicas han sido propuestas en Wang y Oliveira, 2007; Podolak y Rusinkiewicz, 2005; Bischhoff, Pavic y Kobbelt, 2005; Branch, Prieto y Boulanger, 2006. En este grupo de técnicas basadas en geometría se encuentran dos tendencias generales. La reparación basada en triángulos y la reparación basada en voxels.

Las técnicas basadas en triángulos obtienen mediante triangulación una aproximación lineal del hueco y refinan esta triangulación de acuerdo con la geometría en la cual el hueco está inmerso. Branch, Prieto y Boulanger, (2006) y Zhao, Gao y Lin (2007), son ejemplos de este enfoque.

Los procedimientos basados en voxels generan una representación volumétrica de la superficie inicial compuesta de un conjunto de unidades de volumen llamadas voxels, estas unidades de volumen son marcadas con un signo de acuerdo con su posición relativa a la superficie, dentro o fuera de la superficie, Podolak y Rusinkiewicz (2009), Qiang et al. (2010), Xiaohe, Lan y Hu (2011), presentaron algoritmos para llenar huecos basados en una descomposición del espacio en regiones atómicas de volumen.

Los trabajos en el estado del arte realizan correcciones de los modelos 3-D sin ninguna consideración geométrica diferente de la discontinuidad del modelo, lo que los limita al tratamiento de objetos continuos y dificulta el tratamiento de modelos que presenten discontinuidades reales, debido a que no proponen esquemas de clasificación de discontinuidades. Esto debido a que existe un subdominio de objetos que poseen discontinuidades que deben conservarse en la representación final y no deben considerarse anomalías (ver figura 2). Esta discriminación es realizada frecuentemente mediante la intervención de usuario experto quien determina cuales discontinuidades deben ser reparadas. Esta intervención constituye un factor limitante en el diseño de un método automatizado de reconstrucción.

Este trabajo está orientado a analizar las características de los contornos de los huecos formados por fenómenos ópticos y oclusiones en relación con aquellos que corresponden a discontinuidades presentes en los objetos. La hipótesis se centra en el hecho que el comportamiento de las características geométricas como la torsión y la curvatura en los contornos de los huecos generados por anomalías difieren de las de los contornos de las discontinuidades presentes en los objetos. La principal contribución es demostrar que dichos comportamientos son diferentes y que estos podrían utilizarse para la creación de métodos orientados a la corrección automática de huecos o discontinuidades.



a) b) c)

d) e) f)

Figura 2. Discontinuidades en objetos, a,b,c) Ejemplos de objetos con falsas anomalías, d,e,f) anomalías reales .

2. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Estimación de la torsión y la curvatura

Para la estimación de la torsión y la curvatura, se adopto el procedimiento de mínimos cuadrados pesados y la aproximación local por longitud de arco (Lewiner *et al*. (2005)). Para esto, se considera una curva en el espacio representada por un conjunto de puntos $\{p_i\}$, y las estimaciones de las derivadas de la curva parametrizada r en el punto p_0 es realizado con un subconjunto de puntos P de $2q+1$ puntos tales que $P = \{p_{i-q}, \dots, p_i, \dots, p_{i+q}\}$. De tal forma que los elementos de P forman segmentos continuos del contorno de una discontinuidad. A estos segmentos se ajusta una curva paramétrica $(\hat{x}(s), \hat{y}(s)\, \hat{z}(s))$, tal que:

$$\begin{aligned} \hat{x}(s) &= x_0 + x_0' \cdot s_i + \frac{1}{2} x_0'' \cdot s_i^2 + \frac{1}{6} x_0''' \cdot s_i^3 \\ \hat{y}(s) &= y_0 + y_0' \cdot s + \frac{1}{2} y_0'' \cdot s_i^2 + \frac{1}{6} y_0''' \cdot s_i^3 \\ \hat{z}(s) &= z_0 + z_0' \cdot s + \frac{1}{2} z_0'' \cdot s_i^2 + \frac{1}{6} z_0''' \cdot s_i^3 \end{aligned} \quad (1)$$

Para una simplificar la solución la minimización se puede rescribir en forma de inversión de matrices:

$$\begin{cases} A \cdot \mathbb{x} = \mathbb{b} \\ A \cdot \mathbb{y} = \mathbb{b} \\ A \cdot \mathbb{z} = \mathbb{b} \end{cases} \quad (2)$$

Donde,

$$\begin{bmatrix} a_1 & a_2 & a_4 \\ a_2 & a_3 & a_5 \\ a_4 & a_5 & a_6 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_0' & y_0' & y_0' \\ x_0'' & y_0'' & y_0'' \\ x_0''' & y_0''' & y_0''' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{x,1} & b_{y,1} & b_{z,1} \\ b_{x,2} & b_{y,2} & b_{z,2} \\ b_{x,3} & b_{y,3} & b_{z,3} \end{bmatrix}$$

Finalmente, se define:

$$r_0' = \begin{bmatrix} x_0' \\ y_0' \\ z_0' \end{bmatrix} \qquad r_0'' = \begin{bmatrix} x_0'' \\ y_0'' \\ z_0'' \end{bmatrix} \qquad r_0''' = \begin{bmatrix} x_0''' \\ y_0''' \\ z_0''' \end{bmatrix}$$

Y el cómputo de la torsión y curvatura es directo:

$$\tau(p_0) = -\frac{(r_0' \times r_0'') \cdot r_0'''}{\|r_0' \times r_0''\|^2} \quad (3)$$

$$k(p_0) = -\frac{(r_0' \times r_0'')}{\|r_0'\|^3} \quad (4)$$

El procedimiento consiste en estimar estas medidas en cada punto del contorno ajustando n curvas sobre el contorno (ver figura 3).

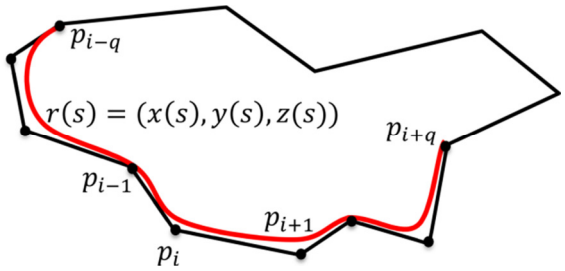


Figura 3. Ejemplo de curva de aproximación en contorno.

B. Selección de objetos y generación de Imágenes

La selección del conjunto de objetos fue realizada teniendo en cuenta que sus materiales produjeran las diferentes fuentes de generación de anomalías.. Las imágenes obtenidas corresponden a un proceso de adquisición bajo las mismas condiciones de escala, calibración y fueron obtenidas con el sensor Minolta de la Universidad Nacional de Colombia - sede Manizales.

3. RESULTADOS

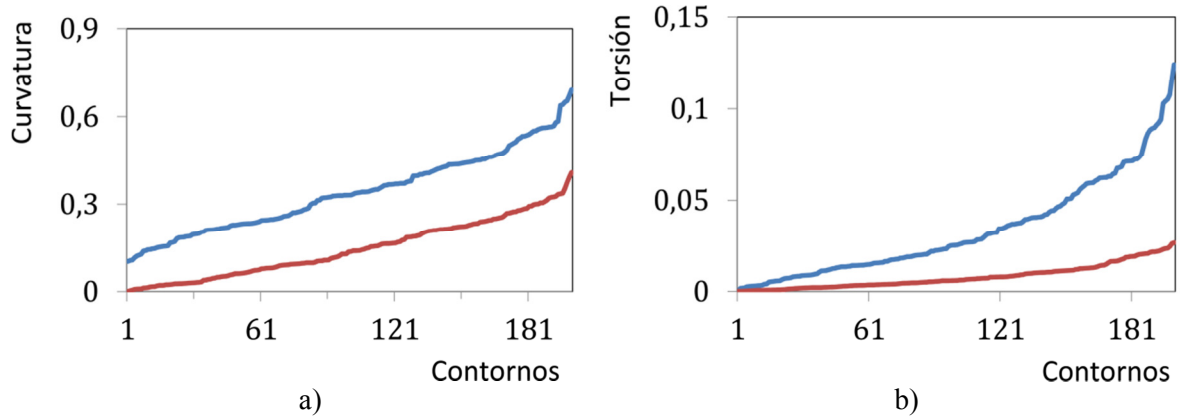
A cada contorno extraído se le estimó un grupo de medidas de igual tamaño que el número de vértices que conforma el contorno. Estas medidas son la estimación de la curvatura y la torsión. La figura 4, muestra el comportamiento de los valores obtenidos para cada grupo de contornos, tanto para la curvatura (ver figura 4a), como para la torsión (ver figura 4b).

En la figura 4, es posible notar que estos dos grupos de medidas tienden a en rango de valores diferentes. Sus distribuciones presentan forma diferente como se evidencia en la figura 5. Por otra parte, el grupo de contornos opacos muestra un rango superior en relación con el rango de los contornos brillantes. Sin embargo, no es posible observar una diferenciación definitiva para afirmar que estas medidas se comportan de forma diferente de acuerdo con la naturaleza de la anomalía.

Debido a la dificultad de obtener un concepto determinante frente al comportamiento de las dos medidas obtenidas de los diferentes grupos analizados, se realizaron pruebas estadísticas para determinar si las diferencias encontradas son significativas para determinar si estos comportamientos son o no diferentes.

Las medidas descriptivas de ambas muestras es de 0,34 y 0,14 para la curvatura, y 0,033 y 0,007 para la torsión, son estadísticamente, suficientemente diferentes en cada grupo. Un factor determinante e inicial para realizar análisis estadísticos lo constituye la prueba de normalidad en los datos. Debido a las características de los datos, en relación con su tamaño, la prueba *Shapiro-Wilk* resulta más adecuada (Sclaroff y Pentland, 1991). Los resultados de la prueba de normalidad para los grupos de muestras de curvatura y torsión fueron de 0,11, 0,01, 0,00y 0,004, respectivamente. Las pruebas fueron realizadas con un nivel $\alpha = 0{,}05$, asumiendo la normalidad de la distribución para $p > 0{,}05$. Los resultados muestran que a pesar de que la distribución de los datos de la muestra de curvaturas obtenidas en objetos brillantes, esta distribuida de forma normal, el resto de las muestras no presentan ese comportamiento.

Dada la no normalidad de los datos, se aplicó una prueba no paramétrica para analizar la similitud entre las medias de ambos pares de grupos. Se aplicó la prueba de *Mann-Whitney*, apropiada para cuando la asunción de normalidad en la distribución de los datos no es posible. Las hipótesis utilizadas para la comparación de los grupos fueron: la hipótesis nula H_0: Las dos muestras provienen de idénticas poblaciones y la hipótesis alternativa H_a: Las dos muestras provienen de poblaciones diferentes. A un nivel de significancia de $\alpha = 0{,}05$ y una regla de decisión tal que: si $p - value < 0{,}05$ se rechaza la hipótesis nula.



a) b)

Figura 4. Comportamiento del promedio de la a) curvatura y b) la torsión para los conjuntos de contornos extraídos de objetos brillantes (línea punteada) y opacos (línea continua).

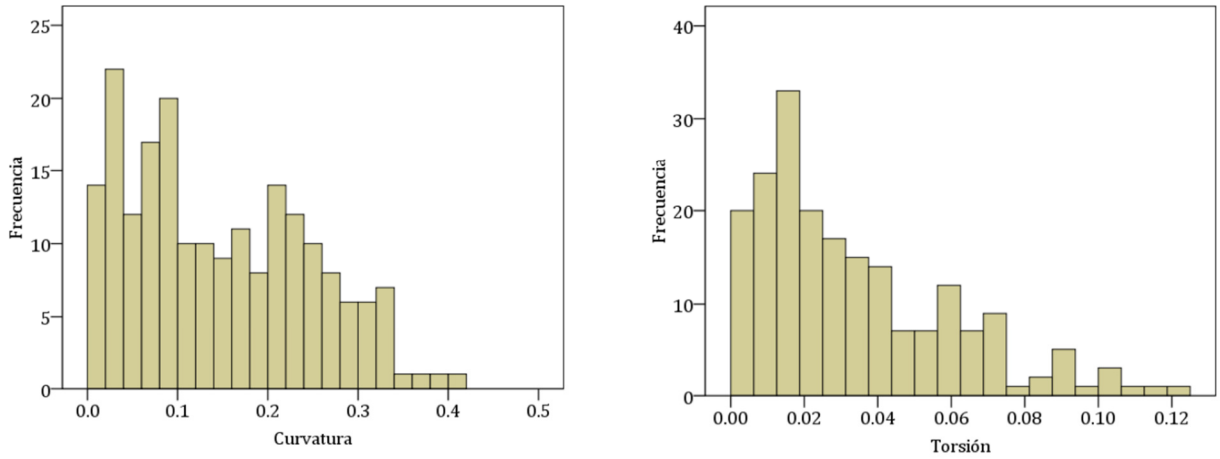


Figura 5. Distribuciones de los datos obtenidos a) curvatura y b) torsiones.

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3. Los estadísticos encontrados para el grupo de curvaturas y de torsión corresponden a 0,0003 y 0,0005. De tal forma que para ambos casos se acepta la hipótesis nula.

4. Conclusion

Lo resultados obtenidos del análisis de las curvas que representan los contornos de anomalías causadas por fenómenos ópticos y por oclusión, sugieren que las diferencias encontradas pueden considerarse productos del azar. Esto porque las pruebas estadísticas demuestran que no se puede diferenciar éstas anomalías desde el punto de vista geométrico. En ese mismo sentido, es posible concluir que el comportamiento de los valores de curvatura y los valores de las torsiones no permite que éstas puedan ser consideradas como características discriminantes para determinar una fuente generadora de anomalías asociadas a ausencia de información, de forma similar al tamaño y la forma. Por lo tanto, en el diseño de un método para el tratamiento de correcciones se puede asumir un tratamiento similar para las anomalías con independencia de la fuente que la genera.

Estos resultados evidencian la dificultad en la discriminación de la fuente tomando solo la estimación de las características. Sin embargo, de acuerdo con los datos obtenidos, existe evidencia que sugiere que la distribución de los valores de las características medidas, en cada grupo es diferente. Es decir, aunque los promedios y los valores sean similares para ambas fuentes de anomalías, estos valores presentan diferencias en las distribuciones dentro del rango numérico. Este hecho permite

asumir que es posible, la construcción de un clasificador más complejo, que uno que sólo toma en cuenta el valor numérico de las características geométricas.
Como trabajo futuro, se propone el análisis de las regiones de superficie cercanas al contorno para determinar si existen perturbaciones introducidas por la fuente de generación de la discontinuidad, y si estas perturbaciones pueden caracterizarse con el objeto de diferenciar la fuente generadora.

REFERENCIAS

Banta, J., Wong, L. Dumont, C., Abidi, M. (2000). "A next-best-view system for autonomous 3-d object reconstruction". *Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans, IEEE Transaction ,* vol. 30, No. 5 (September), pp. 589-598.

Bischoff, S., Pavic, D., and Kobbelt, L. (2005). "Automatic restoration of polygon models". *ACM Trans. Graph*., vol. 24, No 4 (October), pp.1332–1352.

Branch, J., Prieto, F., and Boulanger, P. (2006). *Automatic hole-filling of triangular meshes using local radial basis function*. Processing, Visualization, and Transmission (3DPVT'06), Washington, DC, USA. IEEE Computer Society, pp. 727–734.

Curless B. (1997). *New Methods for Surface Reconstruction from Range Images*. Doctoral Thesis dissertation, Stanford University, Stanford, CA, USA.

Lewiner, T. Joao, D., Gomes, J., Lopes, H. y Craizer. M. (2005), "Curvature and torsion estimators based on parametric curve fitting.", *Computers & Graphics*, Vol. 25, No. 5, pp. 641-655, ISSN 0097-8493.

Podolak, J. and Rusinkiewicz, S. (2005). *Atomic volumes for mesh completion*. Proceedings of the 2005 Eurographics symposium on Geometry processing, Switzerland, pp. 33-41.

Qiang H., Shusheng Z, Xiaoliang B, Xin Z. (2010). "Hole filling based on local surface approximation", *Computer Application and System Modeling (ICCASM)*, vol. 3, no. 1 (October), pp. 22-24.

Sclaroff, S. and Pentland, A. (1991). "Generalized implicit functions for computer graphics". *SIGGRAPH Comput*. Graph., vol. 25, No. 4 (July), pp. 247–250.

Wang, J. and Oliveira, M. (2007). "Filling holes on locally smooth surfaces reconstructed from point clouds". Image and Vision Computing, Vol. 25, No. 1 (January, 2007), pp. 103-113.

Xiaohe L, Lan K, Hu X. (2011). *Hole filling method of triangle mesh*, Multimedia Technology (ICMT), 2011 International Conference, Changzhou, China, pp. 3085-3089.

Zhao, W., Gao, S., and Lin, H. (2007). "A robust hole-filling algorithm for triangular mesh". *Vis. Comput.*, vol. 23, No. 12 (November), pp. 987–997.

Arquitectura Basada en QoS para el Monitoreo de Signos Vitales de Pacientes dentro de un Entorno Hospitalario

Enriqueta Patricia Becerra-Sánchez
Facultad de Telemática/Universidad de Colima
Colima, Colima C.P. 28040. México
ebecerra0@ucol.mx

Juan Antonio Guerrero-Ibáñez
Facultad de Telemática/Universidad de Colima
Colima, Colima C.P. 28040. México
antonio_guerrero@ucol.mx

Carlos Alberto Flores-Cortés
Facultad de Telemática/Universidad de Colima
Colima, Colima C.P. 28040. México
cfcortes@ucol.mx

RESUMEN

En los últimos años, las redes de área corporal (WBAN) han tomado un fuerte impulso en el área de la salud ya que han sido enfocados hacia el monitoreo de signos vitales en pacientes.
Sin embargo, la información recolectada por estos sensores demanda diferentes requerimientos en la red (retardo, fiabilidad, entre otros) los cuales debido a las limitantes de capacidad de la red de sensores (WSN) es muy difícil cumplirlos en forma natural. De esta forma surge la necesidad de generar mecanismos que permitan ofrecer transmisiones fiables acordes a los requerimientos de cada signo vital y evitar los problemas de congestionamiento en la red.
En este trabajo se propone una arquitectura para la gestión de la calidad de servicio dentro de un entorno de WBAN para el monitoreo en tiempo real de signos vitales de pacientes dentro de un entorno hospitalario.

Palabras Clave: WSN, WBANs, QoS, Salud, Monitoreo.

1. INTRODUCCIÓN

Una red de sensores inalámbricos (WSN - por sus siglas en inglés *Wireless Sensor Networks*) es un conjunto de sensores autónomos distribuidos espacialmente para monitorear variables físicas o ambientales [1], así como también recolectar, detectar o estimar información relevante sobre condiciones o eventos, mediante información colectiva proporcionada por los nodos sensores [2].

En los últimos años, las investigaciones y desarrollo de redes inalámbricas de sensores se han incrementando en el área de las aplicaciones médicas, especialmente para el monitoreo de variables vitales en pacientes por ejemplo, frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, presión arterial, temperatura corporal, entre otras, permitiendo la movilidad de las personas. Este avance ha generado el concepto de redes inalámbricas de sensores de área corporal (WBAN - por sus siglas en inglés *Wireless Body Area Networks*) el cual facilita la colección de signos vitales en personas con una condición de salud especial y la transmisión subsecuente de los datos a

locaciones que pueden estar tanto dentro de la misma área de monitoreo, como a sitios que pueden estar ubicados en locaciones externas a esta.

Sin embargo, uno de los problemas a los que se enfrentan las WBAN es que la información de las variables vitales de los pacientes tienes características diferentes, como por ejemplo tamaño de la información, fiabilidad de la transmisión, importancia del retardo de recolección de datos y variación de la velocidad de entrega de datos de acuerdo al tipo de información que se requiere enviar, por ello entre mas grande es el paquete mayor serán los envíos, si se desea realizar un monitoreo de pacientes en tiempo real es necesario implementar mecanismos como calidad de servicio (QoS - por sus siglas en inglés *Quality of Service*) ya que garantizan la asistencia médica efectiva hacia el paciente y permiten diferenciar los distintos flujos de información y facilitan la transmisión eficiente de la información evitando congestión de tráfico en la red.

En este trabajo se propone el diseño de una arquitectura que permita gestionar los recursos de la red con el objetivo de proporcionar calidad de servicio dentro de un entorno de WBAN aplicado el monitoreo en tiempo real de signos vitales de pacientes dentro de un entorno hospitalario. El resto del artículo está organizado de la siguiente forma, la sección 2 presenta una serie de trabajos relacionados al tópico de nuestra propuesta. Una descripción detallada de la propuesta de nuestro trabajo se presenta en la sección 3. Finalmente, en la última sección se presentan las conclusiones del trabajo.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

Dentro de la literatura se han publicado varios trabajos relacionados con la gestión de la calidad de servicio en entornos de redes inalámbricas de sensores. A continuación se discuten algunos de ellos.

Liqiang Tao1 y Fengqi Yu proponen ECODA, un esquema de control que evalúa la congestión mediante dos mecanismos: uso de umbrales de buffers duales y la estimación dinámicamente de la carga del canal y su utilización óptima. ECODA empieza a rechazar datos cuando el buffer es demasiado alto, y la memoria interna supera al umbral. Sin embargo la principal debilidad de ECODA es que al momento de rechazar datos se pierde la prioridad de datos de envío [2].

Por otro lado, Sudip Misra, Vivek Tiwari y Mohammad S. Obaidat presentan un método de aproximación basado en aprendizaje de autómatas denominado LACA. Su objetivo principal es hacer que dentro de cada nodo la tasa de procesamiento sea similar a la tasa de transmisión, haciendo que la ocurrencia de congestionamiento en los nodos sea prácticamente nula. LACA logra reducir la probabilidad de congestión hasta un 99%, sin embargo su principal desventaja es que solamente fue diseñada para topologías fijas y no se aplica a entornos donde los nodos son móviles [3].

M.A. Ameen, Ahsanun Nessa, Kyung Sup Kwak realizan un análisis de los problemas y retos que enfrentan las redes WSN con respecto a la aplicación de QoS en específico en el concepto denominado redes inalámbricas corporales (WBAN – por sus siglas en inglés *Wireless Body Area Network*). Los retos que identifican dentro del análisis que desarrollaron son: Recursos limitados (energía, ancho de banda, capacidades de procesamiento, tamaños de buffer, entre otros), patrones de tráfico impredecibles, inestabilidad de la red, redes dinámicas, balance de energía, redundancia de datos, tráfico heterogéneo, priorización de paquetes, deficiente balanceo de carga y múltiples nodos [4].

3. PROPUESTA

En esta sección explicamos a detalle nuestra propuesta de trabajo. La primera parte de esta sección describe en forma general el escenario de aplicación base de nuestra propuesta. La segunda parte describe a detalle los componentes que conforman nuestra propuesta de esquema de gestión.

Escenario base

Nuestro esquema se basa en un escenario base el cual consiste en el desplazamiento del paciente en diferentes zonas dentro de un hospital que tendrá una serie de equipos interconectados, sirviendo como puente de comunicación entre el paciente y la computadora que es administrada por el médico o enfermera, tal y como se muestra en la figura 1.

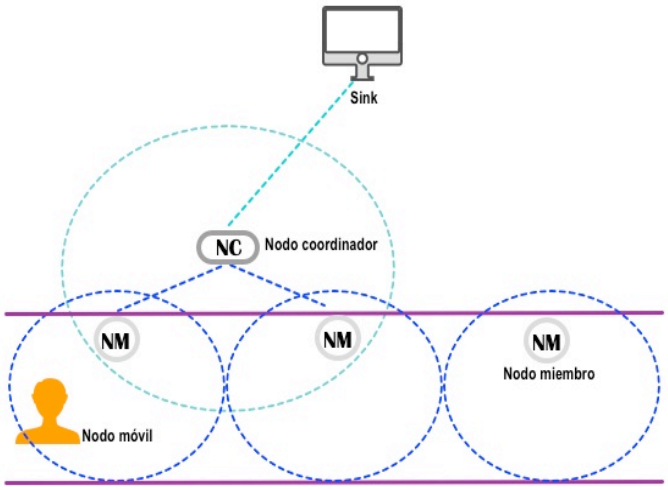


Figura 1. Escenario base

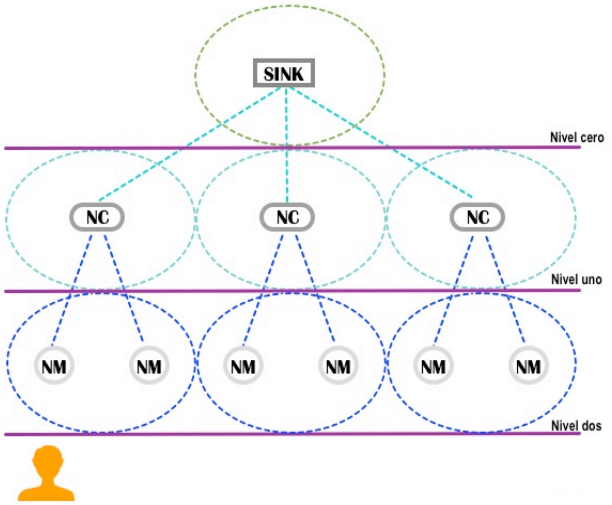


Figura 2. Estructura jerárquica

Componentes del esquema propuesto

El esquema propuesto lo podemos dividir en dos grandes arquitecturas: la física y la lógica. A continuación se describen cada una de ellas y cuales son los módulos y componentes que forman parte de cada una de ellas.

Arquitectura física

La arquitectura física está basada en una estructura jerárquica de tres niveles como se muestra en la figura 2. El primer nivel de nuestra jerarquía se denomina nivel 0 y representa el equipo final donde se recibirán los datos sensados. Además, este nivel es responsable de regular el registro y actualización de sesiones por paciente. Al nodo que forma parte de este nivel se le denomina sink.

El segundo nivel nuestra jerarquía (nivel 1) está conformado por una serie de nodos, los cuales denominamos nodos coordinadores (NC), los cuales tienen contacto directo con el sink y son responsables de administrar una serie de nodos que conforman el último nivel de nuestra estructura jerárquica.

Por último, el nivel 2 está conformado por una serie de nodos, conocidos como nodos miembro (NM), y son los nodos que están en contacto directo con el nodo móvil recibiendo la información sensada.

Además, tenemos el nodo móvil (NV), el cual representa el nodo compuesto con todos los sensores que trae interconectado cada uno de los pacientes.

Arquitectura lógica

En la segunda sección se analizará la arquitectura lógica del escenario, como se puede observar en la figura 3 se clasifica en cuatro módulos: control de sesiones, sensado, control de congestión y monitoreo. A continuación se explican las funciones de cada uno de los módulos definidos en la arquitectura.

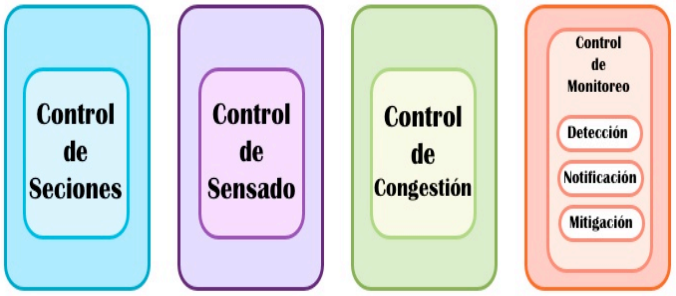


Figura 3. Arquitectura lógica

Módulo de control de sesiones: En este módulo las conexiones a los distintos nodos dentro del hospital serán manejados por medio de registro de sesiones, conforme se desplace el paciente y cambie su conexión de un NM a otro se actualizará su registro.

Este módulo sólo será incluido en los nodos sink y NV, ya que uno tendrá el registro y el otro enviará y actualizará la información, la cual contará con

número de sesión, usuario y nodos al cual este conectado conforme a la estructura jerárquica.

Módulo de sensado: Una vez realizado el registro de sesión, el módulo de sensado se encargará de recolectar y enviar la información de cada nodo del paciente hasta el nodo sink, con parámetros de velocidad de tiempo, ancho de banda y frecuencias definidas dependiendo del tipo de información y su prioridad de envíos como se muestra en la tabla 1.

Biomedicina	Voltaje de Rango (V)	Numero de usuarios = K(sensores)	Ancho de Banda (Hz)	frecuencia de Muestreo= (Hz)	Resolución [b/muestra]	Velocidad de información [b/s]
Electrocar-diograma	0.5-4 m	5-9	0.01-250	1250	12	15,000
Ruido Cardíaco	Muy Pequ e-ño	2-4	5-2000	10,000	12	120,000
Ritmo Cardiaco	0.5-4 m	2	0.4-5	25	24	600
Electroence-falografía	2-200 µ	20	0.5-70	350	12	4200
Electromio-grafía	0.1-5 m	2+	0-10,000	50,000	12	600,000
Frecuencia Respiratoria	Pequ e-ño	1	0.1-10	50	16	800
Temperatura Corporal	0-100 m	1+	0-1	5	16	80
Ancho de Banda = *f*max- *f*min Frecuencia de Muestreo = 5_*f*max Tasa de Información = Rb						

Tabla 1. Requerimientos de variables fisiológicas de personas

Módulo de control de congestión: El módulo de control de congestión estará ubicado en los nodos coordinadores, responsable de medir de acuerdo a las métricas de retardo o latencia, variación de retardo (jitter) y pérdida de paquetes de acuerdo a su importancia, controlando el flujo de la tasa de paquetes, balanceo de carga y la interferencia del bit de error en el enlace para evitar un desbordamiento en el buffer, retrasos o pérdida de paquetes y como consecuencia un bajo nivel de calidad de servicio.

Módulo de monitoreo: Este módulo se encarga de monitorear los paquetes enviados, recibidos y perdidos de todos los nodos para el manejo de la congestión.
Se toman en cuenta tres fases esenciales las cuales se describen a continuación.

Detección de congestión
La detección de congestión se observa en los nodos basándose en un tiempo de espera o redundancia de ACK en TCP. Un mecanismo común es utilizar la longitud de cola [5], tiempo de servicio de paquete o el radio de servicio de paquete sobre el tiempo de llegada entre nodos intermedios [6].

Notificación de la congestión
Una vez detectada la congestión en la red se deberá propagar la información del grado de congestión del nodo donde se originó, a los nodos donde se enviará los paquetes [7], [5], [6] para esparcir la información de la congestión puede dividirse en dos categorías: notificación de congestión explícita que utiliza mensajes de control especiales para comunicar los nodos implicados en la congestión y notificación de la congestión implícita el cual no necesita mensajes adicionales de control para propagar la información de congestión. En este enfoque usualmente se utiliza la información de congestión que va añadida (concepto conocido como *piggyback*) en los mensajes normales de datos.

Mitigar la congestión
Para mitigar la congestión se hacen dos propuestas: administrador de los recursos en la red y control de tráfico. La primera plantea el aumento de los recursos de la red para mitigar la congestión cuando ocurre. En una red de sensores, el control de la alimentación y múltiples interfaces de radio pueden ser usadas para el incremento del ancho de banda y mitigar la congestión. A diferencia del administrador de recursos en la red, el control de tráfico implica el control de la congestión a través del ajuste de la tasa de tráfico del nodo origen o el nodo intermedio, existen dos enfoques generales extremo a extremo (E2E – Por sus siglas en inglés *end-to-end)* que puede imponer el ajuste de tasa exacta para cada nodo origen y simplifica el diseño

del protocolo para nodos intermedios, sin embargo tiene respuestas lentas y salto por salto (*hop-by-hop)* cuenta con respuestas rápidas, aunque es difícil de asegurar la tasa de reenvío de paquetes a nodos intermedios ya que depende del protocolo MAC.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se analizó una arquitectura de la calidad de servicio para el monitoreo de signos vitales, en los pacientes en las redes de área corporal (WBANs).

En esta propuesta se describió el diseño de la arquitectura que pretende optimizar la transmisión de la información de manera eficiente, en caso de detección de problemas de congestión generar un mecanismo que permita solucionar el problema de manera rápida.

La propuesta del artículo se toma como base de la investigación para la simulación de trabajos futuros en WBANs.

5. REFERENCIAS

[1] Xiangs Y., L. (2008). *Wireless Ad Hoc and Sensor Networks.Theory and Applications C.U.* (Press, Ed.)

[2] Humberto Cervantes de Ávila, J. I. (2012, Septiembre 2). Arquitectura de e-Salud basada en redes inalámbricas de sensores.

[3] Yu, L. T. (2008). A novel Congestion and Avoidance Algorithm for Multiple Class of Traffic in Sensor Network .

[4] Sudip Misra, V. T. (2009). LACAS: Learning Automata- Based Congestion Avoidance Scheme for Healthcare Wireless Sensor Networks.

[5] M.A. Ameen, A. N. (2008). QoS issues with focus on Wireless Body Area Networks.

[6] B. Hull, K. J. (2004, Nov.). Mitigating congestion in wireless sensor networks. *Proceeding of 2004 ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems* , 134-147.

[7] C. Wang, B. L. (2006, May/June). "A survey of transport protocols for wireless sensor networks". *IEEE Network Magazine* , 34-49.

[8] Y. Sankarasubramaniam, O. a. (2003, june). "ESRT: Event-to-sink reliable transport in wireless sensor network". *Proceedings of 2003 ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing* , 177-188.

i-CARE: Sistema Basado en Tecnologías Emergentes para el Monitoreo Remoto de Variables Fisiológicas del Dolor en Oncología Pediátrica: Estudio Piloto

Antonio Guerrero-Ibáñez[1], Verónica Guzmán-Sandoval[2], Carlos Flores-Cortés[1], Benjamín Dominguez Trejo[3] , Rosa Martha Meda Lara[4], Jorge Torres-Hernández[2],

[1] Facultad de Telemática / Universidad de Colima, Av. Universidad #333, Colima, México.
[2] Facultad de Psicología / Universidad de Colima, Av. Universidad #333, Colima, México.
[3] Facultad de Psicología / Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad #3000, D.F., México.
[4] Departamento de Psicología básica / Universidad de Guadalajara, Sierra Nevada # 950, Guadalajara, México.

RESUMEN

Las enfermedades crónico degenerativas en la población pediátrica comprometen la salud física y emocional. Es necesario el uso de mecanismos no invasivos que permitan la recolección de variables fisiológicas en tiempo real sin ocasionar daños colaterales en los menores. Gran parte de estos procedimientos se realizan de forma manual lo que conlleva una gran inversión de tiempo. En este trabajo presentamos *i-CARE* un sistema basado en tecnologías emergentes para el monitoreo remoto de variables fisiológicas del dolor en oncología pediátrica.

1. INTRODUCCIÓN

Las enfermedades crónico degenerativas, en especial el cáncer, comprometen la salud física y emocional de los infantes que las padecen. Una de las problemáticas frecuentes es el manejo del dolor crónico que genera dicha enfermedad.

Para la Psicología de la Salud, y particularmente para la Psicooncología, es relevante desarrollar investigaciones multidisciplinarias que propongan intervenciones alternativas para la atención de infantes y de esta forma aplicar estrategias clínicas que contribuyan a contrarrestar los efectos de la enfermedad. Desde hace tiempo se han implementado diversas estrategias psicológicas para atenuar el impacto de la enfermedad; una de ellas es la psicopedagogía hospitalaria, que por años se ha usado en algunos países europeos con buenos resultados en la regulación de variables fisiológicas en los pacientes pediátricos [1].

Por lo general, dentro del ámbito hospitalario mexicano los procedimientos para la recolección de información de las variables fisiológicas relacionadas con el dolor suelen ser subjetivos e implican una inversión considerable de tiempo. Es necesario generar mecanismo que permitan solventar los problemas mencionados previamente.

Una alternativa de solución es la aplicación de las TICs para tratar de abatir los costos e incrementar la eficiencia del procedimiento clínico y ser lo menos invasivo posible. De esta forma proponemos *i-CARE*, un sistema basado en tecnologías emergentes para el monitoreo remoto de variables fisiológicas del dolor en pacientes de oncología pediátrica. El objetivo es hacer que el tiempo de registro y de aplicación, así como los problemas en la sistematización de la información clínica recabada pueda mejorar a través de la incorporación de las nuevas tecnologías [2].

Dicha propuesta tecnológica, puede permitir la enseñanza de la autorregulación

de variables fisiológicas, tales como temperatura periférica, frecuencia cardiaca y frecuencia respiratoria de manera interactiva a los pacientes, además de crear, como proyecto complementario, espacios lúdicos y virtuales que permitan mejorar la calidad de vida de los pacientes. *i-CARE* es un sistema que puede ser sencillo, amigable y novedoso para la población pediátrica en México.

El resto del artículo está organizado de la siguientes manera. En la sección 2 se describe en forma general una serie de trabajos realizados en el área de la psicología que proponen soluciones a los problemas mencionados en el monitoreo del dolor. *i-CARE* es descrito en forma detallada en la sección 3. Finalmente, se da cierre al artículo con las conclusiones del trabajo.

2. ANTECEDENTES

Aunque existe una gran diversidad de estrategias psicológicas para el trabajo con niños hospitalizados (orientación, adecuación de los servicios de salud y psicología de enlace), como las presentadas en [3-4], existen también dificultades para sistematizar las estrategias más eficaces en la intervención de pacientes con enfermedades crónico-degenerativas; además de que algunos programas de atención psicoeducativa en el hospital son promovidos de manera aislada o derivan de la dedicación y preocupación de personas específicas [5].

A. Dolor en el paciente pediátrico

Aunque existen avances en el estudio del dolor en pacientes pediátricos, hoy en día es un tema complicado y poco conocido debido a que el abordaje terapéutico es más complejo en esta población que en la población adulta, lo cual conlleva un manejo inadecuado. El dolor es definido como la experiencia sensorial y emocional desagradable, asociada al daño real o potencial de un tejido que se describe en términos de daño, y puede medirse a través de variables fisiológicas como frecuencia cardíaca y respiratoria, así como temperatura periférica [6]. En la población pediátrica hay múltiples factores que pueden influenciar la percepción del dolor, los más importantes son: la atención del personal, la infraestructura hospitalaria y los procedimientos médicos invasivos, entre otros. Estas razones hacen que la tecnología médica sea una área importante para mitigar el dolor.

B. Uso de la retroalimentación biológica en el dolor crónico

La Retroalimentación Biológica (RAB) es una técnica que permite al paciente observar los cambios autonómicos, es decir las respuestas fisiológicas del dolor a través de la tecnología. El uso de la RAB emplea los principios del condicionamiento operante para enseñar al paciente a controlar las respuestas autonómicas del dolor, promover la autoeficacia y el afrontamiento de la enfermedad, así como la adherencia terapéutica [1]. De tal forma que la RAB se puede circunscribir en el ámbito del cómputo persuasivo.

C. Tecnologías emergentes

El uso de las tecnologías emergentes en la vida diaria es cada vez más común, inclusive para el ámbito hospitalario. En [7] expone las múltiples formas en que muchos aparatos pueden intervenir de manera positiva en la relación Médico-Paciente, y genera investigaciones que ofrecen la oportunidad de monitorear al paciente desde la comodidad de su cama, o de su propio hogar.

Las tecnologías emergentes han sido utilizadas para solventar problemas relacionados con la salud en diferentes países. En [8] se presenta *SapoFitness*, una aplicación móvil para la evaluación dietética de un paciente en la cual se registra la ingesta de comida y la actividad física del paciente. Los especialistas monitorean remotamente los hábitos alimenticios, y notifican los avances y nuevos hábitos a los pacientes.

En la referencia [9] los autores presentan una red de sensores que obtiene información de variables fisiológicas para control de diabetes. En [10] se presenta un dispositivo portatil para monitoreo de variables fisiológicas de pacientes con diabetes que proporciona conocimiento sobre los niveles nutricionales de la comida consumida.

Por otro lado, en [11] implementan una red de sensores y dispositivos móviles para detectar arritmias en niños mediante el monitoreo de señales EGC, temperatura, sonido y otros parámetros.

i-CARE tiene como base dos paradigmas tecnológicos emergentes. El primero es el paradigma Internet de las cosas (IoT – por sus siglas en inglés *Internet of Things*) el cual se refiere a una red de objetos cotidianos interconectados. Se puede decir que es un concepto computacional novedoso que describe la interconexión de los objetos físicos del día a través del Internet, de tal forma que serán capaces de identificarse entre ellos. *i-CARE* hace uso de la tecnología de WSN (*Wireless Sensor Netwowks*) que estará conformada por una serie de sensores interconectados como base de obtención de parámetros de las variables fisiológicas. El segundo es el paradigma de cómputo persuasivo, el cual consiste en el uso de la tecnología para influenciar o persuadir el comportamiento y sentimientos de los pacientes.

i-Care define mecanismos para implementar las tecnologías basadas en IoT para la captura de los datos de las variables fisiológicas y el uso de aplicaciones para persuadir o influenciar el comportamiento del paciente para el control de dolor.

3. SISTEMA *i-CARE*

El objetivo general de este proyecto es diseñar a manera de estudio piloto, un sistema basado en las tecnologías emergentes para el monitoreo de variables fisiológicas que favorezcan la medición del dolor en pacientes pediátricos con enfermedades oncológicas.

A nivel psicopedagógico se tienen dos objetivos específicos. El primero es educar a infantes hospitalizados en el monitoreo de la frecuencia cardiaca y respiratoria, así como la temperatura periférica a través de un dispositivo móvil. El segundo objetivo es educar a los niños en la RAB y la Escala Análoga Visual (EVA) del dolor. *i-CARE* captura las variables fisiológicas del dolor en el paciente sin que éste se sienta invadido por la presencia de personal hospitalario.

A. Arquitectura i-CARE

IoT proporcionar las características más importantes a *i-CARE*. La arquitectura de *i-CARE* se basa en las tres capas que se definen en IoT [12], las cuales son: percepción, red y aplicación. Una representación de *i-CARE* en la arquitectura IoT se muestra en la figura 1.

Figura 1. Arquitectura IoT de *i-CARE*.

La capa de percepción está basada en el conjunto de sensores que recolectan la información de las variables fisiológicas, además de la comunicación entre los diferentes dispositivos móviles.

La capa de red especifica las diferentes tecnologías y protocolos utilizados para la transmisión de toda la información capturada por la capa de percepción. *i-Care* hace uso de tecnologías *bluetooth, WiFi y 3G* para el intercambio de información.

Finalmente la capa de aplicación es la responsable del procesamiento y visualización de la información a través de las diferentes plataformas utilizadas en *i-CARE* (PC, smartphones, tablets, entre otros).

B. Diseño de i-CARE

La figura 2 presenta el comportamiento general de nuestro sistema *i-CARE*. El sistema considera una serie de planos relevantes para su funcionamiento adecuado.

Figura 2. Planos de *i-CARE*.

El *plano del usuario* está conformado por las aplicaciones móviles requeridas por los pacientes y el conjunto de sensores

responsable de recolectar la información de las variables fisiológicas. En este plano también se define el mecanismo de comunicación para el intercambio de información al plano de almacenamiento, desde el cual, todos los actores involucrados (doctores, padres y enfermeras) pueden consultar la información almacenada de cada uno de los pacientes. Las aplicaciones propuestas en *i-CARE* son adecuadas para los infantes porque generan una serie de actividades recreativas que ayudan a regular sus variables fisiológicas. En *i-CARE* cada paciente tiene un perfil de usuario que permite crear un historial clínico electrónico.

El *plano de almacenamiento* es el responsable de centralizar la información recolectada y procesada por el plano de usuario. *i-CARE* define dos escenarios de uso. En el primer escenario el plano de almacenamiento es un servidor dentro del hospital que contiene las diferentes bases de datos que conforman *i-CARE*. El segundo escenario hace uso del servicio de almacenamiento del paradigma "*cloud*" como un mecanismo para tener siempre disponible la información y en caso de que uno de los pacientes sea trasladado a otro hospital, su expediente clínico podrá consultarse desde cualquier lugar.

Finalmente, el plano de consulta está conformado por una serie de aplicaciones que facilitan a los diferentes actores la revisión de la información del *i-CARE*. Se definieron una serie de módulos que muestran la información relevante para cada actor dependiendo del perfil.

i-CARE comienza con el sensado y graficado de variables fisiológicas en tiempo real. Las variables fisiológicas se interrelacionan mediante un algoritmo para crear un parámetro fisiológico que se denomina índice de coherencia.

El índice de coherencia permite conocer la capacidad de regulación de las variables fisiológicas y su relación con las emociones que tiene el paciente durante el proceso de dolor. A través de éste índice se puede definir una línea base de medición, posteriormente se da un entrenamiento en los niños a través del uso de la RAB y finalmente contrastarlo con los nuevos valores obtenidos.

De esta manera, la percepción del dolor disminuye y el paciente se siente más eficaz de controlar el dolor y hacer un cambio emocional. La retroalimentación visual y auditiva que tiene el *i-CARE* promueve la autoeficacia del paciente. La autoeficacia se define como la confianza que tiene la persona para llevar acabo una tarea específica; por consiguiente es fundamental en la adherencia terapéutica al tratamiento médico y psicológico.

La figura 3 muestra un ejemplo de *i-CARE*. Toda la información recabada en tiempo real es almacenada en el dispositivo móvil, además es transmitida al servidor correspondiente mediante el protocolo y la tecnología detectada dependiendo el lugar donde se encuentra localizado el paciente.

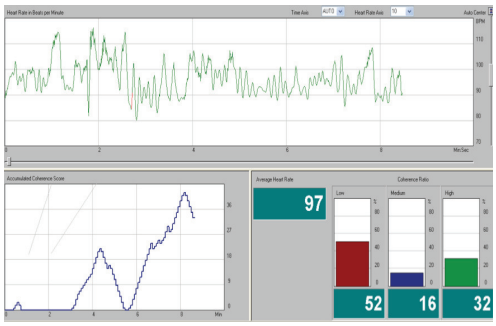


Figura 3. Módulo *i-CARE* para el paciente.

4. IMPLEMENTACIÓN DE *i-CARE*: PRUEBA PILOTO

Para la implementación de *i-CARE* se consideraron dos escenarios que dependen de las características tecnológicas de los dispositivos de usuarios utilizados. El primer escenario considera que el paciente tiene un dispositivo móvil propio con características necesarias para implementar el monitoreo con sus propios recursos. En este escenario, el paciente puede estar en su casa. El usuario almacena toda la información de los parámetros en su dispositivo, la cual se envía a través de Internet hacia el punto de almacenamiento definido (servidor en el hospital o servicio *cloud storage*).

El segundo escenario está enfocado a pacientes que se encuentran directamente en el hospital y que no cuentan con equipo propio para realizar el monitoreo. En este caso se hace uso de la conexión de red del hospital para enviar la información al servidor definido. Como el equipo se comparte entre todos los pacientes, la información no se almacena localmente para

no saturarlo, en este caso se hace uso solamente del almacenamiento externo.

5. RESULTADOS PRELIMINARES

Se realizó un estudio piloto para obtener datos sociodemográficos de la población del departamento de hemato-oncología pediátrica de un hospital público de Colima en México. La población con la que se trabajo fueron 8 niños, 6 hombres y 2 mujeres, que se encontraban en el proceso de diagnóstico y tratamiento en dicho departamento (ver tabla 1).

Parámetro	Valor
Edad promedio	3.2 años
Género	2 mujeres y 6 hombres
Escolaridad	Preescolar
Lugar de procedencia	Zonas circundantes a Colima (Michoacán y Jalisco)
Nivel socioeconómico	6 clase baja, 1 clase media-baja y 1 clase media.
Diagnóstico	Púrpura trombocitopénica Idiopática (PTI) y meduloblastoma fueron los mas frecuentes.
Fase de tratamiento	4 en fase diagnóstica y 4 en fase de tratamiento.
Tipo de familia	4 nuclear y 4 familia extensa.
Cuidador primario	Madre 100%
Escolaridad del cuidador primario	5 primaria sin concluir, 2 secundaria y 1 preparatoria.
Atención psicológica complementaria	5 No y 3 Si.
Estado emocional	Labilidad emocional. Por momentos tranquilo y después irritable, mal humorado.

Tabla 1. Población de la prueba piloto

El muestreo fue intencional, es decir, se incluyeron a niños y niñas mayores de 5 años y que sus padres dieran autorización por escrito para participar. Los datos se obtuvieron a través de una entrevista con los cuidadores.

El diagnóstico mas frecuente en la muestra fue la Purpura Trombocitopénica Idiopática (PTI), una enfermedad hemorrágica autoinmune, común en los infantes y asociada a países en vías de desarrollo, como el nuestro. A partir de los resultados se puede inferir que el nivel socioeconómico de la población puede estar relacionado con dicha enfermedad, debido a que el 62.2% de la población tiene un nivel socioeconómico bajo, además de que las madres no concluyeron la primaria, y el 50% de los niños vive en hacinamiento, es decir con miembros de la familia extensa, como abuelos, tíos, entre otros. Se sabe que la educación de las madres, la nutrición, el acceso a la atención médica oportuna y de calidad así como el uso de la tecnología en el área hospitalaria reducen la probabilidad de morbi-mortalidad en edad escolar. Un factor que va en detrimento de la salud de la población pediátrica en edad escolar es la brecha existente entre los servicios del sector salud de un estado y de una población, así como la calidad y avance tecnológico de dichos servicios.

Las nuevas tecnologías pueden coadyuvar en la educación y la orientación de los pacientes y los cuidadores acerca del manejo del dolor pediátrico oncológico. A través del uso de *i-CARE* los infantes encuentran una forma lúdica para regular el dolor, cambiar el estado emocional y por consiguiente percibirse autoeficaces en su enfermedad. El estudio reflejó que antes del uso de *i-CARE* el 50% de la población pediátrica usó el llanto para afrontar el dolor, y el otro 50% buscó ayuda con el personal hospitalario. Sin embargo, cuando se empleó *i-Care* los niños a través de la RAB manejaron el dolor y su estado emocional. Por otro lado se observó una disminución en el nivel de estrés de los cuidadores debido a que contaban en tiempo real con información del estado emocional y fisiológico del paciente.

CONCLUSIÓN

En este artículo presentamos i-CARE un sistema basado en tecnologías emergentes para el monitoreo remoto de variables fisiológicas del dolor en pacientes pediátricos con enfermedad oncológica. El uso de las nuevas tecnologías en i-CARE permitió al paciente tener un abordaje clínico y psicológico, inocuo y eficaz. El registro fisiológico a través de la aplicación creó datos objetivos acerca del estado emocional y del dolor de los pacientes.

El trabajo futuro consistirá en un estudio más exhaustivo y una mejor evaluación de resultados, además se pretende implementar diferentes sensores para obtener una mayor información que coadyuve a mejorar la calidad de vida de los pacientes pediátricos con enfermedades oncológicas.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Dominguez, B., Olvera, Y., Cruz, A y Cortés, J. (2001). Monitoreo no invasivo de la temperatura periférica bilateral en la evaluación y tratamiento psicológico. Psicología y salud, 11(2), 62-71.

[2] Menos, D, Stanfiski T. (2009) Health technology Assessment in Canada: 20 years strong? Value in Health 12 (2), s14-s19.

[3] Valencia, A., Flores, A. y Sanchez, J.(2006). Efectos de un programa conductual para el cuidado de pacientes oncológicos pediátricos. Revista mexicana de análisis de la conducta, 2, 179-195.

[4] Hessler, D.M. & Katz, F.L. (2007). Children's emotion regulation: Self-Report and physiological response to peer provocation. Developmental psychology, 43 (1), 27-38.

[5] Almanza, L., Muñoz, J. y Holland, J. (2000). Psico-oncología: estado actual y perspectivas futuras. Cancelogía, 3, 196-206.

[6] Orgiles, M. López-Roig, S., Espada, J. y Méndez, X. (2006). Tratamiento psicológico del dolor en el cancer infantil. Fisioterapia, 28(5), 270-277.

[7] Wu, F., Kao, Y. y Tseng, Y. (2010). From Wireless sensor network towards cyber physcal systems. Elsevier, 7, 397-413.

[8] B. M. Silva, I. M. Lopes, J. J. P. C. Rodrigues, and P. Ray, "SapoFitness: A Mobile Health Application for Dietary Evaluation," *IEEE 13th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services*, vol. 1, no. 1, pp. 375–380, 13-15 June, 2011.

[9] M. Sugano, M. Imaki, and Y. Yoshida, "Health Support System for Diabetes Prevention using networked health-monitoring equipment," *4th International Conference Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHea*lth), pp. 1–5, March 22-25 2010.

[10] A. C. Valdez, M. Ziefle, A. Horstmann, and D. Herding, "Mobile devices used for medical applications : Insights won from a usability study with diabetes patients," International Journal of Digital Society (IJDS),, vol. 2, no. 1, pp. 337–346, 2011.

[11] E. Kyriacou, C. Pattichis, M. Pattichis, A. Jossif, L. Paraskeva, A. Konstantinides, and D. Vogiatzis, "An m-Health monitoring system for children with suspected arrhythmias." *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. pp. 1794–7, Jan. 2007.

[12] N. Gershenfeld, R. Krikorian, and D. Cohen, "The Internet of things." Scientific American, vol. 291, no. 4, pp. 76–81, Oct. 2010.

Requerimientos de información y organización de datos para evaluar la sostenibilidad y viabilidad económica de la aplicación del Régimen de Administración por Cuotas Individuales Transferibles de Capturas en la República Argentina

BERTOLOTTI, María Isabel
Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP)
LIBERMAN, Carlos Damian
Dirección Nacional de Coordinación Pesquera (DNCP)
BUONO Juan J.
Dirección de Administración Pesquera (DAP)
PAGANI, Andrea
Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP)
GUALDONI, Patricia
Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP)

RESUMEN

La experiencia internacional en la aplicación de las cuotas individuales transferibles como instrumento de manejo pesquero, se inicia hace más de 20 años, con resultados diferentes: Islandia (1979), Canadá (1983), Australia (1984), Nueva Zelanda (1986), Estados Unidos (1990), Chile (2001) en América Latina; en la Unión Europea la aplicación de un sistema de cuotas individuales transferibles se enfrenta a muchas reticencias, salvo en los Países Bajos (1985).

En la República Argentina la Ley Nº 24.922 sancionada en el año 1997 originó el cambio del régimen de administración pesquera tradicional a un régimen de administración por Cuotas Individuales Transferibles de Captura (CITC) que fue considerado como más efectivo para la explotación sustentable de los recursos vivos del mar.

En el nuevo Régimen Federal de Pesca se estable que "…a partir de la vigencia de esta ley se asignará una cuota de captura a cada permiso de pesca, tanto a los preexistentes como a los que se otorguen en el futuro…… Facultase al Consejo Federal Pesquero para que reglamente y dicte todas las normas necesarias para establecer un régimen de administración de los recursos pesqueros mediante el otorgamiento de cuotas de captura por especies, por buque, zonas de pesca y tipo de flota..."

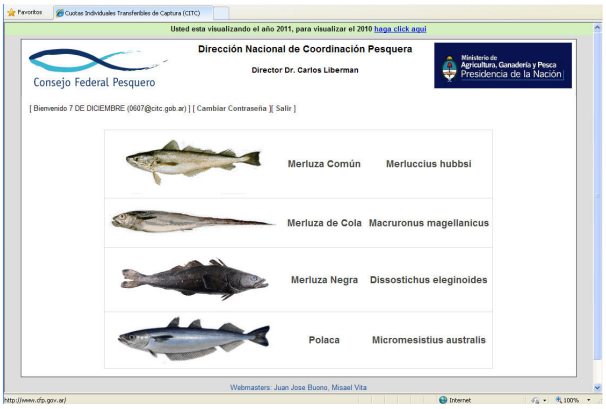


Figura 1: Especies Cuotificadas

Fueron definidas inicialmente por el CFP (Acta CFP N° 39/01) para la asignación de CITC cuatro especies (Figura 1). Merluza común (*Merluccius hubbs*i), Merluza de cola (*Macruronus magellanicus*), Merluza negra (*Dissostichus elegin*oides) y Polaca (*Micromesistius australis).* Cuotas reguladas por Resoluciones del Consejo Federal Pesquero CFP N° 10, 20, 21, 22, 23, 29, 30 del año 2009.

Se discute el tipo de información, su organización y análisis para evaluar la sostenibilidad y viabilidad económica de la aplicación del Régimen de Administración por Cuotas Individuales Transferibles en la República Argentina.

Palabras claves: Administración pesquera, Cuotas individuales transferibles, Sostenibilidad, Viabilidad económica.

INTRODUCCION

La Cuota Individual Transferible de Captura (CITC) en la República Argentina es una concesión temporal del Estado a favor del titular de un permiso de pesca, que habilita a la captura de un porcentaje de la Captura Máxima Permisible (CMP) de una especie determinada y cuya magnitud, expresada en toneladas, queda establecida cada año en función de la CMP. La cual es posible consultar la misma a través de Interne en el sitio www.citc.gob.ar (Figura 2). A partir de su puesta en marcha, los permisos de pesca se transforman en habilitaciones otorgadas a los buques solamente para acceder al caladero, y es necesario, para ejercer la pesca, contar con una cuota de captura asignada o una autorización de captura.

El 11 de noviembre de 2009, mediante el Acta N° 49/2009, el Consejo Federal Pesquero, en cumplimiento de la Ley 24.922, estableció las definiciones básicas que hacen a la política de administración de los recursos pesqueros, en relación con la ejecución del sistema de Administración por Cuotas Individuales Transferibles de Captura**, instrumento jurídico económico** que determina

y regula la escala de la actividad pesquera y la distribución de los recursos pesqueros.

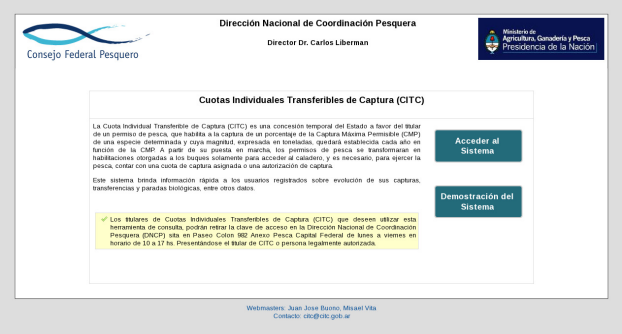


Figura 2: Sistema Web de consulta

Los regímenes específicos para las especies: merluza común, polaca, merluza de cola, merluza negra y entre otras las denominadas Reservas de Conservación, Reserva Artesanal y Reserva Social de la Captura Máxima Permisible, tienen efecto sobre la operatividad de las distintas flotas, la captura de las especies acompañantes y la organización empresarial.

Para analizar y evaluar: los rendimientos e indicadores de productividad en el sector primario pesquero en el período 2000-2009 y bajo el nuevo régimen; el comportamiento de las capturas de las especies cuotificadas y de las especies acompañantes, los efectos sobre la sostenibilidad de los recursos y el comportamiento de los grupos empresarios, cambios en las estructuras organizativas, en especial los procesos de concentración de cuotas, es necesario disponer de información sistematizada y organizada (Figura 3), en función de objetivos específicos que permitan

1. Evaluar el comportamiento de las capturas de las especies cuotificadas y de las especies acompañantes en el período 2000-2009 y durante el nuevo régimen, período 2009-2013.
2. Evaluar los cambios en la operatividad (rendimientos e indicadores de productividad física) del sector primario pesquero en el período 2000-2009 y durante el nuevo régimen, período 2009-2013.
3. Evaluar la estructura organizacional del sector primario pesquero en el período 2000-2009 y durante el nuevo régimen, período 2009-2013.
4. Evaluar el funcionamiento de las Cuotas Individuales Transferibles como instrumento jurídico económico de administración de pesquerías, en cuanto a su efectividad para promover la viabilidad económica y social de las pesquerías y su sostenibilidad biológica.
5. Formular recomendaciones de políticas públicas de manejo y ponerlas a disposición de la autoridad de aplicación, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura y Consejo Federal Pesquero.

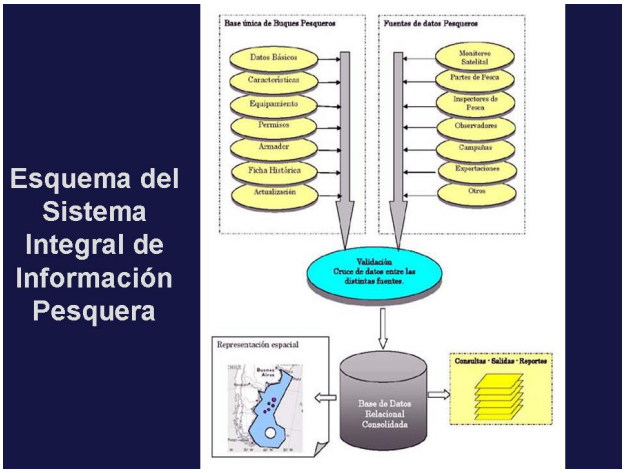


Figura 3: Esquema de información sistematizada

ANTECEDENTES

El concepto de pesquerías sustentables ha sido reformulado por el de Pesquerías Responsables que, en un debate internacional dominado por el tema de los derechos soberanos, intenta recordar a los Estados las obligaciones y responsabilidades que de ello se derivan. El concepto se desarrolla en el Código Internacional de Conducta para Pesquerías Responsables adoptado por la FAO en 1995 y ratificado por nuestro país

Por demasiado tiempo se ha confundido al desarrollo pesquero con la simple acción de incrementar las capturas. Tal concepción errónea implicaría que solamente la pesca podría entrar en un proceso de desarrollo en la medida en que sea posible una expansión del esfuerzo, cuando en realidad el concepto que se analiza va mucho más allá de eso. En síntesis el proceso de desarrollo de la actividad pesquera debe entenderse como el conjunto de **acciones** que implican el mejor aprovechamiento económico y social de los recursos pesqueros.

La necesidad de impulsar políticas ambientales eficientes, condujo en los últimos años a otorgar un énfasis relativo al uso de los instrumentos de regulación indirecta o de instrumentos económicos (Bertolotti *et al.,* 2008). Incidió en ello, el desprestigio de la regulación directa que debido a la falta de un control efectivo por parte de los países perdió eficacia. No obstante, la experiencia práctica relacionada con la aplicación de otro tipo de instrumentos económicos (como las cuotas individuales transferibles) es todavía reciente, de uso limitado y sus resultados son inciertos principalmente en los países en desarrollo.

El análisis estructural de la flota industrial y artesanal, y la estimación de los indicadores de operatividad, es una actividad desarrollada en forma permanente por el grupo Economía Pesquera, a solicitud de las autoridades de aplicación respectivas. Bertolotti *et al.,* 1987, 1998; Bertolotti y Cabut, 1994; Bertolotti *et al.,*

2001(a, b, c), Bertolotti y Buono, 2006; Errazti *et al.,* 2007, 2009.

Los análisis económicos de la flota se basaron en los Censos Nacionales ejecutados por INIDEP 1996 y por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos -INDEC- 1997, 2004/2005, en los cuales se incluyeron por primera vez, variables económicas (estructura de costos) para la flota nacional, excluida la flota artesanal, para esta última se diseñaron estudios específicos. Errazti *et al.,* 2001 Bertolotti *et al., 2000, 2005,* 2009 y 2011.

Los aspectos económicos teóricos del Sistema de Administración Pesquera en Argentina mediante cuotas individuales transferibles en la República Argentina fueron analizados por Bertolotti (2000) y en Bertolotti *et al.,* 2008.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Las fuentes necesarias para consolidar la base de datos y asignar CITC en el marco de la Ley Nº 24.922 consistente en los datos de:

- Capturas legales históricas de las cuatro especies en el 1989-1996. (Resolución CFP 23/2001, Resolución CFP 2/2002, Resolución SAGPyA 258/2003).
- Mano de obra empleada en los años 1996 y 1999, inversiones globales del período 1989-1996 y producción por especie en igual período. (Resoluciones CFP 4/2000, 4/2002 y modificatorias).
- Sanciones.

Análisis, depuración y consolidación de la base de datos generada a partir de la información recabada por la normativa mencionada, (Figura 4).

Diseño y confección del sistema para la asignación de cuotas, con el análisis de diferentes métodos y modelos para el tratamiento de los parámetros de asignación establecidos por la ley (capturas legales, mano de obra, inversiones y producción) por tipo de flota y/o zonas de pesca.

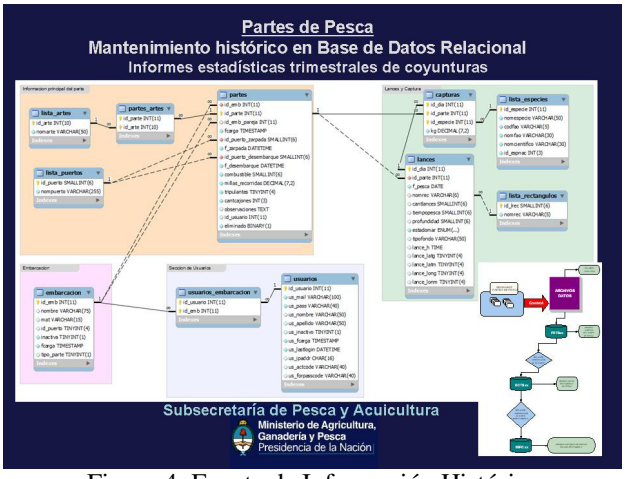


Figura 4: Fuente de Información Histórica

Establecimiento del **Régimen General de CITC** (Resolución CFP Nº 2/2001 actualizada por Resolución CFP N° 10/2009):

- Este prevé establecer además de las cuotas individuales, reservas de Administración, Conservación, Cuota Artesanal y Social.
- La CITC habilita la captura de una especie según lo establecido en este régimen general y en el régimen de cada especie, pero además se requiere contar con la habilitación de la jurisdicción que corresponda y cumplir con las normas de carácter general que se establezcan.
- El plazo de vigencia de la concesión de la CITC es 15 años a partir de la puesta en vigencia de cada régimen específico.
- El ejercicio de los derechos de captura que confiere la CITC estará sujeto al pago del Derecho Único de Extracción.
- Ninguna persona física o jurídica o grupo empresario podrá acumular CITC por encima del porcentaje máximo que establezcan los Regímenes Específicos de CITC.
- Las CITC serán divisibles y transferibles total o parcialmente, en forma definitiva o transitoria, en las condiciones generales que establece el CFP. Por la transferencia deberá abonarse un Derecho de Transferencia que será ingresado al Fondo Nacional Pesquero.
- La asignación inicial de las CITC será a favor de personas físicas o jurídicas titulares de uno o más permisos de pesca, inscriptos en el Registro de la Pesca, de acuerdo con el procedimiento que fija el CFP en cada especie.

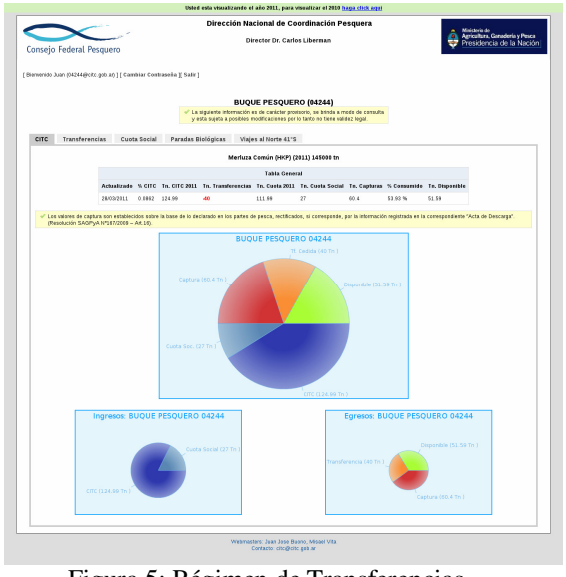


Figura 5: Régimen de Transferencias

Aprobación del **Régimen de transferencias de CITC** (Resolución CFP Nº 24/2009), (Figura 5).

Sistema Integral de Información Pesquera

Objetivo

Modernización de los Sistemas informáticos que utiliza la Dirección Nacional de Coordinación Pesquera (DNCP), dentro del esquema, impulsado por la Oficina Nacional de Tecnología de Información (ONTI) en la implementación del proceso de desarrollo e innovación tecnológica para la transformación y modernización del Estado promoviendo la estandarización tecnológica en materia informática y la integración de nuevas tecnologías, su compatibilidad e interoperabilidad, de acuerdo con los objetivos y estrategias definidas en el **Plan Nacional de Gobierno Electrónico**, aprobado por **Decreto N° 378/2005.**

En tal sentido en el ámbito de la DNCP en el último año se ha incorporado equipamiento informático de moderna tecnología, destinado a Servidores Web, de Red y de Base de Datos y se vienen desarrollando nuevos sistemas en el entorno de Software Libre (*Open Source*) bajo plataforma Web, tales como Parte de Pesca Electrónico, Certificación de Captura Legal, Consultas de uso de las Cuotas Individuales Transferibles de Captura (CITC), Paradas Biológicas, etc.

Métodos

- Desarrollo de una Base de Datos Relacional que incluye toda la información que se utiliza dentro del ámbito de la DNCP, a fin de integrar los nuevos Sistema y se pueda incorporar la información histórica existente.
- Reprogramar los sistemas y software existente dentro del entorno Web bajo el protocolo de software libre y migrar todas las aplicaciones y procesos.
- Finalización del sistema integrado de cruce de información entre las diversas bases de datos (partes, actas, monitoreo, permisos, cuotas, etc.).
- Procedimiento de Permisos y Accesos regulados en distintos niveles, (Administrador, Consultor, Usuario, etc.)
- Procedimientos automáticos de auditoría interna y de resguardo y conservación de toda la información.

Funcionamiento

Resulta necesario emplear herramientas tecnológicas para el tratamiento de obtención de información objetiva, rápida y precisa con el fin de minimizar los tiempos en el procesamiento de los datos. Idealmente debe orientarse a la posibilidad de la recolección, procesamiento y seguimiento de la información en tiempo real.

Considerando las ventajas y facilidades de acceso y uso de Internet y el acercamiento a su entorno social y empresarial el desarrollo por compatibilidad ***se debe instrumentar en una plataforma Web en PHP y Bases de Datos Relacional MySQL*** permitiendo ser consultado en forma remota y bajo las correspondientes normas de seguridad y acceso regulado.

Desarrollo

En forma interna con personal dependiente de la DNCP se esta desarrollando en forma estructurada distintos módulos a fin de migrar sin interrupción de las tareas, los archivos y aplicaciones del Sistema vigente en base al esquema presentado en la Figura 6.

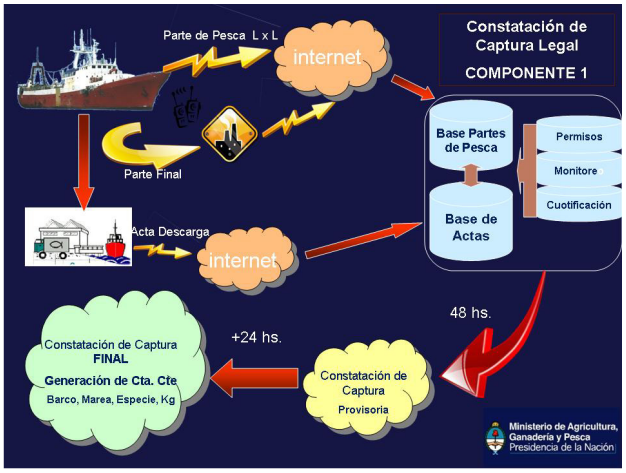


Figura 6: Módulos del Sistema

En tal sentido ya se encuentra en uso la disponibilidad de consultar vía Internet en el sitio Web http://www.citc.gob.ar el seguimiento de Cuotas Individuales Transferibles de Captura (CITC), transferencias y para los buques que le corresponden días efectivos de Paradas Biológicas y Mareas realizadas al norte del paralelo 41°S, los Titulares de CITC se encuentran utilizando esta flamante herramienta de consulta en la cual dispone de un correo electrónico para consultas citc@citc.gob.ar

En base a sugerencias y directivas emanadas por la Dirección Nacional de Coordinación Pesquera (DNCP), se encuentra en desarrollo avanzado el primer modulo del Sistema Centralizado de Administración Pesquera (SCAPN).

Proceso de sincronización de bases Partes de Pesca

Se desarrolló un proceso mediante el cual, las bases de datos de la DMZ (Zona de servidores protegida) en donde se encuentran las bases de datos del parte de pesca web se replican en las bases de datos del servidor de Pesca RENIP2, (Figura 7).

La replicación se hace en forma incremental, o sea que solamente se insertan las novedades, utilizando para esto un campo lógico que marca los registros nuevos y los ya actualizados.

Como las bases de datos creadas para el parte Web, tienen una estructura distinta a las existentes en RENIP2 y además se encuentran en motores de base de datos distintos, se desarrollaron Vistas en el Servidor Web en donde se compatibilizan las estructuras, es decir los nombres y tipos de campos, estas vistas no contienen únicamente los registros que correspondan a las novedades sino que además incluyen las estructuras equivalentes a las bases de datos desarrolladas en PSQL de RENIP2.

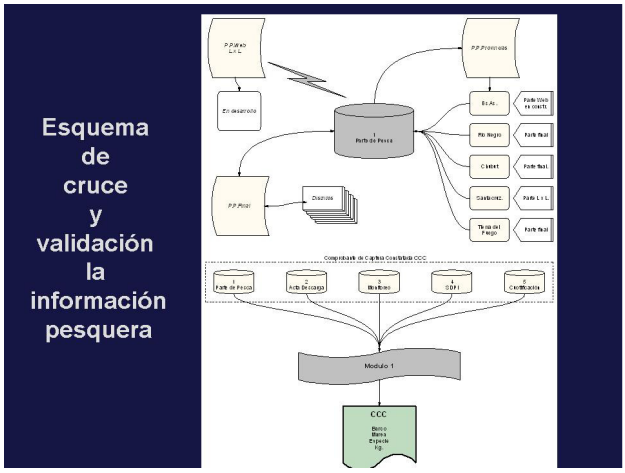


Figura 7: Procesos de sincronización de bases

Una vez sincronizada la información, se reemplaza el campo lógico que marca a los registros como "actualizados".

Esta sincronización será automática disparada por el administrador de tareas del servidor de procesos en los períodos de tiempo que se deseen configurar.

Proceso de actualización de DBFS: Solamente se ha migrado la carga del parte de pesca final, quedando la carga de los partes poteros, 72 horas, quincenales de merluza negra del modo que se utiliza actualmente.

El proceso de consolidación de la información de todos los partes de pesca anteriormente descriptos será el utilizado hoy en día excepto el de partes finales que se insertará a los archivos tipo DBF de manera automática y con la misma estructura existente.

Esto es para que para que el Sistema general de Pesca siga funcionando con total normalidad y el proceso sea absolutamente transparente para los usuarios comunes del mismo.

Esta sincronización también será automática y disparada por el administrador de tareas del servidor de procesos en los períodos de tiempo que se deseen configurar, este proceso deberá ejecutarse posteriormente al descripto en el Proceso de sincronización de bases.

Conviene ejecutar estos procesos en horarios donde no se esté consultando el Sistema, ya que las actualizaciones cambiarán los datos y los resultados arrojados en algunas consultas pueden variar.

Actas de Descarga

A fin de cumplimentar lo ordenado por la Res. SAGPyA 167/2009, se ha desarrollado un proceso mediante el cual, las capturas declaradas en los partes de pesca, se ajustan según Acta de Constatación de Capturas.

- *Proceso de ajuste de capturas según acta de desembarque.*
- *Modificaciones en el Sistema General – Consultas de Pesca*
- *Modificación del sistema de Consolidación de datos de Estadísticas*
- *Modificación del proceso de validaciones de partes de pesca.*

RESULTADOS

Presentar la información que permita realizar el análisis y evaluación del comportamiento de las capturas efectuadas durante cada ejercicio, establecido sobre la base de las definiciones realizadas en los artículos 1° y 2° de la Resolución CFP N° 1/2013 por cada especie cuotificada, para cada buque pesquero, agrupándolos en la respectiva empresa y/o grupo empresario cuando corresponda, en relación a las siguientes determinantes:

- **Asignación efectuada.**
- **Máximo de concentración.**
- **Reserva de Conservación.**
- **Reserva de Administración.**
- **Reserva Artesanal.**
- **Reserva Social**.
- **Fondo de Reasignación.**
- **Transferencias temporales de cuota.**
- **Registro de captura anual.**
- **Cómputos de capturas.**
- **Compensaciones de oficio entre buques de una misma empresa o grupo empresario.**
- **Compensaciones a través de la Reserva Social.**
- **Extinción por falta de explotación. Dilucidación de responsable.**
- **Justificaciones por falta de explotación.**
- **Excesos de captura.**

CONSIDERACIONES FINALES

La información sistematizada en función de objetivos y a través de indicadores específicos, constituye un insumo esencial para fortalecer y mejorar la toma de decisiones de los administradores pesqueros, ante un entorno económico y social cambiante. Coincidimos con Turris (2010) que la administración de pesquerías está evolucionando y los debates acerca de los instrumentos será mejor cuando la información utilizada provenga de fuentes apropiadas y sin errores.

En este contexto, el análisis de la información permite planear y controlar los procesos de administración y los planes de desarrollo sostenible, reorientando las estrategias de política cuando fuera necesario con el objetivo de mejorar y redireccionar las acciones en materia de administración pesquera hacia la pesca responsable (desarrollo sostenible).

BIBLIOGRAFIA

Bertolotti María I. y Juan Buono. 2006. Nuevas tecnologías y sus aplicaciones en información, operaciones y tecnología. Revista Iberoamericana de Sistemas, Cibernética e Informática volumen 3 - número 1 - año 2006, páginas: 27-31. ISSN: 1690-8627.

Bertolotti M. I., Errazti E. y Pagani A. Contribución Económica y Social de la Actividad Pesquera. Primera Parte: Descripción del Sistema Económico Pesquero 1997 y actualización de indicadores para 1998 y 1999. 2000. Inf. Téc. DNI-INIDEP N° 63. INIDEP.

Bertolotti y Cabut. 1994. El análisis de la operatividad de la Flota de Altura: un indicador complementario para la Administración Pesquera. Frente Marítimo Publ. Com. Téc. Mix. del Fr. Mar. Vol. 15, Sec. B: 173-177 1994. ISSN: 1015-3233.

Bertolotti, M. I. Aspectos económicos del Sistema de Administración Pesquera mediante cuotas individuales transferibles en la República Argentina. FACES, Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Año 6, N° 9. septiembre/diciembre de 2000; pp. 99-109. ISSN: 0328-4050.

Bertolotti, M.; Errazti, E.; Pagani, 2005. Estimación del Valor Agregado del Sistema Económico Pesquero Argentino como Indicador para estimar el Valor de Stocks., Publ. Com. Téc. Mix. del Fr. Mar, Vol. 20 Sec. B: 69-93 2005. ISSN: 1015-3233.

Bertolotti, M.I., Errazti, E., Buono, J., Pagani, A. y Gualdoni , 2009. Valor de los desembarques de la flota costera y fresquera de altura del Puerto de Mar del Plata, 1993-2008., P. XIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar, VIII Congreso de Ciencias del Mar, Marcaba. La Habana, Cuba, 26 al 30 de octubre de 2009. Publicado en resúmenes expandidos en CD, ISBN 978-959-300-005-5.

Bertolotti, María I., A. N. Pagani, D. R. Hernández y J. J. Buono. 2001 (b). Estratificación de la flota industrial de buques fresqueros y estimación de los rendimientos. El Mar Argentino y sus Recursos Pesqueros, 3: 55-69 (2001).

Bertolotti, María I., D. R. Hernández, A. N. Pagani y M. F. Castañeda. 2001 (c). Estratificación y estimación de los rendimientos de la flota de buques procesadores congeladores arrastreros. El Mar Argentino y sus Recursos Pesqueros, 3:71-88 (2001).

Bertolotti, María I., Errazti, Elizabeth, Gualdoni, Patricia y Pagani, Andrea. 2008. Principios de Política y Economía Pesquera. 2008. Editorial Dunken, 1ra edición, Buenos Aires, 239 páginas. ISBN: 978-987-02-3085-4.

Bertolotti, María I., G. A. Verazay, E. Errazti, A. N. Pagani y J. J. Buono. 2001 (a). Flota pesquera Argentina. Evolución durante el período 1960-1998, con una actualización al 2000. El Mar Argentino y sus Recursos Pesqueros, 3:9-53 (2001).

Bertolotti, MI., Errazti, E., Pagani, A., Gualdoni, P. y Buono, J. 2011. Estimación del Producto Bruto Geográfico del Partido de General Pueyrredón. Inf. Ases. y Transferencia INIDEP N° 38/2011, 24 pp.

Bertolotti, Piergentili y Cabut. 1987. Flota de Altura: Análisis de la operatividad período 1979-1984. Publ. Com. Téc. Mix. del Fr. Mar. Vol. 3: 125-130, 1987. ISSN: 0259-1243.

Errazti, Bertolotti y Hernández. 1998. Análisis económico de la flota costera de Mar del Plata: I. Estratificación de la flota. Frente Marítimo. Publ. Com. Téc. Mix. del Fr. Mar. Vol. 17, Sec. B: 87-91, 1998. ISSN: 1015-3233.

Errazti, E., Bertolotti, M.I. y Gualdoni, P. 2009. Sistema Pesquero Artesanal de la Provincia de Buenos Aires. XIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar, VIII Congreso de Ciencias del Mar, Marcaba. La Habana, Cuba, 26 al 30 de octubre de 2009. Publicado en resúmenes expandidos en CD, ISBN 978-959-300-005-5.

Errazti, E., D. R. Hernández, M. I. Bertolotti y J. J. Buono. 2001. Estratificación y análisis de la eficacia y la eficiencia de la flota costera de pequeña escala perteneciente a la sociedad de patrones pescadores del puerto de Mar del Plata**.** El Mar Argentino y sus Recursos Pesqueros, 3:107-119 (2001).

Errazti, E; Gualdoni, P. y Bertolotti, M. I. 2007. Los conflictos de la Pesca Artesanal desde la racionalidad del pescador de la Región Bonaerense. XII Congreso Latino-Americano de Ciencias del Mar- XII COLACMAR. Florianópolis, Brasil, 15 al 19 de abril de 2007. Ponencia publicada en Resúmenes expandidos, CD.

Turris, Bruce R. 2010. A rejoinder to E. Pinkerton *et al*., the elephant in the room: The hidden costs of leasing individual transferable fishing quotas. Marine Policy, Volume 34, Issue 3, May 2010, Pages 431-436

EL SOFTWARE LIBRE Y PRIVATIVO EN LA EDUCACIÓN EN COMPETENCIAS

Ma. Dolores GARCÍA PEREA
Investigador Educativo del ISCEEM y catedrática de la UAEMEX
Toluca, México, c. p. 50240
e-mail: dolgarper@att.net.mx

y

Camerino JUÁREZ PASCUAL
Catedrático de la UAEMEX
Toluca, México, c. p. 50240
E-mail: camerino.juarez@yahoo.com.mx

RESUMEN

El software libre y el software privativo son, además de herramientas de las TIC, dispositivos pedagógicos en la educación en competencias. El acercamiento, uso e incorporación a las actividades áulicas depende principalmente de los procesos de actualización y de formación digital de los agentes de la Reforma Integral a la Educación de los niveles básico, medio superior y superior del sistema educativo mexicano. Todos ellos tienen un papel relevante en la educación en competencias, docente y estudiante deben esforzarse mucho más debido a los procesos de aprendizaje a gestionarse y a vivirse, teniendo como resultado las competencias para existir y crear un futuro mejor de la humanidad.
En la Reforma Integral a la Educación en Competencias, las TIC ocupan un lugar importante en el perfil de egreso del estudiante y del perfil del docente. Sin embargo, la incorporación de las TIC, en este caso, de ambos software es inexistente en los docentes que no tienen una actualización ni formación en las TIC.

Palabras Claves: Software libre, software privativo, educación en competencias y potencial formativo y pedagógico.

INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo consiste en ofrecer la información básica (significado, historia, acuñaciones, autores habilitantes, características, ventajas y desventajas) sobre el software libre y el software privativo, con la finalidad de que la persona que tiene poca información sobre estas herramientas tecnológicas, poca o nula experiencia sobre su manejo e interés por conocerlo de manera clara, fácil, precisa y sencilla, conozcan y valoren su potencial formativo y pedagógico.
Los apartados del trabajo son: 1. Contexto educativo donde el software tiene que ser un dispositivo pedagógico, 2. Competencias relacionadas con las TIC, 3. Destinatarios, 4. Acercamiento al software libre y privativo y su relación con la educación, 5. Fundamentación conceptual, 6. Conclusiones y 7. Referencias.

1. Contexto educativo donde el software tiene que ser un dispositivo pedagógico

El siglo XXI representa un momento coyuntural importante en la historia del sistema educativo mexicano debido a la concreción e implementación de la Reforma Integral de la Educación en Competencias (RIEC). Para efectos de este trabajo, la inclusión de las Tecnologías de la comunicación y de la información (TIC) en las competencias genéricas, disciplinares y profesionales del perfil de egreso de estudiantes y en las competencias del perfil docente,

permite la institucionalización del software libre y privativo como dispositivos pedagógicos de la educación en competencias.

La implementación de la educación en competencias se debe al esfuerzo conjunto de la Secretaria de Educación Pública (SEP) y la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES).
Estas dependencias, además de determinar las políticas educativas del país, al inicio del 2000, firmaron un Convenio Específico de Colaboración con el objetivo de llevar ofertar el *Programa de Formación Docente* y, con ello, habilitar con éxito el modelo educativo enfocado en las competencias y la incorporación de las TIC al ámbito competencial del aprendizaje constructivo de los planes de estudios.
El *Programa de Formación Docente* se centra principalmente en estrategias de actualización (talleres, cursos, especializaciones, diplomado y maestría) para los docentes y los administrativos de la educación básica, media superior y superior. Entre sus características se encuentran la implementación del Diplomado en Competencias Docentes en la modalidad mixta (presencial-6Hrs.- y distancia) y la actualización en dos áreas del saber: educación en competencias y TIC, con el empleo de la plataforma digital.
El diplomado está estructurado de la manera siguiente.

Módulos	Contenidos	Horas
I	La reforma integral de la educación	40
II	Desarrollo de competencias del docente	100
III	Gestión institucional Directores	60
	Competencias profesionales Docente	
Total de horas del diplomado:		200

En las generaciones anteriores, el costo económico del diplomado lo derrogó la SEP. La dependencia extendió becas de un 100% a los docentes interesados en cursarlo con la condición de terminarlo satisfactoriamente. En el caso de darse de baja, abandonar y reprobar algún módulo, ellos reintegrarían la erogación económica a la dependencia. En la actual generación VII, que inicio en el mes de abril del presente año, los docentes tuvieron que cubrir el costo del diplomado.
Distintas son las opiniones de los docentes y conductores de los módulos sobre el diplomado. La mayor parte de ellas son negativas y se centran en dos aspectos: la reducción y restricción de la TIC a una plataforma digital y el software de la plataforma caracterizada por un sentido instrumental, pasivo y mecánico, con el uso exclusivo de desplegar el manual, lecturas, planeación, calificaciones y comentarios de los conductores y representar la vía para subir las actividades y los trabajos integrados.
El potencial formativo del software diseñado para el diplomado fue ignorado y menospreciado por docentes y conductores y, en su mayoría, los últimos negaron la posibilidad de que los primeros concibieron a la plataforma como dispositivo pedagógico.

2. Competencias relacionadas con las TIC

La Reforma Integral se distingue y diferencia de las anteriores (Modernización educativa, Reforma educativa centrada en la tecnología educativa, etc.) por ponderar la visión de competencia,

holística, integral, humanística, global y dialéctica de la educación, la sustitución del paradigma de enseñanza tradicional por el paradigma de aprendizaje, la alineación pedagógica de Bigg, las taxonomías de Bigg, Bloom, tipos, categorías y atributos de las competencias de los actores educativos (ahora llamados agentes y/o gestores de la reforma integral), aprendizaje colaborativo, proyectos gerenciales, etc.

La inclusión de las TIC (Tecnologías de información y comunicación) y su conversión en dispositivos pedagógicos (TAC: Tecnologías de aprendizaje y comunicación), desde mi punto de vista, es uno de los aspectos sobresalientes de la reforma integral y que genera que la política educativa mexicana esté acorde a los imperativos, necesidades y exigencias de este periodo histórico.

El concepto de competencia debe entender como como facultad de movilizar los saberes para aplicarlos en situaciones complejas (Perrenoud,2000). En el contexto currículum, constituyen el perfil de egreso de los estudiantes y el perfil del docente. La enseñanza es sustituida por el aprendizaje debido principalmente de implementar acciones para resolver situaciones problemáticas en lugar de sus análisis y reflexión.

En los cuadros siguientes presento las categorías y atributos de las competencias de estudiantes y docentes relacionadas con las TIC.

Competencias del marco curricular común

Competencias		Objetivo
GENÉ-RICAS		Comunes a todos los egresados de la EMS. Son competencias clave, por su importancia y aplicaciones diversas a lo largo de la vida; transversales, por ser relevantes a todas las disciplinas y espacios curriculares de la EMS, y transferibles, por reforzar la capacidad de los estudiantes de adquirir otras competencias.
DIS-CIPLI NARES	Básicas	Comunes a todos los egresados de la EMS. Representan la base común de la formación disciplinar en el marco del SNB
	Extendidas	No serán compartidas por todos los egresados de la EMS. Dan especificidad al modelo educativo de los distintos subsistemas de la EMS. Son de mayor profundidad o amplitud que las competencias disciplinares básicas.
PRO-FE-SIO-NALES	Básicas	Proporcionan a los jóvenes formación elemental para el trabajo
	Extendidas	Preparan a los jóvenes con una calificación de nivel técnico para incorporarse al ejercicio profesional

Competencias genéricas

Categoría	No.	Atributo
Se expresa y comuni-ca	**4.** Escucha, interpreta y emite mensajes pertinentes en distintos contextos mediante la utilización de medios, códigos y herramientas apropiados.	Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.
Piensa crítica y reflexiva mente	**5.** Desarrolla innovaciones y propone soluciones a problemas a partir de métodos establecidos.	Utiliza las tecnologías de la información y comunicación para procesar e interpretar la información.

Competencias disciplinares extendidas

Área	Atributo
Ciencias experimentales	1. Valora de forma crítica y responsable los beneficios y riesgos que trae consigo el desarrollo de la ciencia y la aplicación de la tecnología área de las: en un contexto histórico-social, para dar solución a problemas. 2. Evalúa las implicaciones del uso de la ciencia y la tecnología y los fenómenos relacionados con el origen, continuidad y transformación de la naturaleza, para establecer acciones a fin de preservarla en todas sus manifestaciones. 3. Aplica los avances científicos y tecnológicos en el mejoramiento de las condiciones de su entorno social.
Comunicación	10. Analiza los beneficios e inconvenientes del uso de las tecnologías de información y comunicación para la optimización de las actividades cotidianas. 11. Aplica las tecnologías de información y comunicación en el diseño de estrategias para la difusión de productos y servicios, en beneficio de su desarrollo personal y profesional, son atributos.

Competencias disciplinares

Campo disciplinar	Competencias
Matemáticas	Argumenta la solución obtenida de un problema, con métodos numéricos, gráficos, analíticos o variacionales, mediante el lenguaje verbal, matemático y el uso de las tecnologías de la información y la comunicación.
Ciencias experimentales	6. Fundamenta opiniones sobre los impactos de la ciencia y la tecnología en su vida cotidiana, asumiendo consideraciones éticas.
Comunicación	**12.** Utiliza las tecnologías de la información y comunicación para investigar, resolver problemas, producir materiales y transmitir información

Competencias docentes

Categoría	Atributo
1. Organiza su formación continua a lo largo de su trayectoria profesional,	Se mantiene actualizado en el uso de la tecnología de la información y la comunicación.
4. Lleva a la práctica procesos de enseñanza y de aprendizaje de manera efectiva, creativa e innovadora a su contexto institucional.	Utiliza la tecnología de la información y la comunicación con una aplicación didáctica y estratégica en distintos ambientes de aprendizaje.
6. Construye ambientes para el aprendizaje autónomo y colaborativo.	Propicia la utilización de la tecnología de la información y la comunicación por parte de los estudiantes para obtener, procesar e interpretar información, así como para expresar ideas.

3. Destinatarios

Las opiniones negativas sobre el Diplomado virtual "Competencias docentes" se centra principalmente en tres factores: la educación virtual se reduce y restringe a una plataforma digital saturada de errores, inconsistencias, ambigüedades e imprecisiones; el personal que imparten los módulos, además de carecer de una formación conceptual, teórica, metodológica y epistemológica sobre la educación en competencias, tienen poco conocimiento y dominio de empleo de las TIC, por consiguiente no pueden convertirlas en Tecnologías de aprendizaje y comunicación (TAC); el software de la plataforma virtual pierde su carácter de dispositivo pedagógico al menospreciarse su potencial de aprendizaje y de formación; los docentes tienen poco o nulo acercamiento y uso del software -libre y privativo-, web, internet, etc.

Los docentes que han recibido cursos y/o se han familiarizados a través de cursos de actualización y/o de manera autodidacta con la computadora, internet, webs, software, etc., han expresado que la plataforma del diplomado obstaculiza todo intento de aprendizaje colaborativos y silencioso debido a su carácter instrumental, pasivo y mecánico. Ninguno de ellos habla del software que caracteriza a la plataforma y, hasta dan la sensación de desconocer dicho concepto.

Los catedráticos más renuentes, apáticos, que se resisten o tienen miedo a cursar el diplomado porque tienen alguna o más de las características siguientes: tienen una antigüedad en la docencia de más de veinticinco años, no están familiarizados ni tienen conocimiento y experiencia sobre la computadora, internet y redes sociales. Aún de tener el grado de alguna licenciatura, durante los estudios en las instituciones de educación superior utilizaban la máquina de escribir, los retroproyectores y la grabadora.

Aquellos que se atreven a cursarlo, enfrentan situaciones conflictivas, problemáticas y hasta de vergüenza porque no han usado la computadora ni tampoco está en sus prioridades su incorporación a las actividades educativas, profesionales ni personales. Algunos no saben cómo encender la computadora y se les dificulta la serie de pasos para navegar por el internet y subir las tareas y actividades integradoras a la plataforma.

La mayoría de ellos han solucionado el conflicto solicitando a sus hijos, amigos, pareja, vecinos y hasta contratan alguna persona para que transcriban las actividades y tareas y la suban a la plataforma. Pocos son los que se atreven aprender con poco éxito y con mucho desgaste mental y físico.

Dentro de este grupo de docentes me encuentro yo. En el 2005 empecé a utilizar la computadora como máquina de escribir, en el 2007 aprendí a manejar el correo electrónico y a utilizar el PowerPoint, en 2009 iniciaron las primeras navegaciones por internet. A partir de la información proporcionada en el diplomado *Educación y Nuevas tecnologías*, considero que mis experiencias en

el mundo del internet son mínimas. Confirmo que soy un analfabeta digital dispuesta a convertirme en inmigrante.
Es importante aclarar que tengo el grado de doctora en educación, soy autora de tres libros y coautora de un libro. Las ponencias y artículos que he elaborado han sido publicados por distintas fuentes de consulta. Desarrollo la función de docente e investigador y tengo el nombramiento de Investigador Nacional, Nivel I, del Sistema Nacional de Investigadores, CONACYT.
Los trabajos elaborados sobre las TIC me han facilitado su estudio y su aplicación. Su abordaje ha sido lento y desesperado. De algo estoy segura, no quiero competir con ninguna persona y, por las necesidades propias de mi ética profesional, cuando logro descubrir algo nuevo, mi seguridad y entusiasmo se desvanecen al percibir la manera tan rápida en que evolucionan. La posibilidad de convertir a las TIC en TAC son mínimas. El objetivo del presente trabajo consiste en ofrecer la información básica (significado, historia, acuñaciones, autores habilitantes, características, ventajas y desventajas) sobre el software libre y el software privativo, con la finalidad de que la persona que tiene poca o nula información sobre estas herramientas tecnológicas y poca o nula experiencia sobre su manejo, pero sobre todo tengan interés por aproximarse a las temáticas de manera clara, fácil, precisa y sencilla, conozcan y valoren su potencial formativo y pedagógico.

4. Acercamiento al software libre y privativo y su relación con la educación

En este apartado se presenta la información básica (significado, historia, acuñaciones, autores habilitantes, características, ventajas y desventajas) sobre el software libre y el software privativo, con la finalidad de que la persona que tiene poca o nula información sobre estas herramientas tecnológicas y poca o nula experiencia sobre su manejo, pero sobre todo tengan interés por aproximarse a las temáticas de manera clara, fácil, precisa y sencilla, conozcan y valoren su potencial formativo y pedagógico.
Las preguntas formuladas para responderse en este apartado y que giran sobre el software son: ¿quién y cuándo la emplean por primera vez?, ¿qué significa?, ¿cuál es su traducción al español?, ¿cuál es la definición más aceptada por las comunidades tecnológicas?, ¿cuántos tipos de software existen en la actualidad?, ¿cuáles la historia del software libre y privativo?, ¿cuáles son los elementos que distinguen y diferencian al software libre del privativo?, ¿cuáles son las ventajas y ventajas de ambos software? y ¿cuál es su potencial formativo y pedagógico?
Las respuestas a las preguntas, además de ser presentadas bajo este enfoque didáctico: primero se presentan las correspondientes al tema general sobre el software y posteriormente las que giran sobre la distinción entre software libre y software privativo, tienen el siguiente orden: a) Concepto de Software, b) Quién y cuándo utiliza por primera vez el concepto, c) Significado, d) Clasificación del software moderno, e) Porcentaje de éxito del software, f) Expresiones originales, g) Condición de libertad, h) Historia del software libre y privativo, i) Licencias del software, j) Ventajas, k) Desventajas, l) Razones para usar el software libre en la educación y m) Razones de la Fundación CENATICl.
a) Concepto de Software. Es una palabra de origen inglés que significa literalmente: partes blandas o suaves. El Diccionario de la Real Academia Española admite su empleo en todos los países debido a que es imposible su traducción a otros idiomas.

b) Quién y cuándo utiliza por primera vez el concepto. En 1957, John W. Tukey emplea por primera vez el concepto de software en el campo de la ingeniería y en las ciencias de la computación. Tal hecho ha generado que se les conciba como: programas informáticos, aplicaciones informáticas o soportes lógicos debido a que es un producto de la ingeniería.

Entiéndase por programa al conjunto o secuencia de instrucciones contenidos en un dispositivo para controlar los cálculos y que una vez ejecutadas realizarán una o varias tareas en una computadora. Sin programas, estas máquinas no pueden funcionar. Al conjunto general de programas, se le denomina software, que más genéricamente se refiere al equipamiento lógico o soporte lógico de una computadora digital.

c) Significado. Existen distintas definiciones sobre la palabra software. La mayoría son similares. Pero la aceptada por las comunidades tecnológicas es: conjunto de programas, procedimientos, reglas, documentación y datos asociados, que forman parte de las operaciones de un sistema de computación.
La asociación técnico-profesional mundial denominada IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), cuyas siglas en español es IIEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) es la precursora de esta interpretación.
Aún de la riqueza de esta definición aceptada, su connotación sigue siendo ambigua e imprecisa debido a que el concepto de software va más allá de los programas de computación diseñados en los campos de ingeniería. Abarca toda la información procesada por los sistemas informáticos.

d) Clasificación del software moderno. Alan Turing (1936) es el autor quien propone l*a teoría* donde se sustentan los software modernos. La clasificación del software con base en los fines prácticos no es motivo de estudio de este trabajo, sin embargo los presento a continuación:

	Objetivo	Características	Herramientas
SISTEMA	Desvincular al usuario y al programador de los detalles del sistema informático, aislándolo del procesamiento referido a las características internas de: memoria, discos, puertos y dispositivos de comunicaciones, impresoras, pantallas, teclados, etc.	Procura al usuario y programador adecuadas interfaces de alto nivel, controladores, herramientas y utilidades de apoyo que permiten el mantenimiento del sistema global	Sistemas operativos Controladores de dispositivos Herramientas de diagnóstico Herramientas de Corrección y Optimización Servidores Utilidades
PROGRAMACIÓN	conjunto de herramientas que permiten al programador desarrollar programas informáticos, usando diferentes alternativas y lenguajes de programación, de una manera práctica	Agrupa las herramientas en un entorno visual, de forma tal que el programador no necesite introducir múltiples comandos para compilar, interpretar, depurar, etc. Cuentan con una avanzada interfaz gráfica de usuario.	Editores de texto Compiladores Intérpretes Enlazadores Depuradores Entornos de Desarrollo Integrados
APLICACIÓN	Permite a los usuarios llevar a cabo una o varias tareas específicas, en cualquier campo de actividad susceptible de ser automatizado o asistido, con especial énfasis en los negocios.		Control de sistemas y automatización industrial Aplicaciones ofimáticas Software educativo Software empresarial Bases de datos Telecomunicaciones Videojuegos Software médico Software de cálculo numérico y simbólico. Software de diseño asistido (CAD) Software de control numérico (CAM)

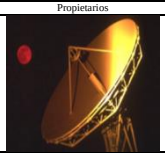
e) Porcentaje de éxito del software creado. Los procesos de creación del software tampoco es un tema de estudio en este trabajo. Sin embargo, para valor la condición de dispositivo pedagógico del software, afirmo que es complejo su elaboración se deba a múltiples aspectos: intenciones, expectativas, porte, características, secuencia, programas, materiales, temas, competencias a desarrollar, infraestructura, perfil del ingeniero, conductores y estudiantes, contexto sociocultural de la población, etc.
El narcisismo, la falta de experiencia en el campo educativo y el conocimiento y dominio sobre las TIC son las principales causas de que las personas que elaboran proyectos de software desistan en hacerlo. Según los datos encontrados en documentos telemáticos sobre este tipo de proyectos, el 28% fracasan, el 46% se retrasan por las modificaciones severas que se les tiene que hacer y sólo el 26% son aplicados de manera exitosa.

f) Expresiones originales. Software libre y software privativo son expresiones antónimas y son resultado de la traducción al español de dos conceptos del idioma inglés: '*free software*' y '*propietary*

software'. En el siguiente cuadro presento sus significados con base en la traducción al español.

Inglés	free software	propietary software
Español	software libre	software privativo o propietario
Significado	* se asocian con un producto gratuito o público disponibles en internet * sin costo económico * al precio de costo de la distribución a través de otros medios * no requieren de licencia para uso * los derechos de explotación son para toda la humanidad	* *poseído o controlado privadamente («privately owned and controlled»)* * manutención de la reserva de derechos sobre el uso, modificación o redistribución.

Presento dos imágenes relacionadas con ambos software.

SOFTWARE	
Libre	Propietarios
	

g) Ámbitos de libertad. Lo que distingue al software libre del software privativo es la condición de libertad. La mayoría de los textos telemáticos leídos, coinciden en señalar la connotación de libertad, por un lado, está determinado principalmente por el acceso al código fuente -es decir, el conjunto de líneas de texto que son las instrucciones que debe seguir la computadora para ejecutar dicho programa- en el caso de los puntos 1 y 3 del software libre y, por otro, son de cuatro tipos. Véase el cuadro siguiente.

SOFTWARE	
Libre	Privativo
1. Usar el programa, con cualquier propósito. 2.Estudiar cómo funciona el programa para modificarlos a sus necesidades, 3. Distribuir copias del programa para ayudar a otras personas 4. Hacer mejoras haciéndolas públicas de tal modo que se beneficie la comunidad, después de su compra	1. No es libre o lo es parcialmente 2. Está prohibida su uso o redistribución 3. Se requiere autorización del autor para su modificación 4. Restricción de una o varias de las libertades del software libre

h) Historia del software libre y privativo. Para comprender la presencia de ambos software, es necesario regresar al pasado e identificar momentos coyuntura sobre su devenir. En el siguiente cuadro se anotan fechas principales de su evolución.

Fechas	Software	
	Libre	Privativo
1960 y 1970	* no era un producto * estaban incluidos en las computadoras *los clientes lo usaban	*no existía
1979		Distinguir entre *software* y *hardware* Intentos de cerrar el código de los programa
1971	Se compartía sin ninguna restricción La informática todavía no había sufrido su gran boom	
1980		Se inicia las condiciones restrictivas para su modificación Computadoras más modernas comenzaron a utilizar sistemas operativos privativos
1984	Acuña la condición de libertad	
2003		Restricción de las posibilidades de apropiación del software. Se introduce el concepto

Dos datos importantes y que determinan el espíritu de la época del software libre son:

- ✓ Es originado por los problema de impresión de los trabajo es la causa principal porque usuarios no tenían el acceso al código fuente de los controladores de la impresora y las compañías no proporcionaban este tipo de información.
- ✓ Richard Stallman introdujo la definición de software libre y el concepto de "*copyleft.*

Dos datos importantes a recordar y que determina el contexto social del software privativo son:

- ✓ En los años 60, los laboratorios Bell no proporcionaron el código fuente de su sistema operativo UNIX
- ✓ IBN se ve obligado hacerlo por la exigencia del gobierno de los Estados Unidos hacer la distinción en *software* y *hardware*
- ✓ La restricción se lleva a cabo a través de una campaña publicitaria para desacreditar al software libre haciéndola parecer como difusa y sin ninguna garantía de soporte legal para quien lo adquiría.
- ✓ Richard Stallman introduce el concepto

i) Licencias del software. Se entiende por licencia a la autorización del autor para que los interesados ejerzan "actos de explotación legales". También como contrato entre el licenciante (autor/titular de los derechos de explotación/distribuidor) y el licenciatario del programa informático (usuario consumidor /usuario profesional o empresa), para utilizar el software cumpliendo una serie de términos y condiciones establecidas dentro de sus cláusulas.

Las características de la licencia son: sesión de determinados derechos del propietario al usuario final sobre una o varias copias del programa informático, límites en la responsabilidad por fallos, plazo de cesión de los derechos, ámbito geográfico de validez del contrato y pueden establecer determinados compromisos del usuario final hacia el propietario, tales como la no cesión del programa a terceros o la no reinstalación del programa en equipos distintos al que se instaló originalmente.

Mientras las licencias del software libre son: Academic Free License v.1.2., Apache Software License v.1.1., Artistic License v.2.0, Attribution Assurance license, BSD License, MIT License, University of Illinois/NCSA Open Source License, W3C Software Notice and License, Zope Public License v.2.0, Open LDAP License v.2.7, Perl License, Academic Free License v.3.0, Python License v.2.1, PHP License v.3.0 y Q Public License v.1.0, Common Public License v.1.0., GNU General Public License v.2.0, GNU General Public License v.3.0, Eclipse Public License, eCos License v.2.0, Sleepycat Software Product License, Affero License v.1.0, Affero License v.2.0 y OpenSSL License), GNU Lesser General Public License v.2.1, Mozilla Public License, Open Source License, Apple Source License v.2.0, CDDL y EUPL., las del software privativo son: Contrato de Licencia para el Usuario Final o EULAs.

j) Ventajas. El Diccionario Manual de la Lengua Española ofrece 5 definiciones sobre la palabra ventajas. 1. Característica o situación que hace que una persona o una cosa sea mejor en comparación con otra, 2. Circunstancia o condición a favor, 3. Distancia o puntos que un competidor o jugador concede de antemano a favor de otro al que considera inferior, 4. Distancia o puntos que tiene un deportista sobre los demás, 5. Provecho o ganancia de algo.

A partir tanto de la definición número 1 como de la información contenida en los materiales telemáticos revisados, presento las ventajas más relevantes de ambos software.

Software	
Libre	Privativo
1. Económico *2. Libertad de uso y redistribución* *3. Independencia tecnológica* *4. Fomento de la libre competencia al basarse en servicios y no licencias* *5. Soporte y compatibilidad a largo plazo* *6. Formatos estándar* *7. Sistemas sin puertas traseras y más seguros* *8. Corrección más rápida y eficiente de fallos* *9. Métodos simples y unificados de gestión de software* *10. Sistema en expansión*	*1. Propiedad y decisión de uso del software por parte de la empresa* *2. Soporte para todo tipo de hardware* *3. Mejor acabado de la mayoría de aplicaciones* *4. Las aplicaciones número uno son propietarias* *5. El ocio para ordenadores personales está destinado al mercado propietario* *6. Menor necesidad de técnicos especializados* *7. Mayor mercado laboral actual* *8. Mejor protección de las obras con copyright* *9. Unificación de productos*

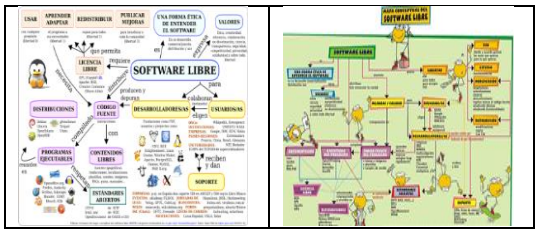
k) Desventajas. El Diccionario Manual de la Lengua Española define a la palabra desventaja en dos sentidos: característica que hace que una persona, cosa o situación sea peor que otra con la que se compara y circunstancia que impide hacer una cosa. A partir de éstos sentidos, en el cuadro siguiente se presentan los inconvenientes principales que caracterizan a ambos software.

Software	
Libre	Privativo
1. Algunas aplicaciones (bajo Linux) pueden llegar a ser algo complicadas de instalar. 2. Inexistencia de garantía por parte del autor 3. Interfaces gráficas menos amigables. 4. Poca estabilidad y flexibilidad en el campo de multimedia y juegos. 5. Menor compatibilidad con el hardware.	1. No existen aplicaciones para todas las plataformas (Windows y Mac OS). 2. Restricciones en el uso (marcadas por la licencia). 3. Imposibilidad de redistribución. 4. Imposibilidad de modificación. 5. Imposibilidad de copia. 6. Por lo general suelen ser menos seguras. 7. El coste de las aplicaciones es mayor. 8. El soporte de la aplicación es exclusivo del propietario. 9. El usuario que adquiere software propietario depende al 100% de la empresa propietaria.

l) Razones para usar el software libre en la educación. A partir de la información obtenida de los documentos telemáticos

revisados, se afirma que el software libre provee un entorno educacional en el cual los estudiantes:

- Posibilidades de modificación del software.
- Facilitan el acceso a nuevas fuentes de información, recursos y canales de comunicación.
- Creación de recursos a través de diversas herramientas.
- Utilización de aplicaciones interactivas para el aprendizaje.
- Permite la hetero, auto y co evaluación.
- Fortalece el trabajo activamente para resolver problemas reales, desafiantes y motivadores.
- Aprovechar las ventajas de los entornos colaborativos tanto personal como colectivos.
- Los problemas reales se analizan desde la complejidad e interdisciplinariedad.
- Los estudiantes ponen en juego sus competencias (habilidades, valores, saber y aptitudes).
- Aprender a trabajar con base en la otredad.
- Se comunica de manera crítica y analítica.
- Se cuida así mismo.
- Expresa sus juicios de manera clara, precisa y argumentativa.
- Utiliza las TIC para ampliar y profundizar sobre sus saberes.
- Es un dispositivo pedagógico en tanto ofrece los espacios para el aprendizaje individual, colectivo, colaborativo y silencioso.
- Modificación del software.
- Ofrece herramientas como copyleft, copia creativa, texto comunitario, navegación.
- Fomenta la utilización del hardware como software.



m) Razones de la Fundación CENATIC. Esta Fundación propone 10 razones para elegir Software de Fuentes Abiertas en la educación en los proyectos de Escuela 2.0. Son presentadas a continuación porque, además de complementar ya argumentar las opiniones expresadas en el apartado anterior, son claras y precisas, invitan al lector a su reflexión e incorporación en las prácticas áulicas y, sobre todo, están vinculadas a la educación en competencias.

1. Contribuye a formar personas libres, independientes, críticas y autónomas.
2. Permite enseñar con herramientas adaptadas a la realidad del alumnado.
3. Crea una Comunidad de Conocimiento Compartido.
4. Fomenta la independencia de las personas para elegir las herramientas del futuro.
5. Evoluciona rápidamente y permite una eficaz solución de los problemas.
6. Una solución madura, con experiencias de éxito en el entorno educativo español
7. Permite ahorrar costes en la implantación, el mantenimiento y la gestión de los centros educativos gracias al tipo de licencias que posee.
8. Facilita que los alumnos dispongan en su casa de las mismas herramientas educativas que utilizan en su centro, de forma 100% legal.
9. Garantiza la seguridad. Es SFA es el software más seguro.
10. Potencia la innovación de productos y servicios a través de empresas locales.

5. Fundamentación conceptual

El Determinismo Tecnológico (Ronderos y Valderrama, 2003) es la teoría a través de la cual podemos comprender tanto el devenir del hombre como ser tecnológico (Hernán Thomas, Mariano Fressoli y Alberto Lalouf, 2008) como el espíritu de la época [1] que caracteriza a las sociedades del conocimiento, comunicación e información porque: "Los deterministas tecnológicos consideran, básicamente, que el desarrollo tecnológico condiciona, como ningún otro elemento singular, el cambio y la estructura sociales. Dicho de otra forma, que la fuente más importante de cambios sociales, a lo largo de la historia, son las innovaciones tecnológicas".

Mientras Ronderos y Valderrama expresan que la tecnología actúa como motor del cambio social, Winner (1985) expresa: 1. La existencia de hombres y mujeres sobre la Tierra es impensable sin tecnologías, 2. Todas las tecnologías son humanas, 3. La dimensión tecnológica atraviesa la existencia humana y 4. "la tecnología es el medio en el que (no con el que) los hombres se vuelven humanos".

La educación, en este caso, no escapa del impacto de la tecnología y del impacto generado de su evolución en las épocas históricas. Por ejemplo, Sancho (1994), en su texto, *Para una tecnología educativa,* cita a Mecklenburger para mostrar que la escuela, la escolaridad masiva, la clase, etc. son tecnologías, en el mismo sentido que los coches son una tecnología del transporte: "son inventos tecnológicos diseñados para llevar a cabo una tarea educativa. Son un medio de organizar a un gran número de personas para que puedan aprender determinadas cosas". Sobre el poder de la tecnología en la educación, apoyándose en Pannabecker (Cfr. Winner,1983), Winner nos recuerda que la tecnología siempre ha estado en los horizontes educativos como la "bala mágica" que promete solucionar, minimizar y poner remedio a todos los problemas educativos.

El software libre y privativo, es una manera en que la tecnología se hace presente en la educación. Utilizando el lenguaje del ámbito educativo, es el material didáctico –también conocido como auxiliares, medios, herramienta o dispositivos-, que pueden son de diversos diseños y que han sido elaborados por llevar a cabo la alfabetización en dos sentidos: antes del boom tecnológico, la centrada en la cultura también, después de éste, la centrada en el mundo digital.

Entiéndase a la alfabetización al fenómeno cognitivo donde la persona se incorpora al mundo social a partir del desarrollo de las capacidades de lectura y escritura concretizadas en medios impresos. En el mundo moderno ya no es suficiente con este tipo de alfabetización. Geen (2005) afirma que en las sociedades de hoy, la gente necesita estar alfabetizado en una gran variedad de ámbitos semióticos. Así mismo, señala que leer y escribir no son solo fenómenos mentales que ocurren en la cabeza de las personas, sino que se trata de logros sociales y culturales, y a la alfabetización digital como la incorporación cultural demarcada por las sociedad del conocimiento, la información y la comunicación.

La alfabetización, explica Kalman (2003), implica la posibilidad de dar sentido a los mensajes escritos con la intencionalidad de participar en situaciones culturalmente valoradas a través del dominio de los géneros textuales, los discursos, los significados y los códigos lingüísticos. La apropiación de las herramientas

culturales depende de lo que se provee la persona y de que los otros le ofrecen.

Disponibilidad y acceso son términos del proceso de alfabetización, el primero expresa las condiciones materiales y la presencia física en las prácticas de lectura y escritura, el segundo se relaciona con las condiciones sociales, con las oportunidades de participar y la apropiación de la cultura escrita.

Regresando al material didáctico, el software libre es un dispositivo pedagógico para la educación en competencias por los aspectos siguientes: ha sido creado para enseñar un contenido a los destinatarios, favorece el aprendizaje tanto de estudiantes como de docentes, permite que las TIC se han convertido en TAC (Tecnologías del aprendizaje y de la comunicación), se utilizan en distintas esferas de la sociedad (arte, medios de comunicación, ámbito académico y empresarial, etc.) y, entre otros, se destacan por el grado de profundidad, tratamiento de los contenidos, valor estético, claridad en la exposición, etcétera, acuñada por los autores y modificada y replicada por los estudiantes.

La distinción hecha por Pere Marques [3] sobre medios didácticos y recursos educativos me parece pertinente para comprender el status pedagógico del software libre. Mientras el primero es cualquier material elaborado con la intención de facilitar los procesos de enseñanza y aprendizaje, el segundo es cualquier material que, en un contexto educativo determinado, facilitar el desarrollo de las actividades de aprendizaje. En otras palabras, el recurso educativo que se pueden utilizar en situaciones de enseñanza y aprendizaje y, al mismo tiempo, pueden o no ser medios didácticos.

Por ejemplo, la plataforma digital del Diplomado Competencias docentes es un software privativo y, al mismo tiempo, un recurso digital empleado para subir las actividades (ejercicios, tareas e integrales) y para introducir a los estudiantes a las práctica letradas contemporánea. Los estudiantes no pueden hacer una lectura crítica ni rebasar el ámbito semántico que le caracteriza por las restricciones en su uso, imposibilidad de redistribución, modificación y copia, el costo económico que se tiene que pagar para entrar y hacer uso de la plataforma digital y el soporte de la aplicación es exclusivo del propietario.

Para que la plataforma digital del Diplomado adquiere el potencial de aprendizaje que caracteriza a los materiales didácticos, tienen que reposar y, al mismo tiempo articular: el contenido (en tanto recuperan los objetos culturales seleccionados en función de su utilidad, verdad, belleza y bien y los transforman en contenido para su transmisión), las formas de representación de la información (refiere a las maneras de decir que utilizan los materiales didácticos para transmitir los contenidos) y la interpretación (gira en torno a las formas de apropiación posibles por parte de los lectores.

El internet es el recurso tecnológico que ha permitido que las TIC se conviertan en TAC porque, además de ofrecer la infraestructura tecnológica necesaria para usar la Web, ofrece la variedad de programas, servicios y aplicaciones gratuitas que nos facilitan los procesos de comunicación, información y difusión para la creación de software.

Recordemos que las ventajas de este soporte tecnológico se centra en: la posibilidad de enviar y recibir información de forma instantánea y la disponibilidad de la información es permanente, para cualquier persona que, además de estar interesada, cuente con una computadora y la conexión adecuada, independientemente de su ubicación territorial en el planeta.

Por último, quiero destacar el espacio que ofrece el software libre para el desarrollo del trabajo y del aprendizaje colaborativo. Aunque los conceptos fueron trabajados en la primera sesión, son incluirlos aquí por dos razones, además de ser atributos a habilitarse y cultivarse por docentes y estudiantes en la educación en competencias, son principios que caracterizan a las TIC convertidas en las Tecnologías del aprendizaje y de la comunicación por los propios usuarios.

6. Conclusiones

La exclusión de las TIC en su sentido de aprendizaje silencioso y colaborativo en la dinámica institucional se debe principalmente por el desconocimiento, apatía y resistencia a conocerlas y a incorporarlas como componente estructural del diplomado o de la creación de programas de actualización para su habilitación en las actividades educativas actuales.

El software -libre y privativo- son herramientas de las TIC (Tecnologías de información y comunicación) y, por consiguiente, son dispositivos pedagógicos -TAC- cuando son empleados, con conocimiento y causa, como modelos educativos. Por su potencialidad formativa en el aprendizaje silencioso y colectivo, tienen que ser privilegiado en la Reforma Integra a la Educación en Competencias debido a su habilitación en las componentes educativas que promuevan como perfil a lograrse.

7. Referencias

[1] http://es.wikipedia.org/wiki/Zeitgeist

[2] Desarrollo de la sesión “Los materiales educativos como prácticas letradas”, AMAD I, Diploma Superior en Educación y nuevas Tecnologías

[3] http://www.peremarques.net/medios.htm

[4] Santos, Julieta Elizabeth. Fascículo 2, Diseño web, Cuaderno 1: Conociendo la Web: ayer y hoy.

Langdon Winner, *¿Tienen política los artefactos?* Publicación original: "Do Artefacts Have Politics?" (1983), en: D. MacKenzie et al. (eds.), The Social Shaping of Technology, Philadelphia: Open University Press, 1985. Versión en español de Mario Francisco Villa Disponible en http://www.oei.es/salactsi/winner.htm

SANCHO, Juana (1994): Para una tecnología educativa. Barcelona: Horsori Editorial.

KALMAN, J. (2003) El acceso a la cultura escrita: la participación social y la apropiación de conocimientos en eventos cotidianos de lectura y escritura. *Revista Mexicana de Investigación Educativa* 8 (17): 37-66, enero-abril.

Gee, James P. (2005). Lo que nos enseñan los videosjuegos sobre aprendizaje y alfabetización. Ed. Aljibe: Málaga, Cap. 2

Ronderos, Paula y Valderrama, Andrés (2003) "El Futuro de la Tecnología: una aproximación desde la historiografía". En Revista .Número 5. OEI.

Perrenoud, Ph. (2000). Construir competencias. Entrevista con Philippe Perrenoud, Universidad de Ginebra. Observaciones recogidas por Paola Gentile y Roberta Bencini. Texto original de una entrevista "El Arte de Construir Competencias " original en portugués en Nova Escola (Brasil), Septiembre 2000, pp.19-31. Traducción: Luis González Martínez
http://mx.search.yahoo.com/search o en archivo: Construir competencias perrenoud.pdf

Acuerdo No. 444

Acuerdo No. 447

Alan Turing (1936). “Los números computables”

http://es.wikipedia.org/wiki/Software_libre

http://tecnologiaedu.us.es/nweb../cursos/asig-nntt/html/karen-slu/5.htm

http://es.wikipedia.org/wiki/Persona_jur%C3%ADdica

http://es.wikipedia.org/wiki/Licencia_de_software

http://es.wikipedia.org/wiki/Software_propietario

http://www.abadiadigital.com/diez-ventajas-del-software-libre-y-propietario/

http://www.gentegeek.com/sl-sp-ventajas-desventajas/

http://www.slideshare.net/ValeAndrade/ventajas-y-desventajas-del-software-libre-y-propietario-5779913

http://tecnologiaedu.us.es/nweb../cursos/asig-nntt/html/karen-slu/3.htm

SISTEMA DE INFORMACIÓN HIDROLÓGICA PARA LA CUENCA DEL RÍO SANTIAGO, MÉXICO.

Jaime Rivera[1], Jaime Velázquez[1]
[1] Coordinación de Hidrología, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
Paseo Cuauhnáhuac No. 8532. Jiutepec, Morelos. 62550, México.
y
David Báez[2]
[2] Proveedor de Servicios de Tecnología de Información.
México, D.F.

RESUMEN

Un sistema de información hidrológica (SIH) es un sistema de cómputo que se compone de una base de datos geográfica sobre el recurso hídrico de un área de interés y de herramientas para consulta, actualización y procesamiento de la información espacial y numérica almacenada en la base de datos. En este trabajo se describe la implementación de un sistema de este tipo que fue desarrollado para apoyar la organización de la información del recurso hídrico superficial en la cuenca del Río Santiago, en México.

El SIH fue implementado en el software ArcGIS® versión 9.3 y se compone de una base de datos geográfica con estructura del modelo de datos ArcHydro en su versión completa, y de un menú que contiene opciones para consultar los datos almacenados en la base a partir de una selección espacial.

El SIH desarrollado es una tecnología de información geográfica útil para apoyar y proporcionar la información requerida en los estudios dirigidos al diagnóstico, planeación y disponibilidad de agua superficial en esta región hidrológica de México.

Palabras clave: Sistema de información hidrológica, base de datos geográfica, modelo de datos ArcHydro, recurso hídrico, Río Santiago

1. INTRODUCCIÓN

Para lograr una adecuada planificación hídrica es necesario tener total conocimiento del recurso hídrico disponible en una cuenca o región hidrológica, tanto en cantidad como en calidad. Se requiere conocer las características topográficas, orográficas, hidrológicas, climáticas y físicas, asentamientos urbanos, usos de suelo, entre otros temas [2]. Todo este conocimiento permite evaluar la disponibilidad del recurso hídrico en una cuenca o región, y con ello obtener una planificación hídrica oportuna y real.

Los sistemas de información geográfica (SIG) son herramientas donde se realiza el procesamiento de la información espacial asociada con el recurso hídrico y con ello apoyar estudios dirigidos al diagnóstico y planeación del recurso hídrico, de actualización de la disponibilidad de agua superficial, de inventarios, caracterización y delimitación de áreas naturales.

En la última década han surgido nuevas tecnologías para almacenar la información espacial y temporal asociada con el recurso hídrico dentro de una plataforma de sistemas de información geográfica. Una de estas tecnologías es el concepto de Sistema de Información Hidrológica (SIH), el cual se define como un sistema de cómputo que integra información espacial y temporal para apoyar el análisis y modelación hidrológica, así como para la toma de decisiones [5]. Este sistema se compone de una base de datos geográfica con la estructura del modelo de datos ArcHydro, la cual contiene datos espaciales y series de tiempo asociadas con el recurso hídrico, y de herramientas para actualización y consulta de estos datos.

En este trabajo se presenta un sistema de información hidrológica para la cuenca de Río Santiago, localizada en la región hidrológica No. 12 Lerma-Santiago-Pacífico, que fue desarrollado para organizar la información del recurso hídrico y apoyar la gestión del agua en esta región.

2. OBJETIVOS

Los objetivos planteados en el desarrollo de este trabajo fueron los siguientes:

- Desarrollar una base de datos geográfica de aguas superficiales en la región.
- Crear un sistema de información hidrológica.

3. ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca del Río Santiago abarca un área aproximada de 75,750 km^2 aproximadamente, lo que equivale a 4% de la extensión territorial del país (Figura 1). Se localiza en la parte central de la República Mexicana y comprende parcialmente los territorios de los siguientes estados: Aguascalientes (7%), Durango (5%), Jalisco (38%), Nayarit (15%), Guanajuato (2%) y Zacatecas (32%).

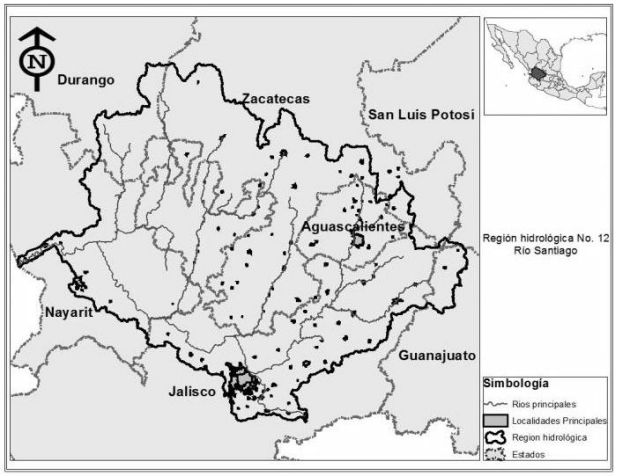


Figura 1. Localización geográfica de la cuenca del Río Santiago.

El sistema hidrológico de la cuenca del Río Santiago está constituido por el río Santiago que es el colector principal del sistema, con poco más de 700 km de longitud, este río tiene su origen en la salida del Lago de Chapala, en donde se localiza el río Zula y la planta de bombeo Ocotlán, en el estado de Jalisco; y termina en la desembocadura al Océano Pacífico, en el estado de Nayarit. Sus principales afluentes son el Río Verde, el río Juchipila, el río Bolaños y el río Huaynamota.

4. METODOLOGÍA

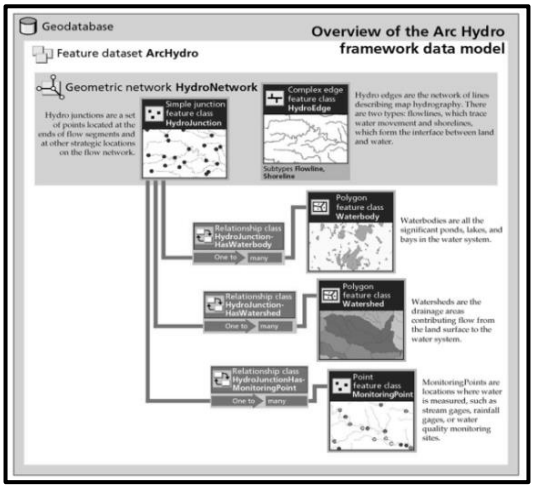
Para la implementación del SIH se construyó la base de datos geográfica de agua superficial de la cuenca y posteriormente se desarrolló el módulo con las opciones de consulta de la información almacenada en la base de datos. A continuación se describe la metodología empleada.

Implementación del modelo de datos ArcHydro de aguas superficiales

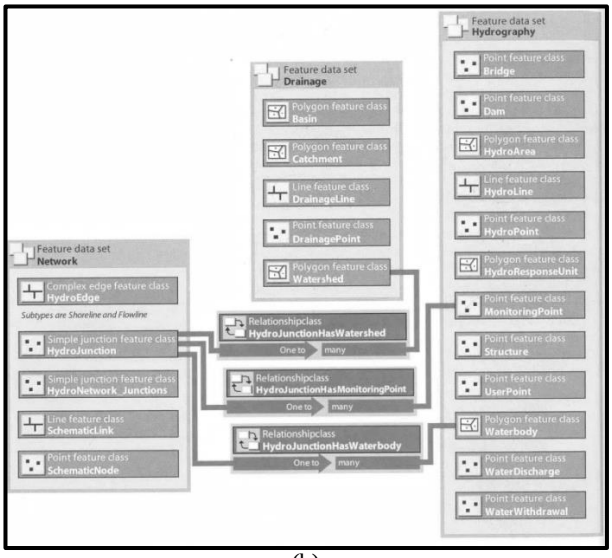
ArcHydro es un modelo de datos geográfico, desarrollado por el Centro de Investigación y Recursos Hídricos (CRWR) de la Universidad de Texas, que propone una estructura para almacenar en una base de datos geográfica, implementada con el software ArcGIS, la información asociada con los recursos hídricos de un área determinada. En particular, un modelo de datos geográfico es una representación del mundo real que puede ser usada en un sistema de información geográfico (SIG) para almacenar, consultar y analizar información espacial [5].

El modelo ArcHydro proporciona dos tipos de estructuras de datos para almacenar y representar un sistema de recursos hídricos: la versión compacta (Framework) y la versión completa. La versión compacta organiza la información en una sola componente denominada ArcHydro, mientras que la versión completa del modelo ArcHydro organiza los datos del recurso hídrico en cinco componentes dentro de la base de datos de geográfica (Figura 2).

Las capas consideradas en la versión compacta son la red hidrográfica (capa HydroEdge), las estaciones de monitoreo donde se miden variables relacionadas con la cantidad y calidad del agua (capa Monitoring point), cuerpos de agua (capa waterbody), delimitación de cuencas (capa watershed) y una capa de puntos de interés sobre la red hidrográfica para propósitos de la modelación (capa HydroJunction).



(a)



(b)

Figura 2. Elementos del modelo ArcHydro en su versión Framework (a) y completa (b) [5].

Los cinco componentes de la versión completa del modelo ArcHydro son: Network, Drainage, Hydrography, Channel y TimeSeries. Cada componente es un conjunto de capas. El componente Network almacena las capas relacionadas con las cuales la red hidrográfica se modela como una red geométrica. El componente Drainage permite almacenar áreas de drenaje definidas por criterios topográficos o administrativos, y líneas de corriente obtenidas a partir de modelos digitales de elevación. El componente Channel proporciona capas para modelar canales. El componente Hydrography incluye las capas definidas en la versión Framework y capas adicionales para representar (como puntos, líneas o polígonos) otros rasgos de la superficie terrestre de interés para la modelación como presas, puntos de descarga, puntos de retiro, etcétera.

Recopilación y procesamiento de información. La información espacial y de series de tiempo que se consideró para implementar el modelo se muestra en la tabla 1. El sistema coordenado que se utilizó para almacenar la información geográfica fue la proyección cónica conforme de Lambert con los parámetros propuestos por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para el país y el datum ITRF92. El software utilizado para implementar la base de datos fue ArcGIS, en nivel ArcInfo, versión 9.3.

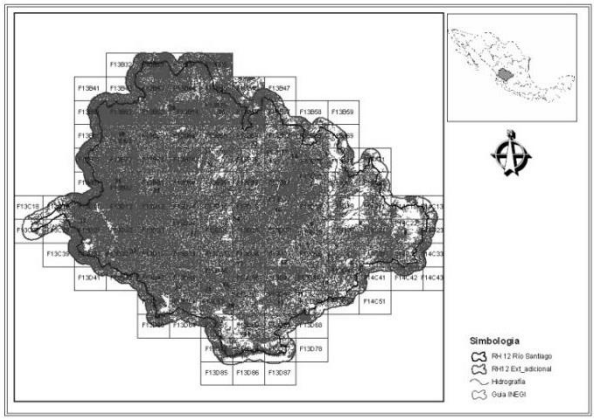
Tabla 1. Capas consideradas y fuentes de datos usadas en la implementación del modelo ArcHydro de aguas superficiales.

Nombre de la capa en el modelo ArcHydro	**Temas que contiene**	**Fuente**
HydroEdge	Líneas de corriente	INEGI - escala 1:50,000 [3]
HydroJunction	Puntos de interés dentro del sistema hidrológico	Definidos con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)

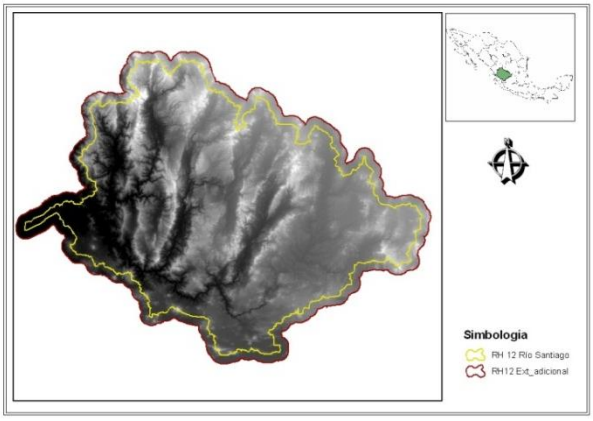
Tabla 1. Capas consideradas y fuentes de datos usadas en la implementación del modelo ArcHydro de aguas superficiales (Cont.)

Nombre de la capa en el modelo ArcHydro	**Temas que contiene**	**Fuente**
MonitoringPoint	Estaciones hidrométricas y climatológicas	CONAGUA
WaterBody	Cuerpos de agua correspondientes a presas, lagos y lagunas	INEGI - escala 1:50,000 [3]
Watershed	Límites de cuencas hidrológicas	Obtenidos con MDE de INEGI, con resolución de 50 m.
Dam	Ubicación de presas y características generales	CONAGUA
WaterWithdrawal	Puntos de extracción de agua (Aprovechamientos superficiales)	CONAGUA
TimeSeries (Series de tiempo)	Datos diarios o mensuales de gasto medio diario, precipitación, evaporación, temperatura max., min. y ambiente, y datos de almacenamientos.	(CLICOM,2002), (BANDAS,2007) y CONAGUA
Basin	Límite general de la cuenca	Obtenido con MDE de INEGI, con resolución de 50 m. [1]

El primer paso para implementar el modelo fue elaborar los mosaicos de información vectorial de hidrografía y cuerpos de agua y del Modelo Digital de Elevación (MDE) para cada una de las cuencas del estudio, considerando un buffer de 10 km alrededor de ellas para tener una mejor definición de las cuencas (Figura 3). La cuenca del Río Santiago queda comprendida en 124 cartas de datos vectoriales en escala 1:50,000.



(a)



(b)

Figura 3. Mosaico vectorial (a) y de tipo raster (b) de la región hidrológica del Río Santiago.

El segundo paso consistió en editar la red hidrográfica de cada cuenca para que ésta cumplieran con las características que se requieren para formar la red geométrica: totalmente conectada, sin ciclos y con dirección de flujo asignada. La edición de los ríos se realizó apoyándose en las siguientes fuentes de información: MDE, cartas topográficas digitales, Google Earth e imágenes de satélite tomadas del acervo existente en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), ver figura 4.

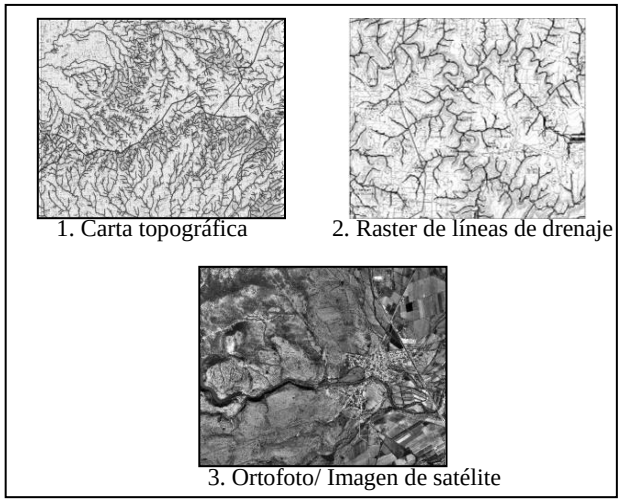


Figura 4. Proceso de edición de la red hidrográfica.

El siguiente paso consistió en definir los parteaguas de las 33 cuencas que conforman la cuenca del Rio Santiago utilizando la red hidrográfica y la información de tipo raster. La obtención del parteaguas se realizó en varios pasos, que incluyeron la obtención de los rasters de dirección y acumulación de flujo, y un raster de área de aportación para cada corriente (catchments), entre otros. La figura 5 muestra los parteaguas de las cuencas que conforman toda la cuenca del río Santiago al finalizar el proceso de delimitación.

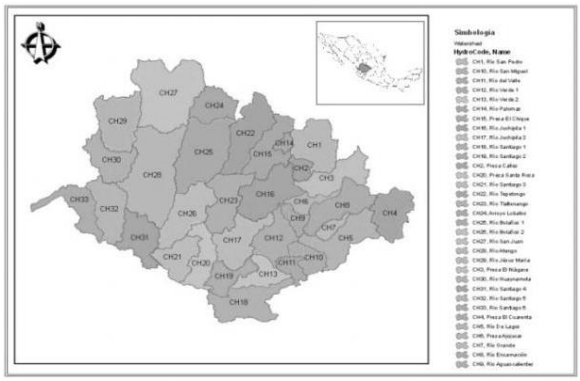


Figura 5. Delimitación de las cuencas de la región del Río Santiago utilizando ArcHydro.

Debido a que el volumen de datos que representa el MDE de cada cuenca es muy grande y se dificulta el procesamiento si se desea hacerlo para toda la región, el proceso de definición de cuencas se procesó de forma individual. Al finalizar el proceso de delimitación de todas las cuencas de la región, se unieron los resultados de todas ellas para tener la región hidrológica completa a través del proceso llamado Regionalización [4].

El cuarto paso consistió en integrar los datos descriptivos de las estaciones hidrométricas y climatológicas en una sola tabla, dejando una columna para indicar el tipo de estación (campo FType). Esta tabla pasa a formar la feature class Monitoring Point dentro de la base de datos geográfica. Los datos descriptivos, como el nombre y coordenadas, entre otros, fueron tomados de catálogos disponibles en la CONAGUA.

El penúltimo paso consistió en adecuar las series de tiempo de hidrometría, climatología y datos de almacenamientos en el formato de cuatro columnas que maneja el modelo ArcHydro, donde se almacena la clave de la estación donde se mide el valor, la clave de la variable, la fecha y el valor medido. Se consideró conveniente agregar una dimensión (columna) más, para indicar el origen de los datos.

Como último paso se creó la base de datos geográfica, la cual se implementó del tipo FileGeodatabase con la aplicación ArcCatalog de ArcGIS y consistió de los siguientes pasos: primero se creó una FileGeodatabase vacía y posteriormente se aplicó el esquema del modelo de datos ArcHydro. Finalmente, se cargó toda la información espacial y de series de tiempo que fue generada e integrada en los pasos descritos anteriormente. También se integró en la base de datos información de contexto relacionada con localidades rurales y urbanas, división política estatal y municipal, edafología y uso de suelo.

Implementación del sistema de información hidrológica (SIH)

Dentro de la plataforma ArcGIS se implementó un menú con opciones de consulta para acceder a la información almacenada en la base de datos geográfica. El menú se desarrolló a través de una serie de procedimientos informáticos mediante Microsoft Visual Basic for Applications (VBA), que es el lenguaje nativo de la plataforma ArcGIS, para que a través del menú de consulta se visualice la información descriptiva y numérica asociada a cada capa geográfica por medio de ventanas de diálogo.

Las opciones para la consulta que contiene el menú son "Selección por cuenca" que muestra la información descriptiva de cada capa geográfica por cuenca, y la opción "Consultas" que muestra los datos históricos asociados con estaciones de medición y presas, así como información puntual de aprovechamientos superficiales.

Las opciones de consulta de la información descriptiva permiten la generación de un reporte en formato PDF de Adobe Reader. La consulta de información relacionada con las series de tiempo incluye las siguientes opciones: consultar los datos de una estación de monitoreo especificando la variable y un periodo de tiempo, exportar los datos a un archivo de Microsoft Excel y visualizar de forma gráfica los datos.

5. RESULTADOS

Base de datos con la estructura ArcHydro

La figura 6 muestra la estructura de la base de datos geográfica que se implementó para la cuenca del Río Santiago, tal como se visualiza con la aplicación ArcCatalog del software ArcGIS. La figura muestra todos los componentes del modelo de datos de ArcHydro en su versión completa. La base de datos contiene siete features datasets, tres están definidos por el modelo ArcHydro (Drainage, Hydrography y Network); cuatro más se agregaron para almacenar información de contexto. Dentro de la información de contexto que se almacenó en la base de datos se encuentran mapas de uso del suelo, edafología, localidades urbanas y rurales y división política, entre otros datos.

Además de los feature datasets, la base de datos contiene tablas y relaciones propias del modelo ArcHydro, y otras que fueron consideradas necesarias para dar mayor claridad a los datos.

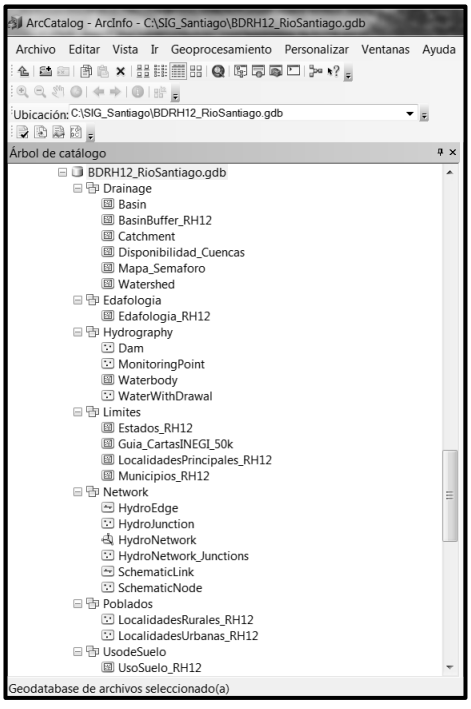


Figura 6. Estructura de la base de datos geográfica implementada para la cuenca hidrológica Río Santiago.

Sistema de información hidrológica (SIH)

La figura 7 muestra la ventana principal del sistema de información hidrológica ejecutándose en el módulo ArcMap como un proyecto de ArcGIS. En la ventana principal del sistema se observa el menú de consultas implementada para la información descriptiva y de las series de tiempo.

El menú de consultas del sistema de información geográfica para la cuenca del Río Santiago dentro de la plataforma ArcGIS se desarrolló mediante programación en Visual Basic for Applications (VBA). Las opciones del menú permiten consultar la información descriptiva y numérica asociada con capas geográficas específicamente de la cuenca del Río Santiago. Las consultas se realizan seleccionando una capa geográfica o seleccionando una cuenca hidrológica.

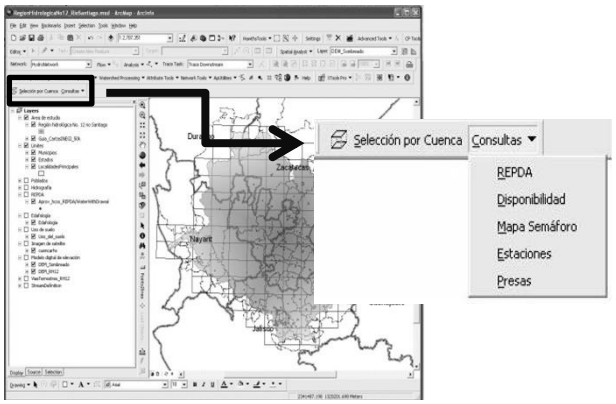


Figura 7. Ventana principal del sistema de información hidrológica para la región hidrológica No. 12 Río Santiago.

Opción "*Selección por cuenca*". La opción "Selección por cuenca" muestra la información descriptiva para cada una de las cuencas hidrológicas que forman parte de toda la cuenca del Río Santiago. Para consultar la información se selecciona la opción *Selección por cuenca* y se da un clic con el mouse sobre una cuenca de la capa geográfica de cuencas hidrológicas.

Esta opción realiza una selección de la información descriptiva de las capas geográficas de Estaciones hidrométricas y climatológicas, Presas de almacenamiento, Cuerpos de agua, Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), Edafología, Uso de Suelo, Localidades urbanas y rurales. La información descriptiva que se muestra en las pestañas incluidas dentro de la ventana de dialogo corresponde únicamente a la información que se localiza dentro de la cuenca hidrológica seleccionada.

La figura 8 muestra la ventana de diálogo con el resultado de la consulta de datos descriptivos de estaciones de monitoreo ubicadas en la cuenca Presa el Cuarenta. Los temas incluidos en la ventana de diálogo corresponden a "Estaciones Hidrométricas y climatológicas", "Presas", "Cuerpos de agua", "registros REPDA", "Edafología", "Uso de suelo" y "Localidades Urbanas y Rurales". Cada pestaña muestra información descriptiva de cada tema para la cuenca seleccionada. Una vez que se han extraído, los datos se pueden exportar a un archivo en formato PDF, ver figura 9.

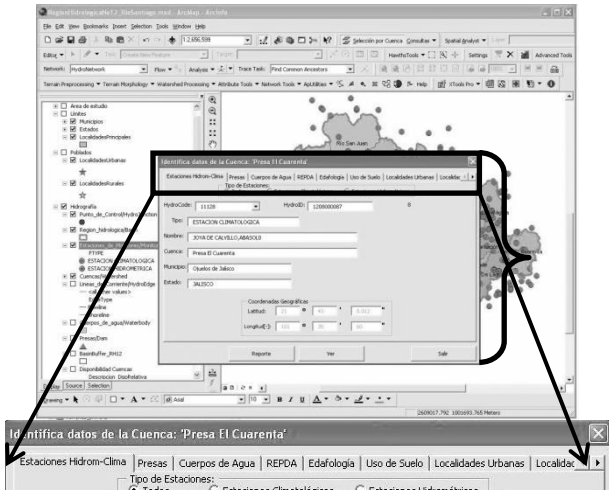


Figura 8. Consulta de la información descriptiva utilizando la opción *Selección por cuenca*. Estaciones climatológicas.

El reporte en formato PDF muestra el nombre de la cuenca, su área en km2 y una lista de las estaciones climatológicas, la cuenca y municipio donde se localizan y sus coordenadas geográficas.

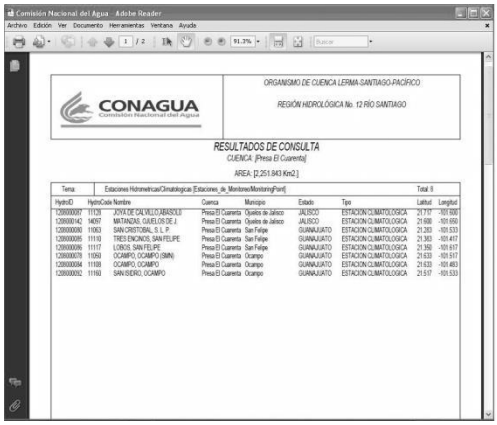


Figura 9. Resultados de la consulta de estaciones de medición en formato "PDF".

Opción "*Consultas*". Esta opción permite consultar los datos históricos asociados con las capas geográficas de estaciones hidrométricas y climatológicas, presas de almacenamiento así como información puntual del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) e información de disponibilidad de agua superficial por cuenca.

Para consultar los datos históricos se requiere seleccionar la capa geográfica y dando clic con el botón derecho del mouse se despliega una ventana de diálogo donde se muestran gráficamente los datos. En la ventana de diálogo se puede definir el intervalo de tiempo de los datos (diario o mensual), el periodo de información y la clave de la estación seleccionada. También se incluyó una opción para exportar la gráfica a un archivo de Microsoft Excel.

Los datos que se grafican son los gastos medios diarios y mensuales de las estaciones hidrométricas. Las temperaturas máximas, mínimas y observadas, precipitaciones y evaporaciones de las estaciones climatológicas. De la capa de presas de almacenamiento se pueden graficar las curvas de elevación área capacidad y los datos de almacenamientos,

ingresos, evaporaciones, precipitaciones, extracciones, derrames y filtraciones.

La información numérica es la que se encuentra almacenada en la tabla de series de tiempo (TimeSeries) y corresponde con los datos diarios de "Evaporación", "Precipitación", "Temperaturas máxima, mínima y observada" en el caso de estaciones climatológicas y del "gasto medio diario" en el caso de estaciones hidrométricas.

La figura 10 presenta el resultado de la consulta de los datos de precipitación para la estación climatológica "Guadalupe Trancoso". Se pueden consultar los datos de las variables mostradas en la parte inferior de la ventana y se puede definir un periodo sobre el que se desea consultar los datos. La misma ventana se utiliza para presentar gráficamente la información de estaciones climatológicas e hidrométricas.

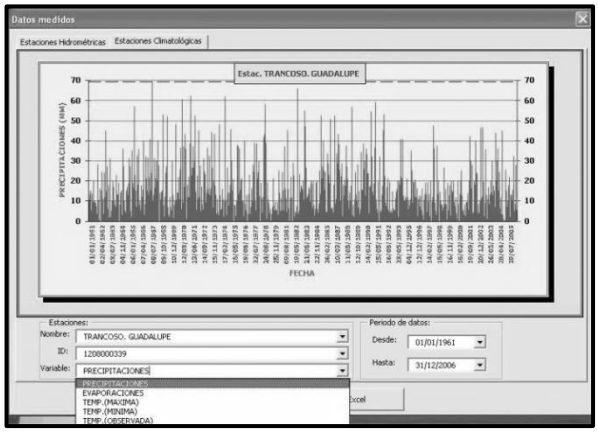


Figura 10. Despliegue gráfico de los datos de precipitación reportados en estaciones climatológicas.

La información numérica de presas corresponde con sus "volúmenes de Evaporación y Precipitación, "Almacenamientos, Volúmenes de ingreso, Extracciones y Derrames" registrados en un intervalo mensual. Además de información histórica, las presas de almacenamiento contienen información asociada con su curva de elevaciones-áreas-capacidades, si cuentan con ella.

La figura 11 muestra la gráfica de la variable de evaporación en la Presa "Julián Adame Alatorre". La información numérica mostrada en las gráficas puede ser exportada a un formato de Microsoft Excel si el usuario así lo desea.

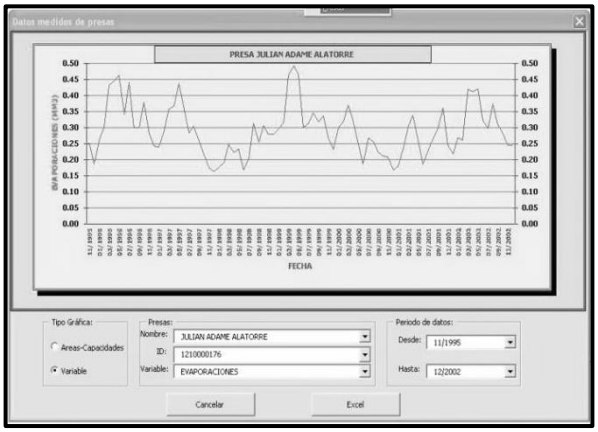


Figura 11. Despliegue gráfico de los datos de evaporación reportados en presas de almacenamiento.

6. CONCLUSIONES

El SIH presentado en este trabajo permitió organizar los datos asociados al recurso hídrico en una estructura estándar, integrando datos espaciales y series de tiempo en un sólo depósito de datos (base de datos geográfica), con lo cual se redujeron los problemas asociados a la información. También permite realizar consultas de la información geográfica y extraer los datos registrados en las estaciones hidrométricas, climatológicas y presas, así como conocer los periodos de registro de esta información.

El sistema de información constituye una herramienta útil que proporciona información espacial y numérica para apoyar estudios dirigidos a la gestión y planeación del recurso hídrico en esta importante región del país.

7. REFERENCIAS

[1] Departamento de Geografía, INEGI. *Modelos digitales de elevación (MDE) escala 1:50,000*. México.

[2] Hidalgo Toledo Jorge Arturo, Francisco Salinas Estrada, Alberto Balancán Soberanís, Jaime Velázquez Álvarez, Enrique Sánchez Camacho, Alberto Güitrón de los Reyes, Armando Trelles Jasso, Ana Wagner Gómez y Ma. del Carmen Barragán Barrios. *Módulo IV, La planificación hídrica. Diplomado en gestión integrada del agua*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México, 2004.

[3] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, *Conjunto de datos vectoriales y cartas topográficas imagen digital, escala 1:50,000*. México.

[4] Patiño, C., McKinney D., & Maidment D. (2007). *Sharing Water Resources Data in the Bi-National Rio Grande/Bravo basin*. Journal of Water Resources Planning and Management. American Society of Civil Engineers. Volume 133/ Number 5. September/October 2007, pp 416 - 426.

[5] Maidment, David R. *ArcHydro GIS for water resources*. ESRI Press. Redlands, California, USA, 2002.

Diseño de un sistema electrónico para controlar la temperatura en un microclima

Carlos Aguilar López*a [1]
José E. Moisés Gutiérrez Arias*b
Iván Noé Pérez Ramírez*c
José Eladio Flores Mena*d
Ma. Montserrat Morín Castillo*e
* Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 14 Sur Avenida San Claudio, Ciudad Universitaria, C.P. 72570, Tel. (222) 229-55-00 ext. 7405. Puebla, Pue., México

RESUMEN

El presente trabajo consiste, en diseñar y construir un prototipo de un sistema electrónico que sea capaz de controlar la temperatura al interior del microclima. La construcción del sistema electrónico de control conlleva al desarrollo de cuatro etapas, la etapa de alimentación, el acondicionamiento del sensor, una etapa de control realizada en un microcontrolador y una etapa de potencia, la cual obedece a una ley de control que dicta el comportamiento de la señal hacia los actuadores los cuales realizan la tarea de calefacción o enfriamiento. **Palabras Claves:** Microclima, Sistema electrónico de control, microcontrolador, actuadores, etapa de potencia.

1. INTRODUCCIÓN

La idea de utilizar control por retroalimentación es mantener ó satisfacer ciertas condiciones que se suponen son favorables para el cultivo. Un control simple de lazo cerrado es raro en el control del clima de un microclima, dado que no hay una conexión clara entre las variables a ser controladas y los actuadores disponibles. Las ventanas por ejemplo, se emplean tanto para el control de la temperatura como para el de la humedad. Modificando la temperatura mediante calefacción también se afecta la humedad relativa. Incluso las restricciones de control operacionales son afectadas. Sin embargo, los controles multivariable por retroalimentación propiamente diseñados son relevantes en un ambiente jerárquico.

Rangos aceptables de operación ó puntos de ajuste varían con respecto al tiempo. Con frecuencia, en una computadora del clima real, estas curvas y límites están definidos por un cierto número de puntos bien definidos llamados ajustes. En la práctica, dichos ajustes se eligen de manera heurística por el agricultor en base a su propia experiencia, una base de datos bien definida y/o un despliegue visual del estado de la cosecha.

Los ajustes pueden también ser originados a partir de optimización estacional, es decir, la solución del subproblema tomando como base una gran escala de tiempo. Para el cálculo de las trayectorias deseadas, no existe compromiso alguno entre los beneficios obtenidos de la venta del cultivo y los costos de operación. Con esta aproximación, el problema se reduce al diseño del control.

2. Diseño del sistema de control

Fuente de alimentación

Esta primera etapa está encargada de suministrar el voltaje de alimentación requerido en la mayorñia de los componentes utilizados. La topología empleada en el diseño de esta fuente de voltaje se observa en la Figura1 (se diseña a 5 V, 1.5 A)

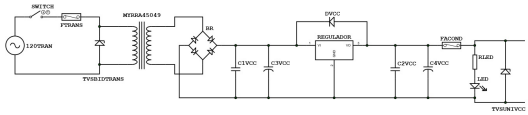


Figura 1: Fuente de alimentación

A la entrada del circuito se han añadido un fusible y un diodo supresor de transitorios (TVS) como protección en caso de que el circuito llegara a presentar una falla y demandar una cantidad de corriente superior a la que el transformador es capaz de entregar. Debido a la automatización de las variable de temperatura del microclima a controlar, los actuadores encargados de estabilizarla en valores aceptables estarán siendo llevados de apagado a encendido y viceversa frecuentemente. Esta conmutación constante puede provocar un sobrevoltaje transitorio sobre el actuador que puede llegar a dañarlo. Para evitar este tipo de desperfectos en el desempeño del circuito, se decide utilizar diodos supresores de transitorios de voltaje (TVS), cuya función es precisamente sujetar el nivel del potencial de alimentación por debajo de cierto máximo permitido. Dependiendo de si el actuador opera en voltaje de DC ó AC, existen TVS unidireccionales y bidireccionales.

[1] a)alca081386@gmail.com; b)jmgutierrez@ece.buap.mx; c)ivann.pr@gmail.com; d)eflores@ece.buap.mx; e) mmorin@ece.buap.mx

En cuanto a la selección del modelo de diodo TVS bidireccional, se considera el voltaje pico suministrado por la toma de corriente. Utilizando un multímetro se midió el voltaje RMS dado por la toma, obteniendo así 130 VRMS. De ésta forma, el voltaje pico será:

$$V_p = \sqrt{2}V_{RMS} = 184V_p \quad (1)$$

En el caso del diodo TVS unidireccional colocado a la salida de la fuente de alimentación, se selecciona uno con un voltaje de Stand-off de 5 V .

Acondicionamiento del sensor

Respecto a los componente de esta etapa del diseño ver figura 2, la fuente de voltaje está alimentando a un sensor de temperatura LM35 de intemperie y un OpAmp LM358. El motivo de emplear este sensor de temperatura es que al estar diseñado para operar en la intemperie, factores del microclima tales como la humedad no afectarán de manera crítica su funcionamiento. Dentro de sus características principales se encuentran:

- Voltaje de alimentación: 5 a 20 VDC.
- Salida con factor lineal: 10 mV / °C
- Rango de medición: -50 a + 150 °C
- Precisión: 0.5 °C

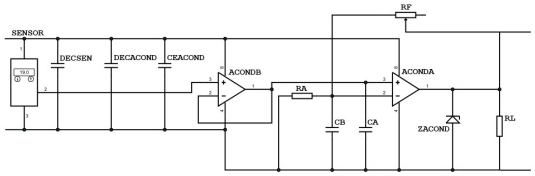


Figura 2: Acondicionamiento del sensor

Cuando se elige un transductor es importante considerar los rangos de salida de este. Con frecuencia el sensor requiere un acondicionamiento de la señal para ser adquirida por la parte DAQ. La impedancia es una combinación de resistencia, inductancia y capacitancia a lo largo de las terminales de entrada y salida de un circuito. En la Figura 3 se puede observar la impedancia resistiva de salida de un transductor y la impedancia de entrada resistiva de un dispositivo DAQ. En la realidad, la capacitancia y la inductancia también están presentes en todos los sistemas DAQ. Es importante que la impedancia de entrada del DAQ sea mucho mayor en relación con la impedancia de salida del transductor empleado. En general, entre mayor sea la impedancia de entrada del DAQ, menor será la perturbación en la señal medida por este.

Si se toman en cuenta las impedancias resistivas, como en la Figura 3, la impedancia de salida del transductor y la impedancia de entrada del DAQ crean un divisor de voltaje. El voltaje de entrada real al amplificador de instrumentación del DAQ (PGIA) se puede calcular con la ecuación (2):

$$V_{in} = [V_s][R_d/(R_s + R_d)] \quad (2)$$

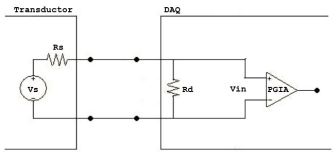


Figura 3: Modelo típico de transductor-DAQ

Por ejemplo, si R_s y R_d son iguales, el voltaje a través del PGIA y el DAQ es la mitad del voltaje de salida del transductor. Esto da como resultado un comportamiento indeseado en los sistemas de medición. Si R_d es extremadamente grande y R_s extremadamente pequeño, entonces V_{in} y V_s son casi iguales. En caso de no ser posible utilizar un transductor con una impedancia de salida baja, se debe utilizar un seguidor de voltaje que utilice amplificadores operacionales de ganancia unitaria por cada fuente de alta impedancia antes de ser conectada al DAQ. Esta configuración es conocida comúnmente como buffer de gananca unitaria, y disminuye la impedancia de la fuente conectada al dispositivo DAQ. Una fuente de voltaje es requerida para alimentar al OpAmp, dicha fuente debe estar conectada a la misma tierra del DAQ.

De acuerdo con la configuración de entrada, la terminal negativa del transductor se conecta a la tierra del PGIA (ver Figura 4).

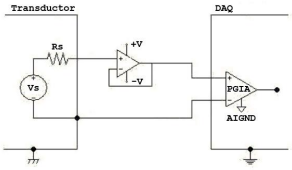


Figura 4: Seguidor de volt conexión a tierra común

La ventaja que el OpAmp LM358 presenta ante otros de uso mas común es que requiere únicamente de una fuente de alimentación, además de que el rango de voltajes de operación va de 3 VDC a 32 VDC. Por estas razones dicho OpAmp se considera adecuado para el propósito de este trabajo. Tanto el sensor como el OpAmp serán alimentados por la fuente de voltaje de 5 V . De acuerdo con la Figura 2, a la salida del seguidor de voltaje se conecta un OpAmp en configuración de amplificador no inversor. La razón de esto es que el voltaje obtenido del sensor de temperatura está en el rango de los milivolts. Estos niveles de voltaje son insuficientes para ser registrados correctamente por la etapa DAQ del controlador, que requiere voltajes de 0 a 5 V DC.

Los cálculos realizados para el valor de los componentes en el seguidor no inversor se muestran a continuación:

$$A_{CL} = \frac{V_0}{E_i} = 1 + \frac{R_f}{R_a} \tag{3}$$

Se buscará que el voltaje medido a la salida del seguidor sea amplificado 10 veces. De esta manera el rango de voltaje obtenido a la salida del amplificador no inversor irá de 0 a 5 V , que corresponde a una temperatura medible de 0 a 50 °C. De esta manera se tiene:

- Ganancia:A_{CL}= 10
- Resistencias:R_A=10 KΩ, R_L= 27 KΩ
- Capacitancias:C_A= C_B= 0.1 μF

A partir de estos datos y de la ecuación (3) se obtiene el valor de R_F:

$$R_F = (A_{CL} - 1)R_a = 90K\Omega \tag{4}$$

Etapa de control

De acuerdo como se muestra en la Figura 5, el dispositivo de control elegido, un microcontrolador PIC18F4550 de Microchip, esta alimentado por la fuente de voltaje diseñada en la primera etapa. El voltaje de salida de la señal del sensor acondicionada ingresa por uno de los canales analógicos, mientras que para la salida hacia los relevadores de activación de los ventiladores se utilizan dos puertos bidireccionales digitales, además de la utilización de un módulo CCP en modo PWM que se conecta hacia el calefactor. Además de esto, se conecta un módulo LCD al puerto B del microcontrolador que estará desplegando siempre el valor de la temperatura actual dentro del microclima, además de mostrar si esta se encuentra dentro ó fuera de los rangos permitidos.

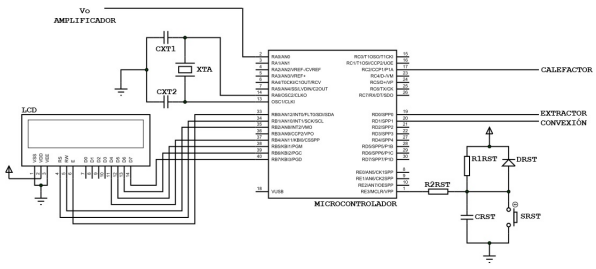


Figura 5: Controlador del sistema

Actuadores

Como última etapa en el diseño de la implementación del sistema se tiene el circuito de activación de los actuadores encargados de aumentar ó disminuir la temperatura del microclima en el invernadero (ver Figura 6).

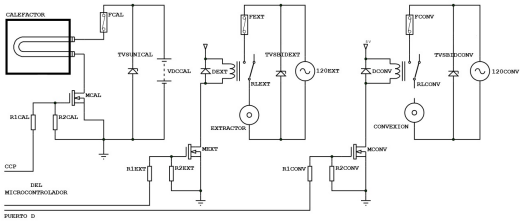


Figura 6: Actuadores

Dado que el objetivo de los actuadores es mantener la temperatura al nivel obtenido de acuerdo a la teoría de control óptimo, se emplean tres actuadores en total. El primer actuador es una resistencia calefactora que opera en conjunto con el tercer actuador, un ventilador para convexión, a cargo de elevar la temperatura hasta alcanzar el nivel deseado. Este tercer actuador pondrá en circulación el aire caliente alrededor de la resistencia calefactora. El segundo actuador es un ventilador extractor cuyo propósito es el de disminuir la temperatura en caso de que esta se encuentre por encima del nivel permitido. Si la temperatura se encuentra por encima del rango permitido únicamente se accionará el extractor, mientras que si se requiere aumentar la temperatura el ventilador para convexión será activado, además de que un control PID estará a cargo de la activación de la resistencia calefactora. Refiriéndose al diagrama propuesto en la Figura 6, de dos de las salidas digitales en el puerto D del microcontrolador se toman las señales encargadas de la activación de los ventiladores y un módulo CCP se conecta hacia el calefactor. El motivo de utilizar un transistor MOSFET canal N para cerrar el circuito de activación de los actuadores es que este tipo de transistor se activa debido a un voltaje en su terminal de compuerta. Un MOSFET requiere una corriente insignificante en la terminal de Gate, pero requiere que se garantice un voltaje mínimo para su activación. Dicho voltaje viene especificado en la hoja de datos como “Threshold Voltage”. Además, se debe tener en cuenta que la alta impedancia de entrada del MOSFET hace que se requiera una resistencia que mantenga la terminal Gate con un potencial bajo cuando el microcontrolador se encuentra en reset. La conexión se puede observar en la parte inferior de la Figura 6. La resistencia en el Gate del MOSFET no debe permitir que se exceda la corriente máxima admisible del pin, generalmente un valor de 10 a 100 KΩ funciona bien y permite mantener el MOSFET en estado de corte aunque el Gate este desconectado o el microcontrolador se encuentre en reset.

En cuanto a la parte del circuito de los relevadores, la corriente que fluye a través de la bobina de cada relevador crea un campo magnético el cual cae de repente cuando la corriente deja de circular por ella. Esta caída repentina del campo magnético induce sobre la bobina un breve pero alto voltaje, el cual es muy probable que dañe transistores y circuitos integrados. El diodo de protección permite al voltaje inducido conducir una breve corriente a través de la bobina y el diodo, de esta manera el campo magnético se disipa rápidamente. Esto previene que el voltaje inducido se haga suficientemente alto como para causar algún daño a los dispositivos. A manera de protección, de igual forma que en la primera etapa, aquí se coloca un diodo TVS bidireccional en paralelo con la toma de voltaje de AC de los ventiladores y un diodo TVS unidireccional para el calefactor con motivo de evitar transitorios de voltaje que puedan dañar a los actuadores. Además se conecta en serie con cada actuador un fusible en caso de que se llegue a exceder la corriente máxima que circule por ellos. Para la implementación del dispositivo, uno de los tipos de calefactores más utilizado en los invernaderos comerciales es de tipo tubular. Sin embargo, muchos de estos actuadores carecen de un control a cargo de su encendido y apagado automático, es decir que no están automatizados. Para el TVS unidireccional se elige el NTE4920 , cuyo voltaje de stand-off de 12.8 V . Los tres actuadores seleccionados para hacer las pruebas iniciales son:

- Ventiladores de extracción y convexión: TY JY A221225HBL, 120 VAC, 0,12 A, 70 CFM, 120 X 120 X 25 mm
- Resistencia calefactora: Schumacher 1224, 12 VDC, 12,5 A, 198 X 172 mm

Diseño del control

Una vez ya bien definidas y hecho el diseño de cada una de las etapas del circuito a cargo del control de temperatura, se realiza el programa del microcontrolador. Para controlar al primer actuador, el calefactor, se diseña un controlador de tipo PID que se encarga de mantener la temperatura al interior del invernadero dentro del rango permitido de acuerdo con los valores de control óptimo. En la Figura 7, se muestra el diagrama de flujo del comportamiento del sistema de control en general. Es a partir de este que se programa el microcontrolador.
Uno de los controladores que se emplean en el control de temperatura es el PID, que de acuerdo con la teoría de control, en general responde a la ecuación (5), dada por:

$$u(t) = k_p e(t) + \frac{K_p}{T_i}\int_t^0 e(t)dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \qquad (5)$$

donde:

- e(t) error de la señal
- u(t) entrada de control
- K_p ganancia proporcional
- T_i constante de tiempo real
- T_d constante de tiempo derivativa

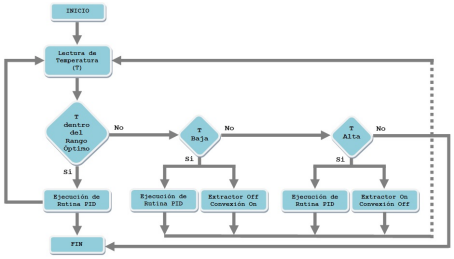


Figura 7: Diagrama de flujo de control gral.

En el dominio de la frecuencia (s), aplicando transformada de Laplace a la ecuación (5), el controlador PID se puede escribir como se muestra a continuación en la ecuación (6):

$$U(s) = k_p[1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s]E(s) \qquad (6)$$

En un controlador PID se tienen tres parámetros K_p, T_i, T_d los cuales interactúan uno con otro y su ajuste para obtener el mejor control posible puede ser complicado. Ziegler/Nichols sugirieron valores para los parámetros de control PID basados en análisis de lazo abierto y lazo cerrado del proceso a controlar. En lazo abierto, muchos procesos pueden definirse según la siguiente función de transferencia ecuación (7):

$$G(s) = \frac{k_0 e^{s_0}}{(1 + s\gamma_0)} \qquad (7)$$

Donde los coeficientes k_0, T_0 y γ_0 se obtienen de la respuesta del sistema en lazo abierto a una entrada escalón. Se parte del sistema estabilizado en y(t) = y_0 para u(t) = u_0, se aplica una entrada escalón de u_0 a u_1 (el salto debe estar entre un 10 % y un 20 % del valor nominal) y se registra la respuesta de la salida hasta que se estabilice en el nuevo punto de operación.

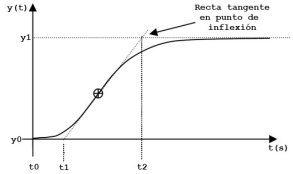


Figura 8: Respuesta de salida a una entrada escalón

Basándose en la Figura 8, se pueden obtener los parámetros de esta respuesta:

- T_0=t_1-t_0

- $\gamma_0 = t_2 - t_1$
- $k_0 = \frac{y_1 - y_0}{u_1 - u_0}$

De acuerdo con Ziegler/Nichols, las relaciones de estos coeficientes con los parámetros del controlador están dadas por el conjunto de ecuaciones (8):

$$K_p = \frac{1{,}2\gamma_0}{k_0 T_0} \qquad T_i = 2T_0 \qquad T_d = 0{,}5T_0. \tag{8}$$

Dado que se está trabajando con un controlador digital, se debe tratar al PID como discreto, que viene dado por la transformada Z, obteniendo de esta manera la ecuación (9):

$$U(z) = E(z)K_p[1 + \frac{T}{T_i(1 - z^{-1})} + T_d\frac{(1 - z^{-1})}{T}] \tag{9}$$

Así entonces:

$$\frac{U(z)}{E(z)} = \alpha + \frac{b}{(1 - z^{-1})} + c(1 - z^{-1})] \tag{10}$$

donde: $\alpha = K_p.$ $b = \frac{K_p T}{T_i}.$ $c = \frac{K_p T_d}{T}$

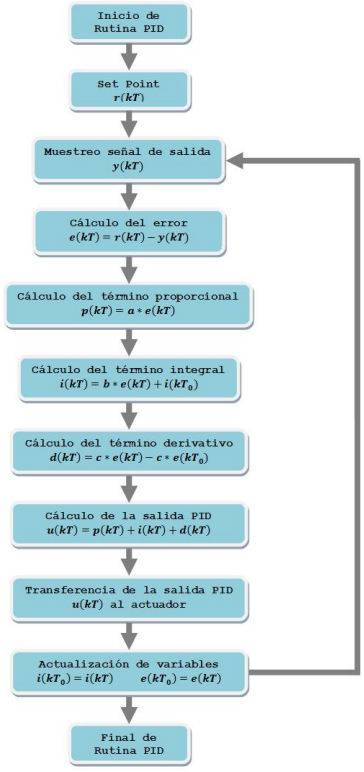


Figura 9: Diagrama de flujo del controlador PID

El diagrama de flujo sobre el cual se basa el algoritmo empleado para programar el microcontrolador se muestra en la Figura 9. El muestreo debe ser mucho menor que el tiempo de establecimiento del sistema en lazo abierto. En el modelo de Ziegler/Nichols se toma un valor de T $< T_0/4$ ó equivalentemente T $< \gamma_0/10$. Un problema asociado a este tipo de diseño es el llamado ïntegral windup", el cual puede provocar largos períodos de sobreimpulsos originados por los valores excesivos que alcanza la señal de control debido a la acumulación en el integrador. Para evitar este problema se limita la señal de control entre un valor máximo y otro mínimo, impidiendo que el integrador actúe cuando se superan esos límites. El siguiente paso es ahora tomar el actuador calefactor y hacer un análisis transitorio del mismo para calcular los parámetros T_0, γ_0 y K_0 en simulación.

3. SIMULACIÓN

A continuación se ponen en funcionamiento ambos actuadores para registrar su respuesta transitoria y poder obtener así los valores necesarios para realizar los cálculos del controlador PID. Esta respuesta se muestra en la gráfica de la Figura 10.

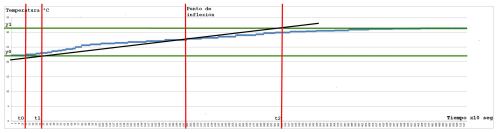


Figura 10: Análisis transitorio de los actuadores

De acuerdo con la Figura 10, al trazar la recta tangente en el punto de inflexión, se pueden determinar los parámetros necesarios para obtener el control PID y pasar obtener los coeficientes T_0, γ_0 y K_0 y apartir de los coeficientes, se calculan los parámetros K_p, T_i, y T_d de acuerdo con Ziegler Nichols. Contando ahora con los valores de los coeficientes y parámetros obtenidos de la gráfica de respuesta transitoria, se calculan los valores de a, b y c, recordando que el muestreo debe cumplir: T $< T_0/4 = 45$

Ya con todos los datos se realiza el programa del microcontrolador, basándose en los diagramas de flujo de las Figuras 7 y 9 a cargo del control general y el controlador PID respectivamente, para inicialmente ser simulado en el software Proteus

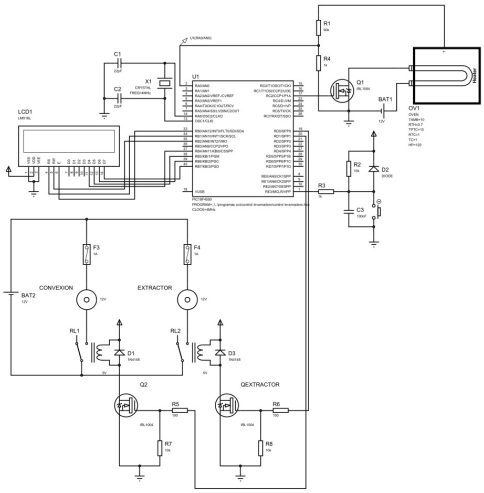


Figura 11: Diagrama esquemático de la simulación

La gráfica con los resultados obtenidos en dicha simulación se muestra a continuación en la Figura 12:

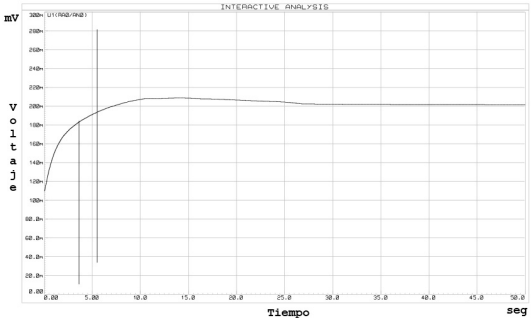


Figura 12: Grafica resultante de la simulación

Con esta última gráfica, se comprueba que el tanto el programa como el diagrama funcionan correctamente, manteniendo la temperatura a un nivel especificado en el programa del microcontrolador, por lo que se procede a realizar el diseño del PCB del dispositivo.

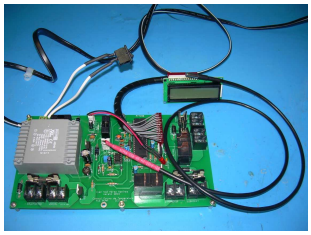


Figura 13: Temperatura desplegada en LCD

Se carga el programa de control, incluyendo la rutina de control PID realizado a partir de los parámetros obtenidos y se realizan las pruebas finales con los actuadores seleccionados.

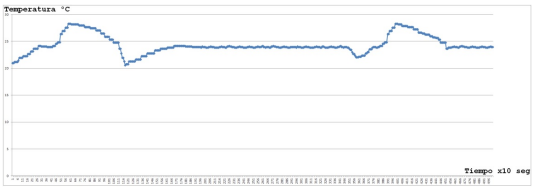


Figura 14: Lecturas de temp en pruebas finales

En la Figura 14 se muestran los valores de temperatura registrados durante esta prueba. Se debe mencionar que en esta prueba la temperatura mínima a la cual se debía mantener el entorno es de 24 °C y sin exceder los 26 °C.

4. CONCLUSIONES

Se realizo el diseño del sistema electrónico encargado de mantener la temperatura al interior del microclima dentro de un rango determinado. La primera etapa, la fuente de voltaje, funcionó correctamente entregando 5 V al resto de las etapas sin que hubiera caída de voltaje alguna. En cuanto a las siguientes dos etapas, el acondicionamiento del sensor fue la que mayores complicaciones presentó, ya que al ser desplegado en el LCD el valor actual de la temperatura existía ruido que interfería con el funcionamiento de la etapa del controlador. Habiendo solucionado este problema del ruido el resto de las etapas de la implementación funcionaron de manera correcta. En cuanto a las pruebas realizadas a la última etapa del diseño, se implementó un sistema de calefacción de tipo tubular. La manera en la que elevan la temperatura es mediante convexión; en un cilindro metálico se montaron un ventilador y una resistencia eléctrica que al funcionar pone en movimiento el aire caliente que se genera. Para la disminución de la temperatura se emplea un ventilador de extracción de aire caliente. Los resultados arrojados por estas pruebas finales al sistema electrónico operando con las 4 etapas en conjunto fueron satisfactorios. En una habitación de 31 m^3 se logró mantener la temperatura a la cual fue programado el controlador, aun después de introducir perturbaciones exteriores repentinas. Por lo que se puede concluir que tanto el diseño como la implementación del dispositivo encargado de controlar la temperatura fue exitoso.

7. REFERENCIAS

- Van Straten, Gerrit; van Henten, Eldert. “Optimal Control of Greenhouse Cultivation”. CRC Press. 2011.
- López Cruz, Irineo L. “Control Óptimo del Clima del Invernadero: Avances y Retos”. Universidad Autónoma Chapingo
- López Cruz, Irineo L. “Introducción a la Teoría de Control Óptimo”. Universidad Autónoma Chapingo. 2005.
- National Instruments. “Using a Unity Gain Buffer (Voltage Follower) with a DAQ Device”. National Instruments Tutorial. May 2012.
- Torres Torriti, Miguel. “Tutorial Microcontroladores PIC”. Escuela de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile. Abril 2007.
- García Breijo, Eduardo “Compilador C CCS y Simulador PROTEUS para Microcontroladores PIC”. Alfaomega Grupo Editor, México. Junio 2008.
- Barnett, Richard; O’Cull, Larry, Cox, Sarah “Embedded C Programming and the Microchip PIC”. THOMSON, Delmar Learning. U.S.A. 2004.

Apropiación de la tecnología Bluetooth y el sistema operativo Android para la solución de problemas en ingeniería biomédica. Caso de estudio: sistema de transmisión de señales ECG a sistema móvil con sistema Android vía Bluetooth.

Briyith DE LA CRUZ[1], Ricardo CUELLAR[1], Ermin ROJAS[1], Valentín Molina[2], Horderlin Vrangel ROBLES[2],
[1]Ingeniería Biomédica, Escuela Colombiana de Carreras Industriales – ECCI.
[2]GINIC-HUS, Hospital Universitario de la Samaritana.
Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

Resumen— Aplicar la telemetría en el monitoreo de señales biomédicas permite llevar un control continuo de los parámetros de los pacientes previniendo futuras complicaciones en su salud y elevando la eficiencia del personal médico que, gracias a estos sistemas, puede atender a más pacientes a la vez. En el presente artículo se plantea la importancia de la telemetría en el monitoreo de señales biomédicas y se diseña un prototipo con un módulo de transmisión Bluetooth para señales electrocardiográficas (ECG). El diseño presentado abarca desde la digitalización de la señal y su transmisión vía bluetooth hasta su recepción y visualización en un software supervisor implementado en Android. En la realización de pruebas se emplean equipos para amplificar la señal ECG (que está en el orden de los milivoltios) a un rango de voltaje adecuado para su digitalización. Se hace énfasis en que no se abarca la etapa de adquisición de la señal sino que se asume que la señal está amplificada.

Palabras Clave: Bluetooth, Android, señales electrofisiológicas.

Abstract— Apply telemetry in biomedical signal monitoring allows to control parameters continuously patients preventing future health complications and increasing the efficiency of the medical staff, through these systems, can serve more patients at a time. This article discusses the importance of telemetry in biomedical signal monitoring and designing a prototype with a Bluetooth transmission module electrocardiographic signal (ECG). The design presented ranging from the digitization of the signal and its transmission via bluetooth to your reception and visualization software implemented in Android supervisor . In testing apparatus is employed for amplifying the ECG signal (which is in the order of millivolts) to a voltage range suitable for scanning. Emphasizes not cover the acquisition stage of the signal it is assumed that the signal is amplified.

Key Words: Bluetooth, Android, electrophysiological signal.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los sistemas de adquisición de señales biomédicas han avanzado tecnológicamente a pasos agigantados en comparación con las décadas anteriores, encontrando en el mercado sistemas cableados vía USB o inalámbricos utilizando tecnología wireless, bluetooth, ZigBee, entre otros. Estos sistemas permiten a doctores y profesional de la salud en general adquirir las señales electrofisiológicas provenientes de los pacientes de forma eficiente y con el menor ruido, esto en equipo muy complejos que además de la adquisición, realizan operaciones de filtraje, cálculos estadísticos, mediciones de magnitudes físicas y análisis espectrales en línea [1]. Además debido al avance en nuevos sistemas operativos móviles, y a la masificación de los sistemas portables como Tabletas, Smartphone, PC portátiles y demás; se hace necesario crear equipos biomédicos capaces de conectarse a dichos sistemas y realizar operaciones más complejas que ayuden al médico en el tratamiento, diagnostico o monitoreo de sus pacientes. En Colombia, hay la necesidad imperativa de avanzar en el diseño e implementación sistemas biomédicos, en especial en el campo de la telemedicina, ya que esta al igual que la vigilancia móvil de la salud, entre otros parámetros relacionados, mejoran la calidad de la atención y la vida independiente asistida por el entorno [2]; Este es un campo de rápido crecimiento dentro de la biomédica, y las tecnologías de información y comunicación (TIC) que ofrecen nuevas oportunidades, a través de la introducción de formas innovadoras de bienestar de vigilancia y transmisión de información tanto a los profesionales médicos como a pacientes. El sistema operativo Android, el cual es una pila de software para dispositivos móviles que incluye las aplicaciones de un sistema operativo, middleware y aplicaciones claves, el cual es desarrollado por Open Handset Alliance, la cual, es liderada por Google [3]. Actualmente este sistema está tomando mucha fuerza entre los dispositivos móviles, es decir, teléfonos inteligentes y tabletas, y esto crea la necesidad de comenzar a crear aplicaciones biomédicas que permitan demostrar, analizar y evaluar, la eficiencia y eficacia del mismo.

2. PROYECTO SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE SEÑALES ECG A SISTEMA MÓVIL CON SISTEMA ANDROID VÍA BLUETOOTH.

Durante los últimos años el avance de la tecnología biomédica ha alcanzado niveles inimaginables para el ser humano, en especial en el campo de la telemedicina. La evolución más reciente de las nuevas tecnologías, y de las herramientas que proporciona la nueva Sociedad de la Información, permite aplicar este concepto de telemedicina o e-Salud a innumerables campos: aplicaciones asistenciales (teleconsulta, telediagnóstico, telemonitorización), administración y gestión de pacientes, o formación e información tanto de profesionales como usuarios [4]. Android ofrece un gran potencial para la implementación de nuevas funcionalidades y servicios, en cuanto a la adquisición de señales de forma inalámbrica de fácil manejo, portabilidad y economía. Al tratarse de un entorno libre, permite una rápida integración con otras plataformas, además de ofrecer una serie de herramientas que facilitan el desarrollo de aplicaciones. Por otro lado, los terminales existentes que cuentan con este sistema operativo, poseen unas prestaciones de muy alto nivel: pantallas de gran tamaño y calidad visual, cámaras con alta definición, procesadores eficientes, etc. Todas estas características hacen de Android un entorno más que apropiado para la elaboración de este proyecto.

Este proyecto proporciona un entorno donde se facilita el intercambio de información biomédica entre los diferentes dispositivos médicos que pueda necesitar el paciente, y en diversos casos de uso en el área de la telemedicina. De esta forma, se dispone de un transmisor bluetooth modem BlueSMiRF Gold capaz de enviar a teléfonos inteligentes o tabletas con plataforma Android 2.2 o superior, la información captada de la señal biomédica del paciente, este caso desde una tarjeta con un sistema microcontrolado como lo es el Arduino UNO. Con esto se pretende apropiar de las nuevas tecnologías existentes en el mercado para la solución de problemas en el campo de la ingeniería biomédica y así, demostrar las capacidades y aptitudes de los ingenieros biomédicos formados en la escuela colombiana de carreras industriales

2.1. Antecedentes.

La tecnología móvil ha avanzado de una manera espectacular esta última década. Todo el mundo recuerda los primeros móviles de los 90, sus grandes dimensiones, con su antena exterior y el antiguo juego de la serpiente. Parecía imposible pensar que algún día la gente podría conectarse a Internet, escuchar música y mucho menos utilizar un móvil como cámara de fotos. Pues bien, hoy en día ya es algo común y al alcance de todo el mundo. Pasadas las novedades de tener un móvil que reprodujera mp3 o echara fotografías en VGA, ahora comprarse un terminal implica pensar en los Gigabytes que tiene o los megapíxeles de la cámara de fotos, asumiendo ya lo que antes parecía futurista [5]. Android [6] es un Sistema Operativo (SO) para dispositivos móviles basado en el núcleo Linux. Inicialmente fue desarrollado por Android Inc., compañía que fue comprada después por Google. En la actualidad lo desarrollan los miembros de la Open Handset Alliance [7], un consorcio de compañías de hardware, software y telecomunicaciones comprometidas con la promoción de estándares abiertos para dispositivos móviles, liderada por Google. Su lanzamiento se produjo en Noviembre de 2007 con la versión 1.1, y ha evolucionado a una velocidad vertiginosa hasta llegar a la versión 2.1 (Flan), pasando antes por la 1.5 (Cupcake), 1.6 (Donut), y 2.0 (Eclair). Actualmente se encuentra en la versión 4.4.3. En el trabajo desarrollado por Feldmann et al. [8] se dispone de tres ordenadores portátiles que actúan como emisores de señal Bluetooth y un dispositivo móvil de tipo como receptor de la señal Bluetooth. El dispositivo móvil es quien calcula la posición dónde se encuentra mediante triangulación de la señal que emiten los tres portátiles. El artículo de Cheung et al. del MIT [9] presenta una arquitectura en la que los emisores son de bajo coste y el receptor es un dispositivo móvil. El artículo quiere enfatizar en la ventaja de usar este tipo de arquitectura pasiva de bajo coste. La plataforma Alipe [10] mezcla diversas topologías para obtener la posición. En esta plataforma por un lado hay dispositivos Bluetooth que envían información sobre su ubicación al realizarle una petición por parte de otro dispositivo Bluetooth cliente. Si el dispositivo al que se le ha realizado la petición no está adaptado para comunicar su posición, el dispositivo cliente que ha realizado la petición registra la dirección Bluetooth remota y busca en una base de datos centralizada la ubicación asociada a esa dirección Bluetooth.

En el pabellón de Finlandia en la expo de Shangai 2010 se desarrolló una aplicación para móviles [11] en la que los usuarios podían obtener su posición dentro del pabellón mediante puntos de acceso Bluetooth que calculaban posiciones mediante distribuciones de probabilidad del indicador RSSI. En el campo biomédico hay muchas aplicaciones que se pueden encontrar, pero a partir del año 2010, debido a que hasta ahora se están comenzando a desarrollar e implementar dichos sistemas, algunos encontrados en la literatura como el proyecto de respuesta Vital DroidJacket que tiene como objetivo explorar las sinergias entre las tecnologías portátiles, redes de sensores dispersos, tecnología de edificios inteligentes y servicios de localización precisos para ofrecer acceso seguro, fiable y eficaz en respuesta primaria de los sistemas en situaciones de emergencia [12]. Uno de los componentes necesarios en este entorno tecnológico es la capacidad de supervisar bioseñales de respuestas primarias en el campo. Dicho sistema de monitoreo móvil llamado DroidJacket hace frente a las necesidades vitales de respuesta. DroidJacket utiliza un Smartphone basado en Android como una estación base de los signos vitales adquiridos con la chaqueta de Vital en las prendas de vestir, que permite la visualización y el procesamiento simple en tiempo real [12]. Otro sistema encontrado en la literatura es el BEAT: Bio-Environmental Android Tracking [13] el cual, proporciona métodos para la recolección, procesamiento y archivo de las estadísticas vitales de todos los días un espacio-temporales de uso de fuera de la plataforma de dispositivos inalámbricos y sensores biológicos y ambientales. Puede funcionar de forma autónoma en un dispositivo móvil y otra información vital en tiempo real. Utiliza las estadísticas como la variación de los latidos del corazón y los umbrales de rango para emitir alertas [13]. BEAT se basa en la plataforma abierta Android para apoyar una clase diversa de dispositivos móviles. El marco puede ser extendido a un sistema de monitoreo

personal de salud mediante la incorporación de nuevos datos de los biosensores como la presión arterial, la glucosa y el peso.

2.2. Descripción del hardware implementado.

El módulo tendrá las siguientes partes: etapa de digitalización de la señal ECG, etapa de transmisión con bluetooth, etapa de recepción en el dispositivo movil y etapa de visualización en un software implementado para el sistema operativo android. Se asume para el diseño que la señal ya ha sido acondicionada y filtrada y está lista para ser digitalizada y transmitida. Para la etapa de digitalización se debe tener conocimiento de programación en microcontroladores, en este caso se emplea el sistema de desarrollo Arduino por su conversor análogo digital (ADC) de 10 bits de resolución, el cual es recomendado para señales ECG [14]. Además, la USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver/Transmitter, USART) permite llevar la señal digitalizada a formato serial, para que el modulo Bluetooth realice la modulación y la transmisión por radiofrecuencia. El modulo bluetooth BlueSMiRF Gold soporta alimentación de 3 VDC a 6 VDC [14], de ahí que el microcontrolador deba funcionar con ese voltaje de alimentación. Si bien el Arduino no está recomendado para aplicaciones médicas, se necesita la digitalización para demostrar la transmisión vía bluetooth y al tener las características antes mencionadas nos permite demostrarla.

Para un producto comercial, al final del documento (Recomendaciones) se mencionan microcontroladores aprobados para este uso. En la etapa de transmisión bluetooth, se emplean el modem BlueSMiRF Gold. Se emplea la modulación digital ASK OOK (amplitude shift keying On-Off keying). La modulación ASK consiste en cambiar la amplitud de la sinusoide (señal modulante) entre dos valores posibles y si uno de los valores es cero se le llama OOK (On-Off keying). La ventaja de estos módulos frente a los demás integrados es la precisión y eficiencia en la transmisión. Luego de ser demodulada la señal en la etapa de recepción, ésta es llevada a un dispositivo móvil Smartphone Samsung Ace y se visualiza en un App la señal captada. El sistema tendrá un rango de alcance por lo menos de 50 metros.

Para el desarrollo del sistema de adquisición de la señal de electrocardiografía, se utilizaron un circuito de acondicionamiento de la señal de electrocardiografía, el cual está formado de un amplificador de instrumentación, AD620 de la empresa National Semiconductor, con un amplificador TL072 de la empresa Texas instrument para el filtro pasabanda de 0.05 Hz a 100 Hz, de cuarto orden y un LF353 de national para la etapa de acondicionamiento de la tierra del circuito.

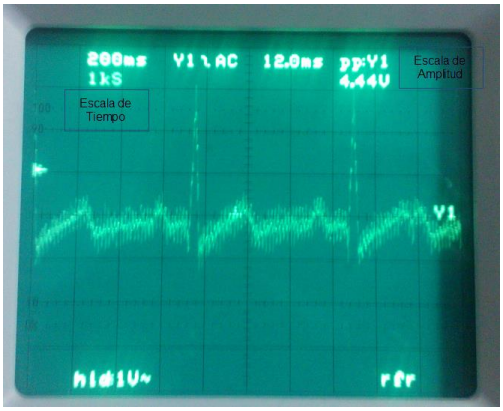


Figura n°1. Señal de ECG antes del filtro pasa banda de segundo orden.

Un sistema microcontrolado para la conversión analógica a digital, con 10 bits de conversión y luego la implementación del módulo USART para la comunicación serial con el módulo de transmisión bluetooth. Este sistema microprocesado fue implementado en una tarjeta Arduino, con un microcontrolador ATmega328P, el cual tiene una memoria flash de 32Kb, 1Kb de memoria EEPROM, 14 pines de entrada salida digitales, 6 módulos PWM y 6 pines de entrada analógicos.

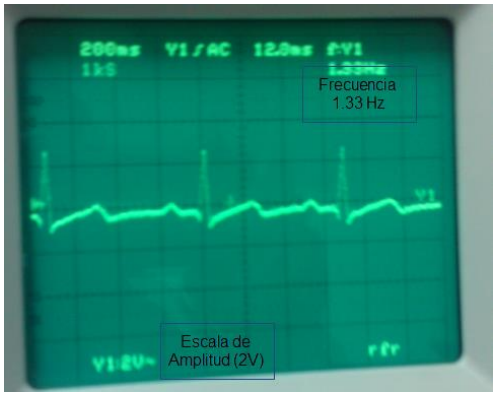


Figura nº2. Señal de ECG después del filtro pasa banda de segundo orden.

Un módulo de transmisión bluetooth denominado BlueSMiRF Gold, el cual trabaja como una línea de comunicación serial (TX/RX). Cualquier flujo de datos seriales entre 9600 y 115200 bps puede ser enviada fácilmente desde tú computador hacia el dispositivo objetivo. Estas unidades han sido probadas al aire libre a 106 metros de alcance. Puede ser alimentada desde 3.3V hasta 6V. Todos los pines de conexión soportan voltajes entre 3V a 6V. No se debe conectar el dispositivo directamente al puerto serial. Se necesita un conversor de RS232 a TTL, si se desea conectarlo a un computador. Las características que el fabricante proporciona son:

- Alcance de 106m.
- Bluetooth radio modem aprobado por la FCC clase 1
- Enlace de conexión muy robusto tanto en integridad como también distancia de transmisión (100m).
- Bajo consumo de corriente 25mA en promedio.

- Opera en ambientes con otras señales de RF como WiFi, 802.11g y Zigbee.
- Frecuencia de conexión encriptada 2.4~2.524 GHz.
- Voltaje de operación: 3.3V-6V.
- Comunicación serial: 2400-115200bps.
- Temperatura de operación: -40 ~ +70C.
- Antena incorporada.
- Tamaño: 51.5 x 15.8 x 5.6mm.

Por último, el desarrollo de una aplicación para la visualización de la señal captada y transmitida a un teléfono inteligente o una tableta con sistema operativo Android, el cual es un sistema operativo móvil basado en Linux, que fue desarrollado inicialmente por Android Inc., una firma comprada por Google en 2005. Es el principal producto de la Open Handset Alliance, un conglomerado de fabricantes y desarrolladores de hardware, software y operadores de servicio. La aplicación utilizo la librería amarino diseñada para conectar dispositivos móviles con plataforma Android, es gratis, evitando problemas de licenciamiento del sistema. El código fue implementado y desarrollado en el entorno eclipse Galileo para aplicaciones android.

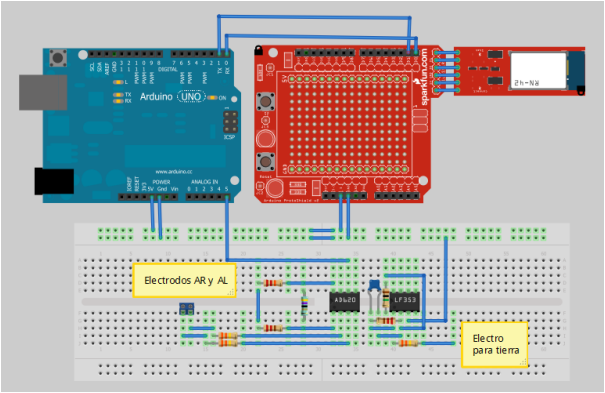


Figura n°3. Circuito esquemático del proyecto implementado en fritzing.

2.3. Diseño del App para Android.

La aplicación implementada en eclipse para el proyecto se llama ECGAndroid, se utilizaron las librerías de amarino necesarias para la creación de aplicativos con bluetooth, la imagen del aplicativo diseñado aparece a continuación.

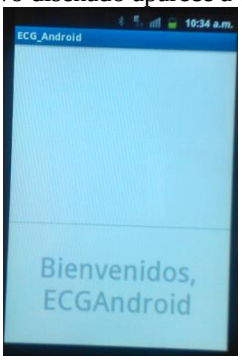


Figura 4. Aplicativo en android para dispositivos móviles.

Fue instalado en un teléfono celular Samsung Galaxy ace referencia S5830, cuyo sistema operativo android es la versión 2.1. El diagrama de flujo del sistema implementado se muestra en la figura 5, donde se describe los procesos necesarios para lograr la conexión entre los dispositivos usando el protocolo bluetooth (teléfono celular y sistema android). Las subrutinas empleadas en los dos sistemas, tienen tareas como la conexión de los módulos bluetooth, conversión analógica a digital, transmisión asíncrona usando la USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) del microcontrolador y visualización de la señal recepcionada en el aplicativo en android.

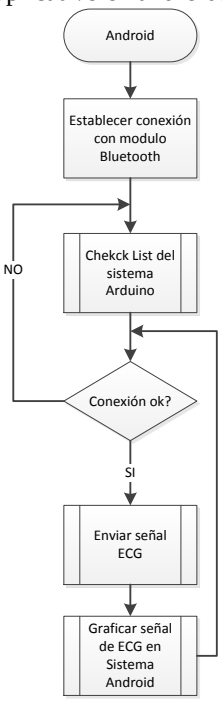


Figura nº5. Diagrama de flujo del sistema implementado.

El algoritmo implementado en el sistema Arduino se ilustra en la figura 6. Se describen los procesos de conversión analógica a digital de la señal de ECG, y su respectiva transmisión al aplicativo android del teléfono celular utilizando el protocolo bluetooth.

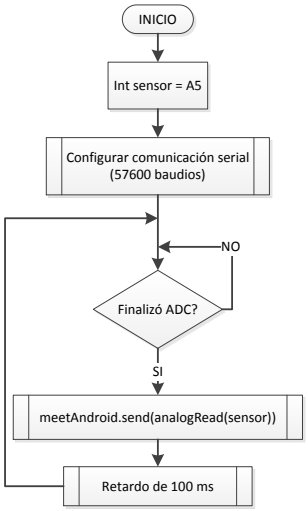


Figura nº6. Diagrama de flujo del código implementado en el sistema Arduino.

3. RESULTADOS Y ALCANCES.

En la figura 7 se ilustra el sistema celular visualizando la señal de ECG, la frecuencia de transmisión fue de 115.200 bps y la distancia con el módulo BlueSMiRF Gold fue de 13 metros atravesando paredes y 84 metros en campo abierto.

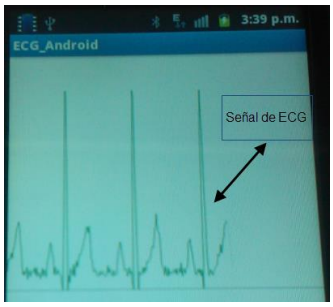


Figura nº7. Proyecto ECG_Android.

Con un prototipo completado con éxito, se pueden plantear mejoras y refinamientos para el sistema implementado. Una de las principales prioridades para el trabajo futuro debe ser llevar el diseño del sensor de acuerdo con las especificaciones estándares. Las dos normas principales para el diseño de ECG son la norma AAMI en el electrocardiograma, y las normas UL544 de IHS (IHS, Industry Standards & Regulations) y la IEC60601.

Algunos avances se ven el dispositivo capaz de ser desplegado en situaciones críticas. Una mayor resolución ADC proporcionaría resultados más precisos. Sin embargo un microprocesador diferente sería necesario para lograr el rendimiento más alto requerido. La incorporación de las capacidades de comunicación USB mejoraría la conectividad del dispositivo. En la actualidad la transferencia de datos se limita a la tasa de 57 Kbps de comunicación con el módulo Bluetooth. Si se incorporan USB, la velocidad de transferencia de datos sólo estaría limitada por la velocidad de comunicación de Bluetooth. Esto permitiría disponer de más información para ser enviada como por ejemplo los datos de varias derivaciones, no sólo la derivación II. Los médicos podían diagnosticar a los pacientes con más herramientas tecnológicas. En la actualidad los datos se limita a un PC o la capacidad máxima distancia de la tecnología Bluetooth. Un límite que se impone a la base de datos de almacenamiento. Actualmente ejecutar TCP/IP a través de Bluetooth es muy difícil, ya que la resolución del DNS es muy alta, Si TCP y UDP podría aplicarse sería permitir que los datos de viajar aún más lejos, y cada vez más prolífico.

Este trabajo puede ser continuado por otro estudiantes de ingeniería biomédica y de esta manera corregir todos los errores encontrados mejorarlos y hacerlo con más señales electrofisiológicas.

4. CONCLUSIONES.

El prototipo consta de cables reducidos y configuración reducida. El sensor autónomo se comunica con un ordenador. El prototipo de ECG propuesto se puede habilitar para el hogar, como herramienta de visualización de la señal de electrocardiografía al ser de bajo costo comparado con electrocardiógrafos encontrados en el mercado Colombiano. El diseño final dio un pequeño sensor que sería más conveniente de llevar para un paciente. El prototipo de ECG propuesto es de uso personal, debido a las características del protocolo Bluetooth, que impide la conexión en red de varios sensores ECG a dispositivos móviles celulares.

Como para el caso del hospital, el paciente beneficiado de una reducción de la configuración dada por la incorporación de Bluetooth. Se ha podido aprender a desarrollar aplicaciones para Android en un periodo corto de tiempo gracias a la gran cantidad de información que hay disponible, como es lógico Google ha facilitado tutoriales y ha publicado una API para acelerar la creación de programas por parte de los usuarios. El ingeniero biomédico de la ECCI está en la capacidad de adquirir nuevo conocimiento e implementar nuevas tecnologías de punto en la solución de problemas en las diferentes áreas de la Biomédica.

5. REFERENCIAS.

[1] A. Suarez, L. De Armas, T. Azneille y M. Gonzalez. “Desarrollo de aplicaciones para el registro de señales biomédicas en tres capas”. VI congreso de la sociedad de Bioingeniería. Habana Cuba, 2005, pp. 1-5.

[2] Steg, H., Strese, H., Loroff, C., Hull, J., and Schimdt, S. “Europe is facing a demographic challenge ambient assisted living offers solutions”. Technical report, VDI/VDE-IT. 2006.

[3] Amit Kumar Saha. “A developer’s firts look at Android”.Technical Writer. Enero 2008.

[4] A. J. Korhonen, M. Parkka, "Health Monitoring in the Home of the Future: Wear it well", IEEE Eng Med Biol Mag, 2003, pp. 66-73.

[5] J. Balaguero Peña. “Estudio de la plataforma Android”. Tesis de grado, Julio. 2008, pp. 7-9.

[6] Open Movil Forum (OMF) http://open.movilforum.com (Última visita a la página web: Enero de 2013)

[7] Open Handset Alliancehttp://www.openhandsetalliance.com/ (Última visita a la página web: Mayo de 2013)

[8] S. Feldmann, K. Kyamakya, A. Zapater, Z. Lue. “An Indoor Bluetooth-Based Positioning System: Concept, Implementation and Experimental Evaluation”, in: International Conference on Wireless Networks, 2003.

[9] Cheung K., Intille S., and Larson K., 2006. “An Inexpensive Bluetooth-Based Indoor Positioning Hack”. Proceedings of UbiComp, 2006

[10] J. Hallberg, M. Nilsson, K. Synnes, “Bluetooth Positioning”, The Third Annual Symposium on Computer Science and Electrical Engineering (CSEE 2002), Luleå, Sweden, 27-28 May 2002.

[11] Pei, Ling; Chen, Ruizhi; Liu, Jingbin; Tenhunen, Tomi; Kuusniemi, Heidi; Chen, Yuwei; , "An Inquiry-based Bluetooth indoor positioning approach for the Finnish pavilion at Shanghai World Expo 2010," Position Location and Navigation Symposium (PLANS), 2010 IEEE/ION , vol., no., pp.1002-1009, 4-6 May 2010.

[12] Colunas, M.F.M.; Fernandes, J.M.A.; Oliveira, I.C.; Cunha, J.P.S.; ; , "DroidJacket: An Android-based application for first responders monitoring", Information Systems and Technologies (CISTI), 2011 6th Iberian Conference on, pp.1-4, 15-18 June 2011.

[13] S. Soliman. "Señales y Sistemas continuos y discretos". Prentice Hall Iberia, Madrid 1999.

[14] Sánchez Céspedes, j. M. Y Bernal Ruiz, G. Revista Umbral Científico. Compresión de la señal electrocardiográficas ECG. [en línea]. Bogotá, Colombia [publicado 06/2004].

Optimización Dinámica del Enriquecimiento de Dióxido de Carbono para el Cultivo de Tomate en un Microclima

José E. Moisés GUTIÉRREZ ARIAS*a [1]
Nubia Ilia PONCE DE LEÓN PUIG*b
J. Eladio FLORES MENA*c
Ma. Montserrat MORÍN CASTILLO*d
* Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 14 Sur Avenida San Claudio, Ciudad Universitaria, C.P. 72570, Tel. (222) 229-55-00 ext. 7405. Puebla, Pue., México

RESUMEN

A partir del modelo dinámico del cultivo de tomate y del modelo dinámico del microclima se puede optimizar el ajuste de dióxido de carbono requerido por el cultivo, considerando un modelo de cuatro estados: la biomasa no estructural (nutrientes), la biomasa estructural de los frutos y de las hojas, y el dióxido de carbono en el sistema. Se aplica la teoría de control óptimo y se hace la selección de un indicador de desempeño con la finalidad de mejorar el rendimiento y la calidad del cultivo regulando el flujo de CO_2 y así optimizar el gasto por consumo de energía para maximizar el beneficio.

Palabras clave: Microclima, dióxido de carbono, biomasa estructural de las hojas, biomasa estructural de los frutos, control óptimo, indicador de desempeño, espacio de estados.

1. INTRODUCCIÓN

Los invernaderos permiten optimizar la producción de cultivos, ya que mejoran las condiciones ambientales necesarias para incrementar su producción y calidad. Cuando en un invernadero se pueden controlar las variables que mejoran las condiciones que el cultivo necesita, se dice que es un *microclima*.
Se han hecho muchos estudios para desarrollar sistemas de control de clima en invernaderos, en particular se han propuesto diferentes métodos de control óptimo [1,2,7,8], estos métodos aplicados a sistemas no lineales son muy complejos, pero con algunas simplificaciones se puede reformular el problema general y obtener soluciones para problemas subóptimos [3,4,7]. El enriquecimiento de CO_2 en los microclimas se hace con la finalidad de aumentar el rendimiento del cultivo, dicho enriquecimiento resulta positivo para el aumento de la fotosíntesis neta de las plantas, que se refleja en el incremento del peso seco, en la altura de la planta y en el número de hojas y ramas [5]. Otra ventaja es que provoca cambios físico-químicos en el crecimiento del cultivo como la firmeza o el color en diferentes etapas de madurez [4]. En este desarrollo la concentración óptima de CO_2 se expresa como una función algebraica de la radiación, la velocidad del viento, y el ángulo de apertura de las ventilas, de esta forma se obtiene un valor causioptimal utilizando las variables medidas por los controladores ambientales del microclima. Se utiliza un modelo conjunto del microclima y del cultivo para tener en cuenta la dependencia de las variables del cultivo respecto a las variables involucradas con el microclima.
Este trabajo tiene como objetivo principal contribuir con el problema de control óptimo. Se trabajará con el cultivo de tomate ya que es uno de los productos agrícolas que más se producen en nuestro país.

2. FORMULACIÓN GENERAL DEL PROBLEMA DEL CONTROL ÓPTIMO

El control óptimo del sistema del microclima, debe estar basado en tres elementos: el modelo dinámico del sistema, una función de desempeño y las restricciones físicas del sistema.
En notación matricial la ecuación de estados del sistema se representa como sigue:

$$\dot{x} = f\left(x(t), u(t), t\right). \tag{1}$$

Donde $x(t)$ es el vector de estados y $u(t)$ es la señal de control. Se requiere de un criterio para evaluar el desempeño del sistema, normalmente el funcional de desempeño está definido como:

$$J = \phi\left(x(t_f), t_f\right) + \int_{t_0}^{t_f} L\left(x(t), u(t), t\right)\, dt, \tag{2}$$

donde t_0 y t_f son el tiempo inicial y tiempo final, ϕ y L son funciones escalares. t_f puede ser especificado o libre. Comenzando en el estado inicial $x(t_0) = x_0$ y aplicando la señal de control $u(t)$ para $t \in [t_0, t_f]$ se logra que el sistema siga alguna trayectoria de estados. El problema fundamental del control óptimo se reduce a determinar un control admisible u^* el cual provoque que la ecuación (1) siga una trayectoria admisible x^* que minimiza la medida de desempeño mostrada en la ecuación (2). Entonces, u^* es llamado control óptimo y x^* es una trayectoria óptima.

[1] a)jmgutierrez@ece.buap.mx; b)nubiliaponcepuig@gmail.com; c)eflores@ece.buap.mx; d)mmorin@ece.buap.mx;

Condiciones necesarias para una solución estacionaria.
Se añaden las restricciones (1) al funcional de desempeño (2) con un vector de multiplicadores de Lagrange variantes en el tiempo $\Psi(t)$, y se define la función escalar Hamiltoniana $H(x(t), u(t), \Psi(t), t)$.

$$H(x(t), u(t), \Psi(t), t) = \\ = L(x(t), u(t), t) + \Psi^T(t) f(x(t), u(t), t). \quad (3)$$

Se considera una variación infinitesimal en $u(t)$ denominada como $\delta u(t)$, dicha variación produce un cambio en la función de desempeño. Si $x(t_0)$ está especificada, entonces $\delta x(t_0)$ también lo está.
Para una solución estacionaria se requiere que la función de desempeño con una variación arbitraria sea igual a cero, $\delta J = 0$. Para hallar la función vector de control *u(t)* que produce un valor estacionario de la función de desempeño debe resolverse el siguiente sistema de ecuaciones diferenciales:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = f\left(x(t), u(t), t\right), \\ \dot{\Psi}(t) = -\frac{\partial H^T}{\partial x}, \end{cases} \quad (4)$$

Las condiciones de frontera para estas ecuaciones diferenciales están definidas en $t = t_0$ y algunas en $t = t_f$. Este es un *problema con valores en la frontera de dos puntos*. Es importante notar que las ecuaciones que describen a los estados $x(t)$ y estados adjuntos $\Psi(t)$ en la ecuación (4) están acopladas, dado que $u(t)$ depende de $\Psi(t)$ a través de la condición estacionaria y los estados adjuntos dependen de $x(t)$ y $u(t)$.

2. MODELO MATEMÁTICO DEL CULTIVO

El modelo en el espacio de estados del tomate se formula a continuación de una manera genérica. Las ecuaciones se obtuvieron a partir del estudio del modelo que propone Van Straten [7]. Este modelo consta de tres estados principales relativos al cultivo:

- Balance de Biomasa de Nutrientes.
- Balance de Biomasa de Hojas.
- Balance de Biomasa de Frutos.

Los balances de masa básicos pueden expresarse de la siguiente manera

- Nutrientes:

$$\frac{dW_B}{dt} = P - G_V - \theta_V G_V - G_F - \theta_F G_F - R_{B,V} - R_{B,F}, \quad (5)$$

- Hojas:

$$\frac{dW_V}{dt} = G_V - R_{V,V} - H_L, \quad (6)$$

- Frutos:

$$\frac{dW_F}{dt} = G_F - R_{F,F} - H_F, \quad (7)$$

donde:
Producción de nutrientes por fotosíntesis (P).
Conversión de nutrientes a biomasa vegetal por crecimiento (G_V).
Uso de nutrientes como energía para propiciar el crecimiento vegetal ($\theta_V G_V$).
Conversión de nutrientes en frutos por crecimiento (G_F).
Uso de nutrientes como energía para propiciar el crecimiento del fruto ($\theta_F G_F$).
Consumo de nutrientes para el mantenimiento de las partes vegetales ($R_{B,V}$).
Consumo de nutrientes para el mantenimiento de los frutos ($R_{B,F}$).
Uso de la biomasa para mantenimiento cuando hay una carencia de nutrientes ($R_{V,V}$).
Tasa de deshoje (H_L).
Uso de la biomasa para mantenimiento cuando hay una carencia de nutrientes ($R_{F,F}$).
Tasa de cosecha (H_F).

Balance de Biomasa de Nutrientes.
Los nutrientes son producidos por la fotosíntesis. La tasa global de fotosíntesis en el follaje expresada en peso seco por unidad de área es P. Las hojas y frutos crecen a partir de una demanda de nutrientes, misma que será satisfecha mientras existan nutrientes suficientes. Se denota como W_B el total de nutrientes en el follaje de la planta, expresado como peso seco por unidad de área, entonces se tiene la siguiente ecuación de balance de masa:

$$\frac{dW_B}{dt} = P - h\{\cdot\}\left(\frac{(1+\theta_V)}{z} G_L^{dem} + (1+\theta_F) G_F^{dem}\right) - \\ - h\{\cdot\}\left(\frac{R_L}{z} + R_F\right). \quad (8)$$

Tasa global de nutrientes producidos por fotosíntesis: Se introduce el factor $f_m\{\cdot\}$ como un *factor de madurez*. Este es cercano a cero cuando la planta es joven (la fotosíntesis es proporcional al área de hojas por unidad de área en el microclima). Y se aproxima a uno cuando la planta ha madurado (la fotosíntesis es prácticamente independiente).

$$P = P^{max}\left(\frac{I^{PAR}}{I^{PAR} + K_I}\right)\left(\frac{C_{CO_2}}{C_{CO_2} + K_C}\right) f_m\{\cdot\}.$$

Los términos de esta ecuación se explican a continuación:

- Tasa fotosintetica máxima del follaje:

$$P^{max} \quad \left(kg[dw]m^{-2}[gh]s^{-1}\right).$$

- Intensidad de luz a nivel de la cosecha (proporcional a la radiación global):

$$I^{PAR} = \quad (Wm^{-2}[gh])^2.$$

* Intensidad de luz PAR (Radiación Activa Fotosintética) a media saturación:

$$K_I \ (W[PAR]m^{-2}).$$

* Concentración de CO_2 a media saturación:

$$K_C \ (W[CO_2]m^{-3}).$$

* Concentración de CO_2: C_{CO_2} (kgm^{-3}).

Sustracción de nutrientes para el crecimiento de la planta: Para el término

$$h\{\cdot\}\left(\frac{(1+\theta_V)}{z}G_L^{dem}+(1+\theta_F)\,G_F^{dem}\right),$$

se da el significado de cada elemento:

* Parámetro variable en función de la abundancia de nutrientes: $h\{\cdot\}$,

los valores que este parámetro puede tomar son dos: $h\{\cdot\}=0$, cuando hay una carencia de nutrientes y $h\{\cdot\}=1$, para abundancia de los mismos.

* Cantidad de nutrientes requeridos por la parte vegetal para producir 1 unidad estructural: θ_V,

* Cantidad de nutrientes requeridos por los frutos para producir 1 unidad estructural: θ_F,

* Modelo de la parte vegetal:

$$z=\frac{W_L}{W_L+W_{stem}+W_{roots}},$$

donde:
W_L $\left(kg[dw]m^{-2}[gh]s^{-1}\right)$, peso seco de las hojas.
W_{stem} $\left(kg[dw]m^{-2}[gh]s^{-1}\right)$, peso seco de los tallos.
W_{roots} $\left(kg[dw]m^{-2}[gh]s^{-1}\right)$, peso seco de las raíces.
Para las demandas de crecimiento de las hojas y de los frutos se toma en cuenta el hecho de que en las etapas tempranas del brote de frutos, la distribución del tamaño tiende hacia frutos pequeños y la tasa de crecimiento relativo comienza a crecer. También se asume que el crecimiento de los frutos es dependiente de la temperatura, modelada con una relación Q_{10G}. El mismo coeficiente de la tasa de crecimiento para los frutos se aplica en las hojas, con la excepción de que en el segundo caso este es modificado por un coeficiente dependiente de la temperatura que expresa por qué factor, la tasa de crecimiento específica de las hojas es mayor o menor que la tasa de crecimiento específica del fruto. Así se tiene:

* Demanda de crecimiento de las hojas:

$$G_L^{dem}=f_{L/F}(T)k_{GF}^{ref}f_{TG}(T)f_D\{\cdot\}W_L,$$

* Demanda de crecimiento del fruto:

$$G_F^{dem}=k_{GF}^{ref}f_{TG}(T)f_D\{\cdot\}W_F,$$

donde:
$f_{L/F}(T)=f_{L/F}^{ref}e^{v_2\left(T-T_{L/F}^{ref}\right)}$, es la tasa que expresa si el factor de crecimiento de las hojas es mayor o menor al de los frutos.
$f_{L/F}^{ref}$, es una constante adimensional que expresa cuán grande es la demanda de crecimiento de las hojas comparada con la de los frutos a la temperatura pivotal.
$T_{L/F}^{ref}$, es la temperatura pivotal.
v_2, es un parámetro de particionamiento fruto-hoja.
k_{GF}^{ref} (s^{-1}), es el coeficiente de tasa de crecimiento del fruto a la temperatura de referencia.
$f_{TG}(T)=Q_{10G}^{\frac{T-T_G^{ref}}{10}}$, es el factor utilizado para expresar el crecimiento de los frutos, es dependiente de la temperatura.
T $(^\circ C)$, es la temperatura a nivel del cultivo.
T_G^{ref} $(^\circ C)$, es la temperatura de referencia para crecimiento.
$f_D\{\cdot\}=\frac{c_{f1}-c_{f2}D}{c_{f1}-c_{f2}}$, es el factor de corrección en la tasa de crecimiento. D es la etapa de desarrollo de la planta y $f_D=1$ cuando $D=1$, es decir la planta esté madura.
W_L $\left(kg[dw]m^{-2}[gh]s^{-1}\right)$, biomasa estructural de las hojas.
W_F $\left(kg[dw]m^{-2}[gh]s^{-1}\right)$, biomasa estructural del fruto.

Sustracción de nutrientes para respiración de la planta: La respiración se dará existan o no nutrientes disponibles.Para el término

$$h\{\cdot\}\left(\frac{R_L}{z}+R_F\right),$$

se da el significado de cada elemento:

* Demanda de respiración de mantenimiento de las hojas:

$$R_L \qquad (s^{-1}Kg[dw]m^{-2}[gh]s^{-2})^\circ C$$

que depende de la tasa de respiración de las hojas a la temperatura de referencia, de la temperatura a nivel del cultivo, de la función de la temperatura como una relación Q_{10G} y de la biomasa estructural de las hojas.

* Demanda de respiración de mantenimiento del fruto:

$$R_F \qquad (s^{-1}Kg[dw]m^{-2}[gh]s^{-2})^\circ C$$

que depende de la tasa de respiración de las hojas a la temperatura de referencia, de la temperatura a nivel del cultivo, de la función de la temperatura como una relación Q_{10G} y de la biomasa estructural de los frutos.

Finalmente, la ecuación de balance de biomasa de nutrientes (5), puede tomar 2 valores dependiendo de la abundancia de nutrientes $h\{\cdot\}$:

$$\frac{dW_B}{dt} = \begin{cases} P - \frac{(1+\theta_V)}{z} G_L^{dem} - (1+\theta_F)\, G_F^{dem} - \\ \quad - \frac{R_L}{z} - R_F, \\ P, \end{cases} \tag{9}$$

donde la primera expresión se toma cuando $h\{\cdot\} = 1$ y la segunda cuando $h\{\cdot\} = 0$.

Balance de Biomasa de Hojas.
El crecimiento de las hojas es igual a la cantidad de nutrientes convertida a biomasa estructural de hojas en el follaje de la planta y está dado por $h\{\cdot\}G_L^{dem}$. El incremento en la biomasa de las hojas siempre va acompañado de crecimiento en el tallo y hojas aunque estos no estén incluidos en el modelo. Si hay una carencia de nutrientes, el crecimiento se detiene, normalmente los nutrientes se utilizan para el mantenimiento, pero en caso de escasez de estos, el mantenimiento en el modelo se emplea en las partes estructurales de la planta (hojas y frutos). Así, el balance de biomasa de hojas por unidad de área será:

$$\frac{dW_L}{dt} = h\{\cdot\}G_L^{dem} - (1 - h\{\cdot\})\, R_L - H_L, \tag{10}$$

A continuación se describen los términos:

* Tasa de deshoje natural de la planta:

$$H_L = k_{HL} W_L, \qquad \left(kg[dw]m^{-2}[gh]s^{-1}\right)$$

donde: $k_{HL} = c_{yL} k_H$ (s^{-1}), es el coeficiente variable en función de la etapa de desarrollo de la planta D.
Por lo tanto, dependiendo de la abundancia de nutrientes $h\{\cdot\}$, la ecuación (6) de balance de biomasa de las hojas puede tomar dos valores:

$$\frac{dW_L}{dt} = \begin{cases} G_L^{dem} - H_L, & \text{si } h\{\cdot\} = 1, \\ -R_L - H_L, & \text{si } h\{\cdot\} = 0. \end{cases} \tag{11}$$

Balance de Biomasa de Frutos.
De manera similar al caso de la biomasa de las hojas, el crecimiento de lo frutos en la planta dado a partir de los nutrientes asimilados está dado por $h\{\cdot\}G_F^{dem}$. El balance de biomasa de los frutos es:

$$\frac{dW_F}{dt} = h\{\cdot\}G_F^{dem} - (1 - h\{\cdot\})\, R_F - H_F, \tag{12}$$

A continuación se describen los términos:

* Tasa de cosecha de la planta:

$$H_F = k_{HF} W_F \ \left(kg[dw]m^{-2}[gh]s^{-1}\right),$$

donde:
$k_{HF} = c_{yF} k_H$ (s^{-1}), es el coeficiente variable en función de la etapa de desarrollo de la planta D.
Finalmente la ecuación (7) de balance de biomasa de frutos puede tomar dos valores distintos, en función del valor del parámetro $h\{\cdot\}$ de abundancia de nutrientes:

$$\frac{dW_F}{dt} = \begin{cases} G_F^{dem} - H_F, & \text{si } h\{\cdot\} = 1, \\ -R_F - H_F, & \text{si } h\{\cdot\} = 0. \end{cases} \tag{13}$$

2. MODELO MATEMÁTICO DEL MICROCLIMA

Balance de Energía del Dióxido de Carbono al Interior del Invernadero.
El balance de energía del dióxido de carbono dentro del invernadero se obtuvo a partir del estudio de los resultados de Van Straten [7] y está dado por la ecuación:

$$\begin{aligned} \frac{V_g}{A_g}\frac{dC_{CO_2}}{dt} &= -\eta_{CO_2/dw} P + \eta_{CO_2/dw} R - \\ &\quad - \varphi_{CO_2,g_o}^{vent} + u_{CO_2}, \end{aligned} \tag{14}$$

de manera similar, se describe cada término:

* Cantidad de dióxido de carbono tomado del aire del invernadero por la fotosíntesis de las plantas:

$$\eta_{CO_2/dw} P,$$

* Cantidad de dióxido de carbono regresado al aire del invernadero por la respiración de las plantas:

$$\eta_{CO_2/dw} R,$$

donde: $\eta_{CO_2/dw}$ $(kg[CO_2]kg^{-1}[dw])$, es la cantidad de dióxido de carbono necesario para formar una unidad de biomasa.
El término $\frac{V_g}{A_g}$ es la razón del volumen del invernadero por unidad de área del suelo del invernadero.
$R = h\{\cdot\}\left(\frac{\theta_V}{z} G_L^{dem} + \theta_F G_F^{dem}\right) + \frac{R_L}{z} + R_F$ $\left(kg[dw]m^{-2}[gh]s^{-1}\right)$, es la cantidad total respirada por la planta por unidad de tiempo.

* Pérdida de masa de dióxido de carbono por ventilación:

$$\varphi_{CO_2,g_o}^{vent} = u_V (C_{CO_2} - C_{CO_2_o}),$$

donde:
$u_V = \left(\frac{p_{V1} u_V^{A_{plsd}}}{1 + p_{V2} u_V^{A_{plsd}}} + p_{V3} + p_{V4} u_V^{A_{pwsd}}\right) v + p_{V5}$
$(m^3[air]m^{-2}[gh]s^{-1})$, es la tasa de flujo de ventilación volumétrica por unidad de área del invernadero. p_{Vj}, $j = (1,2,3,4,5)$ son parámetros y v es la velocidad del viento.
Los coeficientes $u_V^{A_{pwsd}}$ y $u_V^{A_{plsd}}$ corresponden a la apertura de ventanas de cara al viento y a su lado opuesto correspondientemente. Dependiendo de la velocidad del viento pueden tomar valores entre cero y uno: $0 \leq u_V^{A_{pwsd}} \leq 1$ y $0 \leq u_V^{A_{plsd}} \leq 1$. Introduciendo la variable de control $0 \leq u_V^{A_p} \leq 2$, se tiene así la siguiente

expresión para cada uno de ellos: C_{CO_2} (kgm^{-3}), es la concentración de dióxido de carbono al interior del invernadero.
$C_{CO_2,o}$ (kgm^{-3}), es la concentración de dióxido de carbono al exterior del invernadero.

* Suministro de dióxido de carbono:

$$u_{CO_2} = u_{CO_2}^{Vp} \varphi_{CO_2,in_g}^{max},$$

donde:
$u_{CO_2}^{Vp}$, es la apertura de válvula de suministro.
$\varphi_{CO_2,in_g}^{max}$ $\left(kg[CO_2]m^{-2}[gh]s^{-1}\right)$, es la máxima tasa de flujo de dióxido de carbono.
En este modelo descrito para el microclima, la posición de la válvula de suministro de dióxido de carbono se maneja como la entrada de control. Por ello, esta se refiere directamente al actuador presente de manera física en el microclima.

2. SÍNTESIS DEL CONTROL ÓPTIMO

Consideramos el sistema formado por las ecuaciones de estado (9), (11), (13) y (14); las primeras relativas al cultivo suponiendo que hay abundancia de nutrientes $(h\{\cdot\})$ y la cuarta ecuación relativa al microclima (concentración de CO_2). Los parámetros en dichas ecuaciones se han sustituido de acuerdo a la tabla (1) y se obtiene el siguiente sistemas de ecuaciones diferenciales.

$$\begin{cases} \dot{W_L} = 2{,}2996 \times 10^{-6}\ W_L, \\ \dot{W_F} = 4{,}3925 \times 10^{-6}\ W_F, \\ \dot{W_B} = P - 5{,}39 \times 10^{-6} W_L - 5{,}92 \times 10^{-6} W_F, \\ 3\dot{C_{CO_2}} = 1{,}0266(R-P) + 0{,}155 \times 10^{-10} u_{CO_2}^{v_p}, \end{cases} \tag{15}$$

P y R tienen la siguiente forma:

$$P = \frac{3{,}7192 \times 10^{-11}\ W_L^{2,511}}{1{,}6353 \times 10^{-9} + 4{,}0439 \times 10^{-5}\ W_L^{2,511}},$$

$$R = 1{,}5942 \times 10^{-6} W_F + 0{,}4856 \times 10^{-6} W_L + 1{,}668 \times 10^{-7}.$$

Consideramos el siguiente índice de desempeño:

$$J = \frac{1}{2}\left[W_L^2(t_f) + W_F^2(t_f) + W_B^2(t_f) + C_{CO_2}^2(t_f) + \int_{t_0}^{t_f} [W_L^2 + W_F^2 + W_B^2 + C_{CO_2}^2 + (u_{CO_2}^{v_p})^2] dt\right], \tag{16}$$

el primer término del indicador de desempeño involucra las tres primeras variables en el momento final,relativas a la producción final y a los nutrientes, la integral contiene la entrada de control para evitar cambios ante el riesgo de entradas muy grandes del control. El planteamiento es minimizar el índice de desempeño (16), sujeto al sistema de ecuaciones (15).

Descripción del Método de Solución.
La función escalar Hamiltoniana, se obtiene al considerar la relación (3), en concordancia con el índice de desempeño (16).

$$\begin{aligned} &H(\mathbf{x}, \mathbf{u}, \mathbf{\Psi}, t)) = \\ &= \frac{1}{2}[W_L^2(t) + W_F^2(t) + W_B^2(t) + C_{CO_2}^2(t) + (u_{CO_2}^{v_p})^2(t)] + \\ &+ 2{,}2996 \times 10^{-6} W_L(t)\Psi_1(t) + 4{,}3925 \times 10^{-6} W_F(t)\Psi_2(t) + \\ &+ \left[P - 5{,}39 \times 10^{-6} W_L(t) - 5{,}92 \times 10^{-6} W_F(t)\right]\Psi_3(t) + \\ &+ \frac{1}{3}\left[1{,}0266(R-P) + 0{,}1554 \times 10^{-10} u_{CO_2}^{v_p}\right]\Psi_4(t). \end{aligned} \tag{17}$$

El sistema de las variables adjuntas tiene la forma:

$$\begin{cases} \dot{\Psi}_1 = W_L + 2{,}2996 \times 10^{-6}\ \Psi_1 + \frac{\partial P}{\partial W_L}\Psi_3 - \\ \quad -5{,}39 \times 10^{-6}\Psi_3 + \frac{1}{3}\frac{\partial (R-P)}{\partial W_L}\Psi_4(1{,}0266) \\ \dot{\Psi}_2 = W_F + 4{,}3925 \times 10^{-6}\ \Psi_2 - \\ \quad -5{,}92 \times 10^{-6}\ \Psi_3 + \frac{1}{3}\frac{\partial R}{\partial W_F}\Psi_4(1{,}0266), \\ \dot{\Psi}_3 = W_B, \\ \dot{\Psi}_4 = C_{CO_2}, \end{cases} \tag{18}$$

La condición estacionaria proporciona la siguiente forma del control, el cuál depende del cuarto estado adjunto:

$$u_{CO_2}^{v_p} = -\frac{1}{3} 0{,}1554 \times 10^{-10} \Psi_4(t). \tag{19}$$

El sistema (15) tiene condiciones iniciales y el sistema (18) tiene condiciones finales. Los sistemas están acoplados, pues se ha sustituido la forma del control (19). Para resolver el sistema completo, como un sistema con condiciones iniciales, las ecuaciones adjuntas se consideran en el tiempo inverso, posteriormente, el comportamiento de dichas variables adjuntas se devuelven al tiempo directo.

7. CONCLUSIONES

Se analizó el modelo del tomate de microclima y se obtuvo la ley de control sintetizada que proporciona beneficios significativos para el agricultor, debido a que es posible obtener el mismo crecimiento en la masa seca de los frutos, pero con una disminución del flujo de dióxido de carbono. Un análisis de las matrices de peso en el indicador de desempeño, puede proporcionar que el crecimiento de la masa seca de los frutos sea más grande de lo que se muestra en este trabajo, sin embargo dicho planteamiento es un trabajo futuro.
Por otra parte, fundamentado en este artículo, un trabajo que se está haciendo es el diseño y construcción del dispositivo electrónico que regule el flujo del dióxido de carbono, así como su aplicación en un microclima.

Tabla 1: Parámetros físicos.

Variable	Valor	Descripción
z	0,6081	Fracción de hojas del total de la masa vegetativa
θ_F	0,2	Factor de asimilados para el incremento de frutos por unidad
p_h	$2{,}7 \times 10^{-3}$	Parámetro de la función de cambio, $[m^2\ kg^{-1}]$
p_m	$1{,}8 \times 10^{-2}$	Parámetro en el factor de maduración, $[kg\ m^{-2}]$
m	2,511	Parámetro en el factor de maduración
p^{max}	$2{,}2 \times 10^{-6}$	Tasa de fotosíntesis de la cubierta bruta máxima, $[kg\ m^{-2}\ s^{-1}]$
K_1	577	Constante Monod para PAR, $[W\ m^{-2}]$
K_c	0.211	Constante Monod para CO_2, $[kg\ m^{-3}]$
$f_{PAR/I}$	0.475	Fracción PAR de radiación solar
τ_r	0.7	Transmitancia de la cubierta
k_{GF}^{ref}	$3{,}8 \times 10^{-6}$	Coeficiente de referencia de la tasa de crecimiento de la fruta, $[s^{-1}]$
T_{GF}^{ref}	20	Temperatura de referencia, $[^0C]$
Q_{10G}	1.6	Parámetro de crecimiento de la función de temperatura
$f_{L/F}^{ref}$	1.38	Factor de referencia de la partición de hoja-fruta
v_2	-0.168	Parámetro de partición de fruta-hoja, $[K^{-1}]$
$T_{L/F}^{ref}$	19	Temperatura de referencia de la partición fruta-hoja, $[^0C]$
k_{RL}^{ref}	$2{,}9 \times 10^{-7}$	Coeficiente de respiración de mantenimiento de las hojas, $[s^{-1}]$
Q_{10R}	2	Parámetro de respiración de la función de tempratura
T_R^{ref}	25	Temperatura de referencia para respiración, $[^0C]$
k_{RF}^{ref}	$1{,}2 \times 10^{-7}$	Coeficiente de respiración de mantenimiento de hojas, $[s^{-1}]$
ρ_a	1,29	Densidad del aire, $[kg\ m^{-3}]$
c_{pa}	1010	Capacidad de calor de aire, $[J\ K^{-1}\ kg^{-1}]$
K_g	32000	Capacidad efectiva del microclima, $[J\ m^{-2}\ K^{-1}]$
η	0,7	Calor absorbido en relación a la energía total de la radiación neta recibida
τ_r	0.7	Transmitancia de la cubierta del microclima
$U_{g_o}\frac{A_{go}}{A_g}$	7,9	Transferencia de calor eficaz a través de la pared del invernadero, $[W\ K^{-1}\ m^{-2}]$
U_{g_s}	5,75	Coeficiente de transferencia de calor eficaz a la tierra, $[W\ K^{-1}\ m^{-2}]$
$p_{p1}\frac{A_{pg}}{A_g}$	1,524	Parámetro en el tubo de transferencia de calor de efecto invernadero, $[W\ K^{-1}\ m^{-2}]$
p_{p2}	3	Parámetro en el tubo de transferencia de calor de efecto invernadero, $[K^{0,5}]$
Λ	$2{,}26X10^6$	Calor de evaporación de agua, $[J\ kg^{-1}]$
k	0,75	Fracción del calor latente de condensación perdido al exterior
K_s	120000	Capacidad efectiva del calor del suelo, $[J\ m^{-2}\ K^{-1}]$
U_{s_ss}	2	Coeficiente de transferencia de calor eficaz del suelo más profundo, $[W\ K^{-1}\ m^{-2}]$
ρ_{H_2O}	998	Densidad de agua, $[kg\ m^{-3}]$
c_{p,H_2O}	4180	Calor específico de agua, $[J\ K^{-1}\ kg^{-1}]$
$\frac{V_p}{A_g}$	0,004	Volumen de tubería de calefacción por unidad de área del invernadero, $[m^3\ m^{-2}]$

7. REFERENCIAS

[1] Aikman D. P., 1996. A procedure for optimizing carbon dioxide enrichment of a glasshouse tomato crop. Journal of agricultural engineering research 63, No. 2, 171–183.

[2] Ioslovich I. and Seginer I., 1995. Normalized co-state variable for seasonal optimization of greenhouse tomato production. Acta horticulturae 417, 87–94.

[3]Ioslovich I. and Seginer I., 1998. Approximate seasonal optimization of the greenhouse environment for a multi-state-variable tomato model. Transactions of the ASAE

[4] Md. Shahidul I., Toshiyuki M., Yuichi Y., 1996. Effect of carbon dioxide enrichment on physico-chemical and enzymatic changes in tomato fruits at various stages of maturity. Scientia horticulturae 65, 137–149.

[5] Mortensen M. L., 1987. CO2 enrichment in greenhouse. Sci. Horticulturae 33, 1–25.

[6]Seginer I. and Ioslovich I., 1998. Seasonal optimization of the greenhouse environment for a simple two-stage crop growth model. Journal of agricultural engineering research

[7] Van Straten G., van Willigenburg L. G., van Henten E. and van Ooteghem R., 2011. Optimal control of greenhouse cultivation. CRC. Press, United States of America.

[8] Van Henten E. J., 1994. Greenhouse climate management: An optimal control approach. Doctorate dissertation. Agricultural University, Wageningen.

Desarrollo de una red neuronal MLP en VHDL para aplicaciones de clasificación de reflectores ultrasónicos empleando estructuras sensoriales

Alberto Ochoa, Ramón Félix, Walter Mata, Apolinar González, Carlos Escobar

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad de Colima
Car. Colima-Coquimatlán km. 9, 28400 Coquimatlán, Colima (México)
E-mail: alberto@ucol.mx

Resumen. En este trabajo se describe la implementación de un sistema de clasificación de reflectores básicos (planos, salientes y esquinas) aplicable a sistemas robóticos, proporcionando una herramienta para el guiado de vehículos y la construcción de mapas del entorno. El sistema es desarrollado mediante el uso de los tiempos de vuelo y una red neuronal especificada en VHDL para el procesamiento de los datos. Se ha implementado a partir de la medición de los tiempos de vuelo y con la arquitectura de una red neuronal artificial de tipo perceptrón multicapa implementada en una FPGA. Cabe mencionar que los resultados arrojados por el sistema de clasificación son bastante buenos (con al menos un 95 % de éxito), teniendo en cuenta el efecto de la cuantificación de los pesos de la red y el ruido asociado del canal de transmisión.

Palabras clave. Sistemas sensoriales ultrasónicos, clasificación de reflectores, red neuronal artificial, FPGA.

1. Introducción

En la actualidad los sistemas biomiméticos implementados para la detección de objetos mediante el uso del sonar se han basado en los sonares biológicos de los cetáceos (delfines, focas, leones marinos, ballenas) y murciélagos [1] [2]. Los sistemas biológicos han sido observados como modelos a partir de los cuales se generan algoritmos para realizar la detección y clasificación de objetos, siendo la principal característica de éstos una señal acústica

Los sistemas de detección de objetos y clasificación básica de reflectores (esquinas, planos y salientes) basados en transductores de ultrasonidos han sido instalados en robots móviles para aumentar su interacción con el medio que les rodea.

Los algoritmos de detección de ecos que están implementados actualmente, tienen un límite de éxito para reconocer los objetos. Este éxito depende, en gran medida, del ambiente donde se genera la onda del eco, ya que el eco generado por cada objeto tiene intrínseca su propia localización y del punto donde fue transmitida la señal acústica, así como la forma del objeto [3].

Entre las técnicas usadas para la navegación mediante ultrasonidos se puede destacar el uso de los tiempos de vuelo (TDV) por su sencillo procesamiento de señal y un coste mínimo de recursos, basándose esta técnica en la medida de la distancia de los transductores al reflector. Al realizar las mediciones de los TDV's, se debe considerar que el sistema será capaz de diferenciar entre los distintos tipos de reflectores, aunque en la señal recibida estén sumados diferentes tipos de ruido, generando una ligera caída en la señal o su difícil identificación.

El sistema que aquí se presenta está basado, además de la medición de TDV's, en la clasificación de los reflectores mediante el uso de una red neuronal artificial (ANN). El entrenamiento de la red neuronal se realizó con medidas de TDV's ideales obtenidas a partir de un simulador. La distribución geométrica empleada en los transductores fue además desarrollada para la clasificación y localización de reflectores en ambientes tridimensionales usando técnicas geométricas [4] y técnicas PCA (análisis de la componente principal) [5], lo que permitirá comparar los resultados obtenidos por las diversas técnicas.

A continuación, en la sección 2 se presenta el procesamiento de los ultrasonidos; en la sección 3 se describe la estructura sensorial utilizada; en la sección 4 se representa la red neuronal implementada; en la sección 5 se detallan los resultados obtenidos y en la sección 6 se comentan algunas conclusiones de los resultados obtenidos y trabajos futuros.

2. Procesamiento de los ultrasonidos

El procesamiento de los ultrasonidos viene dado por la determinación precisa de los tiempos de vuelo obtenidos de la estructura sensorial utilizada. Con las medidas realizadas se procederá a entrenar la red neuronal para la clasificación básica de reflectores.

2.1 Determinación de los TDV's

El empleo de TDV's para determinar la distancia de un objeto ha sido habitual en el ámbito de las emisiones de ultrasonidos, dada su fácil utilización y bajo coste, además de que provee de una alta precisión en las mediciones. Existen trabajos que están basados únicamente en la medida de TDV's [6] [7]. Las estructuras sensoriales usadas en estos trabajos son capaces de determinar la localización de los reflectores y de diferencia entre planos y salientes con una sola medida. Estos trabajos se basan en consideraciones de tipo geométrico, asumiendo que existen entornos especulares.

El éxito de la clasificación depende en gran medida de la precisión con que se midan los TDV's. Para ello se han empleado técnicas como la codificación de la señal emitida, utilizando secuencias complementarias [8] y pseudoaleatorias [9], para mejorar la transmisión y aumentar la relación señal-ruido, además de asegurar que la clasificación sea la correcta. Estas secuencias han ayudado a disminuir el problema de correspondencia de ecos cuando se transmite simultáneamente varios transductores.

2.2 Clasificación de los reflectores

Las redes neuronales artificiales (ANN) han sido utilizadas en muchas áreas de investigación [10] como una herramienta para analizar un conjunto de datos, y ayudar en la solución de un problema, ya que no requieren modelos de referencia y se desempeñan exitosamente en presencia de incertidumbre.

La red neuronal trabaja con las medidas de los TDV's obtenidos aprovechando sus características de precisión, para formar con ellas el vector de entrenamiento de cada uno de los reflectores. El conjunto de valores contenidos en el vector de entrenamiento son considerados de forma ideal para entrenar la red neuronal. El entrenamiento se realiza bajo una red perceptrón multicapa (MLP) que es usada en aplicaciones de aprendizaje de formas y reconocimiento de patrones [11] [12]. En trabajos previos la red MLP ha sido utilizada para la implementación de redes tipo base radial (RBF) [13], ya que el proceso de aprendizaje en la RBF es más rápido. Se emplean a su vez distintas configuraciones internas para este tipo de red, para observar la eficiencia en su aprendizaje. En cuanto al tipo de reflectores que se está tratando de identificar, se puede mencionar a los salientes, los planos y las esquinas.

En otros trabajos de clasificación, en que se emplean técnicas geométricas [7] o geométricas y PCA [5], logran igualmente identificar entre planos y salientes, así como entre planos, salientes y esquinas, respectivamente. Los clasificadores realizados en estos trabajos logran identificar los reflectores (tipo plano) a una distancia no mayor de 3 metros en dos y tres dimensiones con un porcentaje de éxito del 79 % y de 85 %, respectivamente. Se verá que estos porcentajes son mejorados al emplear la red neuronal.

3. Estructura sensorial

La estructura sensorial de ultrasonidos utilizada fue desarrollada en su totalidad para la detección y clasificación de reflectores (planos, salientes y esquinas) en 3D usando técnicas geométricas y PCA [5]. La configuración de los transductores se muestra en la figura 1.

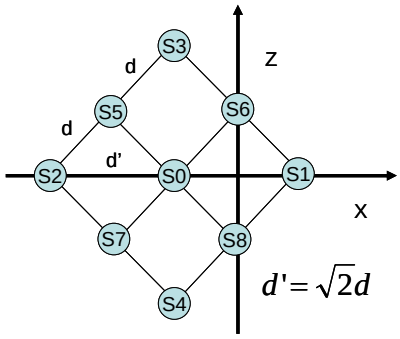


Figura 1. Estructura sensorial empleada para la clasificación [5].

La estructura sensorial está constituida por 9 transductores, enumerados del 0 al 8, donde el transductor S0 es el único que emite en la etapa de emisión y todos actúan como receptores en la etapa de recepción. Con la medición de los TDV's obtenidos de la estructura sensorial, se genera una matriz de 1x9, y cada medida es el valor registrado por cada transductor en un instante de tiempo. Con la matriz de valores capturados se procederá a entrenar una red neuronal, realizando la suficiente cantidad de lecturas de datos para concluir en un aprendizaje correcto.

Se genera un vector de entrenamiento que contenga las medidas de los 9 TDV's de cada uno de los tres tipos de reflectores (plano, saliente y esquina). De esta forma, con una sola emisión, se logra discriminar qué tipo de reflector está frente a la estructura sensorial, incluyendo el tipo esquina. Así se simplifica el procedimiento de clasificación entre planos y esquinas, tradicionalmente basado en 2 emisiones desde posiciones distintas [6] [14].

4. La red neuronal implementada

Las redes neuronales empleadas para el desarrollo y análisis de muestras en este trabajo son las redes MLP (perceptrón multicapa) [13], que son entrenadas bajo diferentes configuraciones, hasta obtener una buena respuesta en la salida. Cabe mencionar que el entrenamiento de la red y el cálculo de los pesos son realizados en forma *off-line*. La red MLP implementada en la FPGA es mostrada en la figura 2 y es conformada básicamente por tres capas: la primera capa tiene *n* neuronas, la segunda capa (capa oculta) hay *m* neuronas y finalmente son *s* neuronas en la capa de salida.

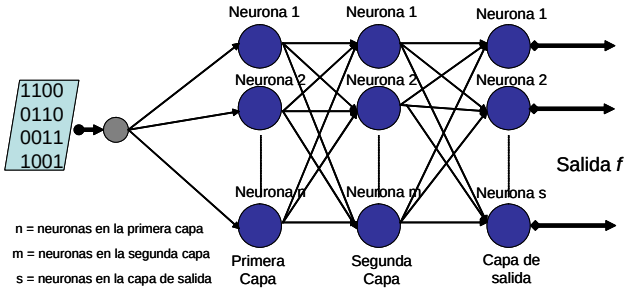


Figura 2. Red neuronal MLP.

La red MLP mostrada es entrenada para una distancia de 2 metros, y con diferentes grados de azimut. Las funciones matemáticas para el cálculo de los pesos de la red MLP utilizadas son:

$$E(\vec{w}) = \frac{1}{2}\sum_{d\in D}\sum_{k\in O}(t_{kd} - o_{kd})^2 \quad (1)$$

$$\Delta w = -\alpha \frac{\partial E}{\partial w} \quad (2)$$

Donde $E(\vec{w})$ es el error en los pesos, D es el conjunto de ejemplos y O es el conjunto de nodos de salida; t_{kd} será la salida esperada para el ejemplo d en el nodo k; o_{kd} la salida obtenida para el nodo k y el ejemplo d; en (1). En (2), Δw es ajuste de los pesos, y α es el factor de aprendizaje.

El vector de entrada de la red neuronal que contiene los TDV's es mostrado en (3) y son utilizados para el aprendizaje de la red neuronal. De la misma manera, en (4) se muestra la función de salida para cada neurona de la red MLP en la figura 2 y en (5) está la salida de la red neuronal. La función de activación de cada neurona es considerada una aproximación lineal, que corresponde a una expresión de la forma $y=mx+b$.

$$x = [x_0, x_1, ..., x_8]^T \quad (3)$$

$$g_i = w_{11}x_0 + w_{21}x_1 + ... + w_{91}x_8 + b_0 \quad (4)$$

$$y_n = \sum_{i=1}^{n} w_i g_i + bi \quad (5)$$

Los pesos que se obtienen después del entrenamiento de la red son de tipo flotante, por lo que deben ser cuantificados para poder ser manejados en formato digital. Al tratarse los pesos con una precisión finita e introducirles indirectamente con esto un error, se tiene que verificar el número mínimo de bits de tal forma que no se deteriore en exceso el resultado esperado de la red. Basándose en esto, los pesos calculados en la simulación son cuantificados con una precisión de 18 bits en coma fija, con 12 bits de parte fraccionaria, e introducidos en la memoria interna de la FPGA. Con esta precisión se logra obtener el resultado deseado en la clasificación; sin embargo dado que los TDV's son menores de la unidad, éstos requieren una mayor precisión en la parte fraccionaria, por lo que las entradas son cuantificadas con 18 bits, siendo 16 de parte fraccionaria.

La configuración de una neurona, aplicando (4) y (5), da como resultado el diagrama de bloques mostrado en la figura 3. Cada uno de los bloques está sincronizado y el módulo neurona sólo se habilita cuando se tienen todos los datos de entrada. El sistema básico de la neurona está constituido de estos tres elementos principalmente: un multiplicador, y dos sumadores. Los datos almacenados en memoria son controlados mediante una máquina de estados.

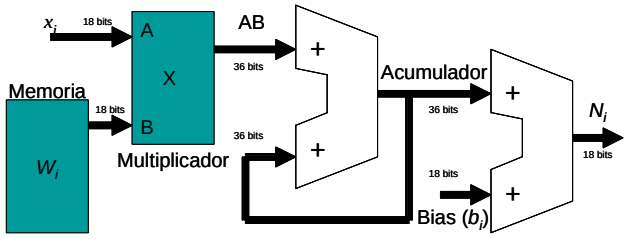


Figura 3. Diagrama de la neurona implementada en la FPGA (*Módulo Neurona*).

El bloque mostrado en la figura 3 es la parte principal de la red neuronal implementada, y basándose en este módulo se procede a desarrollar toda la red. El módulo capa presentado en la figura 4, está conformado por el módulo neurona (internamente constituido por una única neurona utilizada a lo largo del tiempo) y un multiplexor, que junto con el vector de entrada forman la capa de entrada de la red MLP. La capa intermedia y la capa de salida de la red neuronal se forman con este mismo módulo (véase figura 4), conectándolos en cascada, con la particularidad de que la capa de salida tiene 3 salidas correspondientes a las 3 neuronas de esta capa. En la figura 5 se observa la conexión de todos los módulos desarrollados.

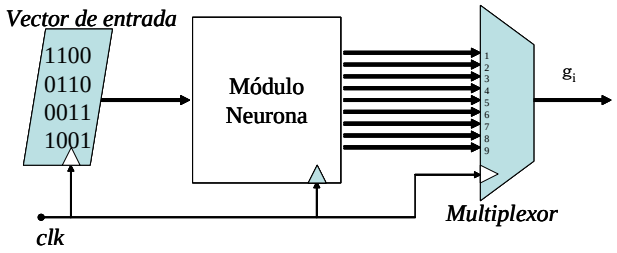


Figura 4. Capa de entrada de la red neuronal implementada en la FPGA (*Módulo Capa*).

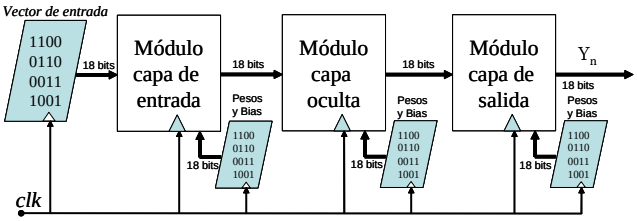


Figura 5. Diagrama de la red neuronal implementada en la FPGA.

5. Resultados

Los resultados del entrenamiento de la red neuronal se pueden apreciar en la tabla 1, la cual muestra que la ANN MLP, para una distancia de 2 m, aprendió en 150 ciclos de entrenamiento; y para una distancia de 5 metros, logra aprender en aproximadamente 1200 ciclos de entrenamiento. En ambos casos el error mínimo solicitado es el 0.01 %.

Red Neuronal	CR° (2m)	2 m	CR° (5m)	5 m
MLP	(9,9,3)	150*	(9,9,3)	1200*

°CR: Configuración de la red/capas y neuronas/capa.
* Ciclos de entrenamiento.

Tabla 1. Resultados del entrenamiento off-line de la red MLP.

En la figura 6 se muestra cómo fueron realizadas las lecturas teniendo en consideración dos tipos de pruebas: la distancia y el ángulo de azimut.

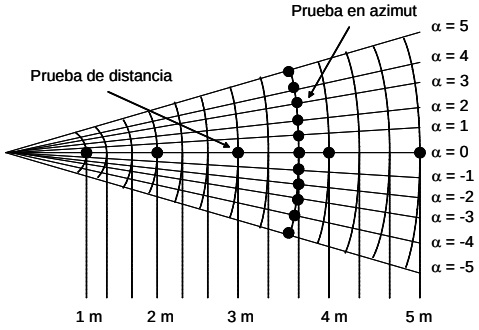


Figura 6. Gráfica de las mediciones realizadas para el entrenamiento de la ANN.

Para la implementación en la FPGA se consideraron las lecturas generadas a una distancia de 2m.Los datos que se obtienen son introducidos a la red neuronal, y así mismo, se indica a la red qué salida es la que tiene que entregar para cada tipo de reflector (véase la tabla 2).

Reflector	S_2	S_1	S_0
Saliente	1	0	0
Plano	0	1	0
Esquina	0	0	1

Tabla 2. Salida deseada de la ANN.

A continuación se muestra en la tabla 3 el conjunto de resultados obtenidos de las pruebas realizadas después de su implementación en la FPGA; en ellas se muestra que logra identificar perfectamente los reflectores básicos, ya sea un saliente, plano y esquina, con un error de 0.1%. Estas pruebas fueron realizadas con lecturas que contienen ciertos niveles de ruido gaussiano agregado del medio de transmisión.

Los resultados de la simulación, después de haber cuantificado los pesos de la red neuronal como el vector de entrada, son mostrados en las figuras 7, 8 y 9. En éstos se ve claramente que la red logra clasificar los reflectores (saliente, plano y esquina) aún con el error de cuantificación introducido al digitalizar los datos. Todos estos resultados se obtienen al introducir la información correspondiente en el simulador ModelSIM XE.

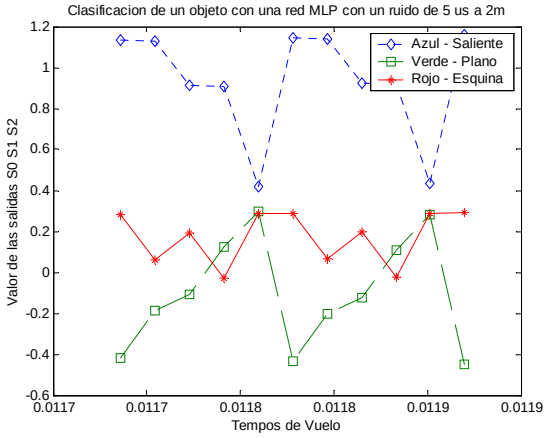


Figura 7. Clasificación de un saliente a 2 m con 5 μs de ruido gaussiano en la red MLP con las entradas y los pesos cuantificados.

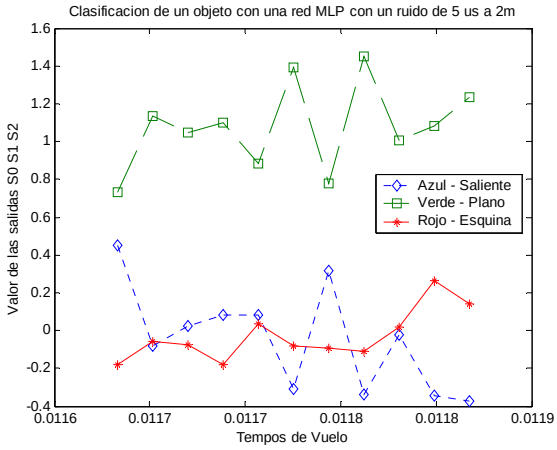


Figura 8. Clasificación de un plano a 2 m con 5 μs de ruido gaussiano en la red MLP con las entradas y los pesos cuantificados.

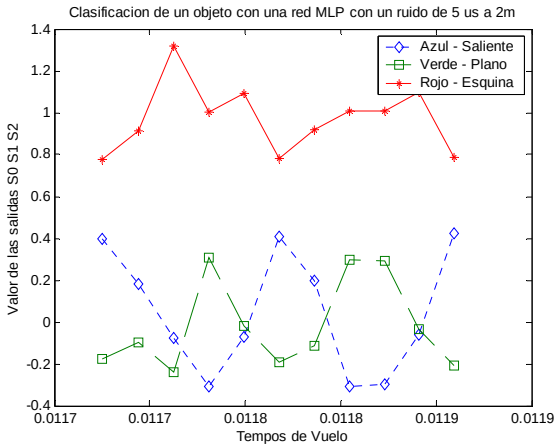


Figura 9. Clasificación de una esquina a 2 m con 5 μs de ruido gaussiano en la red MLP con las entradas y los pesos cuantificados

La red neuronal artificial se ha implementado en una FPGA Virtex-II de Xilinx (XV1000) [15]. Los resultados obtenidos de dicha implementación se muestran en la tabla 3. En ella se observa que las medidas están dentro de un porcentaje de ±10 % del valor real, pero se logra identificar de qué tipo reflector se trata. La precisión de la cuantificación está en el orden de los 18 bits, contando los pesos con 12 bits de parte fraccionaria y las entradas con 16 bits de parte fraccionaria.

Reflector	S_2	S_1	S_0
Saliente	+0.60	-0.50	-0.30
Plano	-0.80	+0.35	-0.60
Esquina	-0.80	-0.85	+0.60

Tabla 3. Salida real de la ANN implementada.

Según las pruebas realizadas, se puede concluir que esta red MLP se puede implementar perfectamente en hardware y obtener con ella buenos resultados en cuanto a la clasificación, teniendo en cuenta que la función de aprendizaje de la red MLP implementada es lineal. El espacio utilizado por la ANN implementada en la FPGA es del 50% de la capacidad total del dispositivo programable. La velocidad de procesamiento de la FPGA es de 80MHz y el proceso de clasificación es realizado en menos de 20 μs. La emisión de la señal ultrasónica se efectúa cada 50 ms, tiempo suficiente para que el sistema realice las operaciones necesarias de la red y vuelva a estar listo para transmitir nuevamente.

Estos resultados son comparados con los que se obtuvieron en el entrenamiento, y se llega a la conclusión de que son muy similares. En el caso de la identificación de un saliente, se obtiene un valor en S2 de 0.6 que corresponde a 1 (valor ideal); en S1 -0.5 se aproxima a 0 (valor ideal); y en S0 -0.3 a 0 (valor ideal). Se logra obtener un nivel de éxito superior al 95 % en la clasificación de los reflectores a una distancia de 2 metros, superando los resultados obtenidos usando técnicas geométricas y PCA [4], teniendo en cuenta que se tiene un ruido gaussiano de 5 μs. La identificación de un saliente es mucho más fácil de realizar que un plano y una esquina según muestran los resultados, pero el sistema es capaz de distinguir entre un plano y una esquina sin necesidad de una segunda emisión [6] [14], colocando un umbral de discriminación en el cual no se mezclen los tipos de reflectores.

6. Conclusiones

Se ha desarrollado una estructura neuronal especificada en VHDL para la clasificación básica de reflectores (planos, esquinas y salientes) que proporciona buenos resultados. Los resultados obtenidos mediante este clasificador con una red neuronal han sido superiores a los obtenidos en los trabajos en que se usan sólo métodos geométricos [7] o técnicas PCA [5].

La razón por la cual se ha implementado la red neuronal en una FPGA es para obtener una respuesta en tiempo real, dado que estos algoritmos comúnmente se han desarrollado en microprocesadores donde la carga computacional es elevada. Con esto se logra reducir el tiempo de procesamiento y puede ser aprovechado para implementar aplicaciones en robótica móvil. Además, cabe mencionar que el sistema implementado logra realizar la clasificación de una esquina con una única emisión, sin la necesidad de emitir simultáneamente con dos transductores o bien realizar dos emisiones desde distintas posiciones, como se ha empleado otros trabajos. La identificación de los tres tipos de reflectores se realizó a partir de los TDV's generados en los 9 transductores con una única emisión.

Como trabajos futuros, se puede realizar la implementación de una red tipo RBF, cuyo entrenamiento es más rápido y se obtienen mejores resultados en el reconocimiento de patrones; así como el empleo de distintas distribuciones geométricas en la estructura

sensorial, tratando de minimizar el número de transductores. Un importante punto a tratar en estos trabajos futuros es el hecho de la manera en que ha de implementarse la función de activación tangente hiperbolica o sigmoidal. Este también es un punto a tratar debido a que no hay algo eficiente que logre implementar estas funciones de activación.

7. Referencias

[1] Roman Kuc, "Biomimetic sonar locates and recognizes objects", IEEE Journal of Oceanic Engineering, Vol. 22 No.4 octuber 1997.

[2] Dorian Houser, David Helweg, Kumar Chellapilla, Patrick Moore, "Creation of a Biomimetic Model of Dolphin Hearing Through the Use of Evolutionary Computation" University of California and SPAWARSYSCEN – San Diego. IEEE 1999.

[3] Álvaro Hernández, Jesús Ureña, Manuel Mazo, J. Jesús García, Vicente Díaz, "Reconfigurable hardware for processing information from ultrasonic sensors" Departamento de Electrónica, Universidad de Alcalá, TELEC '00 International Conference – Santiago de Cuba, July 2000.

[4] J. A. Jiménez, J. Ureña, M. Mazo, E. Santiso, A. Hernández, F. J. Meca, "Three dimensional discrimination between planes, corners and edges using ultrasonic sensors", Universidad de Alcalá, ETFA 2003, 9th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, Lisbon, Portugal, 16-19 September 2003.

[5] J. Antonio Jiménez, "Clasificación y localización con ultrasonidos de reflectores tridimensionales utilizando técnicas geométricas y PCA", Tesis Doctoral, Departamento de Electrónica, Universidad de Alcalá, 2004.

[6] Herbert Peremans, Koenraad Audenaert, Jan M. Van Campenhout, "A high-resolution sensor based on tri-aural perception", Robotics and Automation, IEEE Transactions on, Volume: 9, Issue: 1, Feb. 1993.

[7] Jesús Ureña, "Contribución al diseño e implementación de un sistema sonar para la automatización de un vehículo industrial", Tesis Doctoral, Departamento de Electrónica, Universidad de Alcalá, 1998.

[8] Popovic B. M. (1999). "Efficient Golay correlator". IEE Electronics Letters, Vol. 35 No. 17.

[9] K. Jörg, M. Berg. "Mobile robot sonar sensing with pseudo-random codes". Proc. of 1998 IEEE Conference on Robotics and Automation (ICRA'98), pp. 2807-2812, Leuven (Bélgica), Mayo 1998.

[10] Hebert Peremans, Rolf Muller, "A Comprehensive Robotic Model for Neural and Acoustic Signal Processing in Bats" IEEE EMBS Conference on Neural Engineering. Capri Island, Italy. Marzo 20-22, de 2003.

[11] X. Zeng and D. Yeung, "Sensitivity analysis of multilayer perceptron to input and weight perturbations" Hong Kong Polytechnic University, IEEE Transactions on Neural Networks, November 2001.

[12] N. Coskun, T. Yildirim, "The effects of training algorithms in MLP network on image classification", Neural Networks, 2003. Proceedings of the International Joint Conference on, Volume: 2, 20-24 July 2003.

[13] Bogdan Wilamowski, Richard C. Jaeger, "Implementation of RBF type networks by MLP networks", IEEE 1996, Auburn University.

[14] L. Kleeman, R. Kuc, "An optimal sonar array for target localization and classification" IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp 3130-3135, San Diego (USA) 1994.

[15] Xilinx, Inc, "Virtex-II platform FPGAs: Complete data sheet", product specification, DS031 (V3.3) June 24, 2004.

Implementación de un tractor virtual para un robot móvil con remolque para ejecución de reversa

Hibram A. VILLARREAL-HERNÁNDEZ, Juan A. ROJAS-ESTRADA, Patricia QUINTERO-ALVAREZ, René SANJUAN-GALINDO
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Nuevo León
Guadalupe, N.L. 67170, México
alvih1@hotmail.com, juan.antonio.rojas@itnl.edu.mx, patricia.quintero@itnl.edu.mx, renesg1@yahoo.com.mx

RESUMEN

En este proyecto se aborda el problema de la implementación de la reversa de un robot móvil con un remolque, utilizando el concepto de tractor virtual y aplicando el Polígono de Velocidades Admisibles conocido como PVA para el manejo de la reversa del conjunto tractor-remolque. Se utiliza un robot móvil conjuntamente con un remolque. Dicho remolque cuenta con un sistema de comunicación Wi-Fi para enviar datos como: posición y orientación del tractor virtual; con el fin de implementar el algoritmo del PVA en el tractor virtual. Se utiliza una configuración de red que enlaza al robot móvil, al remolque y a una computadora. Se presentan resultados experimentales que demuestran la viabilidad del concepto.

Palabras Claves: Robot móvil, tractor virtual, remolque, PVA, cálculo de distancia.

1. INTRODUCCIÓN

Los resultados del proyecto, que sobre el Polígono de Velocidades Admisibles (PVA), se basan en la investigación realizada por Gabriel Ramírez y Said Zeghloul [1], en donde se muestra un nuevo método de planeación de trayectorias para navegación de robots móviles no holonómicos en un ambiente desconocido, utilizando esta técnica. Posteriormente, Quintero-Álvarez [2], utiliza el método de Ramírez-Zeghloul, el cual se aplica a un robot móvil de tipo diferencial (tractor) con remolques encadenados para resolver el problema de colisión entre un tractor (robot móvil) y un remolque, y entre los mismos remolques. Ambos, tractor y remolque se desplazan en un ambiente libre de obstáculos, tratando a cada remolque como obstáculos en movimiento, convirtiéndose en posibles restricciones para el robot móvil.

En [2], se usó el concepto de un "Tractor virtual" propuesto por Lamiraux [3], el cual recomienda el uso de un tractor virtual para resolver el problema de estabilidad causado cuando un robot se mueve en reversa. Quintero-Álvarez presentó un artículo [4], donde se muestra un simulador gráfico, en el que se simula un robot de tipo diferencial con n remolques desplazándose desde un punto inicial a un punto final, evadiendo obstáculos mediante el PVA. Se mostraron resultados satisfactorios mediante el simulador, demostrando el funcionamiento del PVA en un robot móvil articulado.
El algoritmo y ley de control de Ramírez-Zeghloul, nuevamente fue implementado en 2013, por Montoya-Soto [5]. Quien implementó el algoritmo PVA en Robulab10, robot móvil no holonómico que cumple con las características técnicas y cinemáticas para la implementación del PVA. Los resultados fueron satisfactorios.

Se aplica el Algoritmo del PVA en un robot de tipo diferencial, y a su vez, cuenta con un remolque que tiene un microcontrolador llamado "Flyport" [6], el cual se conecta por Wi-Fi a una computadora a través de un enrutador que se encuentra en el robot móvil para enviar la información de los datos de posición, orientación y de distancias de obstáculos del remolque para ser procesadas e integradas a la ley de control del PVA.

2. DESARROLLO

Un sistema de n remolques puede ser considerado como una cadena cinemática consistente de $n+1$ unidades. La unidad 0 es el vehículo tractor, y los remolques están enumerados desde 1 hasta n. Los marcos de coordenadas locales están unidos a cada unidad i, con el eje coincidente con Y_i el eje longitudinal y el eje X_i tendido en el eje trasero. Definiremos el robot móvil y su remolque, como un sistema tractor-remolque. Dicho sistema contará con una serie de sensores infrarrojos y ultrasónicos, los cuales ayudan a la detección de los obstáculos que se encuentran alrededor de ellos.
El movimiento de reversa se realizó usando el algoritmo del PVA que empleó Quintero-Álvarez en [2], mismo que se describe a continuación.
Para la aplicación del PVA fue necesario tomar en cuenta el modelo cinemático del robot diferencial, mostrado en la figura 1, el cual se describe con el siguiente vector de estado:

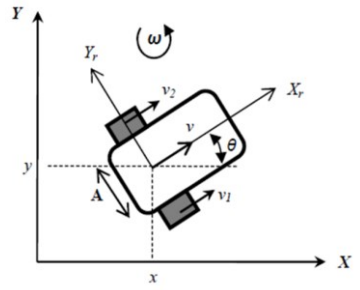


Figura 1. Cinemática del robot móvil

$$\boldsymbol{q} = [x, y, \theta\,]^T \tag{1}$$

Donde (x, y) es la posición del robot en un punto fijo y θ representa la orientación de la estructura del robot con respecto al eje X. Se elige el centro del eje de las ruedas como el punto de la posición del robot.

La velocidad lineal v

$$v = \frac{v_1 + v_2}{2} \tag{2}$$

y la velocidad angular ω del robot están dadas por

$$\omega = \frac{v_1 - v_2}{A} \tag{3}$$

Donde v_1 y v_2 son las velocidades lineales de la rueda derecha e izquierda respectivamente. El modelo cinemático del robot móvil puede escribirse como

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 \\ sen\ \theta & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ \omega \end{bmatrix} \qquad \text{Así} \quad \dot{\boldsymbol{q}} = \boldsymbol{J}(\boldsymbol{q})\boldsymbol{u} \tag{4}$$

Donde $\boldsymbol{J}(\boldsymbol{q})$ es el jacobiano del robot y $\boldsymbol{u} = [v, \omega\ ]^T$ es el vector de entrada o también conocido como vector de control.

La ley de control que utiliza el PVA regula las variables de velocidades angulares y lineales para proveer estabilidad al sistema. El objetivo de la ley de control es de calcular una velocidad de referencia que permita el robot alcanzar una posición final.

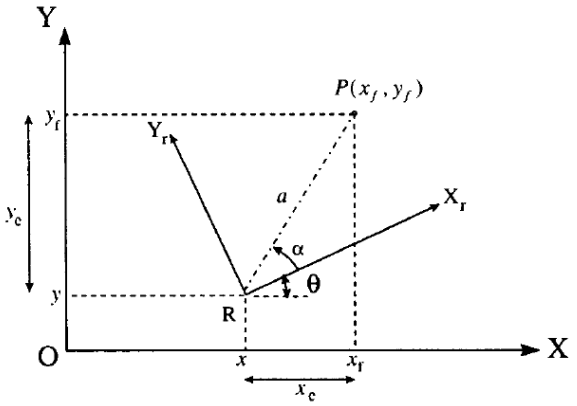


Figura 2. Cinemática del robot móvil

Si $\boldsymbol{q_f} = [x_f, y_f, 0\ ]^T$ es la posición deseada y $\boldsymbol{q} = [x, y, 0\ ]^T$ la posición actual del robot, se usan coordenadas polares $[a, \alpha]$ de la posición de meta con respecto a la estructura del robot definiéndose un vector de error $\boldsymbol{z}(t)$ Ec. (5)

$$\boldsymbol{z}(t) = \begin{bmatrix} a \\ \alpha \end{bmatrix} \tag{5}$$

Donde

$$a = \sqrt{x_e^2 + y_e^2} \tag{6}$$

$$\alpha = atan2(y_e, x_e) - \theta\alpha \in [-\pi, \pi] \tag{7}$$

La dinámica del vector está dada por:

$$\dot{a} = -v\cos\alpha \tag{8}$$

$$\dot{\alpha} = \frac{1}{2}v\,\text{sen}\,\alpha - \omega \tag{9}$$

La ley de control propuesta que asegura que el robot llegue a la meta de forma estable es:

$$v = k_1 \cos\alpha \tag{10}$$

$$\omega = k_2\alpha + k_1 \sin\alpha \cos\alpha \tag{11}$$

Con k_1, k_2>0 el sistema de lazo cerrado se convierte en

$$\dot{a} = -(k_1\, cos^2\alpha)a \tag{12}$$

$$\dot{\alpha} = -k_2\alpha \tag{13}$$

Con el fin de demostrar que el destino (que representa la meta) es globalmente exponencialmente estable, podemos utilizar la siguiente función de Lyapunov

$$V(\boldsymbol{z}) = \frac{1}{2}a^2 + \frac{1}{2}\alpha^2 \geq 0 \ \ \forall\, \boldsymbol{z} \tag{14}$$

Tal que

$$V(\boldsymbol{z}) = -k_1 a^2 cos^2\alpha - k_2\alpha^2 < 0\ \forall \boldsymbol{z} \neq 0 \tag{15}$$

Porque la función de Lyapunov existe, la convergencia es estable a 0 de $(a, \alpha\ )$ está garantizada tal que si $a = 0$, implica que el robot ha llegado a la meta.

Las restricciones del obstáculo está dada por el modelo de velocidad de amortiguamiento:

$$\dot{d} \geq -\xi\frac{d - d_s}{d_i - d_s} \tag{16}$$

d Es la mínima distancia entre el robot y el obstáculo considerado. d_i es la distancia de influencia para la cual la restricción está activa. d_s es la distancia de seguridad entre el cuerpo del robot y el obstáculo. ξ Representa un coeficiente para adaptar la velocidad de convergencia.

Además de la ley de control para la implementación del tractor virtual en el robot móvil y un remolque, es necesario conocer la posición del remolque para efectuar el desplazamiento en reversa aplicando el PVA. Para la obtención de la posición del remolque, se utilizó la técnica de cinemática directa para una estructura articulada, con la que se calculó la posición del remolque como si fuera el efector final de un brazo robótico figura 3.

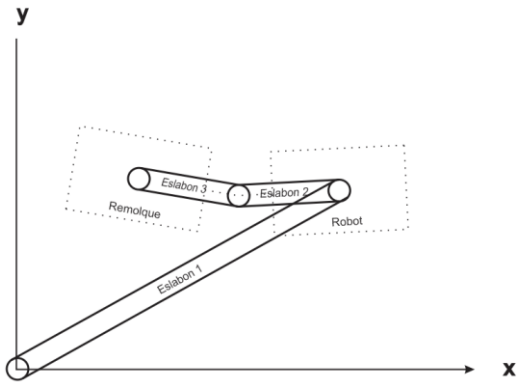


Figura 3. Cadena cinemática

Obteniendo las matrices de rotación de cada eslabón como se muestra en la figura 4, se obtuvieron las matrices de transformación homogénea de cada eslabón. Con el producto de cada una de ellas, se obtuvo la matriz de transformación total Ec. (17).

$${}^{O}_{C}\boldsymbol{T} = {}^{O}_{A}\boldsymbol{T}\,{}^{A}_{B}\boldsymbol{T}\,{}^{B}_{C}\boldsymbol{T} \tag{17}$$

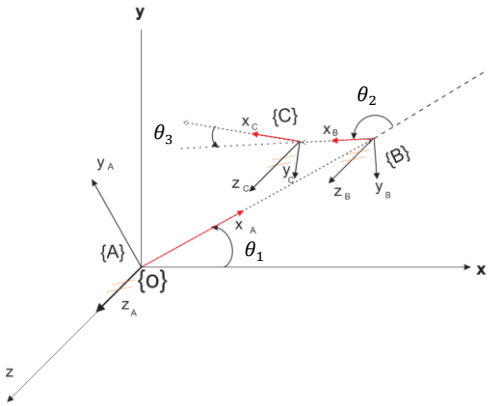


Figura 4. Marco de eslabones de la cadena

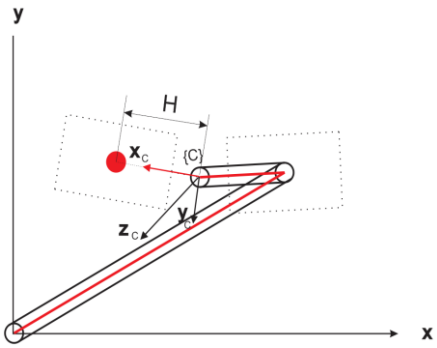


Figura 5. Cinemática del robot móvil

En la figura 5 se aprecia una distancia H, que es un elemento de un vector de posición ${}^{C}\boldsymbol{P}$ del marco de referencia {C}, al cual se le agrega un elemento más, la unidad, para la compatibilidad con la matriz de transformación

$$ {}^{C}\boldsymbol{P} = \begin{bmatrix} H \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \tag{18} $$

Multiplicando el vector ${}^{C}\boldsymbol{P}$ por la matriz de transformación total, obtuvimos la posición del remolque

$$ \begin{bmatrix} x_t \\ y_t \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = {}^{O}_{C}\boldsymbol{T}\,{}^{C}\boldsymbol{P} \tag{19} $$

de donde se obtienen:

x_t = Posición del remolque en x
y_t = Posición del remolque en y

Una vez que se tiene tanto la posicion del robot, la posición del remolque y las distancias de los objetos que se encuentran alrededor de los vehículos, es posible utilizar la desigualdad de la Ec. (20) que es la restricción impuesta por un obstáculo sobre el robot vista en [2]

$$ (\boldsymbol{n}\cdot\boldsymbol{m})\cdot v + (\overrightarrow{OP}\times\boldsymbol{n})\cdot\boldsymbol{z}\cdot\omega \leq \xi\,\frac{d-d_s}{d_i-d_s} \tag{20} $$

A partir de esta restricción de control se reescribió la ecuación para generar una restricción anti colisión, para el robot con el remolque.

$$ (\boldsymbol{m}_t\cdot\boldsymbol{n}_t + \boldsymbol{m}_r\cdot\boldsymbol{n}_r)\mathrm{v} + [(\overrightarrow{OP_t}\times\boldsymbol{n}_t)\cdot\boldsymbol{z} + (\overrightarrow{OP_r}\times\boldsymbol{n}_r)\cdot\boldsymbol{z}]\omega \leq \xi\,\frac{d-d_s}{d_i-d_s} \tag{21} $$

La Ec. (21) representa a una restriccion lineal en las velocidades del robot. A esta restricción lineal que existe entre el robot y el remolque se le llama restricción interna.

En la figura 6 se aprecian los vectores que forman parte de la restricción lineal (21).

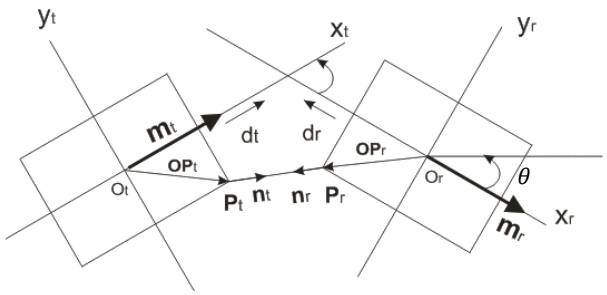


Figura 6. Cinemática del robot móvil

Teniendo las distancias de los objetos por medio de los sensores infrarrojos del remolque y conociendo la posición del remolque; fue posible crear un tractor virtual, el cual controló los desplazamientos en reversa del sistema robot-remolque.

Los vectores $\boldsymbol{n}_t$ son las distancias de los sensores que se encuentran alrededor del remolque. El remolque también es un obstáculo y genera una restricción en las velocidades del robot.
La restricción se aplicó a cada uno de los sensores con los que cuenta el robot y el remolque. De esta forma se calcularon las restricciones que afectan al polígono de velocidades angulares y lineales.
Las restricciones internas (restricciones lineales impuestas por el robot y el remolque) son las restricciones que controlan las velocidades lineales y angulares, para lograr que no colisione el robot con el remolque cuando este se desplaza tanto hacia adelante como en reversa.

Para la implementación del tractor virtual, se intercambiaron los vectores $\boldsymbol{m}_r$ por $\boldsymbol{m}_t$, $\boldsymbol{n}_r$ por $\boldsymbol{n}_t$, así como los marcos de referencia del robot-remolque usados en la figura 6, suponiendo que el remolque de la figura 7 fuera el robot (tractor) de la figura 6, y el robot de la figura 7 como si fuera el remolque de la figura 6. Estos vectores fueron utilizados en la desigualdad (21) para generar las posibles restricciones en las velocidades lineales y angulares que pudiera tener el remolque virtual al desplazarse. En la siguiente figura se observa como quedan reacomodados los vectores para la aplicación del tractor virtual.

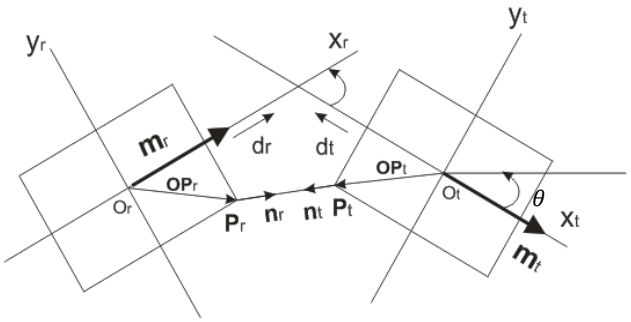


Figura 7. Cinemática del tractor virtual

Para generar las velocidades para el tractor virtual, las ecuaciones (22) y (23) fueron modificadas, puesto que el tractor virtual es un reflejo del robot desplazándose en dirección contraria, las ecuaciones de velocidades para el tractor virtual fueron

$$v = -(k_1 \cos\alpha) \tag{22}$$

$$\omega = -(k_2\alpha + k_1 \sin\alpha \cos\alpha) \tag{23}$$

La orientación del robot tuvo que ser rotada 180°, ya que siempre que se enciende el robot, este tiene una orientación de 0° en dirección a la parte frontal del robot, orientación que afectaba en la localización del robot y por lo tanto en la ley de control del mismo. En la figura se aprecia la localización del robot y del tractor virtual (remolque), teniendo una localización inicial de $(0.00, 0.00, 180.00)$ y $(0.73, 0.00, 0.00)$ respectivamente. La posición del robot siempre que es encendido es $(0.00{,}0.00)m$; la orientación es de 180° por lo que se comentó en el párrafo anterior. La posición del remolque o del tractor virtual, es de $(0.73, 0.00)m$, donde se observa que está desplazado 0.73 m sobre el eje X y 0 m sobre el eje Y, siendo siempre esta coordenada la posición inicial del tractor virtual; con una orientación de 0° respecto al marco de referencia general (figura 8). En la figura 9 se muestra el robot y remolque utilizado en el proyecto.

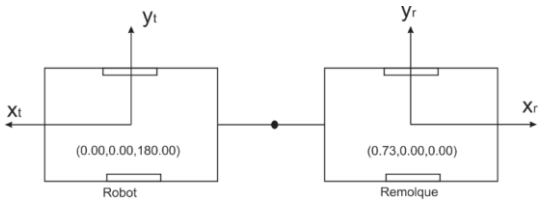


Figura 8. Posición del robot móvil y tractor virtual (remolque).

Figura 9. Robot móvil y remolque (tractor virtual)

RESULTADOS

Se realizaron pruebas con el robot móvil y un remolque cuando se desplazan en reversa, implementando un tractor virtual en el remolque. Las pruebas se hicieron tomando en cuenta solamente las restricciones impuestas por el remolque sobre el robot, sin tomar en cuenta algunos otros obstáculos que se encontraban alrededor de ellos; debido a problemas con tiempos de ejecución, mismos que se explicarán más adelante.
En las gráficas de velocidad lineal y velocidad angular se muestra que en el eje de las abscisas se presenta el periodo de muestreo por cada ciclo de programa. Se declaró una variable $k = 0$ para el conteo de cada ciclo, y se incrementaba k cada ciclo 0.1 unidades, hasta que el tractor virtual llegaba a la posición indicada. El periodo de muestreo fue de T=0.613 *s*, periodo que se obtuvo con las funciones de MATLAB: *etime, tic y toc.* En el eje de las ordenadas para estas mismas gráficas, se grafica respecto a la velocidad angular y velocidad lineal, dada en *m/s*. La velocidad lineal máxima del robot móvil es de 1 *m/s*, sin embargo, por razones de seguridad, limitamos la velocidad máxima a 0.1 *m/s*, es decir tan solo se utilizó el 10% de la velocidad lineal máxima del robot móvil.

La primer prueba que se realizó de un desplazamiento en reversa con el robot y el remolque fue aplicando el tractor virtual para ejecutar la trayectoria desde un punto inicial de $(0.73\,, 0.00)m$ hasta un punto final de posición para el tractor virtual (remolque) de $(3.00\,, 0.00)m$.
Se obtuvo la gráfica de la figura 10, donde se muestra la trayectoria que siguió el tractor virtual para llegar a la posición indicada. En esta figura, se observa como por medio del PVA, el tractor virtual va controlando su posición hasta llegar a la posición indicada. Se aprecia que inicia después de cero sobre el eje X, ya que su posición inicial es 0.73 m, y termina en la posición $(3.03, -0.16)m$. El margen de error al punto señalado (0 sobre el eje Y) es de 0.16 m. Cabe señalar que se le dio un margen de error a la posición final del tractor virtual de 0.20 m, a la redonda del punto indicado.

En la figura 11 se muestra la velocidad lineal del tractor virtual de la trayectoria presentada en la figura 9. En la figura 10 se aprecia que el tractor virtual comienza con una velocidad lineal máxima de 0.1 *m/s*. Durante la trayectoria, el PVA fue modificando la velocidad lineal a medida que aparecían restricciones lineales en el PVA, impuestas por el robot.

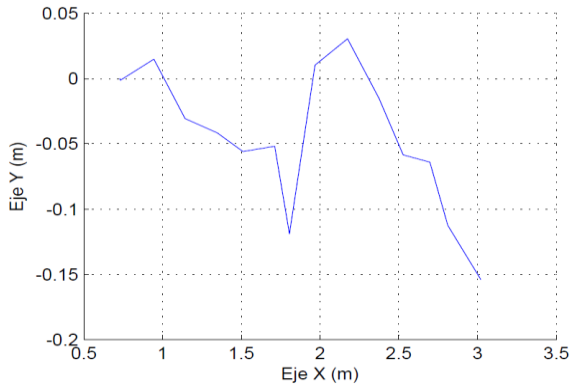


Figura 10. Gráfica de trayectoria del tractor virtual desde un punto inicial $(0.73{,}0.0)m$ al punto final $(3.0{,}0.0)m$

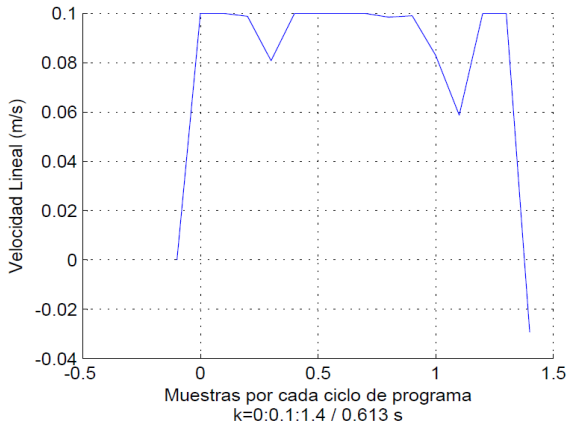


Figura 11. Gráfica de velocidad lineal del tractor virtual

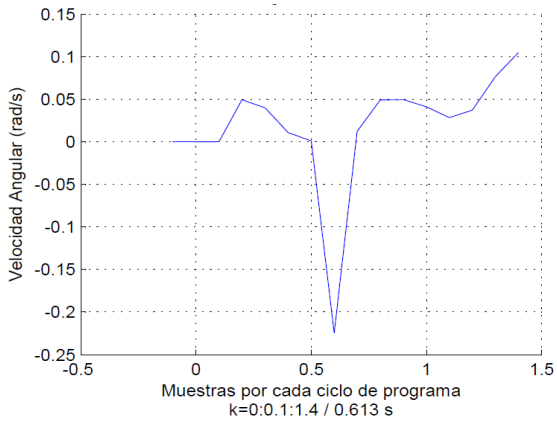


Figura 12. Gráfica de velocidad angular del tractor virtual

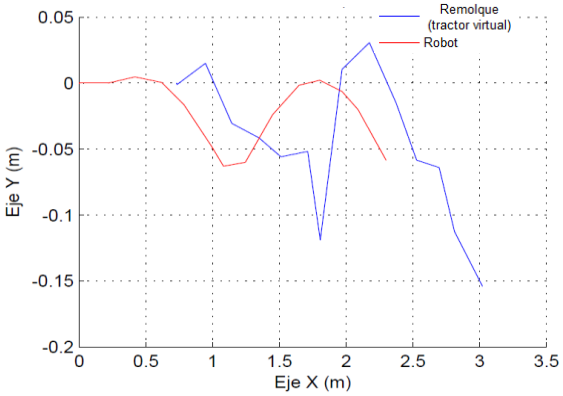


Figura 13. Gráfica de trayectorias del tractor virtual y el robot(Robulab10)

Como se comentó, la velocidad se grafica respecto a cada ciclo de programa por medio de k, el cual es un contador de cada ciclo, incrementando en 0.1 unidades cada ciclo. En la gráfica 11 se aprecia que el tractor virtual llegó a su posición con $k = 1.4$. Cada ciclo de programa se realizó con T= 0.613 s, por lo que el número de muestras cuando $k = 0$ a $k = 1.4$ con intervalos de 0.1 cada ciclo, son 14 muestras. Se calculó el tiempo en el que se ejecutó la trayectoria partiendo del punto inicial al final con la siguiente ecuación

$$t = (Número\ de\ muestras) * (tiempo\ de\ cada\ ciclo) \quad (24)$$

Por lo tanto el tiempo en el que se realizó la trayectoria fue de 8.582 s.

En la figura 12, se muestran las velocidades angulares del tractor virtual, las cuales fueron calculadas por el PVA y estas variaban a medida que aparecían restricciones lineales en el PVA, impuestas por el robot y calculadas por el ángulo que tenía el robot y el remolque. Se observa al inicio, que mientras el tractor virtual no tiene cambios de posición sobre el eje Y, la velocidad angular permanece en 0 rad/s. Con las restricciones lineales, el PVA calculó nuevas velocidades angulares ideales para llegar al punto final. En la gráfica de velocidades angulares se toma el mismo número de muestras que en la gráfica de velocidad. De este modo, el tiempo de ejecución de la figura 11 es el mismo que el tiempo de la figura 12.

En la figura 13 se muestran las trayectorias tanto del robot como del tractor virtual, siendo la trayectoria que inicia en 0 m, la trayectoria que siguió el robot; y la trayectoria que inicia en 0.73 m, la trayectoria realizada por el tractor virtual (remolque del robot móvil)

Se realizó una segunda trayectoria con el tractor virtual y el robot móvil, partiendo de $(0.73,0.0)m$ hasta $(4.0,1.5)m$. En la figura 14, se puede ver la trayectoria que siguió el tractor virtual desde el punto inicial $(0.0,0.0)m$ hasta el punto final $(3.84,1.62)m$, con un margen de error en el eje X de 0.153 m, y de 0.123 m sobre el eje Y. Las muestras generadas durante la trayectoria fueron 26, con k=2.6, considerando que k inició en cero, incrementándose cada ciclo de programa 0.1 unidades. El tiempo de la trayectoria realizada por el tractor virtual con la Ec. (23) fue de 15.9 s.

En la gráfica de velocidades lineales de la figura 15 se aprecia que durante la trayectoria, el tractor virtual solamente realizó un movimiento en reversa para corregir su orientación respecto al punto final. En la figura 16, se muestran las velocidades angulares que aplicó el PVA durante la trayectoria, observando velocidades angulares positivas y negativas en el desplazamiento. Finalmente en la figura 17 se observan los movimientos que realiza el robot móvil para lograr que el tractor virtual llegue al su punto final. También se presentan las trayectorias del robot móvil que inicia en la coordenada $(0.0,0.0)m$ y del tractor virtual (remolque) que inicia en la coordenada $(0.73,0.0)m$.

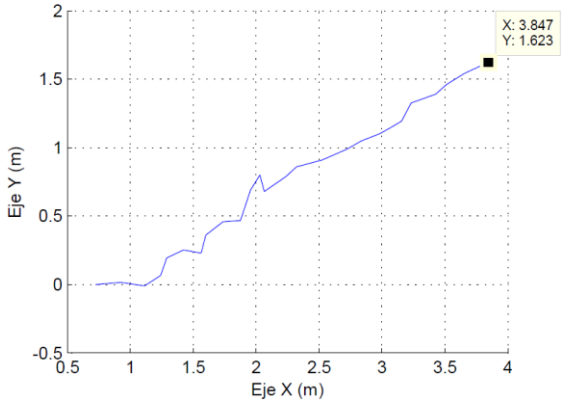


Figura 14. Trayectoria del tractor virtual desde un punto inicial $(0.73,0.0)m$ al punto final $(4.0,1.5)m$

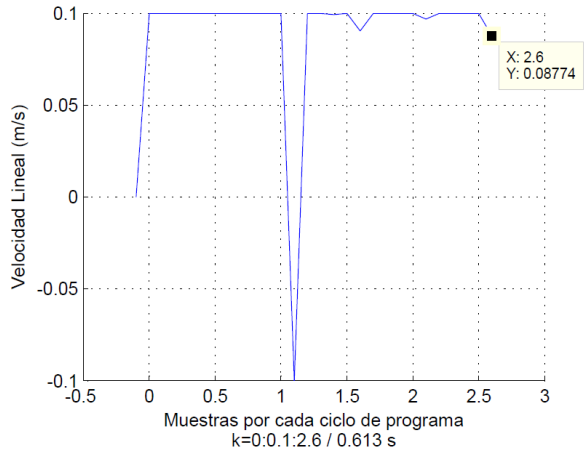


Figura 15. Velocidad lineal del tractor virtual

Figura 16. Velocidad angular del tractor virtual

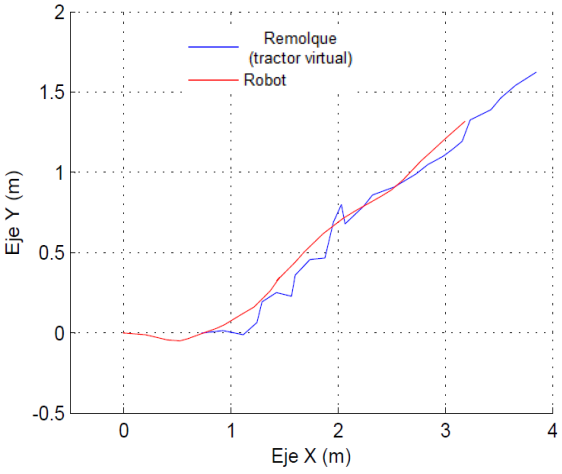


Figura 17. Gráfica de las trayectorias del tractor virtual y el robot(Robulab10)

CONCLUSIONES

El proyecto se realizó en diferentes etapas. En cada etapa surgieron diferentes tipos de problemas, los cuales se resolvieron poco a poco. Estos problemas inesperados provocaron que el tiempo calculado para concluir el proyecto, cambiara de acuerdo a lo programado.

La primera etapa para llevar a cabo el proyecto, fue realizar la conexión entre la computadora y el robot móvil vía Wi-Fi. La segunda etapa, fue estudiar la forma de programar al robot móvil. La tercera etapa, fue programar la ley de control del PVA en Matlab, así como enviar y recibir datos de la posición y orientación del robot, para conocer su localización y aplicarla en la ley de control. En esta parte, se detectó un problema en cuanto al posicionamiento del robot móvil. Debido a que el sistema de posicionamiento del robot móvil es de tipo odométrico, se generaron errores de posición cuando el robot se desplazaba por mucho tiempo, o este tenía muchos cambios en su velocidad angular. Otro problema en cuanto al posicionamiento, fue con la velocidad de inicio, las llantas del robot tendían a deslizarse sobre el piso, generando un error en el desplazamiento. Se redujo la velocidad lineal a un 10% de la velocidad máxima, como una solución inmediata.

Respecto a los tiempos de ejecución, la eliminación de los obstáculos temporalmente fue con el fin de aumentar la precisión en la ejecución mientras se optimizaba el código para la ejecución.

En cuanto a la experimentación de trayectorias, el desempeño fue bueno, comprobándose la ley de control. Sin embargo la presencia de retardos de tiempo en el proceso, inducía efectos de maniobra indeseables. Como trabajo futuro, se probarán otras plataformas de programación para eliminar el problema descrito. En general la implementación de un tractor virtual en un robot-remolque se considera exitosa, obteniendo resultados satisfactorios.

REFERENCIAS

[1] Gabriel Ramirez, Sad Zeghloul, 2001, "Collision-free path planning for nonholonomic mobile robots using a new obstacle representation in the velocity space", *International Journal Robotica*, vol. 19, pp. 543-555.

[2] Quintero-Alvarez, P., Ramirez, G. and Zeghloul, S., 2005, "A Collision-Free Path Planning Method for an Articulated Mobile Robot in a Free Environement", Proceedings of *IDETC/CIE 2005*, Long Beach, CA., Vol. 2.

[3] Lamiraux, F., Sekhavat, S. and Laumond, J.P., 1999,"Motion Planning and Control for Hilare Pulling a Trailer", *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 15, No. 4, pp. 640-651.

[4] Quintero Álvarez P., Ramírez, G., Zeghloul, S., "A collision free path planning method for articulated mobile robot", *Applied Bionics and Biomechanics*, 4:2, pp.71-81, 2007.

[5] Montoya Soto L. A., "Evaluación de Técnicas de navegación libres de colisión en el robulab10", *Tesis para obtener el grado de Maestría en Ingeniería Mecatrónica, Instituto Tecnológico de Nuevo León*, 2013

[6] http://www.openpicus.com/site/FlyportModule. 1-Dic-2013.

Ajuste de las Funciones de Pertenencia de Entrada de un Sistema de Control con Lógica Difusa de un Péndulo Invertido mediante el Método de Optimización del Patrón de Búsqueda

Panayotis S. Tremante M.
Departamento de Electrónica, Computación y Control. Escuela de Ingeniería Eléctrica.
Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela.
Ciudad Universitaria 1053. Caracas-Venezuela.
Email: ptremante@gmail.com

y

Ebert Brea
Departamento de Electrónica, Computación y Control. Escuela de Ingeniería Eléctrica.
Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela.
Ciudad Universitaria 1053. Caracas-Venezuela.
Email: ebert.brea@ucv.ve

RESUMEN

En el presente trabajo, se realizó el ajuste de los valores que definen las funciones de pertenencia de entrada de un controlador difuso para el péndulo invertido utilizando el método de optimización del patrón de búsqueda. Las funciones de pertenencia de entrada deben cumplir ciertas condiciones, por tanto, la optimización planteada es un problema no lineal con restricciones lineales, que dependen de los parámetros de las funciones de pertenencia empleadas. La Función Objetivo (FO) empleada fue el error cuadrático entre la señal de entrada y la señal de salida del sistema. El controlador difuso no emplea las ecuaciones físicas que describen el péndulo invertido, simplemente se emplean descripciones lingüísticas del funcionamiento de control del péndulo invertido. Se da una breve explicación del método algoritmo de optimización basado en el patrón de búsqueda y los resultados se comparan con otros métodos de optimización aplicados a controladores del péndulo invertido. El enfoque presentado mostró resultados suficientemente buenos, sin necesidad de tener que utilizar el modelo matemático explícito de la planta para implementar el controlador difuso. La evaluación de la FO y la implementación del sistema de control difuso con el péndulo invertido se realizó por simulación.

Palabras Claves: Lógica difusa, control difuso, función de pertenencia, optimización, patrón de búsqueda, péndulo invertido.

1. INTRODUCCIÓN

Un controlador con lógica difusa, conocido como controlador difuso, es construido generalmente en base al conocimiento y a la experiencia que se posee sobre el proceso a controlar. Un experto fácilmente podría diseñar un controlador difuso para un sistema del cual conozca su funcionamiento y/o las relaciones entre las entradas y las salidas; este diseño resultaría en un controlador con un comportamiento en ocasiones robusto y estable. Sin embargo, el desempeño del controlador podría no ser óptimo. Limitaciones como la falta de información del comportamiento de la planta o proceso, aunado en ocasiones al gran número de entradas y salidas, también podrían dificultar la implementación de un sistema de control óptimo.

Existen varios elementos del controlador difuso que deben ser ajustados, como son las funciones de pertenencia. Esto en ocasiones se realiza por ensayo y error, resultando arduo y difícil lo que trae como consecuencia que el controlador difuso implementado no tenga las funciones de pertenencia adecuadas y por tanto no sea óptimo. Por tal razón, se plantea una metodología de optimización para encontrar el mejor controlador difuso a partir de la sintonización de las funciones de pertenencia.

Por lo general, la base de reglas y/o las funciones de pertenencia son los elementos que mayormente se ajustan y tienen mayor influencia en el desempeño de un controlador difuso. La optimización del desempeño del controlador tomando en cuenta las funciones de pertenencia y la base de reglas, se pueden realizar en conjunto como se muestra en [1]. En ocasiones, solamente, se optimiza considerando, solamente, las funciones de pertenencia como se plantea en [2] [3] [4].

Muchos investigadores evitan el uso de métodos de optimización clásicos y emplean métodos de optimización libres de derivada como los algoritmos heurísticos tales como: redes neuronales [5], algoritmos genéticos [6], recocido simulado [7], enjambre de partículas [8], colonias de hormiga [9], entre otros; el más utilizado es el algoritmo genético.

La metodología de optimización desarrollada en este trabajo se basa en la utilización de un método de optimización libre de derivada sin emplear algunos de los algoritmos heurísticos mencionados anteriormente. El método de optimización es el patrón de búsqueda, que es parte de la familia de los Métodos de Búsqueda Directa (MBD) [10].

Dado al hecho de la experiencia acumulada en el empleo del patrón de búsqueda en la identificación de óptimos en diversos problemas numéricos se formuló la aplicación a problemas de optimización de un controlador difuso.

Se tienen trabajos donde el MBD se ha aplicado para optimizar un controlador difuso. En [2] y [3] un método simplex basado en [11] con restricciones y penalización se empleó para optimizar un sistema difuso mediante el ajuste de las funciones de pertenencia. Un algoritmo propuesto en la optimización basado en una modificación del método de optimización Hooke-Jeeves, para optimizar con las funciones de pertenencia y la base de regla se presenta en [1], en este caso, el algoritmo se asemeja al Método de Patrón de Búsqueda (MPB).

En el presente artículo se plantea la optimización de un controlador difuso con las funciones de pertenencia definiendo ciertas condiciones que son tomadas en cuenta para formular un problema de optimización con restricciones. La planta a controlar del sistema de control es el péndulo invertido que es el proceso clásico y de referencia que se aborda en la teoría de control a la hora de comparar técnicas de control avanzadas. La variable a controlar es la posición vertical del péndulo, es decir, el ángulo de la barra con la vertical. Los resultados obtenidos se comparan con otros métodos de optimización. El trabajo está estructurado de la siguiente forma: en la Sección 2 se muestra una breve explicación del método de optimización del patrón de búsqueda; en la Sección 3 se describe el péndulo invertido y su controlador difuso. En la Sección 4 se estudia la optimización del controlador difuso con las funciones de pertenencia como un problema de optimización con restricciones y se presenta el algoritmo de optimización empleado. En la Sección 5 se encuentra el ejemplo con los resultados obtenidos al optimizar el sistema de control difuso del péndulo invertido y en la Sección 6 están las conclusiones.

2. MÉTODO DE PATRÓN DE BÚSQUEDA (MPB)

El método de optimización del patrón de búsqueda se basa en la metodología de no usar las derivadas para la identificación de los óptimos locales o globales, y se caracterizan en el hecho de tomar decisiones según los valores que toma la FO. El MPB principalmente es empleado en los tipos de problemas donde no se dispone de una expresión explícita de la FO.

El MPB fue propuesto por Hooke y Jeeves en 1961 [10]. Consiste en fijar un patrón con una configuración geométrica alrededor de un punto, el cual será el centro del patrón. En los extremos del patrón se localizan los puntos de prueba que serán evaluados en la FO para saber cual es el mejor punto y luego mover el patrón a ese punto. El conjunto de puntos de los extremos del patrón generan una dirección de búsqueda, moviendo el patrón hacia el óptimo y cerca del óptimo se achica el tamaño del patrón; cuando los puntos extremos no son mejores que el centro del patrón, la búsqueda finaliza.

Los movimientos exploratorios examinan el comportamiento de la FO y buscan localizar la dirección de cualquier pendiente existente en la zona. En la Figura 1 se muestra un gráfico del patrón de búsqueda en 2 dimensiones, se tiene el patrón inicial con el punto inicial marcado en círculo negro y alrededor los puntos de prueba colocados al Norte, Sur, Este y Oeste, en la figura también se observa el punto óptimo x^*, marcado en recuadro negro. Se aprecia el movimiento del patrón después de 5 iteraciones, donde el patrón con líneas gruesas corresponde al patrón en la iteración actual y en línea delgada el patrón en la iteración anterior. Cerca al punto óptimo de la función, se reduce la longitud del paso del patrón. El Algoritmo de Patrón de Búsqueda (APB), parte de un punto inicial x_0, una longitud de paso inicial Δ_0 y un conjunto de vectores d_i que se denominan patrones, los cuales indican las direcciones de las coordenadas donde estarán los puntos de prueba.

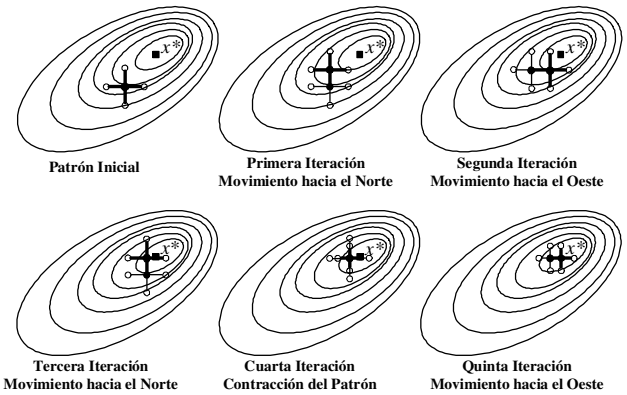


Figura 1. Gráfico del MPB en 2 dimensiones con 5 Iteraciones.

El conjunto de vectores d_i será una matriz de direcciones que se denota como $D_{\oplus}$, esto es, $D_{\oplus}=\{d_1,...,d_i,...,d_{2n}\}$ donde n es el número de variables de decisión. $D_{\oplus}$ tendrá una dimensión de n x $2n$ y se define como el conjunto de vectores de coordenadas unitarias positivas y negativas. Por ejemplo, en R^2 la matriz $D_{\oplus}$ sería $\begin{Bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \end{Bmatrix}$. El método es un proceso iterativo, donde, en cada iteración se calcula el valor de la FO en todos los puntos dados por la matriz de direcciones y termina cuando la longitud del paso sea suficientemente pequeña. Desde que se propuso el patrón de búsqueda, se ha observado en la práctica que es un método muy confiable en los resultados obtenidos, aunque en ocasiones es lento [10].

El procedimiento descrito se refiere a problemas de optimización sin restricciones, cuando existan restricciones hay que considerar ciertas condiciones. El MPB aplicado a problemas de optimización con restricciones se plantea para restricciones de banda en [10] [12] y restricciones lineales en [10] [13].

3. PÉNDULO INVERTIDO Y SU CONTROLADOR DIFUSO

En esta sección se plantea la metodología de diseño de un controlador difuso para el problema del péndulo invertido que es no lineal y un problema clásico en la teoría de control. El control del péndulo invertido es semejante al problema de controlar la posición de un cohete durante las etapas iniciales de lanzamiento, de igual forma es tratar de equilibrar un palo de escoba en el extremo de uno de los dedos. En este caso, el problema constituye en equilibrar un péndulo invertido montado en un carro, como se muestra en la Figura 2. El carro debe moverse de tal forma que la barra esté siempre en la posición vertical.

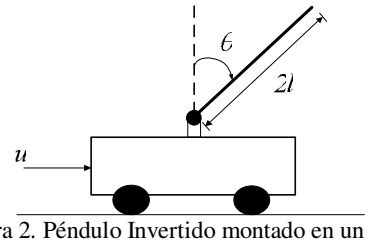


Figura 2. Péndulo Invertido montado en un Carro.

Las variables a considerar son: la posición angular θ que denota el ángulo con que el péndulo hace con la vertical (en radianes o

en grados), l es la longitud de la mitad de la barra del péndulo (en metros), u es la fuerza (en Newtons) que mueve el carro.

La metodología de diseño del controlador difuso se plantea en 5 pasos [14] que son:

Paso 1. Las variables de entrada al controlador difuso son el error y la derivada del error, por tanto:

1) El "error" está definido por:

$$e(t) = r(t) - \theta(t), \quad (1)$$

donde r denota la posición angular deseada del péndulo.

2) La derivada del error está descrita por "cambio en el error" y definida por:

$$\frac{d}{dt}e(t) \cdot \quad (2)$$

La variable de salida del controlador difuso es $u(t)$ descrito por la "fuerza".

El objetivo es equilibrar el péndulo en la posición vertical ($r = 0$) cuando inicialmente se tiene un ángulo diferente de cero ($\theta \neq 0$), entonces como $r = 0$ y $e = r - \theta$ se tiene:

$$e = -\theta, \quad (3)$$

y

$$\frac{d}{dt}e(t) = -\frac{d}{dt}\theta(t), \quad (4)$$

que corresponde a la velocidad angular. Una vez definidas las variables lingüísticas, se define el universo de discurso de cada variable. Como se observa en la Ec. (3) el ángulo medido con respecto a la vertical a lo sumo puede llegar a 90º de un lado y del otro lado, por lo tanto, el universo de discurso del error está entre -90º y 90º [-π/2 π/2]. En la derivada del error el universo de discurso está entre [-1 1] (rad/s) y el universo de discurso de la salida se encuentra entre [-30 30] (Newtons).

Paso 2. Se cuantifica la dinámica del péndulo invertido de forma lingüística, pero antes se debe definir los términos lingüísticos. Los términos lingüísticos son 5 e iguales para todas las variables lingüísticas (entradas y salida), los cuales son los siguientes: "neggrande", "negpequeño", "cero", "pospequeño" y "posgrande". Para tener una representación más compacta de la base de reglas, se definen los valores numéricos lingüísticos de la siguiente forma: "-2" representa "neggrande", "-1" representa "negpequeño", "0" representa "cero", "1" representa "pospequeño" y "2" representa "posgrande".

Algunas declaraciones que dan un entendimiento de la dinámica de la planta son:

1) La declaración el "error es posgrande" representa la situación donde el péndulo está a un ángulo significativo a la izquierda de la vertical.

2) La declaración el "error es negpequeño" representa la situación donde el péndulo es ligeramente inclinado a la derecha, pero no tan cerca de la vertical para cuantificarlo como "cero" y no demasiado lejos para cuantificarlo como "neggrande".

3) La declaración el "error es cero" representa la situación donde el péndulo está muy cerca de la posición vertical (una cuantificación lingüística dada por "cero" se considera como una cuantificación mejor que el "pospequeño" o el "negpequeño").

4) La declaración "el error es posgrande y el cambio-en-el-error es pospequeño" representa la situación donde el péndulo está a la izquierda de la vertical y el péndulo se está alejando de la posición vertical (el péndulo está moviéndose en sentido contrario a las agujas del reloj).

Las cuatro declaraciones anteriores dan un panorama del funcionamiento de la planta.

Paso 3. Se plantean un juego de reglas sobre cómo controlar el péndulo invertido a partir de las descripciones lingüísticas dadas en el paso 2. Algunas reglas son:

1) **SI** el error es neggrande **y** el cambio-en-el-error es neggrande **ENTONCES** la fuerza es posgrande. Esta regla cuantifica la situación donde el péndulo tiene un ángulo positivo grande y está moviéndose en el sentido de las agujas del reloj; está claro que se debe aplicar una fuerza positiva fuerte (a la derecha) para que se pueda comenzar a mover el péndulo en la dirección apropiada.
2) **SI** el error es cero **y** el cambio-en-el-error es pospequeño **ENTONCES** la fuerza es negpequeño. En esta regla el péndulo tiene un ángulo casi cero con la vertical (una cuantificación lingüística de cero no implica que $e(t)=0$ exactamente) y está moviéndose en sentido contrario a las agujas del reloj; se debe aplicar una fuerza negativa pequeña (a la izquierda) para neutralizar el movimiento.
3) **SI** el error es posgrande **y** el cambio-en-el-error es negpequeño **ENTONCES** la fuerza es negpequeño. En esta regla el péndulo está lejos de la vertical a la izquierda y está moviendo en el sentido de las agujas del reloj; se debe aplicar una fuerza negativa pequeña (a la izquierda) para ayudar al movimiento, pero no muy grande, ya que el péndulo está entrando en la dirección apropiada.

Al especificar un número finito de variables lingüísticas y de términos lingüísticos, hay un número finito de posibles reglas para obtener la base de reglas. Para el problema del péndulo invertido con dos entradas y cinco términos lingüísticos, hay $5^2=25$ posibles reglas. Una manera conveniente para listar el resto de las reglas es con una representación matricial como se muestra en la Tabla 1 siguiente:

Tabla 1: Base de Reglas para el Péndulo Invertido.

"fuerza" (u)		"cambio en el error (de)				
		-2	**-1**	**0**	**1**	**2**
"error" (e)	**-2**	2	2	2	1	0
	-1	2	2	1	0	1
	0	2	1	0	-1	-2
	1	1	0	-1	-2	-2
	2	0	-1	-2	-2	-2

Notar que existe una cierta simetría en la Tabla 1 donde la diagonal secundaria de la matriz tiene ceros. Esta simetría que se obtiene no es accidental, realmente, es una representación del conocimiento aproximado que el experto planteó de cómo controlar el péndulo y es debido a una simetría en la dinámica del sistema del péndulo invertido. Al finalizar la base de reglas se define el operador difuso que en este caso es un operador *T*-norma, en el cual se emplea el operador clásico (*min*). El método de implicación es la implicación Mamdani y la composición de las reglas es el operador *S*-norma clásico (*max*); formando de esta manera el proceso de inferencia conocido como el *max-min*.

Paso 4. Las funciones de pertenencia son del tipo triangular dentro del universo de discurso correspondiente, en la Figura 3 se muestran las diferentes funciones de pertenencia.

Paso 5. El diagrama de bloque del sistema se muestra en la Figura 4, el controlador difuso es un sistema difuso tipo Mamdani y la defusificación es el centro de gravedad.

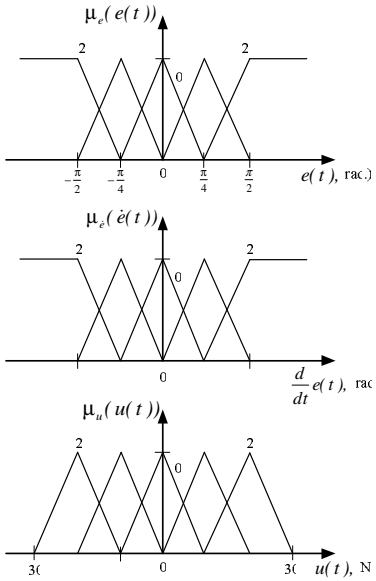


Figura 3. Funciones de Pertenencia del Péndulo Invertido.

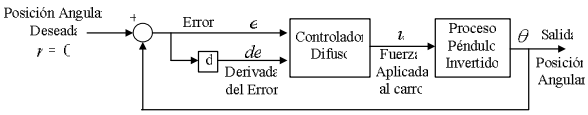


Figura 4. Diagrama de Bloque del Sistema de Control del Péndulo Invertido.

4. OPTIMIZACIÓN DEL CONTROLADOR DIFUSO CON LAS FUNCIONES DE PERTENENCIA

La optimización del controlador difuso se realiza con las funciones de pertenencia de entrada tipo triangulares. Antes de plantear el problema de optimización se estudian ciertas condiciones que deben cumplir las funciones de pertenencia. Una Función de Pertenencia Triangular (FPT) se puede describir, generalmente, con 3 parámetros que son los valores de los vértices en el universo de discurso, como se indica en la Ec. (5).

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & \forall\ x \le a; \\ \dfrac{x-a}{b-a}, & \forall\ a < x \le b; \\ \dfrac{c-x}{c-b}, & \forall\ b \le x < c; \\ 0, & \forall\ x \ge c, \end{cases} \tag{5}$$

donde *a* es el valor de *x* del extremo izquierdo, *b* es el valor de *x* con máximo grado de pertenencia y *c* es el valor de *x* del extremo derecho. En la Figura 5 se muestra una FPT donde se indican *a*, *b* y *c*. De los 3 vértices 2 son los extremos de la función y 1 tomará el mayor grado de pertenencia. En la FPT se debe tomar en cuenta que los valores de los vértices en el universo de discurso cumplan con la siguiente restricción:

$$a < b < c\,, \tag{6}$$

necesaria para asegurar que los grados de pertenencia de cualquier valor de la variable sea única en cada término lingüístico. En la Figura 6 se muestran los casos cuando la restricción no es tomada en cuenta y se observa que hay puntos en el universo de discurso con más de un grado de pertenencia para una misma función de pertenencia.

Los puntos *a* y *c* que corresponden a los extremos de la función tienen que estar comprendidos en el universo de discurso, por tanto,

$$x_{\min} \le a\,, \tag{7}$$

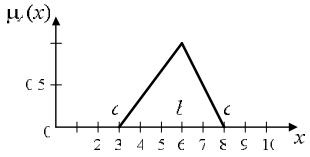


Figura 5. Función Pertenencia Triangular.

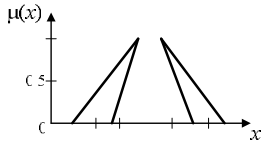


Figura 6. Casos cuando la Restricción de la Ec. (5) no es tomada en cuenta.

donde $x_{\min}$ es el valor mínimo del universo de discurso y

$$c \le x_{\max}\,, \tag{8}$$

donde $x_{\max}$ es el valor máximo del universo de discurso. Cada FPT de cada término lingüístico está sujeto a las restricciones basadas en las Ec. (6), Ec. (7) y Ec. (8), estas restricciones son individuales, no obstante, otras restricciones adicionales se deben considerar, según sea el problema. Una variable lingüística de entrada, puede tener varios términos lingüísticos, en este caso, se deben considerar ciertas restricciones para el conjunto de funciones de pertenencia de la variable de entrada en estudio. En todo sistema difuso se debe cumplir al menos una regla, de lo contrario el resultado sería indeterminado y podría el sistema ser inestable. Por lo tanto, para que se cumpla una regla, un elemento del universo de discurso de la variable de entrada en cuestión debe tener pertenencia en algún conjunto difuso. En la Figura 7 se muestra el caso en donde no está permitida la ocurrencia de un punto en el universo de discurso que no tenga correspondencia en ningún término lingüístico. Observar en la figura que el punto x_a no tiene correspondencia entre 2 términos lingüísticos consecutivos, denotados con el valor numérico lingüístico *j* y *j*+1. Para cumplir con la consideración planteada es necesario que las funciones de pertenencia estén colocadas como en la Figura 8, esto conlleva a la restricción de que los puntos extremos de cada FPT cumplan

$$c_j > a_{j+1}, \quad j \in \{1,2,\ldots,m\}. \tag{9}$$

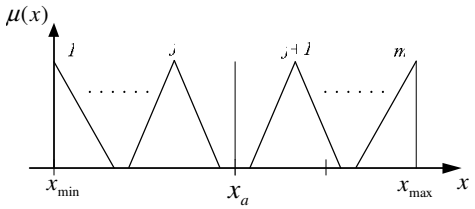


Figura 7. Ubicación No Permitida de las Funciones de Pertenencia para Optimizar.

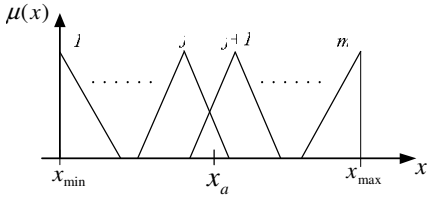


Figura 8. Ubicación Permitida de las Funciones de Pertenencia para Optimizar.

4.1 *Planteamiento y Procedimiento en la Optimización del Controlador Difuso*

Con las restricciones definidas se plantea un problema de optimización con restricciones a un sistema de control del péndulo invertido. El diagrama de bloque se muestra en la Figura 4, donde la variable de entrada del sistema es la posición angular deseada y la salida del sistema es la posición angular. El controlador difuso tiene 2 entradas: el error y la derivada del error, y una salida que es la fuerza que se le aplicará al carro donde se encuentra el péndulo invertido.

La FO es el error cuadrático que existe entre la entrada y la salida del sistema Ec. (10). Los valores de los vértices en el universo de discurso en cuestión serán las variables de decisión para la optimización; en la Figura 9 se indican las variables que son (x_1, x_2,....., x_{10}).

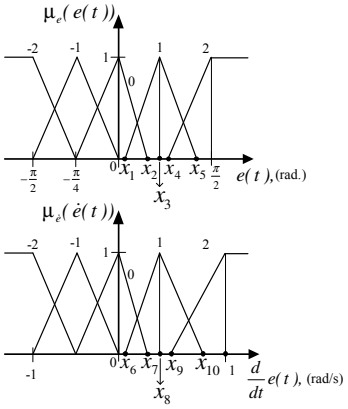


Figura 9. Indicación de las Variables de Decisión para la Optimización.

El problema de optimización se formula de la siguiente manera

$$\min \sum_{i=1}^{n} e^2(n) = \sum_{i=1}^{n} (r(n) - s(n))^2 \quad , \qquad (10)$$

donde e es el error, n el número total de muestras en un período, r es la referencia y s es la salida sistema. La optimización con $\boldsymbol{x} \in R^n$ está sujeta a las siguientes restricciones:

$-x_1 \leq 0$; $x_1 - x_2 < 0$; $x_1 - x_3 < 0$; $x_2 - \pi/2 \leq 0$; $x_3 - x_5 < 0$; $-x_4 \leq 0$; $x_4 - x_5 < 0$;
$x_5 - \pi/2 \leq 0$; $-x_6 \leq 0$; $x_6 - x_7 < 0$; $x_6 - x_8 < 0$; $x_7 - 1 \leq 0$; $x_8 - x_{10} < 0$; $-x_9 \leq 0$;
$x_9 - x_{10} < 0$; $x_{10} - 1 \leq 0$.

El APB con las restricciones planteadas se describe con los siguientes pasos:

Inicialización.

a) Sea la FO de $R^n \rightarrow R$. b) Sea la dimensión (n) del problema, dado por el número de vértices totales. c) Determine la matriz de dirección $D_{\oplus}$, en función de la dimensión del problema. d) Fije $\Delta_{tol} > 0$, Longitud del paso final, que será el criterio de parada del algoritmo. e) Fije $\Delta > \Delta_{tol}$ longitud de paso inicial. f) Fije el vector inicial $\boldsymbol{x}_0$ con los valores iniciales factibles que toman los vértices en el universo de discurso de las funciones de pertenencia, $\boldsymbol{x}_0 = (x_1\ x_2\ .....\ x_n)^T$, $\boldsymbol{x}_0 \in R^n$. g) Ejecute la simulación. h) Evalúe la FO en los puntos iniciales, resultado se denota como f. Hacer $\boldsymbol{x}_1 = \boldsymbol{x}_0$.

Algoritmo.

Paso 1. Verifique Si $\Delta < \Delta_{tol}$, entonces, **termine**.

Paso 2. Para cada k=1,...,2n.

Dado el vector $\boldsymbol{d}_k \in D_{\otimes}$, a) determine $\boldsymbol{x} = \boldsymbol{x}_k + \Delta \boldsymbol{d}_k$. b) Verifique las restricciones. Si alguna no se cumple, entonces haga lo siguiente:

b1) Fije un θ donde $0 < \theta < 1$. b2) Haga $\boldsymbol{x} = \boldsymbol{x}_k + \theta \Delta \boldsymbol{d}_k$. b3) Verifique las restricciones. Si alguna no se cumple, entonces haga $\theta = \theta/2$ e ir b2).

c) Ejecute la simulación. d) Evalúe la FO en los nuevos puntos $\boldsymbol{x}$, resultado se denota como f_1. e) Si $f_1 < f$, entonces haga lo siguiente:

e1) $\boldsymbol{x}_k = \boldsymbol{x}_k + \Delta \boldsymbol{d}_k$ (se mueve el patrón y no cambia la longitud del paso del patrón). e2) Verifique las restricciones. Si alguna no se cumple, entonces haga lo siguiente:

e2.1) Fije un θ donde $0 < \theta < 1$. e2.2) Haga $\boldsymbol{x}_k = \boldsymbol{x}_k + \theta \Delta \boldsymbol{d}_k$. e3.3) Verifique las restricciones. Si alguna no se cumple, entonces haga $\theta = \theta/2$ e ir e2.2).

e3) Ejecute la simulación. e4) Evalúe la FO en los nuevos puntos $\boldsymbol{x}_k$, resultado se denota como f. **Ir al comienzo del Paso 2.**

Paso 3. En caso contrario, $f_1 \geq f$ para todo $\boldsymbol{d}_k \in D_{\oplus}$, haga $\Delta = 0{,}5\Delta$ (cambia la longitud del paso del patrón). **Ir al Paso 1**.

Se realiza una optimización por simulación, por tanto la evaluación de la FO dependerá de la simulación y el controlador difuso se evalúa según los valores que toman los vértices en el universo de discurso de las funciones de pertenencia.

5. EJEMPLO: PÉNDULO INVERTIDO

A partir de lo explicado en la Sección 3 y el diagrama de bloque de la Figura 4 se implementó con el Simulink y el Toolbox de *Fuzzy Logic* de MATLAB® el sistema de control del péndulo invertido. Sin optimizar y con las funciones de pertenencia iniciales para la entrada del error y la derivada del error de la Figura 3 se obtuvo la respuesta inicial que se muestra en la Figura 10. Como se indicó en la Sección 3 el objetivo es equilibrar el péndulo en la posición vertical (r=0), en la simulación se colocó una posición inicial con un ángulo de 0,1rad y se observa que el péndulo se equilibra en un tiempo aproximado de 20s. Al aplicar el APB las funciones de pertenencia que se obtienen se muestran en la Figura 11 con los universos de discurso normalizados. Se realizó la simulación con la posición angular de 0,1rad y la respuesta se encuentra en la Figura 12. El tiempo para conseguir el equilibrio fue de aproximadamente igual a 1,5s mucho menor a la respuesta inicial.

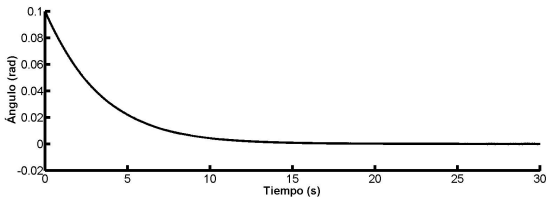


Figura 10. Respuesta Inicial del Sistema del Péndulo Invertido.

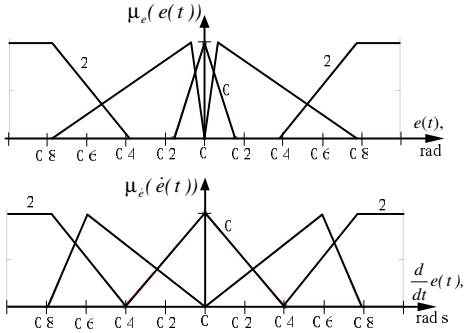


Figura 11. Funciones de Pertenencia de Entrada al aplicar el APB.

Adicionalmente, se comparó lo obtenido con un sistema del péndulo invertido controlado por un PI (Proportional-Integral) y una ganancia alimentada por adelanto el cual se optimizó con un Algoritmo del Descenso del Gradiente (ADG). El algoritmo busca los valores de las ganancias para optimizar la respuesta. En la Figura 12 se tienen las respuestas: inicial, optimizado con APB y optimizado con ADG; observar que el tiempo para conseguir el equilibrio son aproximadamente similares, tanto para el APB y el ADG. Aunque, el ADG presenta un sobrepico lo que significa que el péndulo se colocó al otro lado de la vertical de donde se encontraba inicialmente y luego consigue el equilibrio.

Se realizaron otras simulaciones con otros ángulos iniciales, en la Figura 13 se muestran las respuestas; estas se compararon con los obtenidos al optimizar con un algoritmo genético un PID (Propotional-Integral-Derivative) de ganancia programada el cual es el controlador del péndulo invertido [15]. Se aprecian unas mejoras en las respuestas obtenidos con el APB (Figura 13), en cuanto a menores tiempos de equilibrio y en particular a la respuesta para un ángulo inicial de 0,61 rad donde en la Figura 14 se presenta un sobrepico. Además, en la Figura 14 para un ángulo inicial de 0,7 rad el sistema se vuelve inestable, mientras que en la Figura 13 no ocurre. El sistema optimizado con el APB se vuelve inestable para 1,19 rad (≅ 68°).

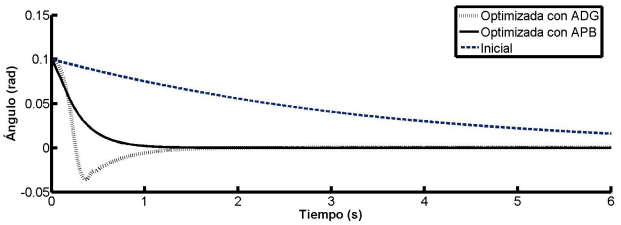


Figura 12. Respuestas del Sistema del Péndulo Invertido.

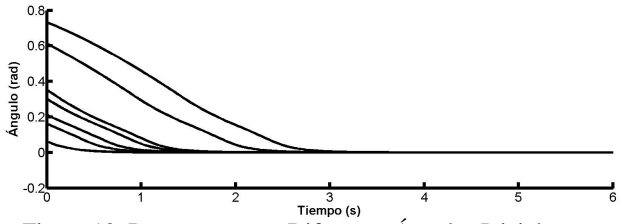


Figura 13. Respuestas para Diferentes Ángulos Iniciales con Controlador Difuso y Optimizado con APB.

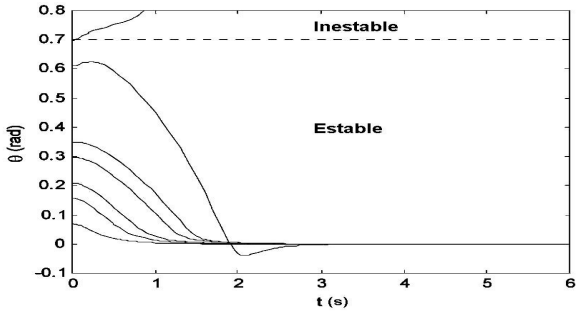


Figura 14. Respuestas para Diferentes Ángulos Iniciales con PID de Ganancia Programada y Optimizado con Algoritmo Genético.

6. CONCLUSIONES

Para el ejemplo del péndulo invertido se obtuvo un buen desempeño con el controlador difuso optimizado con el APB en comparación con otros controladores y otros métodos de optimización indicados en la Sección 5.

El MPB optimiza un sistema sin tener que derivar la FO simplemente evaluarla en los puntos de prueba para saber como mejora la función, esto permite que no hace falta tener un modelo explicito de la planta. Lo cual lo convierte en un método apropiado para ser utilizado con los controladores difusos, que en muchos casos, son diseñados sobre la base de la representación del conocimiento aproximado y con descripciones lingüísticas de la dinámica de la planta; que fue el caso de estudio del péndulo invertido.

Lo estudiado permitió corroborar que efectivamente el APB converge a una solución mejor, con tan solo plantear la optimización con las funciones de pertenencia de entrada.

7. REFERENCIAS

[1] M. B. Trabia, W. E. McCarthy, "Design of Fuzzy Logic Controllers for Optimal Performance", Journal of Intelligent and Fuzzy Systems, Vol. 6, No. 4, 1998, pp. 459–470.

[2] V. Manoranjan, A. de Sam Lazaro, D. Edwards, A. Athalye, "A Systematic Approach to Obtaining Fuzzy Sets for Control Systems", IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics, Vol. 25, No. 1, 1995, pp. 206–213.

[3] A. Athalye, D. Edwards, V. Manoranjan, A. de Sam Lazaro, "On Designing a Fuzzy Control System Using an Optimization Algorithm", Fuzzy Sets and Systems, Vol. 56, No. 3, 1993, pp. 281-290.

[4] S. Isaka, A. Sebald, "An Optimization Approach for Fuzzy Controller Design", IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics, Vol. 22, No. 6, 1992, pp. 1469–1473.

[5] H. Berenji, "An Architecture for Designing Fuzzy Controllers using Neural Networks", Int. J. Approximate Reasoning, Vol. 6, No. 2, 1992, pp. 267–292.

[6] C. Perneel, J.-M. Themlin, J.-M. Renders, M. Acheroy, "Optimization of Fuzzy Expert Systems using Genetic Algorithms and Neural Networks", IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol. 3, No. 3, 1995, pp. 300–312.

[7] S.-J. Ho, L.-S. Shu, S.-Y. Ho, "Optimizing Fuzzy Neural Networks for Tuning PID Controllers using an Orthogonal Simulated Annealing Algorithm OSA", IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol. 14, No. 3, 2006, pp. 421–434.

[8] K. Sharma, A. Chatterjee, A. Rakshit, "A Hybrid Approach for Design of Stable Adaptive Fuzzy Controllers Employing Lyapunov Theory and Particle Swarm Optimization", IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol. 17, No. 2, 2009, pp. 329–342.

[9] C.-F. Juang, P.-H. Chang, "Designing Fuzzy-Rule-Based Systems Using Continuous Ant-Colony Optimization", IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol. 18, No. 1, 2010, pp.138–149,

[10] T. G. Kolda, R. M. Lewis, V. Torczon, "Optimization by Direct Search: New Perspectives on some Classical and Modern Methods", SIAM Review Vol. 45, No. 3, 2003, pp. 385–482.

[11] W. Spendley, G. R. Hext, F. R. Himsworth, "Sequential Application of Simplex Designs in Optimisation and Evolutionary Operation", Technometrics, Vol. 4, No. 4, 1962, pp. 441–461.

[12] R. M. Lewis, V. Torczon, "Pattern Search Algorithms for Bound Constrained Minimization", SIAM J. Optim., Vol. 9, No. 4, 1999, pp. 1082–1099.

[13] R. M. Lewis, V. Torczon, "Pattern Search Methods for Linearly Constrained Minimization", SIAM J. Optim., Vol. 10, No.3, 2000, pp. 917–941.

[14] K. M. Passino, S. Yurkovich, Fuzzy Control, Addison-Wesley, Menlo Park, Calif. 1998.

[15] Y. L. Sun, M. J. Er, "Hybrid Fuzzy Control of Robotics Systems", IEEE Transactions On Fuzzy Systems, Vol. 12, No. 6, 2004.

Prototipo de videojuego para el aprendizaje del uso apropiado del teclado

Mónica A. CARREÑO
Departamento Académico de Sistemas Computacionales, UABCS
La Paz, B.C.S. 23000, México

Jesús A. SANDOVAL
Departamento Académico de Sistemas Computacionales, UABCS
La Paz, B.C.S. 23000, México

Italia ESTRADA
Departamento Académico de Sistemas Computacionales, UABCS
La Paz, B.C.S. 23000, México

Jesús HERNÁNDEZ
Departamento Académico de Sistemas Computacionales, UABCS
La Paz, B.C.S. 23000, México
y

Azor A.PEREZ
Departamento Académico de Sistemas Computacionales, UABCS
La Paz, B.C.S. 23000, México

RESUMEN

Actualmente los niños desde muy temprana edad tienen acceso al uso de computadoras, tanto en instituciones educativas como en sus hogares, lo que ha generado que utilicen el teclado como se les ocurre intuitivamente y comienzan utilizando solo sus dedos índices. El uso de videojuegos por parte de niños y jóvenes se ha vuelto muy común, lo que ha provocado el interés de explorar al máximo los beneficios que se pueden lograr con estas herramientas en el ámbito educativo y social. A través del uso de videojuegos se pueden adquirir habilidades manuales, de coordinación y orientación especial. En este artículo se propone el desarrollo de un videojuego que pueda ser utilizado en el aula de clases de manera individual y simultanea por un grupo de niños, con la finalidad de enseñarlos a escribir en un teclado QWERTY de una computadora.

Palabras Claves: Videojuegos, Software Educativo, Uso del Teclado.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la tecnología se está haciendo presente en todos los aspectos de la vida cotidiana. Hace ya algunos años, en los centros educativos incorporan la tecnología en el proceso enseñanza – aprendizaje; los niños muestran habilidades que les facilitan manejar las computadoras como parte de su proceso de aprendizaje. Sin embargo, empiezan a escribir como se les ocurre intuitivamente e inician utilizando sus dedos índices para buscar la letra para teclearla [4]. Esto se debe a que actualmente no existe una cultura para motivar al correcto uso del teclado de la computadora desde temprana edad; lo cual puede originar problemas derivados por el uso (o mal uso) del teclado nada distintos de los que han sufrido las secretarias de toda la vida.

Una manera de fomentar el uso correcto del teclado es a través del uso de videojuegos. Un videojuego se puede definir como una interacción constante de un usuario llamado "jugador" entre una interfaz y un dispositivo de video. Los videojuegos recrean entornos y situaciones virtuales en los que el jugador puede controlar uno o varios personajes para alcanzar objetivos por medio de determinadas reglas [1].

Los videojuegos tiene un potencial educativo importante, pero el valor de videojuegos no es sólo su factor motivacional, sino que, a través del juego se puede aprender, se pueden desarrollar destrezas, habilidades, estrategias [2]. Se puede aprender jugando.

Es así como a través del uso de videojuegos se pueden adquirir habilidades manuales, de coordinación y orientación especial. Además permite la posibilidad de fortalecer normas de comportamiento, así como de generar situaciones de interrelación con otros compañeros de juegos, posibilitando el aprendizaje cooperativo [3].

En [5] se mencionan que existen siete características que hacen de los videojuegos un medio de aprendizaje más atractivo y efectivo:

1) Permiten el ejercicio de la fantasía, sin limitaciones espaciales, temporales o de gravedad.
2) Facilitan el acceso a "otros mundos" y el intercambio de unos a otros a través de los gráficos, contrastando de manera evidente con las aulas convencionales y estáticas.
3) Favorecen la repetición instantánea, así como el intentarlo otra vez, en un ambiente sin peligro.
4) Permiten el dominio de diversas habilidades. Aunque sea difícil, los jugadores pueden repetir las acciones, hasta llegar a dominarlas, adquiriendo sensación de control.
5) Facilitan la interacción con otras personas.
6) Hay una claridad de objetivos. El jugador juega al videojuego sabe que hay una tarea clara y concreta: abrir una puerta, rescatar a alguien, hallar un tesoro, etc., lo cual proporciona un alto nivel de motivación.
7) Favorece un aumento de la atención y del autocontrol favoreciendo el éxito individual.

Combinando el videojuego con elementos de aprendizaje, se obtiene una herramienta que permita que fomentar el uso correcto del teclado a temprana edad.

Existen diferentes herramientas educativas que se enfocan a la enseñanza de la mecanografía, sin embargo, no sería atractivo ni apropiado para un niño que realice las tediosas prácticas de mecanografía.

Se pueden encontrar también videojuegos dedicados a la práctica de ubicación de letras en el teclado, pero estos trabajan de manera individual, además de carecer de un medio con el cual se pueda verificar el grado de avance del jugador, lo que dificultaría su uso como herramienta didáctica.

En este artículo se propone el desarrollo de un videojuego que pueda ser utilizado como herramienta didáctica en el aula de clases de manera individual y simultanea por un grupo de niños, para la práctica del uso del teclado QWERTY de una computadora.

2. DESARROLLO DEL VIDEOJUEGO

Para el desarrollo del videojuego, primeramente se planteó una idea general (ver figura 1) y luego se utilizó el ciclo de vida prototipo evolutivo, el cual permitió diseñar un prototipo que se fue refinando y ampliando hasta que el prototipo se terminó.

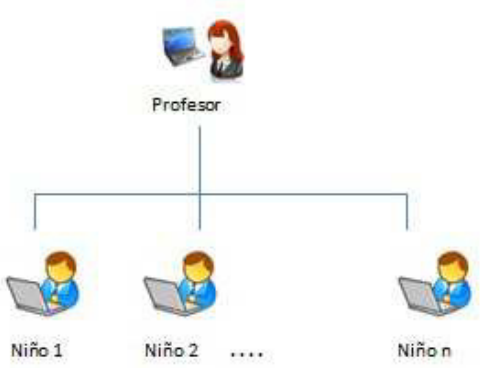


Figura 1. Idea general del uso del prototipo del videojuego.

La idea general del uso del videojuego (ver figura 1), es que a través del videojuego el profesor pueda monitorear el desempeño de cada uno de los niños, al jugar simultáneamente la misma partida que se ha cargado al iniciar una sesión.

Una vez, definida la idea general del videojuego se llevaron a cabo las etapas del ciclo de vida prototipo evolutivo, estas fueron:

Identificación de requerimientos y análisis.

Entre los requerimientos identificados, después de entrevistas y observaciones que se realizaron en algunos sitios, se encuentran:

1) Iniciar sesión simultanea de un grupo de niños.
2) Incorporar palabras por niveles de complejidad en el videojuego.
3) Cargar pantallas con palabras para practicar.
4) Verificar el desempeño de cada niño.

La funcionalidad principal de la aplicación es el correcto uso del teclado mediante un videojuego, consiguiendo con él entretenimiento y la habilidad del niño para el uso del teclado.

A continuación se definió el Diagrama de Casos de Uso del videojuego (ver figura 2), en él se identificaron a los actores que interactúan con el videojuego, estos son:

1) **Profesor**, es la persona encargada de editar escenarios, administrar alumnos (niños), administrar evaluaciones (p.e. consultar evaluaciones para verificar el avance del niño), administrar niveles de juego, esto conlleva a generar palabras y frases, configurar nivel de juegos (p.e. tiempo, asociación de palabras y frases por nivel). Este actor puede o no tener conocimientos tecnológicos altos, con lo que el uso de la aplicación debe ser sencillo e intuitivo.
2) **Niño**, se trata del rol más común a la hora de utilizar el videojuego. Cualquier persona puede desempeñar este rol ya que no se requiere de ninguna habilidad ni conocimiento concreto para su juego.

Los casos de uso que interactúan con el videojuego son:

1) **Iniciar Juego**, permite al jugador (niño) ingresar al videojuego mediante la ejecución del programa.
2) **Jugar**, permite que el jugador (niño) inicie con el videojuego mediante su interfaz gráfica correspondiente al nivel del niño siempre orientándolo al correcto uso del teclado.
3) **Ver Puntuación Final**, permite al niño en tiempo real ver su grado de avance en aciertos y tiempo, a través de la interfaz gráfica del videojuego.
4) **Administración de Alumnos**, permite realizar las acciones de registro y consulta de alumnos.
5) **Administración de Evaluaciones**, permite realizar evaluaciones y consultarlas para observar el nivel de avance del niño en cada juego y como ha sido su proceso de aprendizaje del teclado a través del uso del videojuego.
6) **Administración de Niveles**, permite al profesor configurar los niveles del juego (tiempo y nivel) y a su vez generar palabras y/o frases, esto debido a los diferentes grupos de niños.

En la figura 2 se muestra el Diagrama de Casos de Uso del videojuego, con las distintas funcionalidades que podrán realizar los diferentes usuarios que interactúen con el videojuego.

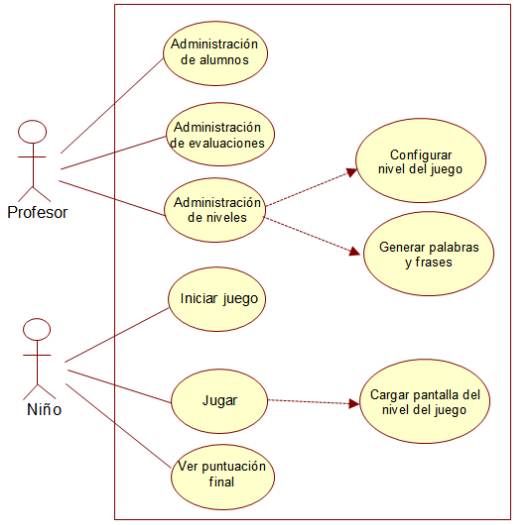


Figura 2. Diagrama de casos de uso del prototipo del videojuego.

Diseño, desarrollo e implementación del prototipo.

El videojuego se implementó utilizando el lenguaje de programación Java, utilizando tecnología applet incrustada en página web (HTML, CSS3), montado en servidor apache. La edición de las imágenes se llevó a cabo con el software GIMP (GNU Image Manipulation Program).

En la figura 3 se muestra el diagrama general del videojuego en donde se puede apreciar los módulos que lo conforman, así como la forma de interacción de los usuarios.

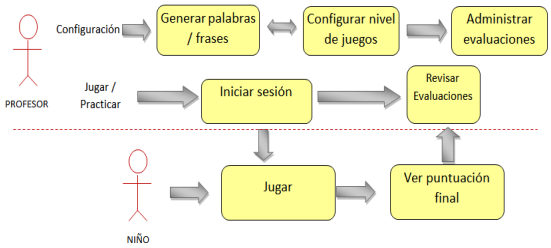


Figura 3. Diagrama general del prototipo del videojuego

Prueba del prototipo y refinamiento iterativo.

Durante el tiempo del desarrollo del videojuego fue posible que expertos en educación básica y educadores probaran el prototipo de manera directa, haciendo observaciones y recomendaciones, las cuales se fueron incorporando y haciendo el refinamiento iterativo para alcanzar el prototipo final deseable.

3. DESCRIPCIÓN DEL VIDEOJUEGO

El videojuego proporciona al niño un entorno divertido y amigable para la práctica de la posición en el teclado de las letras, a través del uso de una interfaz gráfica.

En la figura 4 se muestra la interfaz principal del videojuego, la cual muestra uno de los escenarios posibles. Con el fin de evitar el desinterés de los niños con una imagen fija, se contemplaron 10 escenarios diferentes.

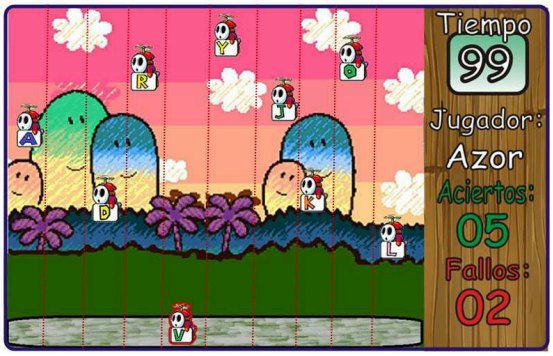


Figura 4. Interfaz principal del prototipo del videojuego.

La interfaz se divide en diez columnas, por donde van bajando las letras según su ubicación en el teclado. Existe una correspondencia entre cada una de las columnas y los dedos de ambas manos: la columna 1 corresponde al dedo meñique de la mano izquierda, la columna 2 corresponde al dedo anular de la mano izquierda, la columna 3 corresponde al dedo medio de la mano izquierda, la columna 4 y 5 corresponde al dedo índice de la mano izquierda, la columna 6 y 7 corresponde al dedo índice de la mano derecha, la columna 8 al dedo medio de la mano derecha, la columna 9 al dedo anular de la mano derecha y la columna 10 al dedo meñique de la mano derecha.
La visualización gráfica de la ubicación en la pantalla por columnas de cada una de las letras facilita que el niño utilice el dedo adecuado para la pulsación de la tecla. En la figura 5 se puede apreciar el área de la pantalla dividida en columnas, así como la correspondencia entre los dedos de las manos y el teclado.

El objetivo del juego es atrapar las letras que van bajando por cada una de las columnas de la pantalla hasta llegar al recuadro inferior, que es la zona del objetivo. Si la tecla se presiona correctamente se acumulan aciertos, en caso contrario se acumulan fallos.

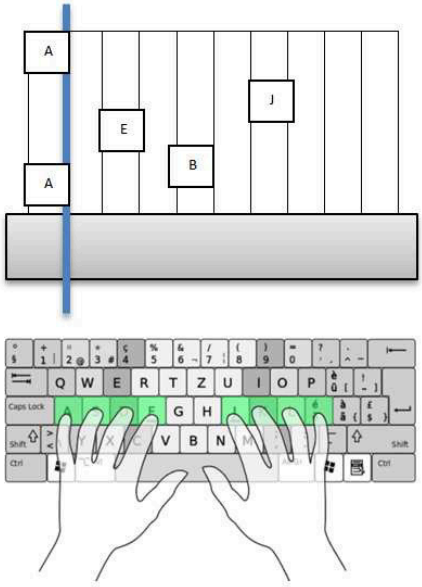


Figura 5. Funcionamiento del prototipo del videojuego.

La interfaz principal del videojuego ilustrada en la figura 6 muestra cada una de las secciones las cuales se definen a continuación:

1) Escenario principal del juego, el conjunto de letras y/o símbolos, palabras y frases, se generan en la parte superior de esta zona, con un desplazamiento vertical hacia la zona inferior de esta misma.
2) Objeto que representa un símbolo del teclado.
3) Zona del objetivo en la cual, cuando un objeto símbolo se encuentre dentro de esta, es necesario presionar la tecla correspondiente para generar puntos.
4) Contador del tiempo restante del juego.
5) Nombre del jugador actual.
6) Cantidad de aciertos totales de la partida.
7) Cantidad de fallos totales de la partida.

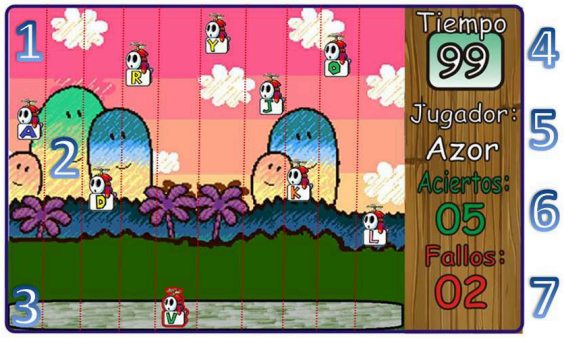


Figura 6. Secciones de la interfaz principal del videojuego.

Es necesario que el profesor configure previamente el videojuego para que los niños puedan utilizarlo. La configuración incluye:

1) La captura de palabras o frases de acuerdo al nivel del niño.
2) Definir el intervalo de tiempo con el que van apareciendo cada una de las letras o palabras según sea el caso.
3) Identificar a cada uno de los niños dentro de la sesión.
4) Seleccionar el nivel de juego para la sesión activa.

El videojuego proporciona al profesor una herramienta para el monitoreo del desempeño de cada uno de los niños que se encuentran interactuando en una sesión.

4. EXPERIENCIA CON EL USO DEL VIDEOJUEGO

Como aspecto de alto interés a evaluar en el uso del prototipo de videojuego fue la experiencia de los niños (usuarios) a partir de los resultados obtenidos durante las distintas partidas. La intención se enfocó a la medición cuantitativa del progreso de las habilidades obtenidas durante un periodo de tiempo.

A partir de lo anterior, se realizó la identificación de 3 grupos, segmentados conforme a la edad, definiéndose 6 años para el primer grupo, 7 y 8 años para el segundo y 9 y 10 años para el tercero. Se ejecutó un plan de experimentación por 3 bimestres, en los cuales se realizaron sesiones de 1 hora por semana durante la clase

de computación de cada grupo. Esto tuvo la finalidad de obtener información inicial sobre la aceptación del videojuego y el entendimiento del mismo por parte de los niños.

La primera actividad realizada conforme al plan de experimentación, fue presentar el videojuego a los niños y brindarles una breve inducción sobre la forma en que deberían interactuar. Con grata satisfacción, se observó un inmediato interés y dedicada participación desde el inicio hasta la conclusión de la actividad. Durante cada una de las sesiones que se llevaron a cabo, el profesor incorporó las palabras o frases necesarias para llevar a cabo las prácticas planeadas.

Conforme transcurría el tiempo y se daban los registros de cada una de las sesiones, la complejidad de las palabras fue gradualmente incrementada, de acuerdo a las características, nivel educativo correspondiente a cada grupo y al interés de sus profesores.

Con el desarrollo del plan fue posible obtener los resultados que se muestran en la tabla 1. En ella se puede apreciar que los niños mostraron un avance significativo en la generación de habilidades para ubicar ágilmente las letras en el teclado.

Tabla 1. Progreso de los resultados obtenidos.

Rango de edad	Bimestre		
	1	2	3
Grupo 6 años	47%	68%	89%
Grupo 7-8 años	53%	75%	92%
Grupo 9-10 años	59%	83%	96%

El registro de aciertos y fallos de cada niño durante las diferentes partidas de juego permitió calcular un valor porcentual de la relación entre el total de apariciones de letras y los aciertos logrados, lo cual se puede visualizar en la gráfica de la figura 7.

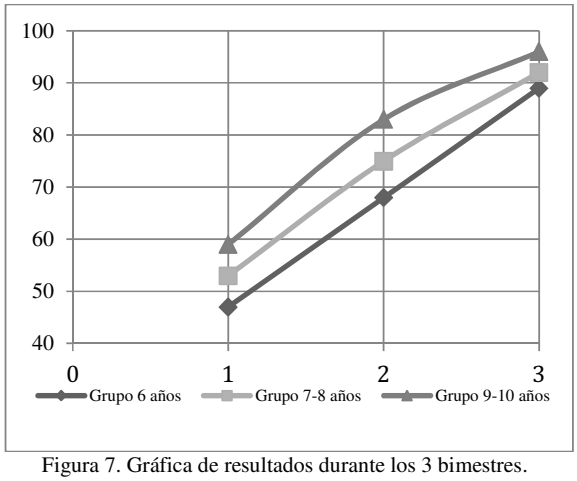


Figura 7. Gráfica de resultados durante los 3 bimestres.

Asimismo, para la mayoría de los niños se distingue a la edad como un factor influyente en la evolución de las habilidades. No obstante, en general, se apreció un notable y significativo crecimiento en los tres grupos bajo estudio.

5. CONCLUSIONES

La amplia disponibilidad de dispositivos de cómputo en la vida de las personas les permite acceder constantemente a estas herramientas consideradas como medio de apoyo en la realización de múltiples tipos de tareas cotidianas. Por lo cual, una correcta y adecuada operación de estos dispositivos pueden significar beneficios y ventajas de considerable relevancia en importantes entornos, como lo es la educación.

El uso de videojuegos en el proceso de enseñanza-aprendizaje favorece la adquisición de habilidades manuales, de coordinación y orientación especial. Aspectos que se comprobaron durante las sesiones de uso del videojuego, con ellas se logró que los niños mejoraran su conocimiento acerca de la ubicación de cada una de las letras en el teclado, también se logró que utilizaran los dedos que anteriormente no consideraban necesarios. Por otro lado, al finalizar el periodo de prueba se observó un incremento en la rapidez de la escritura, por parte de algunos niños. Se considera recomendable continuar con la utilización del videojuego con el fin de reforzar las habilidades adquiridas y evitar malas prácticas en el uso del teclado de una computadora.

6. REFERENCIAS

[1] Pérez Castañeda J.M, Álvarez Rodríguez F. J., Muñoz Arteaga J., Muñoz Zavala A.E, Elaboración del Alfabeto Móvil como componente de un videojuego serio, Aguascalientes, Aguascalientes, México. 2013.

[2] Rodríguez-Hoyos Carlos, Joao Gomes María, "Videojuegos y Educación: una visión panorámica de las investigaciones desarrolladas a nivel internacional", Revista de currículum y formación del profesorado, Vol. 17, No. 2, 2013, pp. 479-494.

[3] "Los videojuegos en el proceso de aprendizaje", consultado el día 1 de abril de 2014 en: http://www.colombiadigital.net/opinion/columnistas/conexion/item/1914-los-videojuegos-en-el-proceso-de-aprendizaje.html

[4] "Aprende a tipear con todos los dedos y sin mirar el teclado", consultado el día 29 de marzo de 2014 en: http://adriantips.com/como-aprender-a-tipear-con-todos-los-dedos-y-sin-mirar-el-teclado-mecanografia-2068.html

[5] Gifford B.R. "The learning society: Serious play". Chronicle of Higher Education; 7. 1991.

EMOCIONES, LIDERAZGO Y DESEMPEÑO DEL PROFESOR EN EL AULA: UNA EVIDENCIA INTERCULTURAL

LUIS MANUEL CERDÁ SUÁREZ
Universidad de Valladolid
(España)
Tfno.: (00 34) 656319914
luismanuel.cerda@eade.uva.es

RESUMEN

En los últimos años, diversas investigaciones subrayan la importancia de una gestión adecuada de las emociones en el desarrollo de ciertas competencias de los estudiantes, como una actitud abierta al cambio, la flexibilidad intelectual, la empatía o la motivación en su proceso de aprendizaje.

Desde una perspectiva de inteligencia emocional sobre el liderazgo del profesor en el aula, en este artículo se evidencian los efectos positivos que tiene poner en práctica este estilo pedagógico. La principal contribución de este trabajo consiste en mostrar la utilidad de esta propuesta, que se ha aplicado en el ámbito de un Convenio Internacional en Universidades de México, Portugal y España.

PALABRAS CLAVE

Emociones, liderazgo, desempeño del profesor, aula, interculturalidad.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la adaptación de las titulaciones universitarias a las exigencias del mercado laboral ha multiplicado los estudios sobre el aprendizaje y la enseñanza, entre las autoridades académicas y los interesados en la innovación educativa (Biggs y Tang, 2007; European Comission, 2007).

Con la aparición del Espacio Europeo de Educación Superior, muchas universidades han modificado sus planes de estudio y metodologías docentes, encaminadas hacia el desarrollo de competencias en el aprendizaje de sus estudiantes. Lo mismo ha ocurrido en Estados Unidos, Australia, Hong-Kong, Canadá o México, por ejemplo; país este donde la reforma de la Universidad está ocupando los esfuerzos de las autoridades educativas y de los profesionales de la docencia.

Diversos autores han analizado en los últimos años el estilo de liderazgo y el desempeño del profesor en el aula. El desarrollo de escalas de medición es un proceso iterativo que requiere de esfuerzos continuados de validación psicométrica de los instrumentos, cuando se aplican en diferentes universos y contextos de aprendizaje.

Aunque muchas cuestiones se deben tener en cuenta en el aprendizaje de los estudiantes universitarios, este estudio se limita a presentar una experiencia para describir un estilo de liderazgo del profesor en el aula bajo un enfoque de inteligencia emocional, con el fin de identificar la efectividad en el aprendizaje de los grupos que coordina.

Los resultados de este trabajo forman parte de una investigación internacional, llevada a cabo a nivel de licenciatura y de postgrado en universidades que, desde hace algún tiempo, aplican metodologías basadas en el desarrollo de competencias en el aprendizaje de sus estudiantes: la Universidad Autónoma de Baja California (UABC, México); el Instituto de Artes Visuales, Diseño y Marketing (IADE, Portugal) y la Universidad Politécnica de Madrid (UPM, España).

La estructura de este artículo es la siguiente: en primer lugar, se presenta una revisión de la literatura sobre el enfoque y los tópicos de esta investigación. En segundo término, se exponen la metodología y la estrategia de actuación del profesor en el aula. En tercer lugar, se describen los principales resultados del análisis de los datos realizado. Finalmente, se dedica una sección a discusión, conclusiones, limitaciones y futuras líneas de investigación.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Enfoques de enseñanza y liderazgo docente

En las últimas décadas, son numerosas los trabajos en el ámbito pedagógico que se han centrado en cómo los profesores perciben lo que hacen en su clase, observándose en general dos grandes líneas de investigación (Postareff *et al*., 2008): la primera de ellas, referida a las *aproximaciones a la enseñanza* (es decir, cómo enseñan los profesores según sus intenciones y estrategias empleadas); la segunda, relacionada con las *concepciones de la enseñanza* (esto es, qué creencias y propósitos tienen los profesores; Entwistle *et al.,* 2002; Marton y Säljö, 1984; Richardson, 2005). En la línea de investigación sobre *aproximaciones a la enseñanza*, algunos autores han desarrollado diversos estudios sobre la relación entre los enfoques de aprendizaje de los estudiantes y los métodos de enseñanza de los docentes, describiéndose dos perspectivas al respecto (Driscoll, 2005; Elton, 2001; Linnenbrink y Pintrich, 2003):

1) centrada en el profesor: es decir, el docente organiza los materiales que asimila el alumno; y

2) centrada en el estudiante: esto es, el profesor organiza su docencia con la idea de promover el trabajo de los estudiantes.

De acuerdo con diversos autores, la nueva pedagogía ha cambiado la práctica pedagógica: los profesores deben ser flexibles en el estilo docente aplicado y las técnicas que utilizan de modo que, con su actuación, los estudiantes alcancen los objetivos de aprendizaje perseguidos. En este sentido, la literatura enfatiza la importancia de estudiar el estilo de liderazgo aplicado por el profesor en el aula (Banning, 2005; De Vincenzi, 2009; Gregory, 2002).

Pues bien, en el ámbito académico el liderazgo ha sido objeto

de enfoques muy variados (Bryman, 2004; Moss y Ritossa, 2007): desde las teorías de los rasgos y caracteres hasta las aproximaciones situacionales, transaccionales y transformacionales, o las diferentes acepciones de liderazgo, como: relacional, facilitador, persuasivo, carismático, sostenible, visionario o resonante (Goleman, 1995; Mayer y Salovey, 1995). De ahí que este concepto adquiera muchos matices; entre ellos, la capacidad del docente para crear un clima que favorezca el aprendizaje (Gentry, 1990; Prince, 2004).

Aunque los estudios sugieren que hay buenos profesores con estilos de liderazgo diversos, en los últimos años distintos autores resaltan la importancia de un liderazgo basado en un enfoque de inteligencia emocional; en tanto que la pedagogía actual entiende el aprendizaje como un proceso de cambio constante en la forma de conocer, sentir y actuar del estudiante, superando la concepción tradicional de este como sujeto pasivo de la enseñanza. Sin embargo, este cambio no siempre sucede: para que ello sea así se precisa que se gestione bien por los profesores, a través de su visión, actitud y estrategias docentes aplicadas.

2.2. Desempeño del profesor en el aula

En general, el desempeño en el aula se refiere a la capacidad del docente para crear un clima que favorezca el aprendizaje, a través de la satisfacción, los esfuerzos y la eficacia de los estudiantes en su desarrollo académico (Barrie y Ginns*.,* 2007; Francis, 2006; Ramsden, 1991).

La importancia del clima generado por el profesor en el aula reside en que su ambiente desinhibido refuerza una participación activa de los alumnos en el proceso de aprendizaje (O´Neill, 2010). Por definición, los profesores con buen desempeño frente a los estudiantes resultan creativos, justos en sus evaluaciones, motivadores, sociables, pacientes, responsables, con sentido del humor y favorecedores del pensamiento crítico y analítico entre los alumnos. Para lograr esto, resulta oportuno experimentar en la clase dicha atmósfera, fomentando la participación de los alumnos y su responsabilidad en el proceso de aprendizaje (Gregory, 2002).

Admitiendo que una actuación docente participativa por parte del profesor refuerza el aprendizaje de los alumnos, el desempeño del docente en el aula proporciona información sobre *qué* y *cómo* se está aprendiendo (Biggs y Tang, 2007; Ramsdem, 1991). En este sentido, en un trabajo previo, Cerdá y Hernández (2013) han presentado una extensa revisión bibliográfica sobre estilos de liderazgo en la docencia y desempeño del profesor en el aula. A partir de la revisión de la literatura más relevante en el área realizada por estos autores sobre estos dos tópicos de investigación, en las tablas que se incluyen en el Anexo se muestran distintos indicadores sobre un estilo de liderazgo basado en la inteligencia emocional, y otros de evaluación del desempeño docente (Anexos A y B).

2.3. Escalas de liderazgo y desempeño del profesor en el aula

Aunque diversas investigaciones han concluido que un enfoque de inteligencia emocional tiene efectos positivos sobre el liderazgo y el desempeño del profesor en el aula, no abundan las escalas únicas sobre estos tópicos de investigación: las aportadas por muchos estudios tienen poca utilidad práctica para actuar en el aula, ya que no permiten representar el fenómeno estudiado en sus dimensiones operativas (Ayers y Stone, 1999; Boyatzis *et al*., 2000; Schutte *et al*., 1998).

Para la medición de los estilos de liderazgo y del desempeño del profesor en el aula se emplean habitualmente escalas multidimensionales, aunque diversas investigaciones señalan varias limitaciones de este tipo de instrumentos (Avolio *et al*., 2009). Por ejemplo, que su estructura factorial no es universal, o que los datos utilizados proceden de muestras relativamente pequeñas. Además, aunque hay evidencias de que estilos de liderazgo basados en la inteligencia emocional logran un mejor desempeño en el aula, no abundan las investigaciones que específicamente midan estos constructos.

Diversos autores recomiendan avanzar en el conocimiento que se requiere en el contexto actual, y perfeccionar las escalas de medición de liderazgo y desempeño del profesor mediante procedimientos sencillos, para facilitar la toma de decisiones en el aula (Francis, 2006; Moss y Ritossa, 2007; Postareff *et al*., 2008). En particular, resulta oportuno desarrollar protocolos de actuación aplicables en este ámbito.

Para cubrir la laguna existente en la literatura, en este artículo se presentan los resultados de evaluar estos constructos, mediante las escalas de medición que se presentan al final de este trabajo (ver Anexo). El propósito de esta investigación es que estas escalas se utilicen como una herramienta para la mejora académica.

3. METODOLOGÍA

Para evaluar la puesta en práctica de un enfoque emocional sobre el liderazgo y su relevancia sobre el desempeño del profesor en el aula, se realizó una investigación empírica en México, Portugal y España, a partir del trabajo de Cerdá y Hernández (2013). Tres aspectos de la metodología se deben señalar en este estudio: primero, en relación con los participantes; segundo, en cuanto a la aplicación de la estrategia de enseñanza en el aula. Y tercero, respecto de las fuentes de información y el procedimiento detallado de la investigación.

3.1. Participantes

Con el fin de explorar estos constructos, se experimentó primero en México (Universidad Autónoma de Baja California) sobre dos grupos de alumnos, en el postgrado de Administración y de Tecnologías de la Información y en la asignatura de Marketing (n=82). En ambos grupos, la situación fue semejante excepto la exposición a dos estilos docentes, contrapuestos entre sí en cada grupo y definidos sobre tres parámetros, para caracterizar un estilo de liderazgo con un enfoque emocional frente a otro que no lo es: a) *filosofía docente* (los objetivos se fijan –o no- en consenso entre profesor y alumnos); b) *autonomía* (libertad –o no- del grupo al decidir el contenido concreto de su asignatura); y c) *relación con el alumno* (disposición personal –o no- del profesor con el estudiante). En Portugal y España, el análisis se realizó en dos grupos de alumnos (uno en cada país) con profesores que aplicaron estilos de liderazgo con un enfoque emocional, definidos a partir de los tres criterios mencionados más arriba (en el Instituto de Artes Visuais, Design e Marketing de Lisboa: n=78; y en la Universidad Politécnica de Madrid: n=83), en la misma asignatura mencionada anteriormente.

3.2. Estrategia de enseñanza-aprendizaje

Para esta investigación, en los grupos sometidos a estilos de liderazgo con un enfoque emocional se ensayaron distintas técnicas, en clases convertidas en seminarios: clase magistral, debate, trabajo y presentación en grupo. En ellas, los estudiantes

tuvieron que tomar sus propias decisiones acerca del contenido formativo de la asignatura.

Previamente, el profesor dio a conocer el propósito de la materia, los temas de la misma e investigó sobre las expectativas de los alumnos. Tras las primeras sesiones, desarrolladas por el docente, los estudiantes presentaron por equipos (de dos a tres personas) los temas elegidos. En el grupo de alumnos sometidos a estilos de liderazgo docente tradicionales (no emocionales), se desarrollaron técnicas tradicionales: el profesor establecía los objetivos de la asignatura e impartía el contenido, sin prestar tanta atención a la relación personal con el alumno.

3.3. Fuentes de información y procedimiento metodológico

En relación con la metodología de este estudio, la tabla 1 presenta el detalle del procedimiento de la investigación. En cuanto al instrumento de obtención de datos, se optó por suministrar a los alumnos un cuestionario, voluntaria y aleatoriamente; en el que, además de información descriptiva sobre las características de los estudiantes, se les preguntó sobre su grado de acuerdo o desacuerdo con el estilo de liderazgo y el desempeño del profesor (ver Anexo A y B), en una escala de Likert de 1 (muy en desacuerdo) a 5 (muy de acuerdo). El trabajo de campo se realizó en los tres países a lo largo del mes de noviembre de 2013, y el análisis de los datos se efectuó con los programas SPSS v19 y LISREL 8.7 (en total, n=243 estudiantes).

Tabla 1. Procedimiento metodológico de la investigación.

FASE	ESTUDIO	ANÁLISIS	METODOLOGÍA	TÉCNICA
Identificación	• Estudio en México	• Documental y validez de contenido • Validez de expertos • Definición empírica de las escalas • Fiabilidad y validez de constructo	• Revisión de literatura • Investigación cuantitativa (pretest, *análisis de fiabilidad global inicial y validez factorial*)	• Análisis de la bibliografía • Análisis exploratorio de los datos • Alfa de Cronbach y correlación ítem-total • Análisis factorial exploratorio y confirmatorio • Test t de medias
Evaluación	• Estudio en Portugal y España	• Evaluación de las escalas	• Investigación cuantitativa	• Análisis de regresión lineal • Test t de medias

4. RESULTADOS

4.1. Perfil de la muestra

La tabla 2 recoge, en términos comparados, el perfil de los estudiantes que respondieron al cuestionario. En este análisis destaca, en la columna de Total, la mayor presencia masculina entre el alumnado (60,6 %), así como de alumnos que trabajan actualmente (51,2 %).

Como se puede apreciar en esta tabla, los alumnos de México se encuentran trabajando actualmente y, puesto que en su totalidad eran estudiantes de postgrado, parece que cursan estudios con el fin de promocionarse profesionalmente. Sin embargo, en Portugal y España los estudiantes acumulan menos experiencia; lo que sugiere que estudian, en esencia, con el fin de insertarse en el mercado de trabajo.

Tabla 2. Perfil de la muestra (datos en porcentaje; la edad, en valor medio y desviación típica; n=243).

	ALUMNOS			TOTAL
	México	**Portugal**	**España**	
Edad:				
▪ Valor medio	28.4 años	25.1 años	21.1 años	24.4 años
▪ D. T.	5.69	9.5	2.47	7.7
Género:				
▪ Masculino	61 %	46 %	74.6 %	60.6 %
▪ Femenino	39 %	54 %	25.4 %	39.4 %
¿Trabaja actualmente?				
▪ Sí	85.4 %	45 %	14.3 %	51.2 %
▪ No	14.6 %	55 %	85.7 %	48.8 %
TOTAL ALUMNOS	**82**	**78**	**83**	**243**

4.2. Análisis de los datos

Identificación: ***estudio en México.*** Este trabajo se inició con la selección de las variables representativas del *marco teórico de referencia* de las escalas de liderazgo y de desempeño del profesor en el aula (Anexo A y B). Una vez establecidas las escalas iniciales de medición, se analizaron su validez de contenido y de expertos entre profesores universitarios y profesionales externos, con conocimiento y experiencia en este ámbito.

Para evitar sesgos en la estructura empírica, validar la estabilidad de las soluciones obtenidas en cada paso y generalizar los resultados más allá de la muestra obtenida, se aplicó el cuestionario primero en México y luego en Portugal y España. Esta *validación cruzada* permitió trabajar con dos muestras: una de ellas (la de México) para la estimación, diagnóstico y modificación del instrumento previo de medición; y la otra (en Portugal y España) para la validación cruzada.

En cuanto a la escala de liderazgo, el análisis estadístico partió de la identificación empírica de las variables, y consistió en apreciar la consistencia interna de la escala, a partir del Alfa de Cronbach y la correlación ítem-total del instrumento. Previamente, el análisis exploratorio de los datos presentó distribuciones normales para todos los ítems. Pues bien, se calculó la fiabilidad global, que arrojó un Alfa de 0,967, y el análisis de correlación ítem-total, cuyos valores estaban todos comprendidos entre 0,716 y 0,885. Dada la naturaleza exploratoria de la investigación, tras el análisis factorial exploratorio con rotación Varimax de esta escala (varianza total: 78,9%; medida KMO: 0,942 y prueba de esfericidad de Bartlett: 1721.480, g. l. = 105, $p < 0{,}000$), las cargas de las variables sobre los factores proporcionaron evidencia de la interpretación conceptual subyacente en la escala. Por lo que se refiere a la escala de desempeño del profesor en el aula, se calculó la fiabilidad global, que arrojó un Alfa de 0,981, y el análisis de correlación ítem-total, cuyos valores estaban comprendidos entre 0,782 y 0,918. El análisis exploratorio de

los datos presentó distribuciones normales para todos los ítems, y el resultado de la aplicación del análisis factorial exploratorio con rotación Varimax de esta escala proporcionó una varianza total de 72,6%; una medida KMO de 0,940; y una prueba de esfericidad de Bartlett de 1134.979 (g. l. = 78; p < 0,000).

Tabla 3. Análisis factorial confirmatorio para las escalas

	Chi-cuadrado / grados de libertad	CFI	RMSEA	SRMR
Liderazgo	2.691	0,897	0,010	0,098
Desempeño	2,501	0.899	0,010	0.092

Como se ve en la tabla 3, para la escala de liderazgo, el análisis factorial confirmatorio realizado para examinar la adecuación de los modelos unidimensionales especificados ofreció unos valores de 2,691 como Chi-cuadrado/g. l.; 0,897 de CFI; 0,010 de RMSEA y 0,098 de SRMR. Para la escala de desempeño, los valores fueron de 2,501 en Chi-cuadrado/g. l.; 0,899 en CFI; 0,010 de RMSEA y 0,092 en SRMR.

Tabla 4. Test t, valores medios y desviación típica (D. T.) para las escalas

	Media/ D. T.	Enfoque emocional	Enfoque no emocional	t	p < 0.05
Liderazgo	4.03/0.93	4.487	3.365	4.844	0.000
Desempeño	4,04/0,96	4,519	3,612	4,962	0,000
	Media/ D. T.	**Sexo masculino**	**Sexo femenino**	**t**	**p < 0.05**
Liderazgo	4.03/0,93	4.311	3.71	7.755	0.000
Desempeño	4,04/0,96	4.044	4,044	0.001	0.999

Como se observa en la tabla 4, en cuanto al análisis del test t sobre las escalas de liderazgo y desempeño del profesor en el aula en la muestra analizada, según el enfoque docente (emocional/no emocional), se observaron diferencias estadísticamente significativas; lo que permite apreciar que el estilo docente aplicado por el profesor en el aula tiene relevancia sobre su desempeño (valor mayor con el enfoque emocional que en el no emocional). En función del género de los estudiantes (masculino/femenino), aunque hay diferentes percepciones sobre el estilo de liderazgo docente, no se revelan diferencias significativas sobre el desempeño del profesor, lo que evidencia percepciones similares entre uno y otro grupo de estudiantes para esta última escala, en línea con diversos resultados de la revisión de la literatura efectuada para este trabajo (Entwistle *et al.*, 2002; French *et al*., 2005; Stump *et al.,* 2011).

Evaluación: estudio en Portugal y España. Puesto que una finalidad de este trabajo, esencialmente exploratorio, fue la *validación cruzada* del instrumento de medición, la parte del análisis que se describe a continuación se efectuó sobre la muestra de estudiantes en Portugal y España, tanto de grado como de postgrado.

Tabla 5. Análisis de regresión lineal del desempeño del profesor en el aula

Modelo/variable predictora	Modelo R^2	R^2 Adj.	B (SEB)	β
Modelo: desempeño	0.891	0.890		
Constante			0.753	
Liderazgo docente			0.806	0.716

La tabla 5 presenta el análisis de regresión lineal de la escala de liderazgo sobre el desempeño del profesor en el aula. Con los datos obtenidos, se aprecia que la escala de liderazgo se encuentra positivamente relacionada con la escala de desempeño del profesor en el aula, a tenor de lo que indica el coeficiente β (se evidencia una relación significativa estadísticamente: p-valor < 0,05).

La tabla 6 ofrece los resultados de evaluar las escalas por nivel

Tabla 6. Test t, valores medios y desviación típica (D. T.) para las escalas

		Nivel educativo			
	Media/ D. T.	**Licenciatura / Grado**	**Postgrado**	**t**	**p < 0.05**
Liderazgo	4.03 (0.93)	4.029	3.830	1.915	0.064
Desempeño	4.04 (0.96)	4.014	3.765	1.640	0.104

educativo (licenciatura/grado y postgrado). De esta forma, se aprecia que no hay diferencias estadísticamente significativas en la percepción que tienen los alumnos del estilo de liderazgo y del desempeño del profesor en el aula, según el nivel educativo en el que se encuentran matriculados aquellos; lo que permite afirmar que los aspectos emocionales son importantes e igualmente valorados en ambos niveles, como aspectos esenciales que refuerzan su proceso de enseñanza-aprendizaje.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En el contexto de esta investigación, la práctica con los alumnos de pedagogías basadas en la gestión adecuada de las emociones ha permitido evaluar el buen desempeño de un liderazgo docente dentro del aula. La experiencia muestra la importancia de actuar sobre tres ejes estratégicos: 1) *compartir la filosofía docente* con los alumnos (los objetivos didácticos se fijan en consenso entre profesor y alumnos); 2) *autonomía en el aprendizaje* (libertad de los alumnos para desarrollar los contenidos de su asignatura); y 3) *trato personalizado del profesor* con el alumno (actitud para responder singularmente a su aprendizaje). Docentes que posean un buen dominio de la materia, sean flexibles, estén dispuestos a renunciar a cierto control del proceso de enseñanza-aprendizaje, estimulen el trabajo autónomo y cooperativo del alumnado, permitan una mayor interacción personal con este y se apoyen en ejemplos y experiencias de la vida real, son buenos candidatos para desarrollar un liderazgo con un enfoque emocional en el aula — sea en entornos presenciales y/o virtuales de aprendizaje.

Así mismo, este trabajo aporta un instrumento para evaluar, de forma sencilla y sistemática, la relevancia de un enfoque emocional del liderazgo sobre el desempeño del profesor en el aula. En el estudio empírico se ha obtenido una amplia representación espacial, de carácter transversal e intercultural, acerca del fenómeno estudiado. En los siguientes apartados se presentan las principales contribuciones de este estudio, las implicaciones prácticas, las limitaciones y algunas de las futuras líneas que se desprenden de esta investigación.

5.1. Contribuciones teóricas y metodológicas

Esta investigación se justifica en distintos soportes teóricos. Así, de acuerdo con la revisión de la bibliografía académica sobre didáctica de la enseñanza, la aplicación de métodos pedagógicos innovadores es un elemento esencial de la práctica educativa. Es más, hoy en día no resulta suficiente el dominio que tenga el profesor de la materia a enseñar; es necesario también conocer la técnica para transmitir su conocimiento de modo eficaz. Y, especialmente, de qué forma el contexto de aprendizaje condiciona la forma de enseñar y de aprender en el ámbito universitario. Para ello, en este trabajo se han descrito los resultados de una actuación pedagógica en el ámbito de las Tecnologías de la Información; cuyos resultados puede extenderse a otras áreas distintas de conocimiento.

En términos metodológicos, esta investigación presenta unas escalas exploratorias de liderazgo y desempeño del profesor en

el aula, operativas y fácilmente aplicables, que pueden adaptarse a diferentes entornos de aprendizaje por el profesor, en función de las técnicas didácticas implementadas en su asignatura. Su virtud radica en la envergadura internacional del trabajo, y en que se ha aplicado en alumnos con circunstancias académicas y profesionales diferentes, en instituciones que fomentan el desarrollo de competencias en los estudiantes.

En este estudio se han evaluado asimismo las características psicométricas de las escalas de medición de los constructos investigados, en términos de su fiabilidad, objetividad, validez de contenido, de expertos y factorial de las escalas diseñadas; mostrando que el liderazgo docente y su desempeño pueden evaluarse a través de la selección de ítems aportados en este trabajo. La validación cruzada del estudio, primero en México (para la identificación del modelo) y, después, en Portugal y España (para su posterior contrastación) confirma la utilidad de la propuesta presentada en estas páginas. Además, otra importante contribución de este instrumento consiste en preguntar directamente a los estudiantes; a diferencia de otros planteamientos sobre liderazgo y desempeño, centrados fundamentalmente en las evaluaciones de los profesores.

5.2. Implicaciones prácticas

En cuanto a las implicaciones prácticas de esta investigación, el instrumento con las escalas aquí expuesto es útil para examinar el liderazgo y el desempeño del profesor en el aula, así como los elementos emocionales presentes en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. El conocimiento sobre estas prácticas constituye una herramienta esencial de planificación del currículum académico de los estudiantes; y resulta de interés tanto para los profesores, como para los directores de las instituciones educativas, con el fin de analizar sus propios resultados docentes.

La revisión de las prácticas de evaluación a través de este instrumento, como forma de valorar el éxito del programa de la asignatura, proporciona a los profesores información sobre cómo se hace operativo el aprendizaje de los estudiantes. Para los responsables académicos de las instituciones educativas, esta herramienta permite desarrollar propuestas de intervención a partir de conductas de liderazgo docente observadas, con el fin de fortalecer el proceso de selección del profesorado, teniendo en cuenta la misión y visión institucionales.

5.3. Limitaciones y futuras líneas de investigación

Una limitación del instrumento propuesto está relacionada con la propuesta de los indicadores de estas escalas, cuyos valores pueden ir modificándose *ad hoc* de acuerdo con las preferencias de los alumnos con cada técnica pedagógica desarrollada.

Otra limitación importante es que una comprensión global del fenómeno estudiado aconseja incorporar a esta propuesta otros enfoques de evaluación docente, como por ejemplo: los programas de las diversas agencias regionales y nacionales de acreditación del profesorado; los procedentes de instrumentos que evalúen indicadores objetivos de rendimiento académico de los alumnos y de los profesores; o bien otros también subjetivos, pero desde la visión de otros agentes interesados en la enseñanza (colegas, egresados, etc.), en un proceso que complemente el énfasis afectivo de este instrumento de medición.

Una vía de estudio futuro consiste en incorporar la perspectiva longitudinal en el análisis de los constructos investigados, como criterio para evaluar la trayectoria académica de los docentes; de modo que sirva para reforzar el proceso de formación del profesorado en distintas instituciones educativas.

En futuras investigaciones también resultará de especial interés la interacción del estilo de liderazgo del profesor con aspectos como la medición del clima generado por éste en el aula; sea éste en entornos presenciales o virtuales de aprendizaje.

6. REFERENCIAS

[1] Avolio, B. J.; Walumbwa, F.O. y Weber, T.J. (2009): "Leadership: Current theories, research, and future directions". *Annual Review of Psychology,* Vol. 60, nº 1, pp.421-449.

[2] Ayers, D.; Stone, B. (1999): "Extension organization of the future: Linking emotional intelligence and core competences". *Journal of Extension,* Vol. 37, nº 6. Disponible en http://joe.org/1999december/iw4html.

[3] Banning, M, (2005): "Approaches to teaching: current opinions and related research". *Nurse Education Today,* vol. 25: 7, pp. 502-508.

[4] Barrie, S.; Ginns, P. (2007): "The Linking of National Teaching Performance Indicators to Improvements in Teaching and Learning in Classrooms". *Quality in Higher Education,* Vol. 13, No. 3, November, pp. 275-286.

[5] Biggs, J.; Tang, C. (2007): *Teaching for Quality Learning at University,* 3rd Edition, ed. Srhe and Oup, Berks.

[6] Boyatzis, R. E.; Goleman, D. y Rhee, K. (2000): "Clustering competence in emotional intelligence. Insights from the emotional intelligence inventory (ECI)". En: R. Bar-On y J. D. A. Parker (eds.) *Handbook of emotional intelligence*, pp. 343-367. San Francisco: Jossey-Bass.

[7] Bryman, A. (2004). "Qualitative research on leadership: A critical but appreciative review". *The Leadership Quarterly*. Vol. 15, pp. 729-769.

[8] Cerdá, L. M.; Hernández, W. (2013): "A Psychometric Re-evaluation of an Instrument for Measuring Leadership Style of the Professor in the Classroom". En: *Actas de las XXIII Jornadas Hispano-Lusas de Gestión Científica*. Universidad de Málaga. Febrero de 2013. Páginas: 43-55.

[9] De Vincenzi, A. (2009): "Concepciones de enseñanza y su relación con las prácticas docentes: un estudio con profesores universitarios". *Educación y educadores.* Vol. 12, nº 2, pp. 87-101.

[10] Driscoll, M. P. (2005): *Psychology of learning for instruction*, 3rd ed. Boston, MA: Pearson Education, Inc.

[11] Elton, L. (2001): "Criteria for Teaching Competence and Teaching Excellence in Higher Education". En: Aylett y Gregory (eds., 1996). *Evaluating Teacher Quality in Higher Education*. Ed. Falmer Press, Londres.

[12] Entwistle, N.; Mc Cune, V. y Hounsell, J. (2002): "Approaches to Studying and Perceptions of University Teaching-Learning Environments: Concepts, Measures and Preliminary Findings". *Occasional Report 1*, September. Edinburgh: ETL Project.

[13] European Comission (2007): *Key Competences for Lifelong Learning – European Reference Framework*, Brussels: Comission of the European Communities.

[14] Francis, S. (2006): "Hacia una caracterización del docente "universitario" excelente: una revisión a los aportes de la investigación sobre el desempeño del docente universitario". *Educación,* Vol. 30, nº 1, pp, 31-49.

[15] Gentry, J. W. (1990): "What is experiential learning?" In *Guide to business gaming y experiential learning*, edited by James Gentry, pgs. 9-20. London: Nichols/GP Publishing.

[16] Goleman, D. (1995): *La Inteligencia Emocional*. Fondo de Cultura Económica: México DF.

[17] Gregory, J. (2002): "Facilitation and facilitator style". In: Jarvis, P. (ed): *The Theory and Practice of Teaching*. London: Kogan Page.

[18] Linnenbrink, E. A.; Pintrich, P. R. (2003): "The role of self-efficacy beliefs in student engagement and learning in the classroom". *Reading and Writing Quarterly,* Vol. 19, nº 2, pp. 119–137.

[19] Marton, F.; Säljö, R. (1984): "Approaches to learning". In: Marton, F., Hounsell, D., Entwistle, N. (eds.): *The experience of learning*. Edinburgh: Scottish Academic Press.

[20] Mayer, J. D; Salovey, P. (1995): "Emotional intelligence and construction and regulation of feelings". *Applied Preventive Psychology*, Vol. 4, nº 3, pp. 197-208.

[21] Moss, S.; Ritossa, D. (2007): "The Impact of Goal Orientation on the Association between Leadership Style and Follower Performance, Creativity and Work Attitudes". *Leadership*, Vol. 3, nº 4, pp. 433-456.

[22] O'Neill, G. (2010): *Programme Design*. Dublin: UCD Teaching and Learning.

[23] Postareff, L.; Katajavuori, N.; Lindblom-Ylanne, S. y Trigwell, K. (2008): "Consonance and dissonance in descriptions of teaching of university Teachers". *Studies in Higher Education*, Vol. 33, n. 1, pp. 49–61.

[24] Prince, M. (2004): "Does active learning work? A review of the research". *Journal of Engineering Education,* Vol. 93, nº 3, pp. 223–231.

[25] Ramsdem, P. (1991): "A performance indicator of teaching quality in Higher Education: the course experience questionnaire (CEQ)". *In: Studies in Higher Education,* Vol. 16, pp. 129-150.

[26] Richardson, J. (2005): "Students' Approaches to Learning and Teachers' Approaches to Teaching in Higher Education". *Educational Psychology*, Vol. 25, nº 6, December, pp. 673-680.

[27] Schutte, N. S; Malouff, J. M.; Hall, L. E.; Haggerty, D. J., Cooper, J. T.; Golden, C.J. y Dornheim, L. (1998): "Development and validation of a measure of emotional Intelligence". *Personality Individual Differences*, Vol. 25, nº 2, pp. 167-177.

ANEXO

Anexo A: Escala de medición del liderazgo docente

ÍTEMS DE LIDERAZGO DOCENTE
El profesor proporciona formas nuevas de hacer las cosas
El profesor ayuda a analizar los problemas desde diferentes puntos de vista
El profesor genera nuevas ideas para la solución de los problemas
El profesor estimula la tolerancia a las diferencias de opinión
El profesor tiende a hablar con entusiasmo sobre las metas a alcanzar
El profesor me ayuda siempre a que me esfuerce
El profesor concede elogios cuando se hace un buen trabajo
El profesor expresa confianza en que se alcanzarán las metas
El profesor tiene en cuenta las consecuencias morales y éticas de las decisiones adoptadas
El profesor presta atención a sentimientos y necesidades de los alumnos
El profesor se relaciona conmigo personalmente
El profesor me trata como individuo y no como miembro de un grupo
El profesor dedica tiempo a orientar y enseñar

Fuente: Elaboración propia, a partir de Cerdá y Hernández (2013).

Anexo B: Escala de medición del desempeño del profesor en el aula

ÍTEMS DE DESEMPEÑO DEL PROFESOR EN EL AULA
El profesor utiliza métodos didácticos que me resultan satisfactorios
El profesor mejora el clima en el aula con buen humor
El profesor se muestra satisfecho con los logros del grupo
El profesor expresa satisfacción cuando cumplo con lo esperado
En general, estoy satisfecho con el estilo docente del profesor
El profesor me motiva a trabajar más duro en lo que hago
El profesor me motiva a hacer más de lo que esperaba
El profesor me hace sentir orgullo por el trabajo bien hecho
El profesor nos recompensa por los logros al alcanzar las metas
El profesor aumenta mi motivación por tener éxito
El profesor es efectivo en buscar formas de motivar al grupo
El profesor es efectivo en satisfacer las necesidades del grupo
El profesor es efectivo al asignar tareas para lograr los objetivos
El profesor está dispuesto a ayudar siempre que se le necesite
En general, estoy satisfecho con el cumplimiento de los objetivos del curso

Fuente: Elaboración propia, a partir de Cerdá y Hernández (2013).

¿TODOS BUSCAMOS LO MISMO? LA IMPORTANCIA DEL DISEÑO DE LOS SITIOS WEB SOBRE LA SATISFACCIÓN DE LOS ESTUDIANTES EN SUS TAREAS ACADÉMICAS

LUIS MANUEL CERDÁ SUÁREZ
Universidad de Valladolid
(España)
Tfno.: (00 34) 656319914
luismanuel.cerda@eade.uva.es

RESUMEN

No abundan los estudios empíricos centrados en analizar la importancia de un diseño adecuado de los sitios web sobre el nivel de satisfacción de los estudiantes, específicamente en el desarrollo de sus tareas académicas. Por este motivo, parece oportuno examinar el papel jugado por el diseño de estos sitios sobre las percepciones de los usuarios de los mismos.

Para ello, se ha llevado a cabo una investigación en la que se presentaron diferentes diseños de sitios web. Se concluye en este estudio que ciertas características personales, junto con factores particulares del diseño de los sitios web consultados, son aspectos relevantes en la satisfacción de los estudiantes a lo largo de su proceso de aprendizaje.

PALABRAS CLAVE

Diseño, sitios web, satisfacción de los estudiantes, tareas académicas, Universidad.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la adopción de plataformas virtuales de enseñanza y el uso de Internet en las instituciones de Educación Superior han experimentado un rápido crecimiento, en casi todos los países del mundo; lo que ha provocado importantes cambios en la manera en que los estudiantes asimilan la información requerida en su proceso de aprendizaje (Ramsdem, 1991; Biggs y Tang, 2007; Entwistle *et al*., 2002; Richardson, 2005).

El diseño de los sitios web que los estudiantes consultan para sus tareas académicas se revela como un factor clave para el éxito en el proceso de búsqueda de la información que surge de aquellos. Además, estas tareas son una de las más frecuentes actividades que realizan diariamente los alumnos en Internet (Banning, 2005; Churchill, 2009). Por consiguiente, aspectos como la apariencia y usabilidad de los sitios web se convierten, cada vez más, en retos importantes para los profesores y diseñadores de estos sitios, ya que han de presentar en ellos la información de manera que satisfaga las necesidades de búsqueda de los usuarios (Chou y Liu, 2005; Driscoll, 2005).

La finalidad última de este trabajo consiste en evaluar los efectos sobre el nivel de satisfacción de los estudiantes de diferentes diseños de los sitios web, a los que acceden para realizar sus tareas académicas; teniendo en cuenta ciertas características personales de los estudiantes sobre su nivel de satisfacción, según el uso que hacen del sitio web.

En general, el nivel de satisfacción con el diseño de un sitio web es una respuesta afectiva del usuario, como resultado de una evaluación global que hace este de todos los atributos que configuran dicho sitio; por tanto, la satisfacción es una señal de la actitud favorable del usuario hacia el sitio web.

Desde un punto de vista pedagógico, los estudiantes satisfechos que permanecen más tiempo navegando por Internet, pueden visitar más frecuentemente el sitio web, y generar opiniones favorables de los mismos sobre otros usuarios. La revisión de la literatura académica sobre el diseño de los sitios web, realizada en el contexto de esta investigación, ha permitido identificar los principales atributos que tienen relevancia sobre el grado de satisfacción de los estudiantes, en su proceso de búsqueda de información para el buen desempeño de sus tareas académicas.

En esencia, este estudio plantea las siguientes cuestiones de investigación:

1) ¿Hay alguna relación entre la apariencia de los sitios web y el nivel de satisfacción de los estudiantes que visitan los mismos?

2) ¿Hay alguna relación entre la usabilidad de los sitios web y el nivel de satisfacción de los estudiantes que visitan los mismos?; y

3) ¿Son importantes ciertas características personales de los estudiantes sobre su nivel de satisfacción con los sitios web consultados?

Este artículo pretende dar respuesta a las cuestiones de investigación planteadas. La estructura del trabajo será la siguiente: en primer lugar, se presentará una revisión de la literatura sobre los tópicos y el diseño de la investigación. En segundo término, se expondrán la metodología y los principales resultados del análisis de los datos realizado en este estudio. Finalmente, se dedicará una sección a las conclusiones, implicaciones prácticas, limitaciones y futuras líneas de trabajo que se desprenden de esta investigación.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Apariencia de los sitios web y satisfacción del estudiante

Desde las disciplinas de Administración de Empresas y Marketing, son numerosas las investigaciones que han subrayado la importancia de la satisfacción de los usuarios con los sitios web que visitan, como indicador clave de su éxito en el mercado. Así, un sitio web exitoso, en el contexto del comercio electrónico, "es aquel que atrae a los consumidores, en el que se puede confiar, y que genera satisfacción en los usuarios" (Ajjan y Hartshorne, 2008). En este sentido, Ranganathan y Ganapathy (2002) examinaron diferentes diseños de sitios web y atributos que configuran la calidad de

los mismos; y que, por consiguiente, contribuyen a la satisfacción de los usuarios que los visitan.

Aunque, en el ámbito del comportamiento del consumidor, un buen diseño no garantiza la satisfacción de este, parece claro que sí tiene un impacto directo sobre él (Zhang y Dran, 2000). De hecho, representaciones gráficas diversas (iconos, colores, imágenes y animación) se utilizan normalmente para incrementar la vitalidad del sitio web y, por tanto, el nivel de satisfacción de sus usuarios. Por ejemplo, Liu *et al*. (2010) y Mottiwalla (2007) identificaron el diseño de los sitios web como una dimensión importante de la satisfacción *online*, enfatizando la importancia de factores como colores, elementos gráficos y animaciones frecuentes.

Siguiendo esta idea, una imagen de gran tamaño y de alta calidad podría evocar sentimientos positivos en el usuario que navega por sitios web, puesto que el producto se percibe mejor y es más fácil de recordar (Muylle *et al.,* 2004).

En el ámbito pedagógico, apenas existen estudios que permitan establecer relaciones similares entre los constructos aquí investigados. En gran medida, esto es debido a la desigual presencia de las nuevas tecnologías educativas en las aulas universitarias, cuyo uso no está generalizado en los diferentes países ni en todas las instituciones de educación superior (Elton, 2001; Hilera *et al*., 2013). Sin embargo, la revisión de las investigaciones disponibles sobre este tema permite afirmar que una calidad alta, y un tamaño adecuado de las imágenes de los sitios web que se consultan por los estudiantes, conducen a un mayor nivel de su satisfacción. Además, las imágenes con movimiento generan niveles mayores de atracción al sitio web y de entretenimiento (Linnenbrink y Pintrich, 2003).

Teniendo en cuenta la elevada información e interactividad que las imágenes en movimiento ofrecen para captar la atención de los usuarios, de la revisión de la literatura señalada anteriormente podemos establecer las siguientes proposiciones, basadas en que una imagen dinámica conducirá a una mayor satisfacción del usuario con el sitio web:

> ***Proposición 1:*** *el tamaño de las imágenes de los sitios web que visitan los estudiantes tendrá un impacto directo sobre la satisfacción de los mismos.*
>
> ***Proposición 2:*** *la calidad de las imágenes de los sitios web que visitan los estudiantes tendrá un impacto directo sobre la satisfacción de los mismos; y*
>
> ***Proposición 3:*** *la presencia de movimiento en las imágenes de los sitios web que visitan los estudiantes tendrá un impacto directo sobre la satisfacción de los mismos.*

2.2. Usabilidad de los sitios web y satisfacción del estudiante

Así como ocurre al buscar información en el proceso de compra *online*, en el que los consumidores deben considerar diversas alternativas cuando comparan las características de diferentes productos, resulta necesario, en el ámbito educativo, evaluar la usabilidad de los sitios web, para apreciar su importancia sobre la satisfacción de los estudiantes en el desarrollo de sus tareas académicas (Sharma y Kitchens, 2004).

Por tanto, parece razonable suponer que una elevada usabilidad, es decir, la mayor facilidad con que las personas pueden utilizar un sitio web con el fin de obtener la información que necesitan, les llevará a un mayor nivel de satisfacción para los estudiantes en el desempeño de sus actividades académicas. En este sentido, autores como Wang y Chiu (2011) y Swan (2001) han demostrado que la rapidez en el acceso a la información buscada, su interactividad y la atención de los usuarios, mejoran en aquellos sitios web con elevados niveles de usabilidad.

En este sentido, diversos autores sostienen que, en el comportamiento de búsqueda de información comercial por los usuarios, la facilidad en su presentación, su interactividad y la rapidez en su procesamiento favorecen su asimilación; lo que redunda en un mayor nivel de satisfacción. En consecuencia, podemos presuponer que dichos atributos en imágenes en movimiento tendrán un efecto positivo sobre el nivel de satisfacción de los estudiantes en el desarrollo de sus tareas académicas.

En un contexto educativo, son escasos los estudios que permitan establecer relaciones similares a las aquí expuestas (De Vincenzi, 2009; O'Neill, 2010). No obstante, la revisión de la literatura de las investigaciones disponibles nos permite deducir las siguientes proposiciones, basadas en los atributos que permiten lograr una mayor satisfacción del usuario con el sitio web:

> ***Proposición 4:*** *la facilidad en la presentación de las imágenes en los sitios web que visitan los estudiantes tendrá un impacto directo sobre la satisfacción de los mismos.*
>
> ***Proposición 5:*** *la rapidez en el procesamiento de las imágenes de los sitios web que visitan los estudiantes tendrá un impacto directo sobre la satisfacción de los mismos.*
>
> ***Proposición 6:*** *la interactividad de las imágenes de los sitios web que visitan los estudiantes tendrá un impacto directo sobre la satisfacción de los mismos.*

2.3. Características personales del estudiante y su satisfacción

En el Marketing como área de conocimiento científico, y en particular en la literatura sobre comportamiento del consumidor, algunos estudios sugieren que el género es relevante en el proceso de búsqueda de información para la compra de productos (Liu *et al.,* 2010), reaccionando hombres y mujeres de diferente forma ante los estímulos que perciben (Gentry, 1990; Mottiwalla, 2007).

Así, por un lado, las mujeres responden a estímulos no verbales evocando interpretaciones más asociativas, visuales y con descripciones más sofisticadas que los hombres (Wang *et al*., 2009). Por tanto, las mujeres son más sensibles a la presencia de movimiento, al tamaño y a la calidad de las imágenes de los sitios web que visitan que los hombres, cuando evalúan productos; lo que supone un efecto directo sobre el nivel de satisfacción de los usuarios.

Por otro lado, parece ser que la percepción visual de los hombres es muy diferente de la de las mujeres; en este sentido, los estudios de Driscoll (2005) y Wang *et al*. (2009) demuestran que los hombres tienen un comportamiento *online* caracterizado por un mayor nivel de asertividad y pragmatismo; así como una mayor preferencia por la rapidez en las transacciones, su interactividad y facilidad de uso de los sitios web. Todos estos aspectos tienen una relación directa con la satisfacción de los usuarios en la búsqueda de información, necesaria para la toma de decisiones de compra. Pues bien, aun cuando no hay muchas evidencias empíricas acerca de este tipo de relaciones entre constructos en el ámbito educativo, existen autores que, de

forma limitada, se han aproximado de manera exploratoria a estos tópicos de estudio (O'Neill, 2010; Prince, 2004). De la revisión de la literatura mencionada podemos establecer las siguientes proposiciones, acerca de la importancia de algunas características personales sobre el nivel de satisfacción de los usuarios *online*:

Proposición 7: *el género de los individuos actúa como un elemento moderador sobre la importancia del tamaño, la calidad y la presencia de movimiento de las imágenes de los sitios web que visitan los estudiantes en sus tareas académicas.*

Proposición 8: *el género de los individuos actúa como un elemento moderador sobre la facilidad en la presentación, la rapidez en el procesamiento y la interactividad de las imágenes de los sitios web que visitan los estudiantes en sus tareas académicas.*

3. METODOLOGÍA

Con el fin de analizar las relaciones propuestas entre los constructos investigados, se realizó una investigación empírica en México, Portugal y España, sobre un total de 543 estudiantes universitarios. La literatura especializada ha utilizado frecuentemente a estos informantes para este tipo de estudios, puesto que son usuarios habituales de la navegación por Internet (Hilera *et al.*, 2013; Swan, 2001; Wang y Chiu, 2011; Wang *et al.,* 2009).

Tres aspectos de la metodología se deben señalar en este estudio: primero, en relación con los participantes; segundo, en cuanto a la aplicación del experimento. Y tercero, respecto de las fuentes de información y el procedimiento detallado de la investigación.

3.1. Participantes

Con el fin de explorar las relaciones propuestas, se experimentó primero en México (Universidad Autónoma de Baja California), en 8 grupos de las licenciaturas de Administración, Mercadotecnia, Turismo y Negocios Internacionales, para la asignatura de Comercio Electrónico (2 por cada titulación; n=182). Los participantes fueron asignados aleatoriamente a un diseño factorial 2 x 2 x 2 (tamaño de la imagen: grande *versus* pequeño; calidad: alta *versus* baja; y movimiento: estático *versus* dinámico). Para llevar a cabo el experimento, se visitaron 8 sitios web combinando las alternativas señaladas, correspondientes a la información corporativa de una marca de ropa: FADECA, que generosamente se prestó para esta investigación. También se efectuó otro diseño factorial 2 x 2 x 2, visitando estos sitios web y combinando las opciones posibles (facilidad en la presentación de las imágenes: grande *versus* pequeña; rapidez en el procesamiento: alta *versus* baja; e interactividad: elevada *versus* reducida). Posteriormente, el análisis completo se repitió en Portugal (Instituto de Artes Visuais, Design e Marketing de Lisboa: n=178) y España (Universidad de Valladolid: n=183), en las titulaciones de Administración de Empresas, Turismo, Publicidad y Marketing; en la misma asignatura y, como en el caso anterior, en grupos de poblaciones normales, homocedásticas e independientes.

3.2. Aplicación del experimento

Puesto que en el diseño de los sitios web interactúan el tamaño, la calidad y la presencia de movimiento en las imágenes, así como la facilidad en su presentación, su rapidez de procesamiento e interactividad (Chou y Liu, 2005; Liu y Carlsson, 2010), parece interesante analizar los efectos de interacción entre estas variables, que tendrán un impacto directo sobre la satisfacción de los mismos. Por tanto, cabe plantear las siguientes proposiciones:

Proposición 9: *un mayor tamaño, calidad y presencia de movimiento en las imágenes de los sitios web que visitan los estudiantes tendrá un impacto directo sobre la satisfacción de los mismos.*

Proposición 10: *la mayor facilidad de presentación, rapidez de procesamiento e interactividad en las imágenes de los sitios web que visitan los estudiantes tendrá un impacto directo sobre la satisfacción de los mismos.*

3.3. Fuentes de información y procedimiento metodológico

En relación con la metodología de este estudio, la tabla 1 presenta el detalle del procedimiento de la investigación. En cuanto al instrumento de obtención de datos, se optó por suministrar a los alumnos un cuestionario, voluntaria y aleatoriamente; en el que, además de información descriptiva sobre las características de los estudiantes, se les preguntó sobre su nivel de satisfacción acerca del diseño de los sitios web (ver la escala en el Anexo), en una escala de Likert de 1 (muy poco de acuerdo) a 5 (muy de acuerdo). El trabajo de campo se realizó en los meses de noviembre (México) y diciembre de 2013 (Portugal y España); y el análisis de los datos se efectuó con el programa SPSS v20 (en total, n=543 estudiantes).

Tabla 1. Procedimiento metodológico de la investigación.

FASE	ESTUDIO	ANÁLISIS	METODOLOGÍA	TÉCNICA
Identificación	• Estudio en México	• Documental y validez de contenido • Validez de expertos • Definición empírica de la escala • Fiabilidad y validez de constructo	• Revisión de literatura • Investigación cuantitativa (pretest, *análisis de fiabilidad global inicial y validez factorial*)	• Análisis de la bibliografía • Análisis exploratorio de los datos • Alfa de Cronbach y correlación ítem-total • Análisis factorial exploratorio y confirmatorio
Evaluación	• Estudio en Portugal y España	• Evaluación de las escalas	• Investigación cuantitativa	• ANOVA factorial • Test t de medias

De acuerdo con la literatura (Churchill, 2009; Wang y Chiu, 2011), el tamaño y la calidad de las imágenes se manipularon de forma que los estudiantes percibieran la diferencia entre niveles: imágenes grandes (8,93cm x 7,61cm) *versus* pequeñas (2,23cm x 1,90cm); y calidad baja *versus* alta (la baja, un 25% de la resolución del tamaño de la alta: 28 pixeles/cm). En cuanto al movimiento de las imágenes, se utilizó en las dinámicas una animación *flash,* para crear una visión de 360º, y en las estáticas una sola fotografía fija. La facilidad, en la presentación de las imágenes, se apreció por los colores de fondos de pantalla claros (más fácil presentación) *versus* oscuros (difícil); la rapidez en el procesamiento y la interactividad, según se visitaran más o menos de tres páginas del sitio web; y hubiera o no *clic* sobre la página, respectivamente. En síntesis, se asumió un modelo ANOVA factorial de efectos fijos con interacción. Los estudiantes interactuaron con cada sitio web durante cinco

minutos y, a continuación, completaron el cuestionario. La escala sobre satisfacción se adaptó tras validarse previamente según la literatura (Wang y Chiu, 2011).

4. RESULTADOS

4.1. Perfil de la muestra

La tabla 2 recoge el perfil de los estudiantes que respondieron al cuestionario. En este análisis destaca la mayor presencia masculina entre el alumnado (60,6 %), así como de alumnos que trabajan (51,2 %). Como se puede apreciar en esta tabla, los alumnos de México se encuentran trabajando actualmente, y parece que cursan estudios con el fin de promocionarse profesionalmente. Sin embargo, en Portugal y España los estudiantes acumulan menos experiencia; lo que sugiere que estudian, en esencia, con el fin de insertarse en el mercado de trabajo.

Tabla 2. Perfil de la muestra (datos en porcentaje; la edad, en valor medio y desviación típica; n=543).

	ALUMNOS			TOTAL
	México	Portugal	España	
Edad:				
▪ Valor medio	28.4 años	25.1 años	21.1 años	24.4 años
▪ D. T.	5.69	9.5	2.47	7.7
Género:				
▪ Masculino	61 %	46 %	74.6 %	60.6 %
▪ Femenino	39 %	54 %	25.4 %	39.4 %
¿Trabaja actualmente?				
▪ Sí	85.4 %	45 %	14.3 %	51.2 %
▪ No	14.6 %	55 %	85.7 %	48.8 %
TOTAL ALUMNOS	**182**	**178**	**183**	**543**

4.2. Análisis de los datos

Identificación*: *estudio en México. Este trabajo se inició con la selección de las variables de la escala de satisfacción (Anexo). Establecida esta, se analizó su validez de contenido y de expertos entre profesores universitarios y profesionales externos, con conocimiento y experiencia en este ámbito. Para evitar sesgos en la estructura empírica, validar la estabilidad de la solución obtenida en cada paso y generalizar los resultados más allá de la muestra obtenida, se aplicó el cuestionario primero en México y luego en Portugal y España. Esta *validación cruzada* permitió trabajar con dos muestras: una de ellas (la de México) para la estimación, diagnóstico y modificación del instrumento previo de medición; y la otra (en Portugal y España) para la contrastación (Hair *et al*., 1998).

El análisis estadístico partió de la identificación empírica de las variables, y consistió en apreciar la consistencia interna de la escala, a partir del Alfa de Cronbach y la correlación ítem-total; además, se observaron distribuciones normales para los ítems.

Calculada la fiabilidad global, que arrojó un Alfa de 0,967, el análisis de correlación ítem-total obtuvo unos valores comprendidos entre 0,716 y 0,885. Dada la naturaleza exploratoria de la investigación, tras el análisis factorial exploratorio con rotación Varimax de esta escala (varianza total: 78,9%; medida KMO: 0,942 y prueba de esfericidad de Bartlett: 1721.480, g. l. = 105, p < 0,000), las cargas de las variables sobre los factores evidenciaron la interpretación conceptual de la escala. El análisis factorial confirmatorio realizado para examinar la adecuación del modelo unidimensional especificado ofreció unos valores de 2,691 como Chi-cuadrado/g. l.; 0,897 de CFI; 0,010 de RMSEA y 0,098 de SRMR (tabla 3).

Tabla 3. Análisis factorial confirmatorio para la escala de satisfacción

	Chi-cuadrado / grados de libertad	CFI	RMSEA	SRMR
Satisfacción	2.691	0,897	0,010	0,098

Evaluación: estudio en Portugal y España. Para la *validación cruzada*, este análisis se efectuó sobre todos los estudiantes de España y Portugal.

La tabla 4 presenta los resultados del análisis de las proposiciones (P.) 1 a 3, y 9 anteriores.

Tabla 4. ANOVA factorial sobre la satisfacción con el diseño web (P. 1-3, 9)

Proposiciones 1, 2, 3 y 9 sobre la satisfacción con el diseño de los sitios web				
	g. l.	Media cuadrática	F	Sign.
Tamaño	1	1.948	3.516	0.043
Calidad	1	19.205	34.671	0.000
Movimiento	1	3.933	7.101	0.008
Tamaño x calidad	1	0.658	1.189	0.277
Tamaño x movimiento	1	1.347	2.431	0.121
Calidad x movimiento	1	0.010	0.018	0.894
Tamaño x calidad x movimiento	1	0.075	0.315	0.575
Modelo corregido: F = 177.742; p = 0.000. R cuadrado corregido: 0.545				

En la tabla 4 se observa que el tamaño, la calidad y el movimiento de las imágenes de los sitios web tienen un impacto significativo sobre la satisfacción de los estudiantes, en su proceso de búsqueda de información (p-valor < 0.05).

Tras evidenciarse las proposiciones 1 a 3, la 9 no permitió apreciar una relación significativa sobre la satisfacción de los estudiantes con el sitio web, en términos de interacción.

Tabla 5. ANOVA factorial sobre la satisfacción con el diseño web (P. 4-6, 10)

Proposiciones 4, 5, 6 y 10 sobre la satisfacción con el diseño de los sitios web				
	g. l.	Media cuadrática	F	Sign.
Facilidad	1	1.353	1.603	0.207
Rapidez	1	13.269	15.716	0.000
Interactividad	1	2.674	3.167	0.077
Facilidad x rapidez	1	0.922	1.093	0.297
Facilidad x interactividad	1	0.972	1.151	0.285
Rapidez x interactividad	1	0.600	0.711	0.400
Facilidad x rapidez x interactiv.	1	1.377	1.631	0.203
Modelo corregido: F = 127.649; p = 0.021. R cuadrado corregido: 0.457				

La tabla 5 presenta el análisis de las proposiciones 4 a 6, junto con el efecto de interacción planteado en la 10. Con los datos obtenidos, se aprecia que solamente la rapidez en el procesamiento de las imágenes de los sitios web que visitan los estudiantes (proposición 5) tiene un impacto directo sobre la satisfacción: p-valor < 0,05), no evidenciándose una relación significativa para las proposiciones 4, 6 y 10 (p-valor > 0,05).

Tabla 6. Test t, valores medios y desviación típica, D. T. (P. 7 y 8)

	Media/ D. T.	Mujeres (n=214)	Hombres (n=329)	t	Sign.
Satisfacción	4.04/0.93	4.487	3.365	4.844	0.000

La tabla 6 presenta el análisis del test t para la escala en los tres países, según el sexo de los estudiantes: mujeres y hombres; con unos valores significativamente más elevados para ellas que para ellos. Estos resultados coinciden con lo que se desprende de parte de la literatura (Driscoll, 2005; Wang *et al.,* 2009).

Tabla 7. ANOVA factorial sobre la apariencia de los sitios web

	MUJERES		HOMBRES	
	F	Sign.	F	Sign.
Tamaño	4.831	0.032	1.287	0.259
Calidad	9.596	0.003	24.375	0.000
Movimiento	14.959	0.778	0.080	0.000
Tamaño x calidad	0.908	0.344	5.647	0.019*
Tamaño x movimiento	0.054	0.817	2.109	0.150
Calidad x movimiento	0.444	0.508	0.114	0.737
Tamaño x calidad x movimto.	4.202	0.045	1.552	0.216
Nota: significación (Sign.) $p < 0,05$; * $p < 0,10$				

En la tabla 7 se aprecia que las mujeres mostraron una satisfacción elevada por imágenes de gran tamaño y calidad, aunque también la interacción de estas variables con el movimiento impactaron de forma relevante sobre la satisfacción de las usuarias con el sitio web ($p. < 0,05$). Para los hombres, calidad y movimiento fueron los aspectos más significativos (en menor medida, tamaño y calidad conjuntamente).

Tabla 8. ANOVA factorial sobre la usabilidad de los sitios web

	MUJERES		HOMBRES	
	F	Sign.	F	Sign.
Facilidad	1.003	0.320	0.909	0.343
Rapidez	1.973	0.165	11.601	0.001
Interactividad	1.474	0.229	0.954	0.331
Facilidad x rapidez	0.754	0.389	3.670	0.058
Facilidad x interactividad	0.199	0.657	0.633	0.428
Rapidez x interactividad	0.603	0.440	0.299	0.586
Facilidad x rapidez x interact.	2.949	0.019	0.079	0.779
Nota: significación (Sign.) $p < 0,05$				

Por otra parte, en la tabla 8 se observa que las mujeres mostraron una satisfacción elevada cuando se combinan la facilidad, rapidez e interactividad de las imágenes de los sitios web ($p. < 0,05$). Para los hombres, la rapidez fue el aspecto más significativo.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los aspectos de apariencia y usabilidad se revelan como elementos clave para determinar el atractivo de los sitios web que consultan diariamente los estudiantes en el desarrollo de sus actividades académicas. Por esta razón, este estudio ha analizado los efectos del tamaño, calidad y movimiento de las imágenes de estos sitios, junto con la relevancia de la facilidad, rapidez e interactividad de las mismas sobre la satisfacción de los usuarios en su proceso de aprendizaje. En respuesta a las tres cuestiones de investigación planteadas al inicio de este trabajo, se aprecia que son importantes también las características personales de los estudiantes sobre su nivel de satisfacción con los sitios web consultados.

5.1. Contribuciones teóricas

Los resultados de este trabajo evidencian que la calidad, el tamaño y el movimiento de las imágenes de los sitios web afectan de forma significativa a la satisfacción de los estudiantes cuando realizan tareas académicas; lo que se muestra en consonancia con la revisión de la todavía escasa literatura previa sobre este tema de investigación. En términos del género de los estudiantes entrevistados, para las mujeres el tamaño y la calidad (resolución) de las imágenes son aspectos muy importantes a considerar, mientras que los hombres se fijan más en el movimiento cuando buscan información para sus tareas académicas. Por lo que se refiere a la usabilidad de los sitios web que consultan los estudiantes, la rapidez en el procesamiento de las imágenes resulta un aspecto esencial para la satisfacción en el desempeño de sus tareas de aprendizaje, especialmente cuando se trata de estudiantes de género masculino.

En definitiva, de estos resultados se desprende que resulta importante tener en cuenta el público objetivo al que se dirige la información, al diseñar el contenido de un sitio web.

5.2. Implicaciones, limitaciones y futura líneas de trabajo

Los resultados aquí obtenidos tienen importantes implicaciones prácticas para los responsables del diseño de los sitios web; quienes han de tener en cuenta no solamente los costes derivados de implementar y mantener la apariencia de aquellos, sino también los aspectos asociados a mejorar la usabilidad de los estudiantes cuando buscan información al realizar sus tareas académicas. En este sentido, la calidad y el tamaño de las imágenes de los sitios web, así como la rapidez en el procesamiento de la información, resultan atributos cuya combinación permite mejorar el nivel de satisfacción de los estudiantes.

Además, los diseñadores de los sitios web deben tener en cuenta el perfil del usuario cuando presentan la información relevante, ya que diferentes combinaciones de apariencia y usabilidad tienen impacto según el perfil del destinatario.

A este respecto, cabe señalar que en este estudio se han considerado diferentes diseños de sitios web de productos textiles de moda, donde es posible que los estudiantes se guíen por criterios utilitaristas como la funcionalidad y facilidad de uso cuando consultan la información relevante para sus tareas académicas. En este sentido, sería interesante analizar también otros tipos de sitios web, como los de servicios lúdicos, productos industriales, etc.

Un aspecto importante a considerar en este trabajo es que solamente participaron en este experimento estudiantes de enseñanza presencial y reglada. Incluir en futuras investigaciones entornos virtuales de aprendizaje, o bien otros perfiles de usuarios (investigadores, profesores, etc.), podrían ser fructíferas líneas de estudio.

Finalmente, este estudio se ha centrado solamente en tres variables relevantes por cada factor del diseño de los sitios web: apariencia y usabilidad. En la práctica, podemos observar nuevos y significativos modos de obtener información (por ejemplo, realidad virtual, tecnologías 3D, películas o videos), que proporcionan una dimensión más lúdica y de entretenimiento; cuestiones clave cuando se busca información a través de Internet. Algunas de estas herramientas de comunicación incluyen el uso de figuras (avatares, asistentes virtuales, actores…) cuya imagen puede afectar la manera en que el sexo de los estudiantes se convierte en un factor a tener muy en cuenta. Avances de investigación en esta línea de trabajo arrojaría alguna luz sobre la forma en que los estudiantes aprenden; información esta de gran interés también

para aquellos profesores que quieran alcanzar el éxito académico.

6. REFERENCIAS

[1] Ajjan, H.; Hartshorne, R. (2008): "Investigating faculty decisions to adopt Web 2.0 technologies: Theory and empirical test". The Internet and Higher Education, Vol. 11, issue 2, pp. 71-80.

[2] Banning, M, (2005): "Approaches to teaching: current opinions and related research". *Nurse Education Today,* vol. 25: 7, pp. 502-508.

[3] Biggs, J.; Tang, C. (2007): *Teaching for Quality Learning at University,* 3rd Edition, ed. Srhe and Oup, Berks.

[4] Churchill, D. (2009): "Educational applications of Web 2.0: Using blogs to support teaching and learning". *British Journal of Educational Technology*, Vol. 40, n. 1, 179–183.

[5] Chou, S-W.; Liu, C-H. (2005): "Learning effectiveness in a web-based virtual learning environment: A learner control perspective". Journal of Computer Assisted Learning, Vol. 21, issue 1, pp. 65-76.

[6] De Vincenzi, A. (2009): "Concepciones de enseñanza y su relación con las prácticas docentes: un estudio con profesores universitarios". *Educación y educadores.* Vol. 12, nº 2, pp. 87-101.

[7] Driscoll, M. P. (2005): *Psychology of learning for instruction*, 3rd ed. Boston, MA: Pearson Education, Inc.

[8] Elton, L. (2001): "Criteria for Teaching Competence and Teaching Excellence in Higher Education". En: Aylett y Gregory (eds., 1996). *Evaluating Teacher Quality in Higher Education*. Ed. Falmer Press, Londres.

[9] Entwistle, N.; Mc Cune, V. y Hounsell, J. (2002): "Approaches to Studying and Perceptions of University Teaching-Learning Environments: Concepts, Measures and Preliminary Findings". *Occasional Report 1*, September. Edinburgh: ETL Project.

[10] Gentry, J. W. (1990): "What is experiential learning?" In *Guide to business gaming y experiential learning*, edited by James Gentry, pgs. 9-20. London: Nichols/GP Publishing.

[11] Hair, J. F.; Anderson, R. E.; Tatham, R. L., Black, W.C., (1998): *Multivariate Data Analysis.* Prentice-Hall (ed.): Englewood Cliffs, NJ.

[12] Hilera, J.; Fernández, L.; Suárez, E.; Vilar, E. (2013): "Evaluación de la accesibilidad de páginas web de universidades españolas y extranjeras incluidas en rankings universitarios internacionales". *Revista Española de Documentación Científica*. Vol. 36, n. 1. Enero-marzo, pp. 1-16.

[13] Linnenbrink, E. A.; Pintrich, P. R. (2003): "The role of self-efficacy beliefs in student engagement and learning in the classroom". *Reading and Writing Quarterly,* Vol. 19, nº 2, pp. 119–137.

[14] Liu, Y.; Li, H. y Carlsson, C. (2010): "Factors driving the adoption of m-learning: An empirical study". Computers and Education, Vol. 55, pp. 1211-1219.

[15] Mottiwalla, L. F. (2007): "Mobile learning: a framework and evaluation". Computers and Education, Vol. 49, issue 3, pp. 581-596.

[16] Muylle, S., Moenaert, R., Despontin, M. (2004). "The Conceptualization and Empirical Validation of Web Site User Satisfaction", *Information and Management,* Vol. 41, n. 5, pp. 543-560.

[17] O'Neill, G. (2010): *Programme Design*. Dublin: UCD Teaching and Learning.

[18] Prince, M. (2004): "Does active learning work? A review of the research". *Journal of Engineering Education,* Vol. 93, nº 3, pp. 223–231.

[19] Ramsdem, P. (1991): "A performance indicator of teaching quality in Higher Education: the course experience questionnaire (CEQ)". *In: Studies in Higher Education,* Vol. 16, pp. 129-150.

[20] Ranganathan, C.; Ganapathy, S. (2002). "Key Dimensions of B2C Websites", Information and Management, Vol. 39, pp. 457-465.

[21] Richardson, J. (2005): "Students' Approaches to Learning and Teachers' Approaches to Teaching in Higher Education". *Educational Psychology*, Vol. 25, nº 6, December, pp. 673-680.

[22] Sharma, S. K.; Kitchens, F. L. (2004): "Web services architecture for m-Learning". Journal of E-Learning, Vol. 2, n° 1, pp. 203-216.

[23] Swan, K. (2001): "Virtual interaction: Design factors affecting student satisfaction and perceived learning in asynchronous online courses". Distance Education, vol. 22, n° 2, pp. 306-332.

[24] Wang, H. C.; Chiu, Y. T. (2011): "Assessing e-Learning 2.0 system success". Computers and Education, Vol. 57, pp. 1790-1800.

[25] Wang, Y-S; Wu, M-C. y Wang, H-Y. (2009): "Ivestigating the determinants and age and gender differences in the acceptance of mobile learning". British Journal of Educational Technology, Vol. 40, n° 1, pp. 92-118.

[26] Zhang, P. V.; Dran, G. (2000). "Satisfiers and Dissatisfiers: A Two-Factor Model for Website Design", Journal of the American Society for Information Science, Vol. 51, n. 14, pp. 1253-1268.

ANEXO

Anexo: Escala de satisfacción con el diseño del sitio web

ÍTEMS DE SATISFACCION CON EL DISEÑO DEL SITIO WEB
Estoy satisfecho con el uso del diseño del sitio web
De buscar información académica, me atraería el diseño de este sitio web
Estoy satisfecho con la navegabilidad de este diseño de sitio web
La información de este sitio web es útil para mis tareas académicas
La información que he obtenido tras consultar el sitio web es satisfactoria
Estoy satisfecho de la relación experimentada al consultar el sitio web

Fuente: Elaboración propia, a partir de Wang y Chiu (2011).

Introducción a la Educación Virtual en Comunidades Indígenas – Jardín Botánico Tumupasa

Fátima Consuelo DOLZ
Carrera de Informática, Universidad Mayor de San Andrés
La Paz, Bolivia

y

Edmundo TOVAR
Departamento de Lenguajes, Universidad Politécnica de Madrid
Madrid, España

RESUMEN

La ponencia describe el trabajo de capacitación realizado en las poblaciones de San Buenaventura y Tumupasa en el norte del departamento de La Paz - Bolivia, en el marco del Programa Integral Biológico Turístico Jardín Botánico de Tumupasa PIBT-JB dentro de los lineamientos del pilar socio cultural, en base al convenio y cogestión con la Sub-alcaldía de Tumupasa y el Consejo indígena del pueblo Takana CIPTA.

Se tuvo por objetivo la capacitación en TIC a pobladores de las comunidades indicadas cubriendo desde alfabetización básica en computación hasta introducir y utilizar plataformas educativas que permitirán en lo posterior que estos comunarios puedan acceder a educación virtual en los temas de interés que ellos soliciten. Se describe en el artículo parte del diseño instruccional, tutorial y el rediseño de contenidos bajo normas de calidad y principalmente mostramos la evaluación realizada para asegurar calidad en este proceso de capacitación.

Se utilizó un modelo propio de educación virtual para poblaciones indígenas complementado por un modelo también propio de aseguramiento de calidad, los cuales permiten la capacitación en contenidos significativos a poblaciones indígenas bajo normas y estándares de calidad que permiten lograr contenidos que puedan aplicarse y compartirse en las 32 comunidades indígenas de Tumupasa.

Palabras Claves: enseñanza virtual, alfabetización computacional, formación combinada, aseguramiento de calidad, contenidos de enseñanza significativa

1. INTRODUCCIÓN

La experiencia educativa que se presenta aquí, ha sido desarrollada en el municipio de San Buena Ventura al norte del Dpto de La Paz, en el marco del Programa Integral Biológico Turístico - Jardín Botánico PIBT-JB, siendo su objetivo general el de implementar proyectos en diferentes áreas del conocimiento aplicados a la conservación y desarrollo sustentable de los recursos naturales existentes en la zona; así como el rescate de tecnologías, usos, costumbres y tradiciones de culturas involucradas que permitan mejorar las condiciones de vida particularmente de la comunidad directamente involucrada.

El Programa Integral Biológico Turístico - Jardín Botánico PIBT-JB que se ubica en la localidad de Tumupasa, busca preservar el medioambiente, mantener y conservar la flora y fauna existente en el espacio del jardín; y orientar el desarrollo de la zona. Cabe destacar que justamente el PIBT-JB se ha propuesto disponer de un centro de capacitación virtual a fin de responder a los requerimientos de la población en los temas transversales y competencias inherentes al Jardín Botánico. Por tanto esta experiencia es el inicio de un programa de capacitación en las comunidades de Tumupasa establecido hasta el año 2016.

A este fin se apoya en 7 pilares temáticos: seguridad alimentaria, biodiversidad y medio ambiente, socio cultural, Tecnología y clúster maderero, turismo ecológico, eco-urbanismo, implementación JB.

Y es en el pilar socio – cultural donde se ha concentrado la demanda de capacitación de la población de Tumupasa que por la cantidad de requerimientos que tiene se ha determinado en el comité de apoyo técnico la conveniencia de organizar un centro de capacitación combinada, es decir en modalidad presencial y no presencial. Esto debido a la dificultad que conlleva el traslado de instructores hasta la zona del jardín.

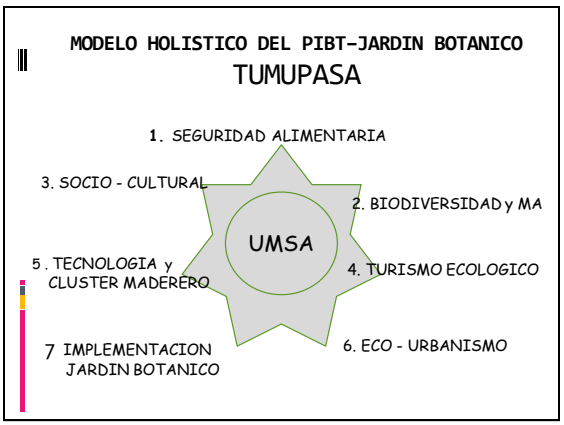


Fig. 1 Pilares tematicos del PIBT-JB

Se ha encarado una serie de actividades para cubrir esta demanda de capacitación, así en el caso que nos ocupa se orienta a preparar a los comunarios en el manejo de tecnologías de información y comunicación TIC, y específicamente en educación virtual.

Para aclarar nuestra conceptualización al respecto se muestra las siguientes definiciones sobre educación de Silvio [1]:

Educación No-Virtual Presencial.- con presencia de todos los actores al mismo tiempo en el mismo lugar (paradigma educativo presencial tradicional).

Educación No-Virtual a Distancia.- Actores en distintos lugares y tiempos, pero usa soportes educativos y métodos de entrega basados en medios tradicionales no-digitales ni computarizados (paradigma tradicional de la educación a distancia).

Educación Virtual Presencial.- Actos educativos que se realizan mediante computadora, pero todos los educación a distancia)actores se encuentran en el mismo lugar y al mismo tiempo (paradigma educativo moderno de comunicación sincrónica).

Educación Virtual a Distancia.- Los actores interactúan a través de representaciones numéricas de elementos del proceso enseñanza aprendizaje pero están en lugares y momentos de tiempo distintos (paradigma educativo moderno de comunicación asincrónica.

2. ANTECEDENTES

Es necesario resaltar los trabajos desarrollados al respecto y que han servido de base para la ejecución del presente trabajo.

2.1 Trabajo preliminar de investigación en comunidades indígenas del altiplano.

Conjuntamente con un grupo de tesistas de la Universidad Mayor de San Andrés se ha realizado el año 2006 un trabajo preliminar de investigación en zonas indígenas del Altiplano boliviano, para conocer de una manera real la situación de estas comunidades, y detectar el grado de conocimiento, uso y efecto de las TIC´s en estas poblaciones logrando establecer las necesidades educativas y los requisitos para sistemas educativos dirigidos a poblaciones indígenas, así como el efecto y resultados de las redes indígenas vigentes implementadas a través de programas y proyectos con organizaciones gubernamentales nacionales e internacionales. Como resultado del trabajo**,** se obtuvo [2]:

1) Cuadro Comparativo De Técnicas De Ingeniería De Requisitos
2) Análisis Y Selección De Técnicas
3) Herramienta De Mapas Conceptuales O Prototipo
4) Resultado De La Aplicación De Técnicas Seleccionadas
5) Listado De Problemas y necesidades en Educación Alternativa Para pueblos indígenas (Plantilla De Requerimientos Para PI)

También algunas ideas claves que reflejan los problemas en los pueblos indígenas en relación a la educación y uso de nuevas tecnologías de información y comunicación (NTIC). En base a esa problemática detectada, se estableció las características ideales de un modelo educativo complementario para Comunidades Indígenas:

- Adaptación del modelo educativo a la forma de organización de las comunidades Indígenas integrando actividades educativas con actividades rurales lo que conlleva el estudio de contenidos de interés para población indígena y la sociedad en que se desenvuelven.
- Formación alternativa, que no se remite a los contenidos de la educación formal sino que está dirigida a proveer los conocimientos necesarios adecuados a comunidades indígenas.
- Educación Virtual a Distancia, que permita Horarios flexibles y reducción de distancias.
- Capacitación con Calidad, es decir que tenga contenidos estandarizados que puedan ser reutilizados por otras poblaciones indígenas y que asegure procesos de aprendizaje de calidad.

Esto nos condujo a plantear un *Modelo de Educación Virtual para Poblaciones Indígenas* y un *Modelo de Garantía de Calidad Aplicado a la Educación Alternativa no presencial en Comunidades Indígenas.*

3. TRABAJOS PREVIOS O RELACIONADOS

3.1 Modelo de Educación Virtual para Poblaciones Indigenas

De la experiencia de trabajo realizada en el Altiplano Boliviano (San Andrés de Machaca), a partir de la problemática observada, se desarrollaron diferentes trabajos de tesis por el citado grupo de tesistas y la suscrita docente. Es necesario destacar la Tesis de Maestría. "Modelo de Educación Virtual para Poblaciones Indigenas del Altiplano Boliviano", por: Fatima Consuelo Dolz presentada en la Universidad Andina Simon Bolivar en Enero 2009. En la cual hemos construido un modelo de educación virtual que nos sirvió de base en el trabajo desarrollado y que se resume en el siguiente esquema:

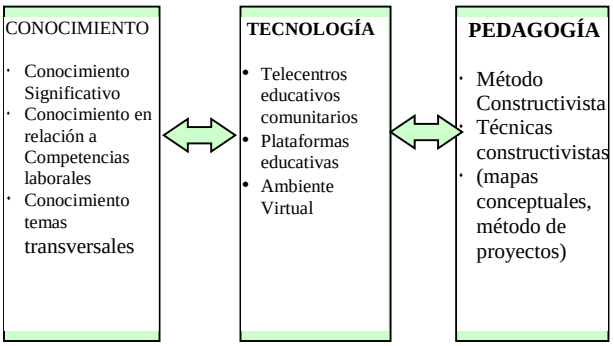


Fig. 2 Modelo de Educación Virtual para Poblaciones Indigenas de Bolivia [3]

Los procesos del modelo son:

1) VIRTUALIZACIÓN
2) DISTRIBUCIÓN

Después de un estudio de normas y modelos de rediseño se ha seleccionado trabajar con:

- Modelo de Rediseño basado en Objetos de aprendizaje
- Norma SCORM, que agrupa las propuestas de varias normas de desarrollo de contenido
- Herramienta software RELOAD EDITOR (Reusable e-learning Object Authoring & Delivery) que permite la

preparación y distribución de Objetos de aprendizaje reusables que cumplen los parámetros que considera SCORM

3.2 Modelo de calidad

Asimismo, se trabajó en la construcción de un modelo de aseguramiento de calidad en educación virtual para poblaciones indígenas de Bolivia, el cual está en etapa de validación, y se esquematiza a continuación.

Fig. 3 Modelo de aseguramiento de calidad en educación virtual para poblaciones indígenas de Bolivia Fuente: Adaptación EFQM[4]

4. PROBLEMÁTICA

- No existen políticas favorables a la reducción de las disparidades relacionadas con las tecnologías de la información y la comunicación.
- Poco interés en la educación, que se plasma en índices de alfabetización y escolaridad bajos
- Difícil conciliar actividades de colegio con actividades rurales
- Grandes distancias de trayecto de algunas comunidades hacia la escuela
- Caminos y carreteras en comunidades indígenas en mal estado o inexistentes
- Falta de transporte en las comunidades y hacia las comunidades
- No hay programas de educación virtual en el área de los pueblos indígenas y tampoco indicadores de calidad para estos programas.
- Falta de políticas para implementar formación alternativa no presencial
- No hay conocimiento de NTIC por niños y jóvenes de Pueblos Indígenas
- Poco uso de TIC y de la red indígena por los niños y jóvenes de pueblos indígenas
- No hay propuestas claras de uso de NTIC en la educación indígena
- No hay estudios sobre los efectos de las TIC en la comunidad indígena

5. OBJETIVOS

Capacitar en Tecnologías de información y comunicación (TIC) a pobladores de la comunidades del municipio de San Buena Ventura (Tumupasa y San Buena Ventura) cubriendo desde alfabetización básica en computación hasta introducir y utilizar plataformas educativas que permitirán en lo posterior que estos comunarios puedan acceder a educación virtual en los temas de interés que ellos soliciten.

6. DESARROLLO

El desarrollo de este proyecto estuvo a cargo de un equipo de cinco tesistas de pregrado de la carrera de Informática que desarrollaron los siguientes temas de capacitación respectivamente: "SERVICIOS DE INTERNET", "PLATAFORMAS EDUCATIVAS VIRTUALES", "SERVICIOS DE LA WEB 2.0", "HERRAMIENTAS OFIMATICAS", y "ALFABETIZACION TECNOLOGICA EN ADULTOS"; la docente tutora Fátima Dolz y el asesor en calidad Dr. Edmundo Tovar; además el personal de apoyo del Programa Integral Biológico Turístico Jardín Botánico. Se siguieron las siguientes fases de desarrollo:

6.1 Organización y planificación

En disponibilidad del modelo de aseguramiento de calidad en educación virtual asi como el modelo de educación virtual para poblaciones indígenas del cuarto, se procedió a la organización y planificación del trabajo a desarrollar según las pautas que nos guían los modelos. De esa manera es que de acuerdo con el modelo de EV para PI, debíamos proceder a revisar los tres componentes fundamentales indicados a continuacion.

1) ***Contenidos de aprendizaje significativo***, para lo cual nos concentrarnos en analizar los requerimientos de la población objetivo en cuanto a sus intereses de adquirir conocimiento. Este estudio de demanda se hizo dentro del programa JB por personal asignado para tal fin, estudio que arrojó la demanda y necesidad de la población de poder acceder a diferentes cursos de capacitación y aprendizaje de competencias que permitan el desarrollo de las comunidades en cuestión. Es así que el programa estableció el proyecto de Brigadistas y más adelante por las dificultades del mismo se consideró flexibilizar este proyecto brigadistas y constituir una unidad de capacitación combinada (b-learning).

2) ***tecnología***, es decir diagnosticar las condiciones técnicas y tecnológicas para preparar el componente tecnológico. Para ello se realizaron varios viajes con personal técnico de la UMSA, en la población de San Buena Ventura se dispone de salas de computación (en la sede universitaria y en el colegio San Bernardo además de cafés internet privados) pudiéndose lograr la conectividad mediante módems, pero se vio que el telecentro dotado a la comunidad de Tumupasa no fue instalado de modo que no se disponía de este ni de conectividad, por tanto los cursos de capacitación se impartieron en San Buena Ventura.

3) ***pedagogía***, es decir revisión de modelos pedagógicos para aplicar según características propias de la comunidad. Cada uno de los tesistas optó por el modelo pedagógico que vio conveniente para su tema, sin embargo tuvimos charlas donde se recomendó considerar una serie de estrategias educativas a seguir.

6.2 Diseño instruccional y tutorial

Las tareas realizadas fueron asignadas siguiendo modelo ISD genérico:

- Planificacion, identificando y analizando los fundamentos del curso.
- Diseño, estableciendo la estructura y forma en que se presentará los contenidos del curso virtual
- Desarrollo, obteniendo los productos diseñados en formato digital, cargado y pruebas
- Puesta en práctica, utilizando las herramientas y estrategias de enseñanza adecuadas
- Evaluacion, determinando el cumplimiento de objetivos

6.3 Virtualización de contenidos

La tarea mas delicada del personal técnico en la creación de cursos virtuales. Se siguió el siguiente esquema.

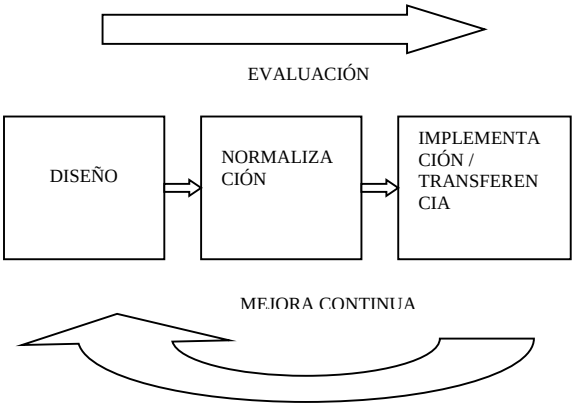


Fig. 4 Esquema de virtualización

Para su distribución a través de plataforma educativa moodle se publicó en URL http://200.7.160.58/informatica/course/view.php?id=28

6.4 Capacitación en sitio y a distancia

La fase de capacitación se ha planificado para ejecutarse combinando educación presencial con educación virtual no presencial, y para que los grupos puedan obtener gradualmente el conocimiento necesario para utilizar la tecnología necesaria para acceder a educación virtual no presencial. De esa manera es que en una primera parte se ha preparado el material para impartir cursos presenciales de alfabetización hasta familiarizar a los grupos con el uso de computadoras y TIC en general; luego de evaluar esta primera etapa presencial, hemos procedido a impartir educación virtual, dividendo el grupo en dos, de manera que 3 instructores tesistas se trasladaron al lugar para dirigir la educación virtual guiada y 2 tesistas realizaron trasmisión de videoconferencia desde La Paz.

Se utilizó plataforma educativa MOODLE en http://200.7.160.58/informatica/course/view.php?id=28, aunque por las circunstancias de que varios estudiantes disponían de tecnología móvil, se adecuó fácilmente para el acceso a móviles, asimismo algunos tesistas subieron sus objetos de aprendizaje a plataforma CHAMILLO.

6.5 Aseguramiento de calidad

Basado en Normas de calidad para Desarrollo de contenidos Educación Virtual, pues las normas garantizan una gestión más fácil y eficaz de los contenidos, y depende de ellas el retorno de la inversión que proveedores y clientes realizan en tecnología, contenidos y servicios.

Existen varias normas, tales como: IEEE LTSC., IMS, AICC., SCORM, ISO, etc.

Durante todo el desarrollo del proyecto se aplicaron las encuestas para asegurar la calidad del proceso educativo las cuales provienen del modelo de aseguramiento de calidad en educación virtual para poblaciones indígenas de Bolivia construido y aplicado para tal fin.

7. EVALUACION DE TRABAJO. CUADROS DE RESULTADOS

Se presenta a continuación los resultados de control de calidad en el proceso educativo realizado en el municipio de San Buena Ventura, que se representa en una escala de 0 a 100 siendo 0 la menor evaluación y 100 la mayor, esto a fin de relacionar el puntaje logrado con el optimo expresando en términos de porcentaje (%). La coordenada horizontal considera los criterios establecidos en el modelo de la siguiente manera:

1: Introducción de Curso
2: Liderazgo, políticas, estrategias y objetivos de aprendizaje
3: Recursos, materiales y alianzas; e infraestructura tecnologica
4: Interaccion del estudiante y apoyo al estudiante
5: Destinatarios, procesos educativos

Fig. 5 control de calidad en el proceso educativo a estudiantes de colegio y sede universitaria

En la fig. 5 podemos observar que el criterio 3 que se refiere a la disponibilidad y administración de recursos económicos y financieros, materiales y alianzas ha tenido una evaluación de 83.7 %, que refleja la realidad de la baja accesibilidad a servicios internet y equipamiento que se tuvo y falta de financiamiento. El criterio 1 se refiere aquí a la introducción y presentación de guía de curso, a cargo del equipo de tesistas pudiendo ajustar en el proceso logrando mejorar aclarando y explicando más esta parte.

Fig. 6 control de calidad en proceso educativo a comunarios adultos

En la fig. 6 se tiene el resultado de las encuestas aplicadas al grupo de comunarios adultos, logrando un % de evaluación menor que en los otros grupos en los criterios 1, 3 y además en criterios 4 y 5 que indican la evaluación al proceso mismo de capacitación, e interacción. Se mejoró 1, 4 y 5 con una mayor interacción y acercamiento presencial.

8. CONCLUSIONES

Se resalta en este punto los logros obtenidos en esta experiencia de capacitación.

Se ha cumplido el propósito del proyecto el cual fue "Capacitar en Tecnologías de información y comunicación (TIC) a pobladores de la comunidades del municipio de San Buena Ventura cubriendo desde alfabetización básica en computación hasta introducir y utilizar plataformas educativas que permitirán en lo posterior que estos comunarios puedan acceder a educación virtual en los temas de interés que ellos soliciten".

Se ha obtenido un repositorio de contenidos educativos (8 objetos de aprendizaje) que se podrá utilizar en la capacitación de las 32 comunidades de Tumupasa, área del Jardín Botánico.

La aplicación de normas de calidad en la etapa de desarrollo de contenidos ha sido muy importante ya que los objetos de aprendizaje normalizados pudieron ser utilizados con tecnología móvil, y en diferentes plataformas educativas, pues se ha logrado los objetivos de normalización (interoperatividad o independencia, accesibilidad, reusabilidad, durabilidad).

Se está ajustando el modelo y principalmente se intenta mejorar la disponibilidad de infraestructura tecnologica, pues para la presente gestión se ha logrado un financiamiento de recursos IDH con lo cual se espera garantizar mayor accesibilidad y equipamiento.

Asimismo, en el pilar de implementación del Jardín Botánico se tiene planificada la instalación de un centro de documentación con la infraestructura tecnologica necesaria apoyando al pilar sociocultural, que permitirá mejorar y dar sostenibilidad a la capacitación de temas transversales en general incluida TICs.

9. REFERENCIAS

1. Silvio, J., Gestión de la calidad en la educación virtual a distancia. Global Distante:p.1-9
2. Dolz, F. and E. Tovar. Estudio Comparativo de Técnicas de Ingeniería de Requisitos para Aplicar en Pueblos Indígenas de Bolivia in 5ª Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática. CISCI 2006. 2006. Orlando, Florida, EE.UU: Internacional Institute of Informatics and Systemics - IIIS.
3. Dolz, Fatima Consuelo. enero 2009. Tesis de Maestria. "Modelo de Educacion Virtual para Poblaciones Indigenas del Altiplano Boliviano". UASB, Sucre.
4. TQM, A. Modelo EFQM de Excelencia. website TQM [web] 1999 1999 [cited 2007 mayo 2007]; Available from: http://www.efqm.org

10. BIBLIOGRAFÍA

5. ADL. SCORM Sharable Content Object Reference Model. Advanced Distributed Learning [web] 2006 [cited 2007 mayo]; Available from: www.ADLNet.gov.
6. COBIT 4.0. Objetivos de Control. Directrices Gerenciales. Modelos de Madurez. IT Governance Institute 2005 [cited 2007 MAYO 2007]; modelo cobit]. Available from: http://www.isaca.org/
7. GARCIA ARETIO, L., Educación a Distancia. De la teoría a la práctica, ed. Ariel. 2000, Barcelona: Ariel. 329.
8. Instituto Nacional de Estadística, I.B. Datos Estadísticos de Población y vivienda. [web INE, CD] 2004 [cited 2007 abril 5]; Available from: www.ine.gov.bo/.
9. Ministerio de Educación, Ley de Reforma Educativa, MEC, Editor. 1994, Congreso Nal.
10. Stría.Técnica Fondo Indígena. Sitio web Fondo Indígena. [URL] 2006 [cited abril 2007]; Available from: http://www.fondoindigena.org.
11. Portaencasa Galán, R., et al. (2005) DETERMINACIÓN DE UN MODELO CAUSAL DE LOS FACTORES DE CALIDAD DOCENTE EN ENTORNOS VIRTUALES DE APRENDIZAJE. Informe EA2005-0146 **Volume**, 218
12. Programa Nacional TIC, B., DIAGNÓSTICO: NTIC para el Sector de Educación formal, Alternativa y Formación Técnica y Tecnológica, I. Instituto Internacional Para la Comunicación y el Desarrollo, Editor. 2004, Ministerio de Educación. p. 1-36 y Anexo.
13. Sangra, A., La calidad en las experiencias virtuales de educación superior, s. UOC, Editor. 2002, UOC: Barcelona.

Gobierno Tecnológico Aplicado a la WEB 2.0 en entidades educativas

Juan Pablo GIRALDO RENDON
Facultad de Ciencias e Ingeniería – Universidad de Manizales
Manizales – Caldas – 17001 – Colombia

Luis JOYANES AGUILAR
Facultad de Informática – Universidad Pontificia de Salamanca
Madrid – 28040 – España

Resumen
El documento es el resultado de análisis alrededor de la aplicación de estrategias para la gestión tecnológica, considerándola como herramienta para indicadores, construidos alrededor una capa denominada gobierno, la cual convierte en responsables del dato WEB a los líderes de las unidades operativas y funcionales. El resultado es un ciclo de vida en dos anillos retroalimentados uno de gestión tecnológica y otro gobierno tecnológico, como punto de encuentro se plantea un componente de control tecnológico, entregando herramientas que permiten la valoración tecnológica interna, y de esta manera la gestión tecnológica de los resultados educativos. Si bien el resultante general, se puede aplicar a diferentes condiciones y construcciones tecnológicas, se espera orientar los componentes a iniciativas y estrategias 2.0 para instituciones educativas.

Palabras clave: *WEB 2.0; Gobierno tecnológico; Gestión tecnológica; Ciclo de vida tecnológico.*

1. INTRODUCCIÓN

La necesidad de asegurar el valor intangible de los resultados al aplicar tecnologías de la información en las diferentes acciones de las instituciones educativas, entre los que se pueden contar: Productos, el aprendizaje en la administración de riesgos, la gestión de requerimientos para controlar la información; se entienden como elementos clave. Así entonces, el valor, el riesgo y el control, son elementos presentes en la aplicación de ciclos de vida a la gestión tecnológica, constituyéndose en insumo y componente del gobierno tecnológico. Este documento proyecta una estructura con incidencia en el ejercicio directivo y administrativo, y es allí donde los responsables del liderazgo y la conservación de las estructuras internas de operación (protocolos, procesos, procedimientos), puedan en compañía y apoyo de sus grupos de trabajo, garantizar una adecuada operación y sostenibilidad de sus estrategias y objetivos potenciando componentes de dos punto cero e indicadores.

2. CONCEPTUALIZACIÓN

Gobierno Tecnológico: El gobierno tecnológico, puede denominarse de muchas formas con base en las condiciones y modelos que se aplican, o en estándares ya desarrollados, creando nuevos nombres para las alternativas en cada una de las organizaciones.
El gobierno tecnológico hace referencia al uso que los unidades académicas, administrativos y las dependencias hacen de las tecnologías principalmente de las TIC, como herramientas para la transformación de las relaciones entre los grupos sociales presentes. Con el uso de estas nuevas herramientas se pueden proveer mejores servicios, mejorar las interacciones y fortalecer las formas de acceso a la información, promoviendo realimentaciones y retroalimentaciones haciéndose más eficiente.
Para el caso particular de entidades con proyecciones a la WEB 2.0 se puede decir que: El gobierno tecnológico, es el conjunto de políticas, responsabilidades y acciones de administración y gestión tecnológica, que lleva a la organización a un estado de interacción 2.0 con todas sus instancias, totalmente interconectada con todos los grupos sociales, trabajando de manera conjunta en los temas proyectivos y sus objetivos, encontrando soluciones a políticas y programas de manera coherente, ética y democrática. Los componentes que aparecen como pilares 2.0, que se deben administrar son: [2] Redes sociales, Contenidos (Gestores de contenidos, Blogging, CMS, Wikis, Procesadores de texto en línea, Hojas de cálculo en línea, Podcasting, Calendarios, Presentadores de diapositivas y animaciones, Microblogging), Organización social e inteligente de la información (RSS, Buscadores, Tags en Nube, Marcadores sociales), Aplicaciones y servicios (Gestores de proyectos, Webtop, Almacenamiento en nube, Gestores multimediales).

Gestión tecnológica: Se define la Gestión Tecnológica como una práctica integral que se inserta en los diferentes procesos y planes que desarrollan en las instituciones. Como práctica integral, observa relaciones en términos de la capacidad y desarrollo de la entidad y, en especial, con la gestión del conocimiento por su amplia incidencia en términos de soporte para la creación y gestión general institucional.
Como tal, la Gestión Tecnológica es objeto de planeación, seguimiento y control, con el objetivo de acceder con criterio al desenvolvimiento de acciones que, desde lo modernizante, incuben o propulsen los asuntos de modernidad en las organizaciones. En el sentido de la planeación, la idea es proveer de una visión adecuada y coordinada, sobre los destinos técnicos y tecnológicos 2.0, focalizando estrategias, métodos y metodologías para su uso, adecuación, adquisición y desarrollo.

Empresas 2.0: ¿Cómo se define una empresa 2.0?, Andrew McAffe, describe en su libro Enterprise 2.0, [8] es la forma como desentraña la gestión de las tecnologías WEB 2.0, orientadas a elevar el impacto de internet, llevándolas a las empresas. Es por ello que una empresa 2.0, es un ente que aplica (utiliza) técnicas y tecnologías de la web 2.0, a través de medios intranet y extranet, con el objetivo de potenciarse valorando su impacto real. Joyanes en su artículo: referencia el termino WEB 2.0 y Empresa 2.0 así [7]: *"Más de 8 millones de referencias del término "Empresa 2.0" y más de 48 millones del término "Enterprise 2.0" en el buscador Google refleja la notoriedad del término. Una de las primeras personas que utilizó el término, como tal, de modo público, fue el profesor Andrew McAfee, de la Universidad de Harvard. La primera definición*

que dio McAfee, en marzo de 2006 era: "Empresa 2.0: plataformas libres, sencillas para autoexpresión". En su artículo, McAfee también enfatizaba en el valor "de estructuras emergentes, en lugar de en estructuras impuestas...". McAfee al poco tiempo dio una segunda definición:"Empresa 2.0 es el uso de plataformas emergentes de software social en las empresas o entre las empresas y sus socios (partners) o clientes". Sin embargo, el significado central se ha mantenido:"Aplicaciones sociales que son opcionales, libres de estructuras innecesarias, altamente igualitaria y soporte para muchas formas de datos" . "

3. ESTRUCTURA DEL ACCIONAR Y CICLOS DE VIDA TECNOLÓGICOS

Se ha dicho desde el inicio que corresponde a un modelo a manera de ciclos de vida, ello invita a que se reconozcan etapas o fases, y accionares propios tanto desde el modelo de gobierno tecnológico, como el de gestión tecnológica.

Usando el documento de CobIT en su versión 4.1 (IT GOVERNANCE, 2007) se define el modelo, de manera coordinada en cuatro dominios, así:
Planear y Organizar (PO) – Proporciona dirección para la entrega de soluciones (AI) y la entrega de servicio (DS).
Adquirir e Implementar (AI) – Proporciona las soluciones y las pasa para convertirlas en servicios.
Entregar y Dar Soporte (DS) – Recibe las soluciones y las hace utilizables por los usuarios finales.
Monitorear y Evaluar (ME) – Monitorear todos los procesos para asegurar que se sigue la dirección provista.

A este modelo se considera necesario ingresar un elemento adicional - el dominio de la **protección -** , encargado de los condiciones de patente y registro de nuestros productos (modelos, métodos, metodologías, productos software y hardware, estrategias, entre otros) resultados de desarrollos propios sean resultado de procesos de desarrollo tecnológico o por innovación. La alternativa que hace operativa estas acciones aunadas al modelo de gestión tecnológica se presenta en la figura 2.

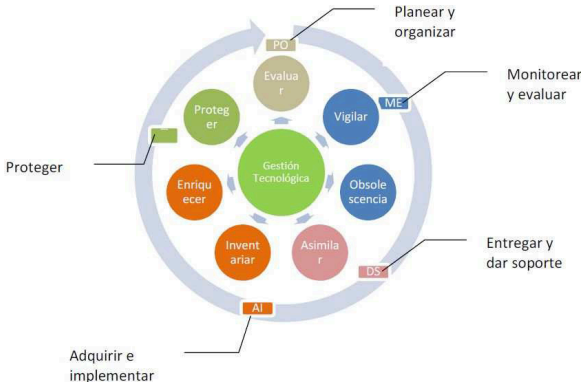


Fig. 1 Modelo de Gobierno y Gestión Tecnológica

En el modelo de Gobierno y Gestión Tecnológica, el círculo exterior es la capa de coordinación dada por el gobierno tecnológico y la parte interna corresponde a la gestión tecnológica detallada – elementos transformados de Pavón e Hidalgo en su libro Gestión de la Innovación [12], creando los vínculos en sus interacciones, donde cada elemento de gobierno tecnológico además de sus consideraciones propias se acompaña de labores y responsabilidades de apoyo ubicadas en el ciclo de vida de la gestión tecnológica. Las interrelaciones transformadas se ven así:

Planear y organizar (PO)
  Evaluar
Monitorear y evaluar (ME)
  Vigilancia
  Obsolescencia
Entregar y dar soporte (DS)
  Asimilar
Adquirir e implementar (AI)
  Inventariar
  Enriquecer
Proteger
  Patentes, registros y derechos de autor

De manera detallada se describen los componentes o dominios del gobierno tecnológico, con sus referentes en el ciclo de gestión tecnológica, así:

Planear y Organizar (PO) Cubre las estrategias y las tácticas, y tienen que ver con identificar la manera en que las tecnologías contribuyen al logro de los objetivos institucionales. Además, la realización de la visión la cual es planeada, comunicada y administrada desde diferentes frentes con base en un sistema de planeación. Finalmente, se debe ajustar a una estructura organizacional que se puede transformar y una estructura tecnológica apropiada para acompañar cada esfuerzo.

- **Evaluar.** Determinar la competitividad y el potencial tecnológico propio, estudiar posibles estrategias de innovación e identificar posibilidades de alianzas tecnológicas, además de un impacto financiero que este genere desde el inicio hasta el resultado final de aplicación e implantación.

Adquirir e Implementar (AI) Para llevar a cabo la(s) estrategias tecnológicas que surjan desde lo directivo o desde las dependencias, las soluciones (programas, proyectos, planes) a nivel tecnológico necesitan ser identificados, desarrolladas o adquiridos así como implementadas e integradas en los procesos institucionales. Además, el cambio y el mantenimiento de los sistemas existentes está cubierto en este espacio para garantizar que las soluciones satisfagan los objetivos institucionales.

- **Enriquecer.** En esta etapa se trata de hacer el traslado o transformación a otros estados viables en el ejercicio de la gestión tecnológica, las cuales se pueden enumerar así:
  - Diseñar estrategias de innovación y desarrollo.
  - Priorizar tecnologías emergentes, clave y periféricas.
  - Definir una estrategia de adquisición de equipo y tecnologías externas.
  - Definición de proyectos conjuntos o alianzas.
  - Determinar estrategia de financiamiento a proyectos. [12]

  Este ejercicio se proyecta en la planeación institucional que centra sus expectativas en el desarrollo de propuestas, ideas y proyectos asociados a la gestión tecnológica donde estos conducen de manera directa al desarrollo del plan de acción. A estas iniciativas se les asocia además de la documentación básica un ejercicio metodológico que permite su desarrollo detallado de manera exitosa. El resultado final de la aplicación de estos elementos en componentes 2.0 son: [1] Aprovechamiento de las redes sociales, Establecimiento de relaciones, Estrategias Wiki y Wikispace, Servicios disponibles en Blog, Estándares WEB, Estructuras de organización de la información, Registro de fuentes documentales, Análisis de tráfico y

buscadores, Crecimiento de sindicaciones y referencias, Guiones de publicaciones en línea, Comentarios recibidos, entre otros elementos que surgen día a día como indicadores de presencia en nube.

- **Inventariar.** Consiste en recopilar tecnologías disponibles y al servicio de los ejercicios institucionales descritos, a nivel mundial, lo cual implica conocer y reconocer las tecnologías utilizadas y dominantes las cuales constituyen su patrimonio tecnológico.

Entregar y dar Soporte (DS). Cubre la entrega en sí de los productos o servicios requeridos, lo que incluye la prestación del servicio, la administración de la seguridad y de la continuidad, el soporte del servicio a los usuarios, la administración de los datos y de las instalaciones operativas.

- **Asimilar.** Una vez que hayan repasado los pasos anteriores se actúa, en la implantación y puesta a punto del potencial tecnológico mediante estrategias como:
  - Programas de capacitación y entrenamiento.
  - Documentación de tecnologías de la empresa.
  - Desarrollo de aplicaciones derivadas de tecnologías genéricas.
  - Gestión eficiente de recursos.

  El caso particular permite gestionar de manera detallada procesos de implementación e implantación.

Monitorear y Evaluar (ME). Todos los procesos de gestión tecnológica y los proyectos que los acompañan deben evaluarse de forma regular en el tiempo, en cuanto a su calidad, y cumplimiento de los requerimientos de control. Abarca la administración del desempeño, el monitoreo del control interno, el cumplimiento regulatorio y la aplicación del gobierno.

- **Vigilar.** Significa estar alerta sobre la evolución de nuevas tecnologías, sistematizar las fuentes de información por las cuales la empresa se nutre de elementos tecnológicos, vigilar la(s) tecnología(s) más difundidas en el sector en el cual participe. Identificando el impacto posible de la evolución tecnológica sobre las actividades institucionales, sobre las funciones y procesos, en las formas de operacionalización en las dependencias y en el ejercicio administrativo y de gestión, entre otras.
- **Obsolescencia.** Para el caso particular de nuestro ciclo de vida, no se ha definido la obsolescencia, esta se presenta en cualquier parte del ciclo de vida tecnológico, dado que las condiciones de la empresa obligan a modificar rápidamente las condiciones de desarrollo tecnológico gracias a los procesos de Innovación y Desarrollo. En todas las etapas al momento de hacer las evaluaciones es necesario verificar y justificar el avance, desarrollo y aplicación de determinada tecnología a nuestro entorno. En esta evaluación es necesario considerar componentes como: [11] Usabilidad, Navegabilidad, Seguridad, Capacidades de búsquedas y recuperación de información, Mantenibilidad, Desempeño, Accesibilidad, Robustez. "*Para ello se requiere una metodología integral. Es decir, un conjunto bien definido y cooperante de estrategias, métodos, modelos y herramientas que, aplicados sistemáticamente a las distintas actividades del proceso, produzca los indicadores o resultados finales*." Que den valor de realidad a la transformación u obsolescencia.

Proteger. Por último resta proteger la tecnología a través del establecimiento de una política de propiedad intelectual y política ambiental. Además se deben incluir las características y condiciones de los protocolos de los resultados finales.

Control tecnológico. Este componente se encuentra asociado a las interacciones entre líderes de las diferentes unidades y el personal, donde sus aplicaciones aportan a diferentes procesos de control los cuales se operacionalizan mediante la figura 1, como procesos de control tecnológico se reconocen seis, adaptados de CobIT [3], en la Tabla 1.

Identificador de Proceso	Acciones	Resultante
PC1. Metas y objetivos del proceso institucional	Socializar	Alineación con metas institucionales.
PC2. Propiedad del proceso institucional	Diseño de roles	Reconocimiento de los modelos y estrategias de gestión de la empresa.
PC3. Procesos institucionales repetibles	Diseñar procesos duplicables	Se determinan procesos posibles, con base a resultados deseados, y la respuesta a excepciones.
PC4. Roles y responsabilidades	Definir actividades clave y entregables	Reconocimiento de personas responsables de datos y tareas.
PC5. Políticas, planes y procedimientos	Definir y comunicar políticas, planes y procedimientos.	Transversalizar y comprender estos componentes en todos los niveles de la empresa.
PC6. Desempeño de procesos institucionales	Realizar métricas del proceso y resultados	Valorar resultados, comparar indicadores, ajustar procesos y procedimientos.

Tabla 1. Procesos de control adaptados de CobIT

Dado el presente recorrido por diferentes componentes, es necesario considerar a los participantes mencionados para llevar los procesos de control, con base en el documento CobIT User Guide [4], se presenta la siguiente redefinición:

- Usuarios institucionales, con interés en inversiones tecnológicas.
  - Aquellos que toman decisiones de inversiones.
  - Aquellos que usan servicios tecnológicos.
  - Aquellos que deciden sobre requerimientos.
- Usuarios que proporcionan servicios.[1]
  - Aquellos que dirigen dependencias y/o procesos.
  - Aquellos que operan servicios en las dependencias.
  - Aquellos orientados al mejoramiento en las dependencias.
- Usuarios con responsabilidades de control.
  - Aquellos con responsabilidades de seguridad y privacidad.
  - Aquellos orientados a la calidad en los servicios.

1 PPP (Corresponde a Planes, Programas y Proyectos). Modelo orientado a modernizar el ejercicio tecnológico y separarlo de modelos de las formas funcionales de trabajo en las organizaciones.

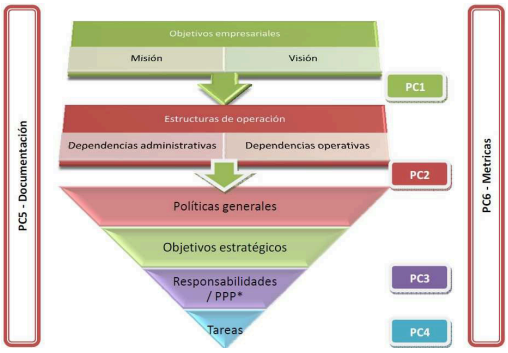


Fig. 2. Procesos de control tecnológico

4. COMPONENTES Y BENEFICIOS

Las características principales que hacen parte de un gobierno tecnológico se encuentran inmersas en los procesos que permiten la redefinición institucional. Esta crea y proyecta espacios de liderazgo alternativo, nuevas forma de proyectar las estrategias, nuevos medios de comunicación entre los miembros de los grupos sociales, nuevas formas de organizar y proveer información y nuevas formas de realizar interacciones con los procesos allegados a la WEB 2.0.

Características

- Ser motor de cambio y transformación. No es poner mayor cantidad de servicios, se orienta a la forma de reinventar día a día de manera dinámica las formas en que se actúa hacia los modelos y estrategias 2.0, desde las diferentes unidades académicas y administrativas. Estas transformaciones se encuentran mediadas por el uso de las TIC, facilitando disponibilidad de la información y asignando la responsabilidad del dato a los participantes, estadios estos, que modifican las condiciones culturales internas de la organización.
- Nuevas formas de gestión. Es un compromiso, la institución se hace partícipe de nuevos medios para su gestión, haciendo énfasis en el uso de las TIC, integrándolas a todo nivel en los actuares, procesos, procedimientos y protocolos internos y externos, esto con el objetivo de proyectar y legitimar su operación.
- Difusión y acceso a la información como servicio. [10] La implantación y desarrollo de sistemas de información en algunos casos integrados o orientados por servicios, proyecta la posibilidad de mayor acceso a la información, situación que se visualiza desde las herramientas 2.0, aplicaciones como sistema de información gerencial, aplicaciones financieras, sistemas de correo masivo, servidores al servicio de los objetivos estratégicos, entre otras iniciativas; proyectan a la empresa como ente productor, recolector y procesador de información en diferentes ámbitos, se hace responsable de valorar, salvaguardar, proteger, clasificar la información que día a día se genera en términos de sus funciones sustantivas, el resultado final es ponerla a disposición de todos con base en su clasificación.
- Servicios en línea. [10] Las TIC han permitido poner a disposición de los diferentes tipos de usuarios servicios en línea, tendencia dada por los avances técnicos y tecnológicos de la WEB 2.0, aparecen como herramienta para crear vínculo con los usuarios, entre las operaciones en línea más comunes se encuentran: Pago en línea, inscripciones, actualización de datos, consulta de resultados, facturación, entre otros.
- Organización en etapas de desarrollo. El crecimiento y evolución de la entidad en términos de lo tecnológico, a través de diferentes etapas, ha permitido clarificar estadios que son insumo para reorganizar los elementos y condiciones para un gobierno tecnológico adecuado y ajustado. Estos estadios son propios y están asociados a la madurez que han desarrollado al proyectar nuevos servicios en línea. Generalmente se pueden determinar así: 1. Presentación, al poner información en línea a disposición del público; 2. De interacción, creando espacios de correo electrónico y medios para PQR a través de páginas WEB; 3. De transición, donde los usuarios y participantes realizan operaciones de manera segura; 4. De interacción, en los cuales se realizan los vínculos e interfaces necesarias para tener sistemas interconectados, y que generen información adecuada y ajustada para la toma de decisiones.
- Valoración. La necesidad de determinar realmente donde aportan los elementos 2.0 a la empresa; por ello se deben considerar elementos propios de una herramienta 2.0, para ello se adaptan y enumera el siguiente conjunto, estos con base en [9] en su libro: "Why you should computize your small business":
  1. Velocidad y rendimiento en las agendas financieras y de ventas.
  2. Registros que se puedan acceder en segundos para mejor organización.
  3. Reducir transacciones y reprocesos.
  4. Proyectar una imagen moderna de su empresa.
  5. Minimizar trabajo en papel.
  6. Valorable y claro costo-beneficio, ya que no es fácil rastrear los resultados.
  7. Reducir transacciones con errores.
  8. Mejoramiento de la productividad, a través de la aplicación de innovaciones tecnológicas.
  9. Decisiones acertadas en promoción y mercadeo basados en ventas y preferencias del cliente.
  10. Poseer acceso remoto para monitorear el negocio, entre otras.

Beneficios

El desarrollo de las estrategias de gestión tecnológica, aunadas al ejercicio de gobierno tecnológico proyecta ventajas al desarrollo institucional, tales como:

- Los procesos se hacen más democráticos y participativos, permitiendo ejercicios de autoevaluación y autoregulación que han de impactar directamente en la redefinición de estrategias.
- La difusión de información, la gestión documental, y la gestión del conocimiento proyecta el valor del intangible de la organización.
- Los ejercicios coordinados de difusión generan transparencia y equidad, en lo informado y las acciones propias de la empresa, creando espacios donde se consoliden las formas internas de operación y protocolos, a forma de reglas de juego, a ser cumplidas por todos los actores.
- Los modelos de control y gestión documental a través de estrategias en línea, permiten acortar distancias, ahorrar tiempo y papelería, en la realización de trámites.
- Las TIC, permiten a diferentes dependencias automatizar algunas operaciones, generando ahorro en la recolección de datos, operaciones manuales y obtención de resultados finales.

- Crean un espacio donde se puede hacer visible la empresa en todas sus dimensiones.
- Se hace planeación estructurada y organizada de los destinos tecnológicos, iniciando en las necesidades institucionales, hasta la potenciación del uso de herramientas y recursos en las dependencias.
- Se hace control y evaluación de las condiciones de operación y obsolescencia de lo tecnológico.
- Se hace validación y control de las entregas y soporte a nuevos desarrollos o adquisiciones según sea el caso.
- Se lleva un control sobre el inventario de lo tecnológico y nuevos productos resultantes de desarrollos tecnológico e innovaciones, desde las diferentes unidades académicas y en algunos casos administrativas.
- Se hace protección, seguimiento y acompañamiento a patentes y registros, de los productos que así lo ameriten.
- Se realizan procesos de administración de la calidad a través de métricas en diferentes instancias de la aplicación de procesos y procedimientos.
- Se valoran riesgos lógicos, financieros, técnicos y jurídicos asociados con la aplicación de tecnologías a la organización.
- Se realiza el acompañamiento en la construcción, definición y seguimiento de proyectos orientados en y para la empresa.
- Acompaña los ejercicios de monitoreo y control interno.
- Alinea las intenciones de las dependencias y de los recursos con los objetivos estratégicos.

Todos los beneficios no se pueden alcanzar al mismo tiempo. Del progreso, compromiso y desarrollo de las estrategias asociadas al gobierno tecnológico depende la obtención de los resultados esperados.

Operacionalización

Esta iniciativa requiere de plantear como empresa un conjunto de condiciones necesarias para que los esfuerzos sean adecuados, requerimientos estos que se pueden enumerar así: [13]

1. Reconocimiento del estado actual de las arquitecturas tecnológicas, en términos de: Aplicaciones, información, infraestructura, personas.
2. Definición de estrategias de control interno, autoevaluación y autorregulación. Que aporten en:
   - Establecer vínculos y relaciones con los objetivos estratégicos.
   - Organizar actividades de gestión tecnológica en el marco de la planeación y el refinamiento de procesos.
   - Identificación de recursos tecnológicos y su utilización
   - Definición de objetivos de control los cuales han de ser socializados y considerados.
3. Identificación de dueños - responsables de procesos y sus relaciones con lo tecnológico y lo institucional.
4. Proyección al riesgo – Considerar un conjunto de estrategias, medios, estructuras y plantillas para la valoración del riesgo institucional, asociados con la inclusión de nuevos elementos tecnológicos y las modificaciones que estas llevan a su ejercicio normal.
5. Medición – Proyectar las condiciones de indicadores detallados de los ejercicios tecnológicos puestos al servicio, sea por las acciones del día – día, o por los resultados de programas, proyectos o planes.

De manera particular al momento de proyectar tecnologías 2.0, es necesario considerar [5][6]:

- Disponibilidad
- Entrenamiento (Capacitación)
- Soporte y disponibilidad de atención (Mesas de ayuda)
- Redes de y para interacción
- Acceso a bases de datos para usuarios y participantes
- Generación de boletines electrónicos, entre otros que se pueden descubrir en el desarrollo de las iniciativas.
- Elementos avanzados para realizar búsquedas.

5. CONCLUSIONES

Ya puesto el modelo en operación alrededor de estrategias 2.0, se deben considerar algunos elementos resultantes, tales como:

- Uso de SMS, para tener información de primera mano, esta se enviaría desde la empresa con información de la operación interna.
- Poseer acceso a reportes en línea que permita mostrar a posibles clientes estabilidad empresarial, generando confianza inversionista.
- Reportes de aplicaciones software y modelos de inventarios (Menos aplicadas en empresas de servicios), también son de utilidad al momento de proyectar la empresa.
- Mejoramiento del contacto con el cliente, a través de modelos de peticiones quejas y reclamos.

Por ello la necesidad de considerar otras estrategias 2.0, en la empresa:

- Definir las funcionalidades a ser acompañadas por las herramientas y tecnologías 2.0.
- Comprender los beneficios de la aplicación (implantación) de estas estrategias
- Aprender nuevas habilidades, y adquirir competencias en el tema
- Automatizar tareas y funcionalidades.
- Reducir errores en los procesos y procedimientos.
- Realizar labores eficientemente.
- Generar resultados más atractivos, orientaciones y aplicaciones de multimediales.

Este conjunto de componentes se modifica, amplía y transforma con base en las condiciones de aplicación del modelo de gestión y las particularidades de las organizaciones

Referencias

[1] CEREZO, José : ROJA, Octavio Isaac. “WEB 2.0” ISBN 978-84-7356-507-3, ESIC Editorial – Madrid, 2007

[2] COBO ROMANI, Cristobal. PARDO KUKLINSKI, Hugo. Planeta WEB 2.0 Inteligencia colectiva o medios fast food. Grup de Recerca d'Interaccions Digitals, Universitat de Vic. Flacso México. Barcelona / México DF. E-book de acceso gratuito. Versión 0.1 / Septiembre de 2007 ISBN 978-84-934995-8-7 http://issuu.com/merce9/docs/planeta_web2

[3] IT GOVERNANCE INSTITUTE: CobIT 4.1. Edición en Español Editorial 2007. *www.itgi.org*

[4] IT GOVERNANCE INSTITUTE: CobIT User Guide for Service Management. 2009. *www.itgi.org* ISBN 978-1-60420-071-3

[5] GIRALDO R. Juan Pablo. Universidad de Manizales. Sistema de planificación. Cartilla VIII - Plan de desarrollo gestión tecnológica. Marzo 2010.

[6] GIRALDO R. Juan Pablo. Universidad Pontificia de Salamanca. “Modelo para implantación de tecnologías 2.0 en pequeñas y medianas empresas (pymes)” – Diplomatura de Estudios Avanzados del Doctorado en Ingeniería Informática. Septiembre 2010.

[7] JOYANES. Luis. Empresa 2.0: ¿Cómo llevar las tecnologías de la Web 2.0 y la Web Social a la empresa? Madrid. ICADE. nº 77, mayo - agosto 2009. Revista cuatrimestral de las Facultades de Derecho y Ciencias Económicas y Empresariales, ISSN: 02 12-7377

[8] McAFEE, Andrew. Enterprise 2.0. ISBN 978-1-4221-2587-8 Hardward Bussines School Publishing. Boston. 2009.

[9] O´HARA, Patrick D. Why you should computize your small business. John Wiley & sons inc. ISBN 0-471-57869-X. 1993

[10] O'REILLY, Tim. What Is Web 2.0: Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software. En Communication & strategies: March 2007. http://mpra.ub.uni-muenchen.de/4578/ . MPRA Paper No. 4578, posted 23. August 2007

[11] OLSINA, Luis Antonio. Metodología Cuantitativa para la Evaluación y Comparación de la Calidad de Sitios Web – Tesis Doctoral – 1999 – Universidad de La Plata – Argentina

[12] PAVON E. HIDALGO. Gestión de la Innovación. Un Enfoque Estratégico, 1997.

[13] UMANIZALES . Universidad de Manizales - Sistema de planificación. Cartilla I Autoevaluación . Cartilla II Control Interno - 2010. Planeación institucional.

[14] ZARTHA Sossa, John Wilder. Curso Gerencia de tecnología. Diapositivas de la ITSM. Campus Monterrey. Compilador C. Sheel. Documento de conceptualización.

[15] ZEVALLOS Emilio. Restricciones del entorno a la competitividad empresarial en América Latina. Fundes Internacional. San José de Costa Rica. 2007.

Juan Pablo Giraldo Rendón Universidad de Manizales – Facultad de Ciencias e Ingeniería. Tel.: +57 6 887 96 80 (1454) Carrera 9 N° 19-03 Codigo postal: 170001- Manizales – Colombia; Correo: jpgiraldo@umanizales.edu.co.

Luis Joyanes Aguilar Universidad Pontificia de Salamanca - Campus Madrid– Facultad de Informática. Tel.: +34 900 101 829 Paseo Juan XXIII, 3. 28040 Madrid – España. Correo: luis.joyanes@upsam.es

ESTUDOS INTERDISCIPLINARES NO VALE DO MUCURI – BRASIL

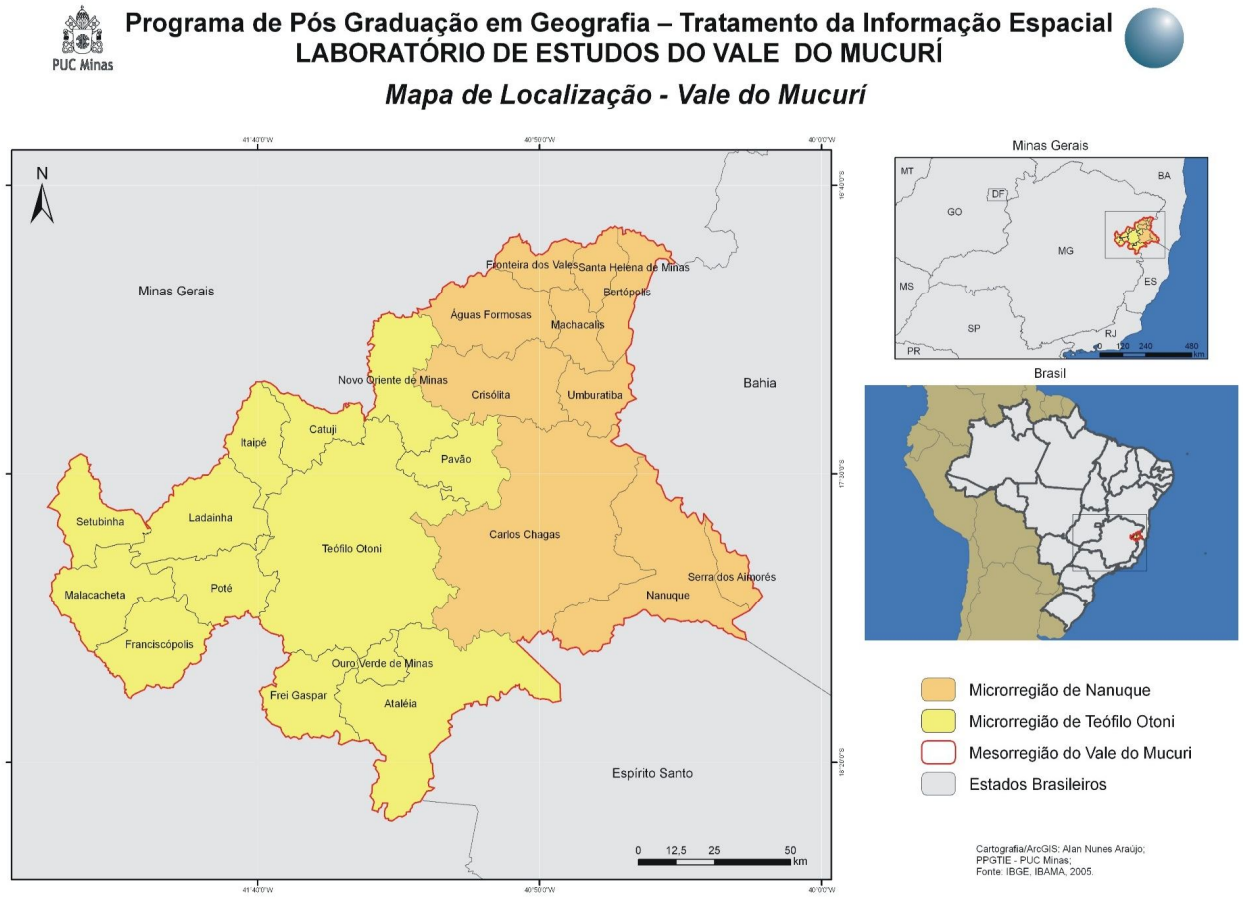
LEONIDAS CONCEIÇÃO BARROSO
Professor da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC Minas
lbarroso@pucminas.br

MAGALI MARIA DE ARAÚJO BARROSO
Professora do Centro Universitário de Belo Horizonte – UniBH
magali.barroso@prof.unibh.br

1 INTRODUÇÃO

A Mesorregião do Vale do Mucuri localiza-se no nordeste do estado de Minas Gerais, Brasil, (Mapa 1) e é constituído por vinte e três municípios, como mostra a Tabela 1, sendo Teófilo Otoni sua cidade polo.

A motivação para desenvolver estudos sobre a cidade de Teófilo Otoni vem do seu solo e arredores serem ricos em pedras semipreciosas, o que movimenta o comércio local e, também, por possuir uma cultura diversificada em função de seus habitantes serem descendentes de índios, portugueses, africanos, alemães, franceses, chineses e árabes. Essa miscigenação de nacionalidades a faz diferente das demais regiões que compõem o estado. Além disso, Teófilo Otoni acolhe a maior população do Vale do Mucuri, tem maior interação comercial entre os outros municípios da região e entre aqueles que se localizam às margens das rodovias, que cruzam o município. Trata-se de uma região rica em produtos alimentícios derivados do leite, de carne, de cana de açúcar (cachaça), de trigo, polvilho e milho. Ainda, possui uma rede de hospitais de grande porte e um número elevado de universidades, corroborando para o afluxo de pessoas para sua sede.



Mapa 1 – Localização do Vale do Mucuri em Minas Gerais, Brasil.
Fonte: IBGE, IBAMA, 2005 – Elaborado por Alan Nunes de Araújo.

Tabela 1 – Código dos municípios do Vale do Mucuri

Código	Nome do Município
1	Águas Formosas
2	Ataléia
3	Bertópolis
4	Carlos Chagas
5	Catuji
6	Crisólita
7	Franciscópolis
8	Frei Gaspar
9	Fronteira dos Vales
10	Itaipé
11	Ladainha
12	Machacalis
13	Malacacheta
14	Nanuque
15	Novo Oriente de Minas
16	Ouro Verde de Minas
17	Pavão
18	Poté
19	Santa Helena de Minas
20	Serra dos Aimorés
21	Setubinha
22	Teófilo Otoni
23	Umburatiba

Desde a sua fundação como Filadélfia, em 1853, com a criação da Companhia de Navegação do Vale do Mucuri, tem passado por ciclos de expansão e retração, que comprometem seu desenvolvimento. O Rio Mucuri que faz a ligação da região ao Vale do Jequitinhonha, a norte e, ao litoral, a leste, não suportava a navegação de grandes embarcações, assim foi necessária a construção da estrada conectando o Porto de Santa Clara a Filadélfia. Com essa estrada vislumbrou-se o início do desenvolvimento da região. Entretanto problemas políticos acarretaram, em 1860, na desativação da Companhia do Mucuri.

Em 1898 com a implantação da estrada de ferro Bahía e Minas, que ligava os vales do Jequitinhonha e Mucuri ao Oceano Atlântico, houve um renascer do desenvolvimento, entretanto em 1966 a estrada de ferro foi desativada com a consequente estagnação da região até o final do século XX. A partir dos anos 2000, com investimentos do governo estadual e da União foi possível a implantação do Proacesso (Programa de asfaltamento de rodovias), no qual possibilitou a conexão de todos os municípios da região por meio de estradas asfaltadas, foram criadas universidades pública e privadas, a Zona de processamento de exportação, além da Expominas, da Estação de tratamento de esgoto, a construção do hospital regional e outros equipamentos.

Para dar suporte a esses estudos foi concebido o **Laboratório de Estudos do Vale do Mucuri** do Programa de Pós Graduação em Geografia - Tratamento da Informação Espacial da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC Minas, que abriga o **Projeto TOR - Teófilo Otoni e sua Região.**

O objetivo deste artigo é descrever os resultados obtidos até então, pelo projeto que estuda a cidade de Teófilo Otoni e seu entorno, nos aspectos regionais, socioambientais, socioeconômicos, geo-históricos e infraestruturais. Os objetivos específicos do projeto são:

1) analisar a cidade de Teófilo Otoni a partir de dois enfoques: o de sua estrutura interna e o de suas relações externas; 2) buscar a definição dos contornos da região de Teófilo Otoni; 3) elaborar mapas e textos explicativos sobre os vários aspectos analisados

A definição dos possíveis contornos da grande área de relações de Teófilo Otoni tem exigido trabalhos interdisciplinares intensos e complexos. Tem sido produzidos artigos para revistas científicas e apresentações em congressos, organização de eventos, produção de mapas, teses de doutorado e dissertações de mestrado, além de patentes de sistemas computacionais voltados para a solução de problemas geográficos.

Os principais equipamentos secundários e terciários, responsáveis pela polarização da cidade de Teófilo Otoni são analisados, sendo necessários frequentes trabalhos de campo com interação com a sociedade local, visando detectar potencialidades e limitações da região, permitindo proposição de possíveis planos de ação e atualização dos bancos de dados do Laboratório.

As informações são tratadas quantitativa, gráfica e cartograficamente, com relação aos aspectos: socioeconômicos, urbanos, socioambientais, regionais, geo-históricos e infraestruturais utilizando-se o ambiente SIG para elaboração de mapas.

Este trabalho está assim estruturado: na segunda seção são apresentados, de forma sintética, os estudos já concluídos pela equipe e alunos do citado Programa; a seção 3 enumera os subprojetos em andamento e, na subsequente, as patentes e mapas, gerados pela pesquisa; na quinta seção são apresentadas as considerações finais, contendo um diagrama que ilustra as interações entre as várias disciplinas que compõem os estudos.

2 PROJETO TOR – TEÓFILO OTONI E SUA REGIÃO: PRODUTOS

Os trabalhos interdisciplinares envolvem estudantes de doutorado e mestrado, além de profissionais de disciplinas de vários ramos do conhecimento, tendo a Geografia como núcleo. Desde seu início, em 2006, até o presente momento os trabalhos envolveram o diálogo entre a Geografia e pelo menos duas das seguintes disciplinas:

- Arquitetura
- Biologia
- Cartografia
- Climatologia
- Economia
- Estatística
- História
- Lógica
- Matemática
- Meio Ambiente
- Saúde pública
- Sistemas de Informação
- Sociologia

Titularam-se novos mestres e doutores no Programa de Pós-Graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial, com conhecimentos aprofundados sobre Teófilo Otoni e região, produzindo textos científicos, alguns deles sendo premiados, além de patentes. Os primeiros resultados foram obtidos já em 2006.

Carvalho (2006) tratou a contextualização histórica e análise do desenvolvimento da Mesorregião expandida do Vale do

Jequitinhonha e Mucuri, composta por 105 municípios, com a intenção de identificar descontinuidades temporais e espaciais nesta região, que nasce de maneira integrada e se desarticula ao longo do tempo por diversos fatores, tanto políticos, quanto sócio-econômicos. A abordagem foi feita por meio da análise do mapeamento dos Índices de Desenvolvimento Humano – IDH's da região expandida Jequitinhonha-Mucuri no período compreendido entre 1991 e 2000, utilizando de técnicas de SIG e análise de superfícies geo-estatísticas.

Pires (2007) analisa a rede básica de serviços de saúde de Teófilo Otoni – MG, com enfoque na organização espacial da Estratégia de Saúde da Família e suas relações espaciais com os territórios da área urbana do município. Além de mapear as áreas de abrangência dos Postos do Programa de Saúde da Família, a autora elabora diagnóstico socioeconômico da cidade de Teófilo Otoni, valendo-se de variáveis construídas a partir de dados do Censo Demográfico de 2000. Tais variáveis referem-se às dimensões de renda, escolaridade, características sociais e saneamento dos domicílios particulares permanentes e seus respectivos residentes, para cada um dos 96 setores censitários da área urbana. Setor Censitário é a unidade territorial mínima criada para fins de controle cadastral da coleta de dados do Censo Demográfico do Brasil. A análise das variáveis foi feita com a utilização da técnica de Análise de Componentes Principais, permitindo a atribuição de pesos às variáveis, que captaram o maior percentual da variabilidade máxima dos dados. O mapeamento da vulnerabilidade socioeconômica foi construído com base nos valores obtidos na primeira componente para os 96 setores censitários da cidade. Por meio desta técnica foi possível identificar os diferenciais internos de vulnerabilidade socioeconômica dos moradores da cidade. A dissertação gerou o trabalho Estratégia de Saúde da Família na cidade de Teófilo Otoni – MG: Diagnósticos e Perspectivas (PIRES, 2009).

Apolinário (2010) faz uma análise de como se encontra estruturada a rede de cidades da mesorregião do Vale do Mucuri, no Estado de Minas Gerais e propõe uma hierarquização das cidades por meio do estudo e interpretação dos dados referentes à oferta de serviços e infraestrutura urbana, coletados para cada um dos vinte e três municípios que compõem a mesorregião. Para investigar a organização da rede urbana da mesorregião do Vale do Mucuri foram utilizadas técnicas de estatística multivariada (Análise de Agrupamentos e Análise de Componentes Principais), que auxiliaram na geração de um índice de mensuração do grau de acessibilidade aos serviços urbanos oferecidos por cada cidade da região estudada. A este índice chamou-se de IAU (Índice de Acessibilidade Urbana). Por meio do índice de acessibilidade urbana, Apolinário (2012) propôs uma hierarquização da rede urbana do Vale do Mucuri.

Araújo (2011) procura salientar o papel dos eixos de comunicação viária no desbravamento e posterior desenvolvimento urbano e regional do Vale do Mucuri, região de ocupação tardia da Província de Minas Gerais no século XIX. Com o declínio das atividades mineradoras, a Comarca de Serro Frio volta-se à agricultura e à criação de gado, gerando a necessidade de barateamento de fretes, além da redução de tempo de viagem para o escoamento da crescente produção. O Vale do Mucuri torna-se atrativo por possibilitar uma ligação por terra, mais curta, com o litoral: a porção sul da província da Bahia e a porção noroeste da província do Espírito Santo. O autor, partindo da hipótese de que os eixos viários são fatores que tem influenciado a distribuição espacial ao longo da história de ocupação, utiliza mapas e cartas dos séculos XIX e XX com a finalidade de acompanhar o surgimento e a evolução dos eixos que existiram no Vale do Mucuri, utilizando novas propostas metodológicas. Este estudo, citado em (ARAÚJO; BARROSO, 2011), tem, como suporte, tecnologias de Sistemas de Informações Geográficas que fornecem recursos para o tratamento desses documentos, possibilitando ligação efetiva entre o passado e o presente**.**

Carvalho (2011) analisa o espaço intraurbano de Teófilo Otoni e sua configuração em relação aos novos eixos de crescimento da cidade. A análise vem somar esforços aos estudos referentes às cidades médias, que vêm se constituindo em elementos fundamentais nos processos de desenvolvimento regional e urbano. Além do reconhecimento enquanto áreas de atração regional, as cidades médias assumem um importante papel na interligação entre as redes locais e globais. Esse é o caso da cidade de Teófilo Otoni, localizada na região de planejamento do Jequitinhonha/Mucuri- nordeste do estado de Minas Gerais – região essa que se encontrava em processo de estagnação econômica desde a década de 80 e que vive agora um novo ciclo de desenvolvimento.

Ferreira (2012) analisa a região de abrangência da Diocese Católica com sede em Teófilo Otoni nos seu aspectos demográficos, socioeconômicos e de infraestrutura viária. A produção de mapas permitiu a produção de um Atlas da Diocese.

Barroso e Barroso (2013) mostram a vulnerabilidade da rede de estradas asfaltadas do Vale do Mucuri que pode ser facilmente desconectada. A modelagem é feita por meio de Grafos e são sugeridas alternativas para o robustecimento da rede.

Barroso, Carvalho e Araújo (2010) reconstituem eixos viários dos séculos XIX e XX, já extintos, na região do Vale do Mucuri: a Estrada Santa Clara-Filadélfia e a Estrada de Ferro Bahia e Minas

Costa (2012) analisa e mapeia os fluxos e saldos migratórios nos municípios da microrregião de Teófilo Otoni nos períodos 1986-1991 e 1995-2000.

Alencar, Barroso e Abreu (2013) desenvolvem o aplicativo **NINNACLUSTER** para criação de agrupamentos segundo técnicas hierárquicas e de partição. O aplicativo foi testado com sucesso nos trabalhos desenvolvidos na mesorregião do Vale do Mucuri.

Lima, Barroso e Abreu (2012) desenvolvem o aplicativo **GeoGrafo** com técnicas de Teoria dos Grafos. O aplicativo foi testado com sucesso nos trabalhos desenvolvidos na mesorregião do Vale do Mucuri

3 PROJETO TOR – TEÓFILO OTONI E SUA REGIÃO: SUBPROJETOS EM ANDAMENTO

- A área de relações da cidade de Teófilo Otoni (2013-2017) (Disciplinas envolvidas: Geografia Urbana, Geografia Regional, Matemática, Cartografia)
- Agentes Poluidores da Sub - bacia do Rio Todos os Santos (2014-2018) (Disciplinas envolvidas: Geografia Física, Meio ambiente, Biologia, Cartografia)

- Aplicações de Teoria dos Grafos a Problemas de Redes (a partir de 2013) (Disciplinas envolvidas: Geografia dos Transportes, Matemática)
- Evolução da Mancha Urbana de Teófilo Otoni (2014-2018) (Disciplinas envolvidas: Geografia Urbana, Arquitetura, Cartografia)
- Nas Trilhas da Estrada Santa Clara – Filadélfia (a partir de 2013) (Disciplinas envolvidas: Geografia, História, Cartografia)
- Panorama da seca na microrregião de Teófilo Otoni (2013-2014) (Disciplinas envolvidas: Geografia Física, Climatologia, Cartografia)

4 Projeto TOR – Teófilo Otoni e sua Região: Outros Resultados correlacionados 2010-2013

4.1 Patentes

Centroide, 2013, Registro INPI N.° 14089-5

NinnaCluster, 2011, Registro INPI N.° 11047-2

Ninna Pca, 2011, Registro INPI N.° 11045-5;

4.2 Mapas

Produção de mais de uma centena de mapas temáticos sobre Teófilo Otoni e sua região, utilizando o ambiente SIG.

5 Considerações Finais

Entende-se que, durante a formação do estudante, ele deve ser estimulado a dominar conhecimentos significativos, para aproximar a teoria da prática, contribuindo para a sua futura atuação profissional. Nesse sentido as disciplinas Arquitetura, Biologia, Cartografia, Climatologia, Geografia (dos Transportes, Física, Quantitativa, Regional, Urbana) História, Matemática, Meio Ambiente e Métodos Computacionais constituem a base de Ensino na tríade Ensino/Pesquisa/Extensão do Projeto TOR. Esses são conteúdos vistos no curso de Mestrado e Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial ou fazem parte de conhecimentos prévios dos alunos.

Com os conhecimentos adquiridos nos cursos e estando cientes das potencialidades e limitações da mesorregião em foco, os estudantes procuram temas para desenvolver suas pesquisas. Em sequência são realizados trabalhos de campo para, *in loco*, serem diagnosticados problemas e criarem as perspectivas das soluções.

Os estudos já realizados geraram dissertações, teses e artigos científicos, cujos resultados são disponibilizados continuamente aos administradores públicos e privados dos municípios que compõem a mesorregião do Vale do Mucuri. As pesquisas vêm contemplando, de forma satisfatória, os objetivos propostos.

A Figura 1 apresenta o diagrama das conexões e interações entre as disciplinas que configuram a produção do Projeto TOR até o presente momento. Na legenda podem-se observar as publicações originadas, que constam nas Referências.

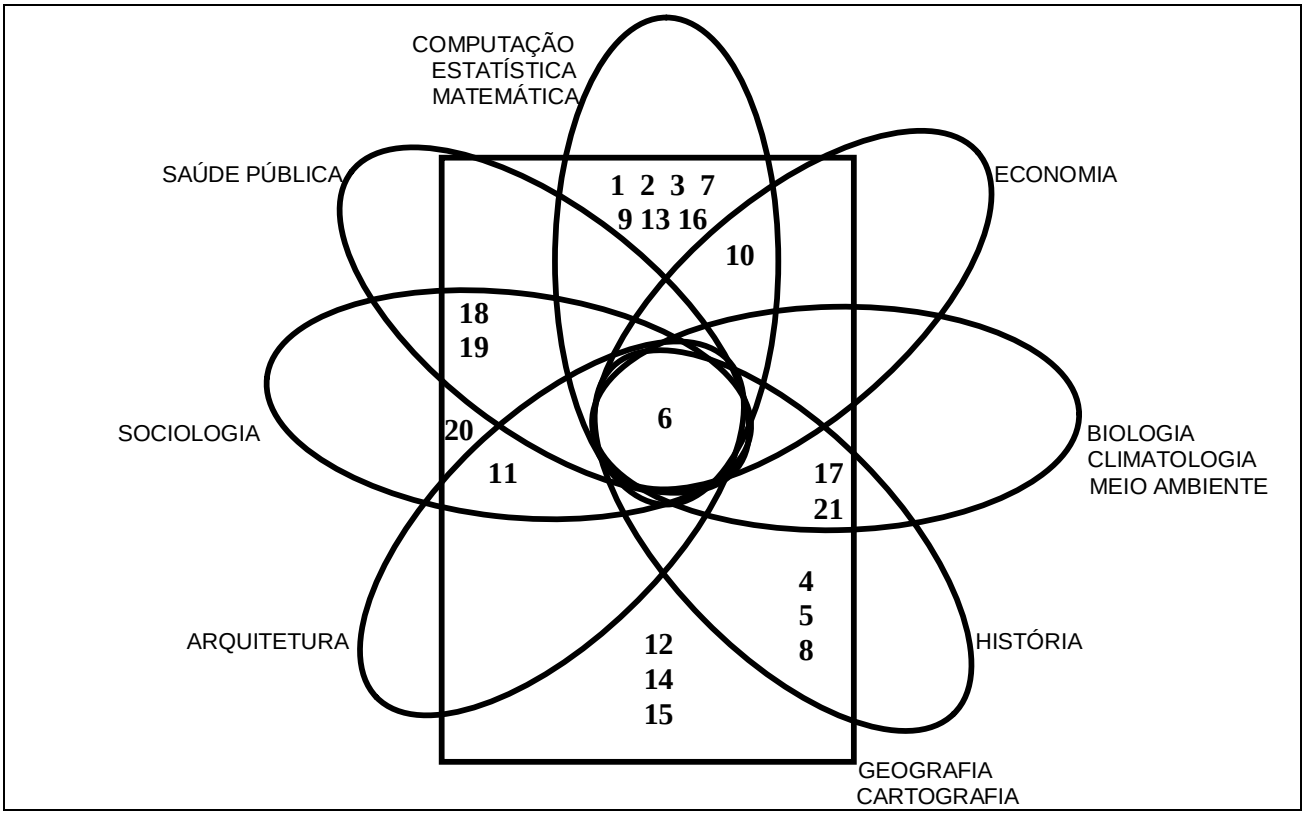


Figura 1 – Diagrama de conexões e interações entre as disciplinas envolvidas na produção do Projeto TOR.

LEGENDA:

1. ALENCAR; BARROSO; ABREU, 2013
2. APOLINÁRIO, 2010
3. APOLINÁRIO, 2012
4. ARAÚJO, 2011
5. ARAÚJO; BARROSO, 2011
6. BARROSO, 2014
7. BARROSO; BARROSO, 2013
8. BARROSO, CARVALHO; ARAÚJO, 2010
9. BARROSO, 2014
10. CARVALHO, 2006
11. CARVALHO, 2014
12. CARVALHO, 2011
13. COSTA, 2012
14. FERREIRA, 2012
15. FERREIRA, 2014
16. LIMA, BARROSO, ABREU, 2012
17. PEREIRA, 2014
18. PIRES, 2007
19. PIRES, 2009,
20. SANTOS, 2014
21. SOUZA FILHO, 2014

REFERÊNCIAS

ALENCAR, B. J.; BARROSO, L. **C.;** ABREU, J. F. **Análise Multivariada de Dados no Tratamento da Informação Espacial: uma abordagem com análise de Agrupamentos**. Revista Iberoamericana de Sistemas, Cibernética e Informática, V. 10, n.2, 2013, p.6-12, ISSN: 1690-8627. Disponível em http://www.iiisci.org/Journal/RISCI

APOLINÁRIO, F. A Rede Urbana da Mesorregião do Vale do Mucuri. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia-Tratamento da Informação Espacial. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.
Disponível em http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/TratInfEspacial_ApolinarioF_1.pdf

APOLINÁRIO, F.; BARROSO, L.C.; DINIZ, A.M. A. **Hierarquia da Rede Urbana do Vale do Mucuri utilizando Técnicas de Análise Multivariada.** Revista e-xacta**,** v. 5, n. 2, 2012. p. 19-32. ISSN: 1984-3151. Disponível em: www.unibh.br/revistas/exacta/

ARAÚJO, A. N. A **Influência dos Eixos Viários na Rede Urbana do Mucuri-MG.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia-Tratamento da Informação Espacial. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011.

ARAÚJO A. N.; BARROSO, L. C. **Fatores determinantes na conformação atual do Vale do Mucuri**. IV SIMPÓSIO LUSOBRASILEIRO DE CARTOGRAFIA HISTÓRICA. Porto, Portugal. 2011. Disponível em http://eventos.letras.up.pt/ivslbh/comunicacoes/93.pdf.

BARROSO, L. C. **Estudos Interdisciplinares no Vale do Mucuri.** BACIA DO MUCURI: DIAGNÓSTICOS E PERSPECTIVAS II. Teófilo Otoni, 2014.

BARROSO, L. C.; BARROSO, M. M. A. **Estudo da Rede Rodoviária da Mesorregião do Vale do Mucuri-MG por meio de teoria dos Grafos.** In: DÉCIMA SEGUNDA CONFERÊNCIA IBEROAMERICANA EN SISTEMAS, CIBERNÉTICA E INFORMÁTICA, Orlando - EUA. MEMORIAS. Orlando- FL (EUA): International Institute of Informatic and Systemics, v. I. p. 186-191. 2013. Disponível em www.iiis.org/CDs2013/CD2013SCI/CISCI_2013/PapersPdf/CA194CG.pdf

BARROSO, L. C.; CARVALHO, M. A.; ARAÚJO, A. N. **Breve resgate da Geografia Histórica de Teófilo Otoni**. In: Expedição do Mucuri, 2010. Belo Horizonte, p. 27-40. GODINHO, A. L. F.(Org.); *Expedição Mucuri* Belo Horizonte. 2010.

BARROSO, M. M. A. **Estudo da Rede Rodoviária Asfaltada do Vale do Mucuri.** BACIA DO MUCURI: DIAGNÓSTICOS E PERSPECTIVAS II. Teófilo Otoni, 2014.

CARVALHO, C. O. **A Contextualização Histórica e Análise do Desenvolvimento da Mesorregião do Vale do Mucuri.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia-Tratamento da Informação Espacial. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2006.

CARVALHO, C. O. **A mancha urbana de Teófioo Otoni.** BACIA DO MUCURI: DIAGNÓSTICOS E PERSPECTIVAS II. Teófilo Otoni, 2014.

CARVALHO, M. A. **O Espaço Intraurbano da cidade de Teófilo Otoni-MG.** Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geografia-Tratamento da Informação Espacial. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011.

COSTA, C. C. R. C. **Fluxos e Saldos Migratórios dos Municípios da Microrregião de Teófilo Otoni – 1986-1991 e 1995-2000.** Revista e-xacta, v. 5, n. 2. 2012**.** p. 33-58. ISSN: 1984-3151. Disponível em www.unibh.br/revistas/exacta/

FERREIRA, M. S. **Atlas Geográfico Digital da Diocese de Teófilo Otoni.** Dissertação (Mestrado.) Programa de Pós-Graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012.

FERREIRA, M. S. **Área de relações da cidade de Teófilo Otoni.** BACIA DO MUCURI: DIAGNÓSTICOS E PERSPECTIVAS II. Teófilo Otoni, 2014.

LIMA, M. C. P. B.; BARROSO, L. C.; ABREU, J. F. **Explorando a Teoria de Grafos no Tratamento de Problemas Geográficos**. REVISTA IBEROAMERICANA DE SISTEMAS, CIBERNÉTICA E INFORMÁTICA, v. 9, p. 1-6, 2012. ISSN: 1690-8627. Disponível em: www.iiis.org/CDs2012/CD2012ADII/ATIC_2012/Abstract.asp?myurl=AT241GM.pdf.

PEREIRA, L. D. A. **Sub-bacia do Rio Todos os Santos.** BACIA DO MUCURI: DIAGNÓSTICOS E PERSPECTIVAS II. Teófilo Otoni, 2014.

PIRES, C. A. A. ***Estratégia de Saúde da Família na cidade de Teófilo Otoni-MG: Perspectivas Geográficas no espaço intraurbano.*** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia-Tratamento da Informação Espacial. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2007. Disponível em http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/TratInfEspacial_PiresCA_1.pdf.

PIRES, C. A. A. **Estratégia de Saúde da Família na cidade de Teófilo Otoni-MG: Dagnósticos e Perspectivas.** Caderno de Geografia. v. 19. p. 11-27. 2009.

SANTOS, M. A. **Nas trilhas da estrada Santa Clara – Filadélfia.** BACIA DO MUCURI: DIAGNÓSTICOS E PERSPECTIVAS II. Teófilo Otoni, 2014.

SOUZA FILHO, S. J. **Panorama da Seca na Microrregião de Teófilo Otoni.** BACIA DO MUCURI: DIAGNÓSTICOS E PERSPECTIVAS II. Teófilo Otoni, 2014.

Uma Abordagem Integrativa de Avaliação da Inovação

André Yves Cribb
Embrapa Agroindústria de Alimentos
Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 23020-470, Brasil

RESUMO

A inovação se revela um fator fundamental para as empresas ganharem espaços nos mercados nacionais e internacionais. Sua eficiência requer o acompanhamento sistemático de seu desempenho e portanto sua avaliação adequada e frequente. Em razão da existência da concorrência severa no âmbito global, as abordagens utilizadas para a avaliação de inovação precisam ser constantemente aprimoradas. O objetivo do presente artigo é caracterizar as facetas a serem levadas em consideração na avaliação de inovação. Para alcançar tal objetivo, foi realizada uma revisão de literatura analisando conceitos, visões e métodos relacionados às áreas de estratégia de produção, inovação tecnológica, inovação organizacional, gestão da inovação e avaliação de negócios. Com base nas informações levantadas, o artigo sustenta a necessidade de abordar a avaliação de inovação de maneira integrativa, ou seja, apreciando os aspectos de sua factibilidade, viabilidade e impactabilidade.

Palavras-chave: avaliação, inovação, exame de factibilidade, análise de viabilidade, estudo de impactabilidade.

1. INTRODUÇÃO

A avaliação é a apreciação sistemática de uma iniciativa com referência a objetivos e critérios bem definidos. Baseia-se nas atividades planejadas e executadas bem como nos resultados potenciais e efetivos ao longo da cadeia dos componentes da iniciativa. Procura fornecer informações factuais impregnadas de credibilidade, confiabilidade e utilidade em favor dos processos decisórios relacionados a tal cadeia.

Tanto em trabalhos escritos quanto em conversas interpessoais, observa-se o emprego do termo "avaliação" para designar a determinação sistemática do valor ou mérito de uma iniciativa ou de um grupo de atividades em andamento ou finalizada, inclusive fatos esporádicos. Dificilmente se poderia dizer que esta designação é exaustiva. Há outras formas de avaliação que não resultam necessariamente na determinação de valor ou mérito. Por exemplo, uma avaliação pode ser, entre outras formas, um estudo descritivo ou uma análise de implementação. Nesta visão, a avaliação pode também se definir como a aquisição e análise de informações para fornecer interpretações úteis a respeito de uma iniciativa [1].

A avaliação não é uma atividade isolada e autossuficiente. Faz parte do processo de decisão, planejamento e execução de uma iniciativa. Gera uma retroalimentação que permite escolher entre diferentes iniciativas de acordo com a sua eficácia ou eficiência. Analisa também os resultados dessas iniciativas e de seus efeitos, criando a possibilidade de corrigir as ações e reorientá-las em direção à meta fixada [2].

No setor de ciência e tecnologia (C&T) em geral e em programas e políticas de pesquisa e desenvolvimento (P&D), a avaliação é vista como um instrumento voltado para estimar o grau de alcance das metas estabelecidas e dos resultados desejados. Esta visão se explica pelo fato de que, num ambiente com fortes demandas pela prestação de contas [3], a maioria dos esforços de avaliação se focaliza na mensuração de resultados e impactos potenciais e efetivos. Nesse sentido, a avaliação se comporta como um processo de geração de informações destinadas a medir os outputs para ajustar os inputs em casos necessários [4].

A avaliação de uma iniciativa é geralmente reduzida à análise do desempenho desta. Muito pouca atenção é dada ao exame das condições exigidas pela implementação da iniciativa e ao estudo de suas repercussões. Tal tendência não é desejável, sobretudo quando se trata da avaliação de inovação já que esta, enquanto instrumento fundamental para a sobrevivência e competitividade das empresas, precisa ser abordada em todas suas facetas e de maneira meticulosa.

O objetivo do presente trabalho é caracterizar as facetas a serem levadas em consideração na avaliação de inovação. Para tal, são primeiramente apresentadas as características da inovação. Em seguida, são descritos o material e o método utilizados na análise e compreensão da avaliação de inovação. Além disso, são indicados e discutidos os resultados obtidos a partir do emprego dos referidos material e método. Finalmente, são formuladas as conclusões decorrentes da discussão destes resultados.

2. CARACTERÍSTICAS DA INOVAÇÃO

A concorrência severa existente no âmbito global exige, por parte das empresas e dos países, o desenvolvimento contínuo de suas funções de produção para uma maior eficiência e velocidade. Além disso, em um ambiente de negócios caracterizado pela mudança acelerada, é difícil para as funções de produção sustentarem a competitividade operacional se a velocidade de suas melhorias continua ser moderada. As funções devem ter a capacidade de realizar transformações em larga escala de maneira radical e inovadora, como um complemento às melhorias incrementais [5].

De acordo com Gunday *et al*. [6], a inovação se revela fundamental na definição de estratégias de crescimento para entrar em novos mercados, para aumentar a quota de mercado existente e para fornecer à empresa uma vantagem competitiva. Esta constatação tem se evidenciado para as empresas que são pressionadas pelo aumento da concorrência nos mercados globais, conscientes da evolução vertiginosa das tecnologias e inteiradas da rápida erosão causada pela competição global severa no valor agregado dos produtos e serviços existentes.

Nesse contexto em que a competição é, de certo modo, inevitável, a dinâmica de qualquer empreendimento econômico pode ser analiticamente interpretada por meio da lógica "schumpeteriana" de "destruição criativa". Conforme tal lógica, a força motriz do progresso é a inovação, materializada por produtos novos, processos novos e/ou modelos de negócios novos [7] [8] [9] [10].

Schumpeter [7] explica que o desejo de lucro é a força motriz que dinamiza o comportamento de economias capitalistas. Tal força incentiva os empresários a produzir e adotar inovações geradoras de lucro, que, em seguida, contribuem para a acumulação de capital. Embora a criação de inovação promova o crescimento, destrói também a atividade econômica existente, cuja viabilidade passa a depender de transformações em referência a seu estado anterior. Depois de terem perdido a capacidade de competir, empresas perturbadas são levadas a produzir outras inovações, perpetuando o ciclo de destruição criativa [10].

De maneira resumida, Gilbert [9] descreve a destruição criativa como um processo envolvendo a aplicação de recursos, conhecimentos e habilidades para resolver problemas existentes ou futuros de maneiras inéditas. O processo expande a oportunidade empresarial através da criação de novas formas de demanda e do fornecimento de recursos.

Em decorrência dessas explicações, a substituição de formas antigas por formas novas de produção e consumo pode ser interpretada como o fator fundamental da competitividade [8]. Ela se identifica como um imperativo para as empresas sobreviverem e ganharem espaços nos mercados nacionais e internacionais [11]. Para Gunday *et al*. [6], "as inovações constituem um componente indispensável das estratégias corporativas, por várias razões, tais como a aplicação de processos de fabricação mais produtivos, o melhor desempenho no mercado, a busca da reputação positiva na percepção dos clientes e, portanto, a obtenção de vantagem competitiva sustentável".

Inspirando-se na expressão schumpeteriana de destruição criativa e procurando entender as trajetórias evolutivas diversas de espaços rurais, Mitchell [10] sugere o neologismo alternativo de "aprimoramento criativo". Segundo sua lógica, as duas expressões podem alternativamente servir para caracterizar o processo de transformação de espaços rurais.

Por um lado, a destruição criativa se refere à substituição de uma paisagem mais velha por uma paisagem mais nova que incorpore uma função inovadora (nova atividade, novo usuário e nova representação). Por outro lado, o aprimoramento criativo descreve o processo de adição de uma função inovadora a um espaço sem provocar a substituição da atual. Em outras palavras, as transformações ocorridas em espaços não-metropolitanos podem ser interpretadas à luz dos seguintes dois raciocínios. Primeiro, se o número de negócios num determinado setor diminui, é possível confirmar a destruição criativa. Segundo, se a adição de novas funções não provoca o desaparecimento de antigas, é possível reconhecer a ocorrência do aprimoramento criativo [10].

Na verdade, tanto a "destruição criativa" quanto o "aprimoramento criativo" se referem à ocorrência de transformações. O uso de cada uma dessas expressões depende das consequências do processo de inovação sobre o setor ou espaço no qual ocorrem tais transformações.

A inovação pode ser vista como uma iniciativa já que, segundo Von Braun *apud* [12], ela é "a implementação econômica de uma invenção". O Manual de Oslo da OCDE [13] distingue quatro tipos de inovação. Trata-se de inovação de produto, inovação de processo, inovação de marketing e inovação organizacional.

Na visão de Gunday *et al*. [6], a inovação pode ser concebida como a transformação do conhecimento em valor comercial. Numa perspectiva mais abrangente, Cribb [14] a define como a conversão de uma invenção num elemento comercialmente útil e socialmente aceito. Capaz de gerar melhorias, ganhos e/ou lucros, é caracterizada por sua novidade, praticidade e utilidade. Ela pode ser incremental ou radical.

Metcalfe [15] indica que, quando o fluxo de novidades e inovações resseca, a estrutura econômica das empresas se estabelece em um estado inativo com pouco crescimento. Fagerberg *et al*. [16] revelam que os países inovadores apresentam maior produtividade e renda do que os menos inovadores. Segundo OECD [13], as empresas que

desenvolvem inovações de uma forma mais decisiva e rapidamente, têm também trabalhadores mais qualificados, paga salários mais elevados e fornece planos futuros mais conclusivos para a seus funcionários. Com base nessas considerações, Gunday *et al*. [6] acrescenta que a inovação tem grande importância comercial, devido ao seu potencial para aumentar a eficiência e a rentabilidade das empresas.

Considerado como inovação, o novo produto, novo processo ou novo modelo de negócios tem uma vida caracterizada pelas seguintes cinco fases: introdução, crescimento, perturbação, maturidade e declínio. Na fase de introdução, ele demanda muitos esforços para gerar poucos rendimentos. Na fase de crescimento, ele recompensa os esforços por meio de uma grande melhoria dos rendimentos. Na fase de perturbação, ele intensifica ainda mais tal melhoria e passa a exigir novas práticas gerenciais ou novos arranjos organizacionais. Na fase de maturidade, ele solicita, novamente, grandes investimentos e esforços para proporcionar um aumento muito pequeno dos rendimentos. Na fase de declínio, ele apresenta um insatisfatório volume de produção por unidade de tempo. Com base nas características dessas fases, é possível representar a vida de uma inovação por uma curva chamada curva de vida que traduz o volume de produção no tempo. A Figura 1 mostra duas versões da curva de vida da inovação, sendo a primeira construída com dados do volume por unidade de tempo e a segunda feita a partir de dados de volume cumulado [17].

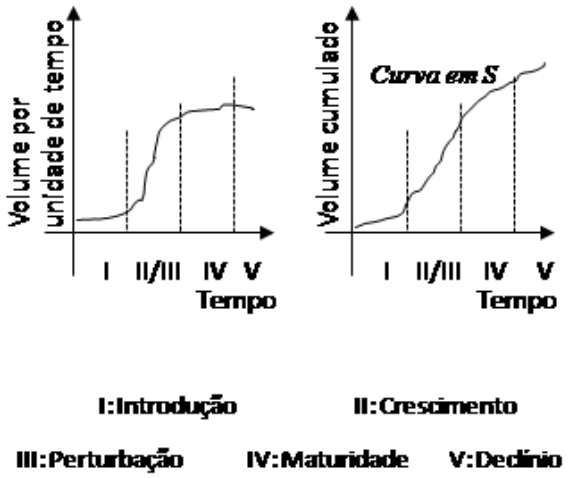


Fig.1 – Curva de vida da inovação
(Adaptada de Ribault *et al*. [17])

O novo produto, novo processo ou novo modelo de negócios pode viver por muito tempo. Seu declínio não significa necessariamente seu desaparecimento, mas sim sua substituição na maioria de seus usos. Esta substituição ocorre quando outra inovação concorrente apresenta vantagens de menor custo e de rendimentos superiores.

A inovação provoca mudanças tanto na empresa que a adota quanto nos mercados que recebem seus produtos. A empresa adotante pode ser obrigada, por exemplo, a rever as competências dos recursos humanos disponíveis. Os mercados receptores podem sofrer alterações estruturais, criando, por exemplo, um monopólio temporário. "Para que a empresa possa adotar uma estratégia baseada na geração de inovações, é necessário que ela primeiramente compreenda a estrutura existente entre custo e benefício gerado em cada um dos tipos de inovação e adote uma política bem definida de alocação de recursos para a geração destas inovações" [18].

Portanto, a opção de incluir uma inovação em uma empresa é orientada por cálculos de custos e benefícios. A decisão de um investimento é tomada apenas se há uma expectativa de benefícios. O empreendedor deve ter pelo menos esperança de cobrir suas despesas com a venda dos produtos obtidos graças à inovação [19]. Nesse sentido, a avaliação passa a ser um mecanismo fundamental para iluminar o processo de inovação [20].

3. MATERIAL E MÉTODO

Para desenvolver este trabalho, uma pesquisa bibliográfica foi empreendida acerca da avaliação de inovação. Ela foi motivada pela alta importância da inovação na sustentabilidade e competitividade empresarial. Inspirou-se no trabalho de Jordan & Zuckerman [20] e foi orientada principalmente pela seguinte pergunta: "Como usar a avaliação para iluminar o processo de inovação?"

De acordo com Jordan & Zuckerman [20], "o crescimento econômico e a formação de novas indústrias dependem de avanços da pesquisa, mas a compreensão do processo de inovação científica e a utilidade relativa de várias abordagens para fomentá-la permanecem um assunto ativo de pesquisa em ciências sociais".

A resposta relativa à pergunta principal foi elaborada através de uma revisão de literatura sobre diversas áreas de pesquisa tais como estratégia de produção, inovação tecnológica, inovação organizacional, gestão da inovação e avaliação de negócios. A pesquisa foi modelada de acordo com a sugestão de Beaud [21] de utilizar paralelamente dois métodos complementares: "rateio das cadeias bibliográficas" e "pesquisa em fichários bibliográficos".

O primeiro método consistiu em ratear a literatura partindo de cinco trabalhos priorizados inicialmente. Estes foram os artigos de Gunday *et al*. [6], Mitchell [10], Cribb [14], Mahmoudi *et al*. [22] e Penfield *et al*. [23]. A bibliografia de cada um destes gerou novas referências bibliográficas que, por sua vez, indicaram outras fontes. Assim, foi possível detectar os trabalhos mais citados e identificar autores experientes em questões de avaliação de inovação.

O segundo método foi ajustado para ser feito no âmbito da internet em vez da utilização de fichários de bibliotecas e centros de documentação. Foram realizadas buscas baseadas nas palavras-chave que guiaram a pesquisa. As fontes retiradas da internet foram avaliadas e escolhidas de acordo com as recomendações de Cooper & Schindler [24], ou seja, com base no seu objetivo, escopo, público-alvo e formato. Também, foram levados em consideração o nível dos dados (primários, secundários ou terciários) e as credenciais do autor da fonte.

A aplicação desses dois métodos complementares permitiu a formação de um conjunto de cento e cinquenta e seis livros e artigos de periódicos indexados. A partir desse conjunto, foi realizada uma triagem com base nos critérios de autor, título, resumo e palavras-chave. Graças à triagem, foi constituída uma amostra de setenta e quatro artigos e livros dos quais foi feito o levantamento de informações relacionadas ao tema da pesquisa.

A partir da pergunta principal, uma análise sistemática dos trabalhos existentes na amostra foi realizada através da comparação de seus conteúdos e levou à seleção das vinte e nove referências bibliográficas do presente artigo. A técnica utilizada para o tratamento e a interpretação das informações aproximou-se da análise estrutural, descrita em Quivy & Campenhoudt [25] e orientada pela procura e exame de aspectos similares.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme as informações coletadas por meio dos procedimentos metodológicos acima descritos, a avaliação de inovação contém três facetas: exame de factibilidade, análise de viabilidade e estudo de impactabilidade. Cada uma destas tem suas particularidades.

Exame de factibilidade
O exame de factibilidade visa provar que a ideia de inovação é passível de ser realizada e explicar como proceder para sua realização. A ideia de inovação pode vir do empreendedor, de clientes, de um processo estruturado de contatos interpessoais, entre outros. Esta faceta corresponde à discussão de todas as soluções possíveis. Se nenhuma destas é aprovada, o exame de factibilidade deve recomendar o abandono da ideia [26].

Para isso é necessário conhecer não apenas a natureza e as características da inovação, mas também os recursos e procedimentos ofertados pelo contexto de produção. Por exemplo, se a inovação requer eletricidade, é importante verificar as potencialidades da região no setor energético. Neste sentido, convém comparar os requisitos da inovação com as realidades do contexto, em termos de dimensões econômicas, jurídicas, políticas, sócio-culturais e organizacionais. É fundamental prestar bastante atenção à atratividade e aceitabilidade social da iniciativa de inovação.

No final do exame de factibilidade, o empreendedor deve ser capaz de saber se é preciso manter a iniciativa de inovação. Na afirmativa, o exame de factibilidade terá permitido definir com precisão as possibilidades de sua realização. Caso contrário, terá permitido economizar tempo e dinheiro nas fases ulteriores que seriam condenadas ao fracasso [27].

Análise de viabilidade
O termo "viabilidade" significa a capacidade de um elemento (pessoa, planta, iniciativa, organização, etc.) sobreviver sob condições favoráveis. De acordo com esta definição, a análise de viabilidade determina se o elemento pode sobreviver ou não.

A análise de viabilidade se refere aos resultados relacionados à realização da proposta de inovação. De acordo com Bond, apud [2], tais resultados podem ser brutos ou líquidos. Os resultados brutos são as modificações verificadas na população-alvo depois de um determinado tempo de funcionamento efetivo ou não da proposta de inovação. Os resultados líquidos são as alterações no grupo beneficiário que podem ser atribuídas única e exclusivamente ao projeto, eliminando os efeitos externos.

Subsequente ao exame de factibilidade, ela se inspira nos resultados deste para definir seus indicadores. Geralmente baseada na relação de custo-benefício, ela pode ser financeira ou econômica.

A viabilidade financeira corresponde à rentabilidade do capital investido pelas empresas privadas ou ao equilíbrio financeiro dos serviços públicos responsáveis pela gestão da iniciativa de inovação. Diferentemente, a viabilidade econômica se refere ao grau de contribuição da iniciativa de inovação para o desenvolvimento econômico de uma comunidade.

"A rentabilidade financeira de uma iniciativa de inovação aparece como uma condição necessária para os atores envolvidos na sua realização. Mas, no caso de uma iniciativa pública, ela não é suficiente. Aliás, é secundária porque o que realmente importa é que a iniciativa seja economicamente satisfatória para a comunidade" [26].

Estudo de impactabilidade
Atualmente, ficam evidentes a multiplicidade e diversidade das definições referentes ao termo de impacto. Penfield *et al*. [23] reconhecem essa situação e destacam que há uma série de recomendações oriundas de autores e governos a favor de uma clara definição do impacto.

De acordo com Mahmoudi *et al*. [22], uma das tendências atuais referentes à avaliação de impactos é o foco crescente em abordagens integrativas. Há o potencial de combinar a avaliação de impactos com outras formas de avaliação, como a avaliação de riscos, para tornar a

avaliação de impactos e a gestão de riscos sociais mais efetivas.

O estudo de impactabilidade procura estimar os impactos que são os resultados dos efeitos da inovação. O efeito pode ser considerado como qualquer comportamento ou acontecimento surgindo sob a influência de algum aspecto da iniciativa [2].

Em referência aos objetivos da iniciativa, os efeitos podem ser procurados ou não procurados. Os procurados são aqueles definidos para serem alcançados com a iniciativa e que, por isso, são apresentados como objetivos. Por definição, eles têm que ser previstos, positivos e relevantes. Os não-procurados podem ser ou não, ao mesmo tempo, previstos, positivos e relevantes do ponto de vista da organização que tem a responsabilidade pela iniciativa [2].

A inovação gera impactos diretos e indiretos. Os primeiros correspondem aos impactos que decorrem da utilização dos resultados da inovação. Os segundos se referem a outros impactos decorrentes da gestão da inovação [28].

Os impactos da inovação podem ser econômicos, sociais, culturais, políticos e/ou organizacionais. O estudo de impactabilidade tem o potencial de fornecer informações sobre a natureza e abrangência dos impactos, sobre os conhecimentos gerados assim como sobre os lugares e as utilizações dos resultados da inovação [29].

5. CONCLUSÃO

O principal motivo da avaliação de inovação é fornecer à empresa inovante uma interpretação legítima e imparcial das condições de implementação de uma determinada invenção. Tal interpretação exige um processo que se inicia com o exame da factibilidade da implementação da invenção e chega até o estudo de sua impactabilidade passando pela análise de sua viabilidade. Portanto, é composta de três etapas distintas. Uma observação a ser destacada é que a ocorrência de uma etapa depende dos resultados da anterior.

A inovação é vista como peça fundamental para a sustentabilidade e competitividade empresarial. Sua importância se explica pelo fato de que, num ambiente de mudança continuamente acelerada, as funções de produção precisam ganhar cada vez mais eficiência e velocidade. Suas manifestações concretas geram evidentes transformações que podem ser interpretadas sob a lógica de destruição criativa ou de aprimoramento criativo. Dentro dessa visão, a avaliação de inovação merece especial atenção e requer uma abordagem multidimensional integrando necessariamente as três facetas acima mencionadas.

O desempenho organizacional é um importante critério orientador do processo de inovação. Ele ajuda a verificar quanto a inovação é apta a cumprir suas funções de alavancar, manter e fortalecer a sustentabilidade e a competitividade organizacional. Em outras palavras, ele permite estimar o sucesso da inovação que depende não apenas das condições de sua concretização mas também de seus resultados e impactos.

A compreensão das condições de concretização de uma inovação se refere ao exame de sua factibilidade. Ela visa provar que a proposta de implementação de uma invenção é passível de ser realizada e explicar como proceder para sua realização. Corresponde à discussão de todas as soluções possíveis, baseando-se na comparação dos requisitos da invenção com as realidades do contexto, em termos de dimensões econômicas, jurídicas, políticas, sócio-culturais e organizacionais.

Em tal discussão, é importante verificar a chance de cada solução proposta ser socialmente aceita. Nesse sentido, as realidades do contexto de inserção da inovação merecem ser levadas em consideração.

A caracterização dos resultados de uma inovação consiste na análise de sua viabilidade que permite estimar a capacidade da proposta de inovação sobreviver ou não sob condições favoráveis. Ela se baseia no exame de factibilidade para definir seus indicadores que podem ser de ordem financeira e/ou econômica.

Para melhor entender a capacidade de sobrevivência da inovação, é preciso sempre lembrar as nuances existentes entre a viabilidade financeira e a viabilidade econômica. A primeira corresponde a atividades e fluxos de recursos dos atores considerados individualmente (unidade produtiva, unidade comercial, organismo público, entre outros) ou agrupados em grandes tipos (os produtores, os atacadistas, os varejistas, etc.). A segunda se refere a atividades e fluxos de recursos do conjunto global dos atores envolvidos diretamente e/ou indiretamente numa iniciativa (cadeia produtiva, economia nacional, economia regional, etc.) tendo em vista seus efeitos para a coletividade.

A identificação e estimativa dos impactos de uma inovação se relacionam com o estudo de sua impactabilidade, que procura calcular os efeitos dos resultados e da gestão da inovação. Tais efeitos ou impactos podem ser diretos e indiretos. Tanto os diretos quanto os indiretos podem ser econômicos, sociais, culturais, políticos e/ou organizacionais.

O estudo de impactabilidade procura apreciar todos esses tipos de conseqüências no intuito de formular recomendações favoráveis à inibição, redução ou compensação dos impactos negativos. Para isso, é necessário estimar e comparar as vantagens e desvantagens de uma iniciativa.

A avaliação de inovação precisa beneficiar-se de especial atenção. Para um processo de inovação, não é suficiente ter uma invenção potencialmente interessante e um

empreendedor disposto a implementá-la. É necessário também pensar na factibilidade, viabilidade e impactabilidade de tal implementação, ou seja, na avaliação integrativa ou multifacetada desta.

Convém destacar que uma avaliação monofacetada pode prejudicar uma invenção potencialmente interessante e frustrar um empreendedor praticamente disposto. Nesse sentido, as políticas e programas públicos de apoio à inovação precisam incentivar a inserção de atividades de avaliação integrativa ou multifacetada em projetos empresariais.

6. REFERÊNCIAS

[1] W. M. K. Trochim, Research Methods Knowledge Base. Ithaca, New York: Cornell University, 2006.

[2] E. Cohen, R. Franco,. Avaliação de projetos sociais. Petrópolis, RJ: Vozes, 1993, 312p.

[3] P. Shapira, S. Kuhlmann (eds.), Learning from Science and Technology Policy Evaluation, Atlanta: Georgia Institute of Technology, 2001, 448p.

[4] J. D. Rogers, Evaluation in R&D management and knowledge use: a knowledge value mapping approach to currency accessible to the visually impaired. Research Evaluation, Vol. 17, No. 4, pp. 237–249, 2008.

[5] Y. Yamamoto, M. Bellgran, Four types of manufacturing process innovation and their managerial concerns, Procedia CIRP 7, 2013, pp. 479 – 484.

[6] G. Gunday, G. Ulusoy, K. Kilic, L. Alpkan, Effects of innovation types on firm performance. Int. J. Production Economics, 133, 2011, pp. 662–676.

[7] J. A. Schumpeter, Capitalism, Socialism and Democracy. New York: Harper and Row, 1942.

[8] A. Y. Cribb, Mudança cultural coletiva: o pré-requisito da inovação no Brasil. Jornal da Ciência, nº 3398, pp. 1-3, nov. 2007.

[9] B. A. Gilbert, Creative destruction: Identifying its geographic origins. Research Policy, 41, pp. 734–742, 2012.

[10] C. J. A. Mitchell, Creative destruction or creative enhancement? Understanding the transformation of rural spaces. Journal of Rural Studies, Vol. 32, pp. 375–387, oct. 2013.

[11] M. P. Porter, Competição. 8ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 1999, 515 p.

[12] F. P. Davidson (reviewer), The Innovation War (Book Review). Sloan Management Review, vol. 39, nº 2, pp. 98-9, 1998.

[13] OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development, Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data, Paris, 2005. 92p.

[14] A. Y. Cribb, Exame de factibilidade, análise de viabilidade e estudo de impactabilidade: as facetas da avaliação de inovação, Comunicado técnico, 159, Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2010.

[15] J. S. Metcalfe, Evolutionary Economics and Creative Destruction. London: Routledge, 1998.

[16] J. Fagerberg, D. C. Mowery, R. R. Nelson, The Oxford Handbook of Innovation, USA: Oxford University Press, 2004.

[17] J. M. Ribault, B. Martinet, D. Lebidois,. Le management des technologies. Paris : Les Éditions d´Organisation, 1991.

[18] E. A. Moraes, Inovação. pp. 13-28. In: F. C. de Vasconcelos (org.). Dinâmicas de inovação e tecnologia: subsídios para uma gestão estratégica. Rio de Janeiro: Electrobrás, 2006.

[19] D. Guellec, Économie et technologie : quelques points de repère théoriques. pp. 11-37, In : D. Guellec (coord.). Innovation et compétitivité. Paris: Economica, 1993.

[20] G. Jordan, B. Zuckerman, Introduction: The use of evaluation to illuminate scientific innovation. Research Evaluation, vol. 17, nº 4, pp. 235-236, 2008.

[21] M. Beaud, L´art de la thèse. Paris: Éditions La Découverte, 1987.

[22] H. Mahmoudi, O. Renn, F. Vanclay, V. Hoffmann, E. Karami. A framework for combining social impact assessment and risk assessment. Environmental Impact Assessment Review, 43, pp. 1-8, 2013.

[23] T. Penfield, M. J. Baker, R. Scoble, M. C. Wykes, Assessment, Evaluations, and definitions of research impact: a review. Research Evaluation, 23, pp. 21–32, 2014.

[24] D. R. Cooper, P. S. Schindler, S. Pamela, Métodos de Pesquisa em Administração. Tradução: Iuri Duquia Abreu. Revisão técnica: Fátima Cristina Trindade Bacellar. - 10 ed. - Porto Alegre: Bookman, 2011, 784 p.

[25] R. Quivy, L. V. Campenhoudt, Manuel de recherche en sciences sociales. Paris: Dunod, 1995.

[26] S. Michailof, M. Bridier, Guide pratique d´analyse de projets: analyse économique et financière de projet dans les pays en développement. Paris: Economica, 1980.

[27] CeRDT - Centre de Promotion de la R&D et de Valorisation des Technologies en Hainaut. En quoi consiste l'étude de faisabilité de votre projet technologique? Fiche Conseils. Charleroi / Gosselies: InnovaTech, 2009.

[28] D. Williams, A. D. Rank. Measuring the economic benefits of research and development: the current state of the art. Research Evaluation, vol. 7, nº 1, pp. 17-30, 1998.

[29] OST - Observatoire des Sciences et des Technologies. Les impacts de la recherche universitaire. L´Observateur, vol. 3, nº 2, pp. 1-6, 2001.

ALFABETIZACIÓN ECOLÓGICA Y SUSTENTABLE PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD

CISCI 2014 - Sistemas de Información para el Recurso Humano
Concientización sobre la Diversidad Humana Sustentable y sobre la Naturaleza
Discapacidades: Intelectual - Visual – Auditiva - Sensorial - Física – Síndromes – Distúrbios Comportam entales.

Dra. Deisy Mohr Bäuml

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) Engenharia de Produção e Sistemas
Campus Reitor João David Ferreira Lima 88040-970 Florianópolis, SC, Brasil.
deisyau@terra.com.br

RESUMEN

El desarrollo de proyecto, teórico y práctico, sobre los procesos de Alfabetización Ecológica para la inclusión de Personas con Discapacidad. Objetivo es proporcionar el desafío de minimización de las disfunciones cognitivas, buscando las potencialidades educativas y cognitivas, que maximicen los procesos de lectura, escrita, informaciones y concientización sobre medio ambiente, en conjunto con la comprensión y utilización, de los saberes sobre la Diversidad Humana y la Naturaleza y desarrollo de autonomía. Trabajo educativo y metodología con variabilidad curricular, interrelacionadas, desde enseñanza Fundamental hasta la Universidad, con conocimientos prácticos y teóricos sobre: agua, aire, fuego, flora, fauna, luz natural, solo, energía solar y eólica, aromas, reutilización de materiales disponibles a través de recicla gen, de acuerdo con saberes regionales comunitarios, metas definidas en la preservación ambiental y sustentabilidad. Pesquisa permite interdisciplinaridad de la Educación, Ingeniería y Tecnología con otras Ciencias. Adquisición de procesos de análisis y síntesis con Informática y redes de comunicación, nacional e internacional, conocimiento, datos y posibilidades de divulgación, para cambiar informaciones del proceso de aprendizaje individual, grupal y responsabilidad ecológica, integrado con ecosistema, en ambientes: familiares, comunidades, instituciones educacionales públicas y privadas, parques urbanos y florestas, plazas, condominios residenciales y funcionales, ambientes turísticos y ampliación de funciones laborales diversificadas y especializadas, necesarias para extensión económica para Personas con Discapacidad y sus familias. Informaciones divulgadas a través del Congresos nacionales e internacionales, Seminarios Inclusivos, Media Televisiva, Jornal, Editorial, Radio y Internet, con las ideas de las potencialidades de las Personas con Discapacidad y la Inclusión Familiar, Educacional, Laboral y Social.

Palabras Claves: Alfabetización, ecológica, diversidad, cognitivos, autonomía.
Revisores: Dr. Emílio Trevisan: trevisan100@yahoo.com
Dra.Carla Maffei: carlamaffei@uol.com.br

1. INTRODUCCIÓN

Es viable en Brasil, país rico en biodiversidad y naturaleza pujante, el desarrollo de proyecto, teórico y práctico, sobre los procesos de Alfabetización Ecológica para la inclusión de Personas con Discapacidad en sus múltiplos aspectos: familiar, biopsicosocial, educacional, social y laboral.

Todos los segmentos poblacionales (ciudadanos, campesinos, indígenas, quilombo las, riberanos, metropolitanos) tienen Personas con Discapacidad, sin cualificación y formación para empleabilidad formal y que necesitan oportunidad en Programas de Alfabetización Ecológica y Sustentable, originarios y habitando sus propias regiones, que permitan ampliar sus condiciones de vida, su sustentabilidad social y económica, inclusive minimizando los fenómenos de violencia sociales, ocasionadas por las ideas gubernamentales y sus propagandas engañosas, sobre los beneficios de las ciudades, sin adecuadas estructuras sociales.

Según datos IBGE (Instituto Brasileiro de Estatística 2010 Brasil), son más de 45,6 millones de personas con algún tipo de Deficiencia, en Brasil, con (38,5 millones áreas urbanas y 7,1 millones en áreas rurales).

De los 45,6 millones de personas con una de las deficiencias investigadas, 38,5 millones viven en áreas urbanas e 7,1 millones en áreas rurales. Em análise por sexo, 26,5% da población feminina (25,8 milhões) possuíam algún tipo de deficiência, contra 21,2% da población masculina (19,8 milhões). [3]

De acuerdo con o IBGE, el Censo 2010 investigó la incidencia de cada una de las deficiencias por edad, y constató que era de 7,5% en los niños de 0 a 14 años; 24,9% en la población de 15 a 64 años e 67,2% en la población con más de 65 años. El mayor contingente con una deficiencia ocurrió en la población de 40 a 59 años, correspondiendo aproximadamente 17,4 millones de personas, con 7,5 millones de hombres e 9,9 millones de mujeres.

La deficiencia visual, que llegaron a 35 millones de personas en 2010, fue el que llegó a los dos hombres (16,0%) y mujeres (21,4%), seguido por discapacidad motora (13,3 millones, 5,3% para los hombres y 8,5% para las mujeres), auditiva (9,7 millones, 5,3% para los hombres y 4,9% para las mujeres) y mental o intelectual (2,6 millones, 1,5% para hombres y el 1,2% para mujeres).

En relación a color o rasa, quienes se declararon negro o amarillo fueron los que presentaron um mayor porcentaje de personas con discapacidad, 27,1% para ambos, y el porcentaje de personas más bajo, se observó en la población indígena, 20,1%. La población femenina presento, porcentual superiores de cualquier color o raza declarado, y la mayor diferencia fue encontrada entre las mujeres (30,9%) y hombres (23,5%) de negros, 7,3 puntos porcentuales y la menor diferencia, de 3,4 p.p, entre os hombres (18,4%) e mujeres (21,8%) indígenas.

Con déficit de 50% de millones de registros en Escuela Fundamental, con 17 millones de analfabetos literales (no lectura/escritura) y 30 millones de analfabetos funcionales (4 años de estudios, que solamente identifican su propio nombre y algunas informaciones, como nombres de mercados/bancos/transporte/calles), por tanto con graves indicadores de baja comunicación de Lectura, Escritura y Lenguaje, [10] formal y que a través de la Alfabetización Ecológica y Sustentable, podrían tener oportunidad del comunicación de cualidad y empleabilidad.

El conferencista colombiano Paolo Lugari ( ), en V Fórum de Alfabetización Ecológica, afirma sobre el Proyecto Las Gaviotas (Colombia), ″En acción, procuramos no lo impacto cero, y sin el impacto positivo. Sin destruir el medio ambiente, no solamente conservando-o, más reforzando-o, fortaleciendo-o”.[11]

El conferencista brasileño, Loures (2008),designa que ″Sabemos que la idea de sustentabilidad no es nueva y que está íntimamente relacionada a una historia más amplía de movilización de las consciencias y gobiernos desde el primer Día de la Terra (1970).El desafío hoy es “ o usar transpor la repetición”, indo alié de las fronteras, buscando la “fuente de la imaginación.”[9]

2. OBJETIVO

Objetivo es proporcionar a este segmento poblacional el desafío de minimización de las disfunciones cognitivas que afectan sus vidas, buscando las potencialidades educativas y cognitivas, que maximicen los procesos de lectura, escrita, informaciones y concientización sobre medio ambiente, en conjunto con la comprensión y utilización, de los saberes sobre la Diversidad Humana y la Naturaleza.

3. METODOLOGÍA

Trabajo educativo y metodología con variabilidad curricular, interrelacionadas, desde enseñanza Fundamental hasta la Universidad, con conocimientos prácticos y teóricos sobre: agua, aire, fuego, flora, fauna, luz natural, solo, energía solar y eólica, aromas, reutilización de materiales disponibles a través de recicla gen, de acuerdo con saberes regionales comunitarios, metas definidas en la preservación ambiental y sustentabilidad.[2] Trabajo permite la interdisciplinaridad de la Educación, Ingeniería y Tecnología con otras Ciencias, proporcionando los procesos cognitivos y desarrollo de autonomía. Adquisición de procesos de análisis y síntesis, necesitan utilización del Informática y las redes de comunicación, nacional e internacional del conocimientos, datos verificados y de las posibilidades de divulgación, para cambiar informaciones del procesos de aprendizaje individual y grupal y responsabilidad ecológica, integrados con ecosistema, en ambientes: familiares, comunidades, instituciones educacionales públicos y privados, parques urbanos y florestas, plazas, condominios residenciales y funcionales, ambientes turísticos.

4. Actividades de Alfabetización Ecológica y Sustentable

4.1. Concientización sobre el medio ambiente y su relevancia para sustentabilidad y continuación de la Vida.

4.2. Actuación activa en equipes familiares, educacionales, laborales y sociales, en busca de acciones inteligentes, interrelacionados con procesos de Alfabetización Ecológica y Sustentable.

4.3. Responsabilidad y colaboración de todas personas que participan del proyecto, para el trabajo activo y divulgación de informaciones nacionales/internacionales.[8]

4.4. Interrelacionar todas las actividades prácticas con procesos de Lectura, Escrita manuscrita y a través Informática.

4.5. Evaluación y complementación de conocimientos interdisciplinarios entre Alfabetización, Matemática, Geografía, Historia, Química, Física, Sociología, Filosofía, Abogacía, otras lenguas y otras Ciencias.

4.6. Pesquisar y divulgar los múltiplos tipos de flora,[6] fauna, solos, aires limpios y con polución, fuego y sus consecuencias, luz natural y artificiales, energía solar, eólica e hidroeléctrica, reutilización de materiales disponibles, con recicla gen inteligente y que permita sustentabilidad.

4.7. Utilizar para aprendizaje materiales prácticos y económicos, disponibles en ambiente, minimizando costos y generación de más materiales descartables.

4.8. Incluir en todos los procesos, las Personas con Discapacidad, sus familiares, profesionales y personas de comunidades, de ciudades, campos, metropolitanos, en todos los ambientes, para que busquen el desarrollo de medio ambiente, la sustentabilidad y acciones inteligentes, para una Vida más consciente.

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

5.1 Conclusiones

Los aspectos desarrollados permiten ampliación, de posibilidades de funciones cognitivas y laborales diversificadas y especializadas, necesarias para extensión y sustentabilidad económica para Personas con Discapacidad y sus familias. Las informaciones, dese sistema de conocimientos ecológicos, son divulgadas a través del Congresos nacionales e internacionales, Seminarios Inclusivos, Media Televisiva, Jornal, Editorial, Radio y Internet, en conjunto con las ideas de las potencialidades de las Personas con Discapacidad y la Inclusión Familiar, Educacional, Laboral y Social.

5.2 Trabajo Futuro

Es relevante la continuidad del proyecto en todas las instituciones educacionales, laborales y sociales, en conjunto con las Personas con Discapacidad y sus familias, con las acciones inteligentes que permiten desarrollo de sus capacidades cognitivas, conocimientos prácticos y teóricos, informaciones nacionales e internacionales, con una visión crítica sobre su realidad y posibilidades de actuación positiva en planeta Terra.

6. REFERÊNCIAS

[1] ARNS, Flávio. A Educação Especial no Contexto da Lei de Diretrizes e Bases da Educacão. Brasília: Câmara dos Deputados, 1997.

[2] BÄUML, Deisy M.Síndrome de Down: A Intervenção Humana e Tecnológica-Linguagem-Leitura-Escrita. Universidade Federal de Santa Catarina. 2007.

[3]BRASIL. Ministério Público Federal. Procuradoria Federal dos Direitos do Cidadão. O acesso de Pessoas com Deficiência às classes e Escolas comuns da rede regular de ensino. Brasília, 2003.

[4] CASCINO, Fabio. Educação Ambiental: história, formação de professores. 2ed. São Paulo: SENAC, 1999.

[5]COLETTO, Loici.M.Marin. PEREIRA,Bettina M.R.,CARDOSO,Euclides Lara Jr....[et al.]Plantas Medicinais: nativas dos remanescentes florestais do Oeste do Paraná. Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional, 2009.

[6] CUNHA, Sandra Baptista da. A questão ambiental: Diferentes abordagens. 3ªed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

[7]DIAS, Reinaldo. Gestão Ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade. São Paulo: Atlas, 2008.

[8]FIALHO, Francisco Antonio Pereira.Ciências da Cognição. 1ed.Florianópolis: Insular, 2001.

[9] ROCHA LOURES, Rodrigo C.da.Educar e Inovar na Sustentabilidade.Curitiba: UNINDUS, 2008.

[10]RONDAL, Jean A. Desarrollo del Lenguaje em el niño don Síndrome de Down. Buenos Aires, Argentina: Edicione Nueva Visión SAIC, 1993.

[11]WEISMAN, Alan. LUGARI, Paolo.Gaviotas: Oasis of the Imagination, uma vila de reinventar o mundo.1998.

[12] WERNECK, Claudia. Muito prazer eu existo. Dados do III CONGRESSO EUROPEU DE SÍNDROME DE DOWN.Mar. 1993.

Referencias electrónicas:

www.cda.org.br

www.hortoita.com.br

www.reviverdown.org.br

www.apabb.org.br

www.who.int/growthref/en

Diversificación internacional en portafolios de inversión mediante índices bursátiles

Miguel D. ROJAS
Departamento de Ingeniería de la Organización, Universidad Nacional de Colombia
Medellín, Antioquia, Colombia
mdrojas@unal.edu.co

Luis M. JIMÉNEZ
Departamento de Ingeniería de la Organización, Universidad Nacional de Colombia
Medellín, Antioquia, Colombia
lumjimenezgo@unal.edu.co

Natalia M. ACEVEDO
Departamento de Ingeniería de la Organización, Universidad Nacional de Colombia
Medellín, Antioquia, Colombia
nmacevedop@unal.edu.co

RESUMEN

Mediante la diversificación internacional de portafolio, los inversionistas pueden reducir el Valor en Riesgo de sus inversiones. El Valor en Riesgo es una medida estadística que estima la mayor pérdida que se espera obtener en un instrumento financiero o portafolio de inversión en un periodo de tiempo determinado y un nivel de confianza. Este estudio analiza el efecto de la diversificación internacional de portafolios, partiendo de un portafolio de acciones colombianas y utilizando índices bursátiles como instrumentos de diversificación internacional. Los resultados muestran que a medida que se aumenta la diversificación internacional, el Valor en Riesgo del portafolio disminuye.

Palabras claves: Diversificación internacional, Valor en Riesgo, índices bursátiles, portafolios de inversión, varianzas, correlaciones, rentabilidad.

1. INTRODUCCIÓN

El valor en riesgo (*Value at Risk*, VaR) es definido como la mayor pérdida que se espera obtener en un instrumento financiero o portafolio de inversión en un periodo de tiempo determinado y a un nivel de probabilidad o nivel de confianza [1].

El VaR ofrece una probabilidad sobre los cambios potenciales en el valor del portafolio provocados por un cambio en los factores del mercado en un período de tiempo específico.

Las variaciones en el valor del portafolio son producidos por los cambios en los factores de mercado que influyen en el precio de cada instrumento financiero.

Varios estudios han evidenciado que la diversificación internacional de portafolios reduce el riesgo sin afectar negativamente la rentabilidad esperada del portafolio [2] [3] [4] [5] [6].

Shawky, Kuenzel y Mikhail [7] en su investigación demostraron que la diversificación internacional ayuda a los inversionistas a reducir el riesgo de una inversión manteniendo constante el rendimiento esperado.

La rentabilidad de un portafolio de inversión depende del riesgo asociado al mismo. Una forma de mitigar los riesgos es diversificando el portafolio [8]. Así se puede disminuir los riesgos asociados a él, Levy y Sarnat afirman que la diversificación internacional ofrece oportunidades adicionales para reducir el riesgo del portafolio de inversión [9].

Existen dos metodologías para calcular el VaR: Métodos paramétricos y métodos no paramétricos. Este estudio implementa el método paramétrico de Varianza-Covarianza. Este método asume que el logaritmo de los rendimientos de los instrumentos financieros poseen una distribución Normal.

2. MARCO TEÓRICO

Value At Risk – VaR

El VaR de un portafolio está en función de dos parámetros: el horizonte del tiempo, *t*, y el nivel de confianza, *X%*. Este es el nivel de pérdida durante un período de tiempo de longitud *t* que no será excedido con un nivel de confianza del *X%* [10].

El VaR es una medida que considera tanto los cambios positivos como los negativos de las cotizaciones bursátiles como el riesgo que lo constituye, a pesar de esto, la mayoría de los inversionistas ignoran los cambios positivos en un contexto

de riesgo. El VaR se centra en los cambios negativos y los intentos de derivar una sola medida de las posibles pérdidas, ya sea en términos nominales o porcentuales. El VaR proporciona una medida de la pérdida potencial en el valor de un portafolio en un período de tiempo específico.

En relación con el horizonte de tiempo, Jorion [11] afirma que debe corresponder al tiempo requerido para cubrir el riesgo de mercado, no obstante, como las carteras de negociación de activos suele ser objeto de cambio, es más apropiado usar un horizonte de tiempo de corto plazo, como un día.

El VaR de un activo individual se calcula con la Ec. 1.

$$VaR = F \times S \times \sigma \times \sqrt{t} \qquad (1)$$

Donde *F* corresponde al valor de *z* o al nivel de confianza, para un nivel de confianza del 99% el valor *z* es de 2,33. El monto de la inversión en el portafolio corresponde a *S*, σ es la desviación estándar del activo y *t* es el horizonte de tiempo en que se desea calcular el VaR.

Harry Markowitz demostró que los inversionistas racionales seleccionan sus portafolios de inversión usando dos parámetros básicos: la rentabilidad y el riesgo. La rentabilidad es medida en términos de la media de la tasa de los rendimientos, y el riesgo es medido en función de la variación de los rendimientos alrededor de la media. Entre mayor sea la varianza de los rendimientos, mayor es el riesgo del portafolio.

De esta manera, los inversionistas seleccionan sus instrumentos financieros basados en la contribución de cada activo en la media y la varianza total de la cartera. Por lo que al formar un portafolio de inversión, los inversores lo hacen reduciendo la varianza tanto como sea posible mediante la diversificación.

El rendimiento de un instrumento financiero corresponde al cambio del valor del instrumento con respecto a su valor inicial en un período de tiempo (ver Ec. 2).

$$R_i = \frac{valor_{final} - valor_{inicial}}{valor_{inicial}} = \frac{valor_{final}}{valor_{inicial}} - 1 \qquad (2)$$

Asimismo, el rendimiento de un instrumento financiero se puede calcular en función del logaritmo (ver Ec. 3).

$$R_i = Ln\left(\frac{P_t}{P_{t+1}}\right) \qquad (3)$$

Por medio de la diversificación de portafolios, el riesgo puede reducirse, esta mitigación de riesgo puede conducir a reducir el rendimiento esperado. Con una selección adecuada de activos, la diversificación permite a los inversionistas obtener una tasa alta de rentabilidad para un nivel de riesgo específico.

Existen dos metodologías para calcular el VaR: Métodos paramétricos y métodos no paramétricos. El método de análisis de Varianza-Covarianza para calcular el VaR, pertenece a los métodos paramétricos. Este método hace suposiciones sobre las distribuciones de los rendimientos para el riesgo de mercado, y las varianzas y las covarianzas entre las variables.

Método de la Varianza-Covarianza

El supuesto primordial de este métodos es que lo rendimientos de los activos se distribuyen con una función de densidad de probabilidad normal.

Este método asume que los factores de riesgo y los valores del portafolio se distribuyen lognormales, o que el logaritmo de los rendimientos tiene una distribución normal. En la Ec. 3 se mostró que la rentabilidad de un instrumento financiero también se puede calcular en función del logaritmo.

Sí los rendimientos de los activos individuales de los factores de riesgo no siguen una distribución Normal, se espera que los rendimientos del portafolio sí se comporten como una distribución Normal. Esto es explicado por el Teorema del Límite Central, donde las variables aleatorias independientes con comportamientos de distribución, podrán tener una media que converge a una distribución Normal cuando la muestra es grande.

Por lo tanto, el método de la Varianza-Covarianza, asume un modelo para integrar las distribuciones de los cambios en las variables del mercado y usa los datos históricos para estimar el modelo paramétrico.

Este método está basado en la teoría de Harry Markowitz. La media y la desviación estándar del valor del portafolio pueden ser calculados desde la media y la desviación estándar de los rendimientos de los productos subyacentes y las correlaciones entre estos rendimientos.

Mediante la diversificación internacional de portafolios, los inversionistas pueden reducir el riesgo de los portafolios debido a las bajas o negativas correlaciones entre los instrumentos financieros en los mercados nacionales y los internacionales [12].

La covarianza es una medida de relación lineal entre dos variables aleatorias que describe el movimiento conjunto entre ellas. Con la Ec. 4 se calcula la covarianza entre dos variables.

$$cov(R_i, R_j) = \sum_{i=1}^{n} P_i[R_i - \mu_i][R_j - \mu_j] \qquad (4)$$

La correlación mide el grado de movimiento conjunto o la relación lineal entre dos variables (ver Ec. 5).

$$Corr(R_i, R_j) = \rho_{ij} = \frac{cov(R_i, R_j)}{\sigma_i \sigma_j} \qquad (5)$$

Una matriz de correlación es una matriz donde el valor de la fila *i* y de la columna *j* es la correlación entre la variable *i* y la *j* ρ_{ij}.

$$\begin{bmatrix} 1 & \cdots & \rho_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{n1} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

Como una variable es perfectamente correlacionada con ella misma, entonces la diagonal de la matriz de correlaciones es 1. Además, como $\rho_{ij} = \rho_{ji}$, la matriz de correlaciones es simétrica.

La covarianza entre la variable *i* y la variable *j*, cov_{ij}, es el producto de la desviación estándar de la variable *i*, la desviación estándar de la variable *j*, y la correlación entre *i* y *j*, como se muestra en la Ec. 6. Esta es otra forma de calcular la covarianza entre dos variables, pero partiendo de las correlaciones (ρ_{ij}).

$$cov_{ij} = \sigma_i \sigma_j \rho_{ij} \qquad (6)$$

En una matriz de covarianzas, el valor de la fila *i* con la columna *j*, corresponde a la covarianza entre la variable *i* y la variable *j*. Así, la covarianza de una variable con ella misma es la varianza. Por lo tanto, la diagonal de la matriz de covarianzas son las varianzas de las variables. Esto se muestra en la siguiente matriz. Por esta razón, la matriz de covarianzas es llamada también la matriz Varianza-Covarianza.

$$\begin{bmatrix} var_1 & \cdots & cov_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ cov_{n1} & \cdots & var_n \end{bmatrix}$$

La matriz de Varianza-Covarianza se halla con el producto de las matrices de la Ec. 7.

$$[\sum] = [\sigma][C][\sigma] \qquad (7)$$

Donde:

$[\sum]$: Es la matriz de Varianza-Covarianza.

$[\sigma]$: Es la matriz de las desviaciones estándar de los activos (ver Ec. 8).

$$[\sigma] = \begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_n \end{bmatrix} \qquad (8)$$

Al realizar el producto de matrices se obtiene la matriz de Varianza-Covarianza (ver Ec. 9).

$$[\sum] = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \rho_{12}\sigma_1\sigma_2 & \rho_{1n}\sigma_1\sigma_n \\ \rho_{21}\sigma_2\sigma_1 & \sigma_2^2 & \rho_{2n}\sigma_1\sigma_n \\ \rho_{n1}\sigma_n\sigma_1 & \rho_{n2}\sigma_n\sigma_2 & \sigma_n^2 \end{bmatrix} \qquad (9)$$

La diagonal de la matriz Varianza-Covarianza corresponde a la varianza de cada uno de los activos.

La desviación estándar del portafolio, σ_p, se obtiene al multiplicar las matrices de la Ec. 10.

$$\sigma_p = \sqrt{[W]^T[\sum][W]} \qquad (10)$$

Donde:

$[W]^T$: Es el vector de pesos transpuesto de las posiciones del portafolio (1xn)

$[\sum]$: Matriz de Varianza-Covarianza.

$[W]$: Vector de pesos de las proporciones del portafolio (nx1)

Al calcular los vectores y las matrices anteriores, el VaR del portafolio se halla con la Ec. 11.

$$VaR = F[w\sigma C\sigma w^T]^{\frac{1}{2}} S\sqrt{t} = [VaR_{indiv} \times C \times VaR^T]^{\frac{1}{2}} \qquad (11)$$

En la Ec. 11 el término VaR_{indiv} corresponde a un vector (1xn) de cada uno de los VaR de los activos individuales que conforman el portafolio. C es la matriz de correlaciones (nxn) y VaR^T es el vector transpuesto de los VaR individuales (nx1).

A este método se le conoce también como el VaR diversificado porque toma en cuenta las correlaciones de los rendimientos de entre los activos. De esta manera, el VaR diversificado es menor que la suma aritmética de los VaR individuales.

3. METODOLOGÍA

El objetivo de esta investigación es demostrar los beneficios de la diversificación internacional, en un portafolio de inversión inicial sin diversificación internacional conformado sólo por acciones que cotizan en la Bolsa de Valores de Colombia (BVC). Este portafolio inicial está conformado por las siguientes acciones con sus respectivas proporciones (ver tabla 1).

Tabla 1. Portafolio inicial.

INSTRUMENTO FINANCIERO	%
Ecopetrol	15,00%
Bancolombia	12,00%
Prec	11,00%
Celsia	11,00%
Almacenes Éxito	10,00%
Nutresa	10,00%
Grupo Argos	9,00%
Cementos Argos	9,00%
Banco de Occidente	6,00%
Inversiones Sura	3,00%
Isa	2,00%
Corficolombiana	1,00%
Isagen	1,00%

El portafolio inicial fue diversificado en proporciones del 5%, 10% y 15%, con cada uno de estos cinco índices bursátiles que se muestran en la tabla 2 con su respectivo país.

Tabla 2. Índices bursátiles internacionales.

ÍNDICE BURSÁTIL	PAÍS
S&P 500	Estados Unidos
DAX	Alemania
NIKKEI 225	Japón
HANG SENG	China
COLCAP	Colombia

De esta manera, se obtuvieron 16 portafolios diferentes: el portafolio inicial y 15 portafolios diversificados. La conformación de estos portafolios se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Conformación de cada portafolio.

INSTRUMENTO FINANCIERO	%	%	%
Ecopetrol	14,25%	13,50%	12,75%
Bancolombia	11,40%	10,80%	10,20%
Prec	10,45%	9,90%	9,35%
Celsia	10,45%	9,90%	9,35%
Almacenes Éxito	9,50%	9,00%	8,50%
Nutresa	9,50%	9,00%	8,50%
Grupo Argos	8,55%	8,10%	7,65%
Cementos Argos	8,55%	8,10%	7,65%
Banco de Occidente	5,70%	5,40%	5,10%
Inversiones Sura	2,85%	2,70%	2,55%
Isa	1,90%	1,80%	1,70%
Corficolombiana	0,95%	0,90%	0,85%
Isagen	0,95%	0,90%	0,85%
ÍNDICE BURSÁTIL	**5,00%**	**10,00%**	**15,00%**
TOTAL	**100,%**	**100,%**	**100,%**

Para cada portafolio se calculó el VaR utilizando el método paramétrico Varianza-Covarianza con series de tiempo diarios y se calculó la rentabilidad para cada instrumento financiero en función del logaritmo.

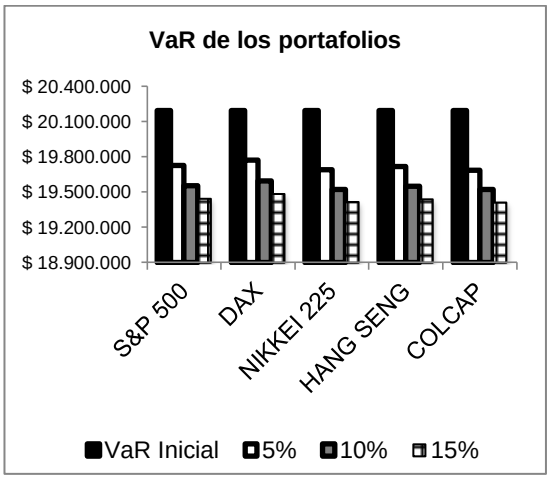
El VaR del portafolio inicial se comparó con el VaR de los otros 15 portafolios para determinar sí la diversificación internacional reduce el VaR del portafolio.

4. RESULTADOS

Se utilizaron para cada uno de los instrumentos financieros 747 datos, con los precios de cierre diarios de cada uno desde el 1 de octubre de 2010 hasta el 17 de octubre del 2013. Se trabajó con el supuesto de invertir 1.000 millones de pesos, una volatilidad diaria y un nivel de confianza del 99%, es decir, con un valor de z de 2,33. Con todos estos datos se calcularon los 15 VaR de los portafolios diversificados al igual que el VaR del portafolio inicial, para un total de 16 resultados.

En la ilustración 1 se muestran los resultados obtenidos cada de los VaR con cada uno de los índices bursátiles. Además puede apreciarse el VaR obtenido con cada uno de los índices bursátiles. Las barras de color negro representan el VaR del portafolio inicial.

Ilustración 1. VaR de los 16 portafolios.



EL VaR del portafolio inicial, con un nivel de confianza del 99% es de $20.194.310, esto es, un inversionista tiene una probabilidad del 99% de perder en un día $20.194.310 sí invierte en este portafolio 1 millón de pesos.

En la tabla 4, es evidente que los portafolios diversificados con los índices bursátiles en diferentes proporciones, ocasiona que el VaR disminuya. A medida que aumenta la proporción de cada índice en el portafolio, el VaR del portafolio disminuye. Por lo tanto, el VaR de menor cantidad se obtiene con una diversificación del 15% con cualquiera de los cinco índices bursátiles utilizados.

Tabla 4. VaR de cada uno de los portafolios diversificados internacionalmente.

ÍNDICE BURSÁTIL	%	VaR	VARIACIÓN
S&P 500	5%	$ 19.724.199	-2,33%
	10%	$ 19.555.002	-3,17%
	15%	$ 19.445.321	-3,71%
DAX	5%	$ 19.773.505	-2,08%
	10%	$ 19.595.946	-2,96%
	15%	$ 19.484.094	-3,52%
NIKKEI 225	5%	$ 19.689.540	-2,50%
	10%	$ 19.522.732	-3,33%
	15%	$ 19.415.478	-3,87%
HANG SENG	5%	$ 19.689.540	-2,50%
	10%	$ 19.522.732	-3,33%
	15%	$ 19.415.478	-3,86%
COLCAP	5%	$ 19.687.215	-2,51%
	10%	$ 19.519.569	-3,34%
	15%	$ 19.411.580	-3,88%

El menor VaR de los 16 calculados, corresponde al portafolio diversificado con una proporción del 15% del índice COLCAP.

Este VaR comparado con el VaR del portafolio inicial, es 3,88% menor (tabla 4). El segundo portafolio con el VaR de menor magnitud, corresponde al portafolio diversificado en un 15% con el índice NIKKIE 225 de Japón, este VaR es 3,87% menos que el VaR del portafolio sin la diversificación internacional. Por último, en tercer lugar está el portafolio que contiene un 15% del índice HANG SENG, en el que su VaR fue de $19.415.478, que comparado con el portafolio inicial, es menor en un 3,86%.

CONCLUSIONES

La diversificación internacional de portafolios es un método útil para mitigar el riesgo intrínseco en la composición del mismo. A medida que se agregan proporciones de índices bursátiles, la rentabilidad del portafolio tendrá menos volatilidad, permitiendo que el VaR sea menor.

Según los resultados obtenidos en el cálculo del VaR paramétrico por el método de la Varianza-Covarianza, la mejor proporción a la que se debe invertir en un índice bursátil es del 15% del total del portafolio. Lo anterior se evidencia con el mayor descenso del VaR con diversificaciones de estas proporciones en el portafolio conformado con acciones que cotizan en la Bolsa de Valores de Colombia.

Asimismo, los portafolios de inversión pueden tener una mejor diversificación sí se agregan índices bursátiles en su conformación, en especial los índices colombiano COLCAP, NIKKIE 225 y HANG SENG.

REFERENCIAS

[1] M. Crouhy, D. Galai and R. Mark, The essentials of risk management. New York: McGraw-Hill, 2006.

[2] N. Coeurdacier and S. Guibaud, “International portfolio diversification is better than you think”, Journal of International Money and Finance, Vol. 30, 2011, pp. 289–308.

[3] R. De Santis and B. Gérard, “International portfolio reallocation: Diversification benefits and European monetary union”, European Economic Review, Vol. 53, 2009, pp. 1010-1027.

[4] J. Driessen and L. Laeven, “International portfolio diversification benefits: Cross-country evidence from a local perspective”, Journal of Banking & Finance, Vol. 31, 2007, pp. 1693–1712.

[5] E. Eiling, B. Gérard, P. Hillion and F. De Roon, “International portfolio diversification: Currency, industry and country effects revisited”, Journal of International Money and Finance, Vol. 31, 2012, pp. 1249–1278.

[6] F. Rezayat and B. Yavas, “International portfolio diversification: A study of linkages among the U.S., European and Japanese equity markets”, J. of Multi. Fin. Manag., Vol. 16, 2006, pp. 440-458.

[7] H. Shawky, R. Kuenzel and A. Mikhail, “International portfolio diversification: a synthesis and an update”, Journal of International Financial Markets, Institutions and Money, Vol. 7, 1997, pp. 303-327.

[8] K. Kiani, “Relationship between portfolio diversification and value at risk: Empirical evidence”, Emerging Markets Review, Vol. 12, 2011, pp. 443–459.

[9] H. Levy and M. Sarnat, “International portfolio diversification of investment portfolios”, The American Economic Review, Vol. 60, No. 4, 1970, pp. 668–675.

[10] J. Hull, Risk management and financial institutions, Boston:Pearson Education, Inc. 2010.

[11] P. Jorion, Value at risk: the new benchmark for managing financial risk. New York: McGraw-Hill, 2007.

[12] G. Sirr, J. Garvey and L. Gallagher, “Emerging markets and portfolio foreign exchange risk: An empirical investigation using a value-at-risk decomposition technique”, Journal of International Money and Finance, Vol. 30, 2011, pp. 1749–1772.

Efecto de variables macroeconómicas globales y locales sobre el comportamiento del COLCAP

Miguel D. ROJAS
Departamento de Ingeniería de la Organización, Universidad Nacional de Colombia
Medellín, Antioquia, Colombia
mdrojas@unal.edu.co

Natalia M. ACEVEDO
Departamento de Ingeniería de la Organización, Universidad Nacional de Colombia
Medellín, Antioquia, Colombia
nmacevedop@unal.edu.co

Luis M. JIMÉNEZ
Departamento de Ingeniería de la Organización, Universidad Nacional de Colombia
Medellín, Antioquia, Colombia
lumjimenezgo@unal.edu.co

RESUMEN

Los mercados emergentes se han caracterizado por un crecimiento mayor que los mercados desarrollados. La principal característica de los mercados emergentes es su alta volatilidad comparada con los otros mercados. Este trabajo mide el efecto que tienen las variables macroeconómicas de Estados Unidos y de Colombia sobre el comportamiento del índice bursátil de Colombia COLCAP. Los resultados muestran que el indicar VIX y la inflación de Estados Unidos son variables que tienen efectos significativos sobre el comportamiento del índice bursátil.

Palabras claves: Variables macroeconómicas, COLCAP, mercados emergentes, regresión lineal, instrumentos financieros, inversionista, mercado financiero.

1. INTRODUCCIÓN

Según la teoría financiera, el precio de las acciones refleja las expectativas que tienen los inversionistas sobre las ganancias futuras de la compañía. El precio de las acciones reflejan generalmente los impactos generados por las noticias de variables económicas.

Numerosos estudios han conducido a identificar los factores determinantes en los movimientos de las acciones. [1] midió el impacto de tres variables macroeconómicas como la tasas de interés, inflación y la producción industrial sobre la predicción de los rendimientos de las acciones del mercado. [2] investigó el efecto de las variables macroeconómicas sobre los precios de las acciones en los mercados del Reino Unido, Alemania y Suiza. Los resultados hallados encontraron que los precios de las acciones están positivamente relacionados con la actividad real.

Bulmash y Trivoli [3] en su investigación, utilizaron el Producto Interno Bruto (PIB), inflación, distribución del dinero, tasa de interés y la tasa de desempleo sobre los precios de las acciones.

Los mismo hicieron Abdullah y Hayworth [4] con variables como la inflación, tasas de interés tanto de corto plazo como de largo plazo, déficit presupuestario, déficit comerciales y el crecimiento de la producción industrial.

Existen diferentes estudios enfocados a la determinación del impacto que tienen las variables macroeconómicas sobre los rendimientos de las acciones [5].

Este trabajo mide estadísticamente el efecto que tienen algunas variables macroeconómicas de Colombia y de Estados Unidos sobre el comportamiento del índice bursátil colombiano (COLCAP). En la siguiente sección se mostrará los antecedentes de estudios similares previos, seguido de la metodología usada, los resultados y por último las conclusiones del trabajo.

2. ANTECEDENTES

Los mercados desarrollados y emergentes son sensibles a los datos económicos y a las políticas monetarias. Existen evidencias teóricas que muestran la relación entre las variables macroeconómicas y las rentabilidades de los activos financieros [6]. Sin embargo muchos estudios se han centrado en determinar las variables macroeconómicas que afectan los rendimientos de los mercados desarrollados.

Boyd [7] en su investigación determinó que aumentos en la tasa de desempleo generan bajas expectativas de ganancias, lo que ocasiona disminuciones en el precio de las acciones. Lo mismo ocurre cuando las noticias sobre el aumento del desempleo

conducen a bajas tasas de interés esperadas de los bonos del gobierno, causando que los precios de las acciones suban. También encontró que existe una fuerte relación entre los rendimientos de las acciones y las noticias sobre el desempeño del PIB.

Abugri [6] en su estudio relaciona la relación entre las variables macroeconómicas y los rendimientos de las acciones en cuatro mercados emergentes de América Latina: Argentina, Brasil, Chile y México. Las variables que utilizaron fueron: tasa de cambio, tasas de interés como la rentabilidad de los bonos del Tesoro de Estados Unidos a 3 meses, productividad industrial y distribución del dinero. Con estas variables macroeconómicas determinó el impacto de las variables macroeconómicas locales y los factores globales sobre la rentabilidad del mercado. El resultado de investigación destaca la importación de las variables locales y globales sobre la explicación de las rentabilidades de las acciones en los mercados de los cuatro países en estudio.

Por su parte, [8] investigaron el efecto de las variables macroeconómicas sobre los rendimientos de las acciones a través de la tasa de descuento de los flujos de caja que generan los instrumentos financieros. La tasa de descuento está en función de la tasa libre de riesgo y la rentabilidad del mercado. Las noticias macroeconómicas afectan los precios de las acciones a través de la expectativa de los inversionistas sobre la futura actividad económica, porque las condiciones económicas pueden afectar los flujos de caja y la tasa de descuento.

[9] determinaron los efectos significativos sobre los rendimientos de las acciones con las siguientes variables: PIB, tasa de desempleo, ventas de bienes duraderos y ventas menudeo. El estudio concluyó que las variables significativas fueron el PIB y la tasa de desempleo, por lo que estas dos variables son importantes para los inversionistas sobre las condiciones futuras de la economía.

[10] encontró un fuerte y negativo impacto de la rentabilidad de los bonos del Tesoro de Estados Unidos sobre el mercado de renta variable del mismo país, pero una suave y variado impacto sobre los mercados de renta variable de los países de América Latina.

[11] se enfocaron en los efectos de las variables macroeconómicas y no macroeconómicas sobre las acciones de los hoteles en Taiwán. Las variables que utilizaron fueron las siguientes: producción industrial, inflación, tasa de desempleo, bonos del gobierno a 10 años y TES a 3 meses. Como variables no macroeconómicas: Primera y segunda vuela de elecciones democráticas para presidente en Taiwán, desastres naturales, eventos deportivos y la crisis financiera asiática 1997-1998.

En relación con las divisas, [12] investigó la relación entre las noticias macroeconómicas y la tasa de cambio del dólar sobre seis monedas diferentes. [13] se enfocaron en la tasa de cambio euro-dólar, encontrando que las noticias de los Estados Unidos tienden a tener mayores efectos que las noticias de Alemania sobre las tasas de cambio.

La volatilidad de los mercados es generalmente alta, los impactos de las variables de los países son transmitidos a los mercados en diferentes magnitudes. Las variables globales parecen tener un mayor efecto significativo consistente en todos los mercados latinoamericanos. Las variables globales son más importantes que las variables domésticas en la explicación de los rendimientos de los mercados [6].

Los mercados emergentes se han caracterizado por un crecimiento mayor que los mercados desarrollados. La principal característica de los mercados emergentes es su alta volatilidad comparada con los otros mercados [6].

3. METODOLOGÍA

La metodología empezó con la revisión bibliográfica para determinar las variables que pueden afectar el comportamiento del COLCAP. Después, se realizaron procedimientos estadísticos para determinar significancia de variables por medio de un modelo de regresión lineal múltiple y análisis de varianza.

De la revisión bibliográfica se determinó que para medir el impacto que tienen las variables macroeconómicas sobre un activo financiero, es necesario tener dos grupos de variables: el primero hace referencia a las variables macroeconómicas propias del país que podrán tener mayor impacto sobre el comportamiento del COLCAP y el segundo grupo de las variables globales.

Para el grupo de las variables globales sólo se utilizaran variables de Estados Unidos que se espera que tengan mayor impacto sobre el comportamiento del COLCAP. Esto se determinó a partir del estudio de [14], quienes concluyeron que los principales mercado de América Latina tienen una alta participación en el capital de Estados Unidos, por lo que se espera que las tasas de interés de Estados Unidos tengan efecto significativo sobre la rentabilidad del mercado en la región.

Las variables macroeconómicas que más predominaron en la revisión bibliográfica sobre estudios pasados que midieron el efecto en los activos financieros son las siguientes:

1. Producto Interno Bruto (PIB).
2. Inflación.
3. Tasa de desempleo.
4. VIX.

Los dos grupos de variables que conformaron el modelo para determinar su efecto sobre el comportamiento del COLCAP, están conformados por las primeras tres variables anteriormente mencionadas tanto para Estados Unidos como para Colombia. El índice VIX de Estados Unidos es un indicador estadístico usado como la volatilidad implícita del mercado, utilizado en los principales mercados financieros. En el momento en que exista una alta volatilidad, el VIX alcanza una cifra elevada y se correlaciona con caídas del S&P 500, indicando que en el mercado predomina las expectativas de bajas ganancias. En consecuencia, el VIX es importante e influye en el comportamiento de los instrumentos financieros porque es un indicador de confianza de los inversionistas en todo el mundo.

De esta manera, el conjunto de variables queda de la siguiente forma:

Grupo 1: Variables macroeconómicas de Colombia.

1. PIB colombiano.
2. Inflación de Colombia.
3. Tasa de desempleo de Colombia.

Grupo 2: Variables macroeconómicas de Estados Unidos.

1. PIB de Estados Unidos.
2. Inflación de Estados Unidos.
3. Tasa de desempleo de Estados Unidos.
4. Indicador VIX.

En total, son siete variables con las que se midió estadísticamente los efectos que tienen sobre el comportamiento de índice bursátil colombiano COLCAP, por medio de regresión lineal. Por lo tanto, el modelo propuesto está conformado por siete variables de entrada y una variable de salida (COLCAP).

En la tabla 1 se puede apreciar la abreviatura que se utilizó para cada uno de las variables en el modelo.

Tabla 1. Abreviatura de las variables del modelo.

VARIABLE	ABREVIATURA
COLCAP	COL
PIB Estados Unidos	PIBU
Tasa desempleo EE.UU	DesU
Inflación Estados Unidos	InU
Índicador VIX	VIX
PIB Colombia	PIBC
Tasa desempleo Colombia	DesC
Inflación Colombia	InU

4. RESULTADOS

Los datos utilizados para cada variable son trimestrales desde enero del 2008 hasta diciembre del 2013. Con estas variables se ajustó un modelo de regresión lineal para el análisis de las variables a ingresar, para cada una de las variables para las que se obtuvieron 26 observaciones que permitieron que el modelo sea descrito como se muestra en la Ec. (1).

$$\begin{aligned}&\text{COLCAP}\\&= \beta_0 + \beta_1 \text{PIB}_{\text{USA}} + \beta_2 \text{TD}_{\text{USA}} + \beta_3 \text{IPC}_{\text{USA}} + \beta_4 \text{VIX}_{\text{USA}}\\&+ \beta_5 \text{PIB}_{\text{COL}} + \beta_6 \text{TD}_{\text{COL}} + \beta_7 \text{IPC}_{\text{COL}}\\&+ \varepsilon \sim (0, \sigma) \qquad (1)\end{aligned}$$

La tabla 2 se muestra la correlación existente entre las variables seleccionadas, lo que permite un primer acercamiento a definir que el índice COLCAP como activo financiero puede estar influenciado por el VIX y el PIB de Estados Unidos, por tanto es necesario entrar a definir si existen variables definidas teóricamente que se puedan descartar como poco significativas para el modelo.

Al momento de realizar un ajuste por regresión lineal con los parámetros indicados anteriormente, es pertinente realizar un análisis de la variabilidad total del modelo, para esto se procede a definir las siguientes hipótesis Ec. (2) y Ec. (3).

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = \beta_7 = 0 \qquad (2)$$

$$H_1: \text{al menos una } \beta_i \neq 0 \qquad (3)$$

Tabla 2. Correlaciones de las variables.

	COL	PIBU	DesU	InU	VIX	PIBC	DesC	InU
COL	**1,000**	0,692	0,366	-0,381	-0,674	0,811	-0,516	-0,266
PIBU	0,692	**1,000**	-0,286	0,153	-0,596	0,880	-0,908	-0,038
DesU	0,366	-0,286	**1,000**	-0,669	-0,070	0,034	0,370	-0,436
InU	-0,381	0,153	-0,669	**1,000**	0,124	0,060	-0,231	0,182
VIX	-0,674	-0,596	-0,070	0,124	**1,000**	-0,553	0,387	0,016
PIBC	0,811	0,880	0,034	0,060	-0,553	**1,000**	-0,739	-0,150
DesC	-0,516	-0,908	0,370	-0,231	0,387	-0,739	**1,000**	0,020
InU	-0,266	-0,038	-0,436	0,182	0,016	-0,150	0,020	**1,000**

La hipótesis nula H_0 tiene su interpretación como: Y no depende de las X, es decir, el activo financiero COLCAP no depende en ninguna medida de las variables predictores, y H_1 indica que al menos una variable está siendo capaz de explicar el modelo. Lo que indica que el COLCAP si depende en ciertas medida de una o más variables predictoras.

Para la prueba de esta hipótesis se le dio uso al análisis de varianza total o tabla ANOVA (ver tabla 3), por tanto se recurre al estadístico de prueba de Fisher o estadístico F. donde se observa que los grados de libertad del numerador están definidos por la casilla gl1 =7 y los del denominador en la casilla gl2= 18 y con un nivel de significancia del 0,05 se puede calcular por medio de la tabla de distribución F el Fcrítico = 2.58. Dado este valor crítico y el F= 22.843 se puede concluir que la hipótesis nula es rechazada y por tanto la regresión vista como un todo es significativa. Además, el valor p de la prueba indica que la probabilidad de que el estadístico F no supere el valor critico es 0.

Tabla 3. Resumen del modelo.

R	R^2	Cambio en F	gl 1	gl 2	Significancia cambio en F
0,948	0,899	22,843	7	18	0,000

El estadístico R^2 es una muestra de que el ajuste del modelo es bueno, pues presenta un valor más cercano a 1 que a 0, así que de la tabla 3 se puede concluir de igual forma, que el 89,9% de la variabilidad del modelo es explicada por al menos una variable predictora.

Para el análisis de las variables una a una es necesario que la siguiente hipótesis sea probada Ec. (4) y Ec. (5).

$$H_0: \beta_i = 0 \qquad (4)$$

$$H_1: \beta_i \neq 0 \qquad (5)$$

Lo que indica que una variable explicatoria no debe tomar el valor de cero para el modelo, esto es probado por medio de la tabla de probabilidad de distribución T- student y si una variable explicatoria es significativa sólo se debe verificar que -Tcrítico ≤Tobs≤ Tcrítico , si este se encuentra dentro del valor,

se acepta H_0 y se concluye que la variable no es significativa, si es rechazada se concluye que la variable es significativa . Con $n - k - 1 = 26 - 7 - 1 = 18$ grados de libertad y un nivel de significancia de 0,05 el Tcrítico= 2,101, por tanto la hipótesis nula es rechazada únicamente para las variables InU y VIX de la tabla 4, concluyendo así que son las únicas dos variables que explican el modelo, las demás variables son descartadas por su significancia.

Tabla 4. Coeficientes de regresión del modelo.

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Valor-p
	Beta	Error típ	Beta		
Cte	8,31E-15	0,074		0,000	1,000
PIBU	0,225	0,368	0,225	0,610	0,550
DesU	0,231	0,165	0,231	1,404	0,177
InU	-0,257	0,116	-0,257	-2,205	0,041
VIX	-0,239	0,108	-0,239	-2,206	0,041
PIBC	0,472	0,236	0,472	1,999	0,061
DesC	-0,015	0,211	-0,015	-0,073	0,942
InU	-0,035	0,088	-0,035	-0,399	0,694

Dado el procedimiento anterior, se puede inferir que el modelo queda especificado en la Ec. (6).

$$\text{Colcap} = \beta_0 + \beta_3 \text{IPC}_{\text{USA}} + \beta_4 \text{VIX}_{\text{USA}} + \varepsilon \sim (0, \sigma)$$

CONCLUSIONES

El activo financiero COLCAP de la Bolsa de valores de Colombia, es un activo que depende con fuerza de la variable macroeconómica Inflación pero de Estados Unidos y del índice VIX, con coeficientes de β_3 = -0,257 y β_4=-0,239, lo que indican una relación negativa.

Este tipo de estudios ayudan a la toma de decisiones por parte de los inversionistas y a las políticas monetarias. En primer lugar, porque la volatilidad de los rendimientos se ve afectada de manera significativa y en diferentes proporciones por las variables de los mercados y además, que los inversionistas pueden mejorar su desempeño de la cartera.

Las relaciones encontradas en el estudio pueden proporcionar algunas ideas sobre la formulación y aplicación de políticas monetarias y fiscales que ayuden a estabilizar los mercados financieros.

REFERENCIAS

[1] N. Chen, R. Roll and S. Ross, Economic factors and stock market, Journal of Business, Vol. 59, 1986, pp. 383−404.

[2] W. Wasserfallen, Macroeconomic news and the stock market, Journal of Banking and Finance, Vol. 13, 1989, pp. 613–626.

[3] S. Bulmash and G. Trivoli, Time-lagged interactions between stock prices and selected economic variables, Journal of Portfolio Management, Vol. 17, 1997, pp. 61-67.

[4] D. Abullah and S. Hayworh, Macroeconometrics of stock price fluctuations, Quarterly Journal of Business and Economics, Vol. 32, 1993, pp. 50-67.

[5] M. Asprem, Stock prices, asset portfolios and macroeconomic variables in ten European countries, Journal of Banking and Finance, 1989, Vol. 13, pp. 589-612.

[6] B. Abugri, Empirical relationship between macroeconomic volatility and stock returns: Evidence from Latin American markets, International Review of Financial Analysis, Vol. 17, 2008, pp. 396–410.

[7] J. Boyd, J. Hu and R. Jagannathan, The Stock market's reaction to unemployment news: why bad news is usually good for stocks. Journal of Finance, Vol. 60, 2005, pp. 649–670.

[8] G. Birz and J. Lott, The effect of macroeconomic news on stock returns: New evidence from newspaper coverage, Journal of Banking & Finance, Vol. 35, 2011, pp. 2791–2800.

[9] J. Lott and K. Hassett, Is newspaper coverage of economic events politically biased? Working paper, AEI, 2006.

[10] G. Soydemir, International transmission mechanism of stock market movements: Evidence from emerging equity markets, Journal of Forecasting, Vol. 19, 2000, pp. 146−176.

[11] M. Chen, W. Gon and H, Jeong, The impact of macroeconomic and non-macroeconomic forces on hotel stock returns, Hospitality Management, Vol. 24, 2005, pp. 243–258.

[12] A. Torben, T. Bollerslev, F. Diebold and C. Vega, Micro Effects of Macro Announcements: Real-Time Price Discovery in Foreign Exchange, American Economic Review, Vol. 93, 2003, pp. 38-62.

[13] M. Ehrmann, and M. Fratzscher, Exchange Rates and Fundamentals: New Evidence from Real-Time Data, Journal of International Money and Finance, 2005, Vol. 24, pp. 317-341.

[14] G. Bekaert, C. Harvey and R. Lumsdaine, The dynamics of emerging market equity flows, Journal of International Money and Finance, Vol. 21, 2002, pp. 295−350.

Metodología para Auditar Bases de Datos fundamentada en Estándares y Buenas Prácticas

Sandra Saucedo Mejía, Luis Alberto Gutiérrez Díaz de León, Alejandro Ayala López, Jorge Lozoya Arandia
Universidad de Guadalajara
Email {sandra.saucedo, luis.gutierrez, aayala, jorge.lozoya}@redudg.udg.mx

Resumen

La auditoría de base de datos permite identificar y corregir vulnerabilidades y problemas en una base de datos. Para llevar a cabo una correcta auditoría es necesario contar con políticas de seguridad efectivas, afinadas y adaptadas a las necesidades propias del ambiente de base de datos de la organización, el presente trabajo propone una metodología para auditoría de base de datos, misma que se fundamenta en estándares internacionales de seguridad y cuyo objetivo principal es aportar una forma de trabajar que permita entender las funciones del administrador de base de datos y concientizar a todos los involucrados en los procesos de trabajo de la organización en el uso responsable de la información, además de ser un referente para aquellas organizaciones que aún no tienen definidos sus procesos de auditoría de base de datos. La metodología consta de 5 etapas las cuales se desarrollaron con base en el modelo de madurez de COBIT, cada etapa contiene puntos de control que deben ser cubiertos y éstos están sustentados en los controles de seguridad del estándar de seguridad ISO/IEC.

Palabras clave

Auditoría de bases de datos, Seguridad en Tecnologías de Información, Estándares de Seguridad de Información.

1. Introducción

Una base de datos es un conjunto de datos almacenados y organizados que pueden ser utilizados con un fin específico, es un hecho que los datos son el activo más importante de una organización, por lo que la respuesta ante las amenazas de seguridad de los datos debe ser proporcionada de forma expedita y eficaz mediante una serie de procesos que permitan identificar y corregir las vulnerabilidades asegurando de esta manera la protección de la información, situación que en la actualidad es una de las más grandes preocupaciones de una organización [1].

El éxito de una organización depende en gran parte de la correcta gestión de la seguridad de su información, el objetivo de dicha gestión es proteger la información y garantizar su correcto uso, por supuesto, la seguridad de los sistemas informáticos y los procedimientos juegan un papel muy importante en la consecución de dicho objetivo [2].

La auditoría es un arma valiosa en la lucha contra las violaciones potenciales de los datos [3]. Aplicar auditorías de forma periódica en una base de datos es una práctica apropiada para identificar actividades sospechosas y supervisar los movimientos que se realizan en ésta por lo que dicha práctica se considera un elemento fundamental del sistema de control interno de una organización y como tal es un medio al servicio de la alta dirección destinado a salvaguardar los recursos, verificar la exactitud y veracidad de la información de las operaciones, estimular la observancia de las políticas previstas y lograr el cumplimiento de las metas y objetivos programados [4].

En la sociedad de hoy en día toda organización competitiva que actúa en un entorno de tecnologías de información (TI) debe establecer en sus procedimientos el uso de estándares de TI y buenas prácticas con el fin de adaptarse a los requisitos individuales de sus clientes potenciales. La creciente adopción de mejores prácticas de TI ha sido impulsada para el establecimiento y cumplimiento de ciertos requisitos en la industria de TI con la finalidad de mejorar la gestión de la calidad y la fiabilidad de la información [5]. La metodología que aquí se propone ambiciona que sea el personal interno a la organización

y específicamente el administrador de base de datos quien conozca y adecúe los procedimientos para abordar cada escenario de la auditoría con la finalidad de concretarla oportuna y exitosamente.

Esta metodología utiliza estándares enfocados a la seguridad ISO/IEC, COBIT e ITIL y basándose en el círculo de Deming permite aplicar a un proceso cualquiera una acción cíclica con el fin de asegurar la mejora continua de dichas actividades [9]. El uso de estándares permite cumplir con los requisitos, especificaciones técnicas y otros criterios precisos que garantizan que los productos y servicios se ajusten a su propósito, haciendo que la vida sea más simple y permitiendo un mayor grado de fiabilidad y efectividad de los bienes y servicios [6],[7],[8].

2. Estructura de la metodología

La metodología se fundamenta en un modelo de 5 etapas tomando como referencia el círculo de Deming y adaptado al prototipo de madurez de COBIT considerando 5 niveles y su correspondiente ponderación. Los objetivos de control de ISO/IEC 27001-27002 se alinean a COBIT e ITIL y se utilizan como referente para definir los procesos propios de la auditoría de base de datos.

3. Desarrollo de la metodología

En la *Figura 1* se muestra el modelo sobre el cual se fundamenta la metodología, en cada etapa se definen las tareas específicas de la auditoría de base de datos acorde a los objetivos de control de ISO/IEC 27001-27002 y COBIT, y al conjunto de directrices de "mejores prácticas" de ITIL.

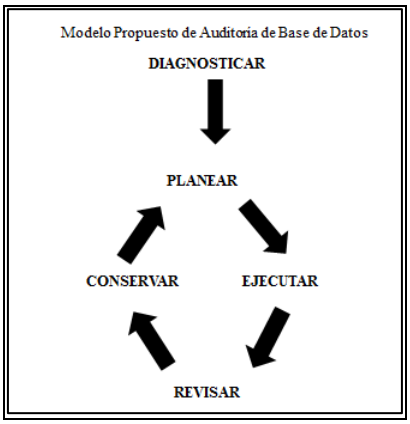


Figura 1. Modelo propuesto de auditoría de base de datos

3.1 Etapa 1 Diagnosticar

El objetivo general de esta etapa es obtener un panorama del estado actual de la organización y para ello se utiliza el modelo de madurez de COBIT mediante el cual una organización puede ubicarse en un determinado grado de madurez de acuerdo a la evaluación de un conjunto de objetivos de control. El modelo considera 5 niveles de madurez que tienen asignado un valor en un rango que oscila entre 0 y 1, esto significa que el nivel más bajo está asociado al valor 0 mientras que el nivel más alto se asocia al valor 1. Los objetivos de control que serán evaluados se dividen en 5 dominios o categorías los cuales se deben de cumplir en su totalidad para llegar al grado de madurez óptimo, en cada nivel se detallan los aspectos a evaluar. En la *Tabla 1* se muestra una descripción de los niveles de madurez y sus valores asignados.

NIVEL NO-EXISTENTE Valoración 0% La organización opera de manera intuitiva, no cuenta con procesos definidos y documentados, no cumple con ninguna categoría.
NIVEL INICIAL Valoración 25% Se identifican deficiencias en la operación de los procesos, los empleados no son conscientes de sus responsabilidades lo que conlleva a una desorganización de la entidad.
NIVEL DEFINIDO Valoración 50% Se conocen las políticas de seguridad e información y los usuarios son conscientes de sus responsabilidades, pero, no existe documentación que avale estos puntos y se desconoce la legislación relativa al manejo de la información.
NIVEL ADMINISTRABLE Y MEDIBLE Valoración 75% Existe una evaluación formal y documentada sobre la auditoría y riesgos asociados a ésta, pero no todos los problemas se identifican de forma rutinaria lo que significa que al ser medible no cumple en su totalidad con el 100%.
NIVEL OPTIMIZADO Valoración 100% Este nivel cumple con todas las categorías mencionadas anteriormente, coexiste evaluaciones y monitoreo continuos.

Tabla 1. Modelo de madurez

3.1.1 Método de evaluación

Para generar la información que permita cuantificar el grado de madurez fundamentada en los objetivos de control se utiliza el método de la entrevista, ésta se llevará a cabo por el entrevistador y consiste en reunirse con cada individuo del área de base de datos para realizar una serie de preguntas que tienen como objetivo recabar información en un formulario previamente diseñado para posteriormente extraerla y concentrarla de tal manera que apoyado en la ponderación de las preguntas y las respuestas a éstas se obtenga el nivel de madurez que presenta la organización.

Para organizar las preguntas de la entrevista se definieron 5 categorías o dominios:

- Seguridad
- Responsabilidades
- Controles de la información
- Documentación de procedimientos
- Legislación en materia de uso de la información

Cada categoría contiene una serie de preguntas que van en función del número de objetivos de control referenciados en ISO/IEC 27001-27002. Se consideraron 58 objetivos de control que son los que se adaptan a las actividades específicas de la base de datos. En cada conjunto de preguntas se busca medir que tan de acuerdo o desacuerdo están los entrevistados con los planteamientos indicados y con base en ello se determinará el nivel de cumplimiento de cada categoría. Para cuantificar el nivel de conformidad o grado de acuerdo se utiliza la técnica de Likert [10].

3.1.2 Método de evaluación de preguntas

Para el cálculo del nivel de conformidad asociado a las respuestas de cada una de las preguntas de la entrevista se ha propuesto la ponderación que se muestra en la *Tabla 2*. Para facilitar el procesamiento ágil de las respuestas de la entrevista se determinaron valores de cumplimiento de 0 a 1 con una variación de 0.5 en cada nivel.

Ponderación de la respuesta para la entrevista	
Nivel de acuerdo	Valor de cumplimiento
Totalmente en desacuerdo	0
Parcialmente en desacuerdo	0.5
Totalmente de acuerdo	1

Tabla 2. Ponderación de los niveles de conformidad

3.1.3 Cálculo del grado de madurez por categoría

El procedimiento para el cálculo del grado de madurez se fundamenta en el método de evaluación de respuestas descrito anteriormente y se detalla a continuación haciendo referencia a la *Figura 2*.

Al recabar todas las respuestas de la entrevista se contabiliza el número de éstas obtenido para cada uno de los 3 niveles de conformidad y se anota el dato en la fila denominada "Número de Casillas" dentro del formato de planteamiento de preguntas, la cantidad obtenida se debe multiplicar por el valor de cumplimiento asociado a cada casilla con la finalidad de obtener un puntaje global por nivel de conformidad. Finalmente para alcanzar la evaluación general de la categoría se suman los puntajes globales de los 3 niveles de conformidad y se divide la sumatoria entre el número total de preguntas de la categoría, el resultado obtenido es el nivel de madurez de la categoría evaluada. Este procedimiento se realiza para cada una de las 5 categorías establecidas.

Control de la documentación					
Objetivo de Control	Preguntas	Evidencia	Resultado		
			Totalmente en desacuerdo	Parcialmente en desacuerdo	Totalmente de acuerdo
		Número de casillas			
		Valor asignado a cada casilla	0	0.5	1
		Puntos obtenidos por cada columna (no. Casillas x valor)			
Valor final de la categoría = suma de todas las columnas / número de preguntas que aplican					

Figura 2. Formato de planteamiento de preguntas

Toda vez que se tiene el grado de madurez por cada una de las 5 categorías y el valor asignado a éstas, se calcula el promedio general sumando dichos valores y dividiendo el total entre el número de categorías, el resultado obtenido es el grado de madurez general de la organización.

En la *Figura 3* se muestra el formato a llenar para la determinación del grado de madurez de la organización.

Realizado por:		Fecha:				
		Nivel de madurez				
		1	2	3	4	5
Categoría	Valor asignado	0	0.25	0.5	0.75	1
Seguridad						
Información						
Responsabilidad						
Controles						
Legislación de la información						
Puntos obtenios por cada columna						
Resusltado final = suma de todas las columnas / No. de categorías aplicables						

Figura 3. Formato para la determinación del grado de madurez

Ya determinado el grado de madurez de la organización se puede iniciar con las tareas de la etapa de *Planeación* que es la segunda fase del modelo. A partir de este momento el modelo consiste en una serie de iteraciones que van de la etapa 2 a la etapa 5 hasta que se alcance el grado de madurez óptimo de la organización.

3.2 Etapa 2 Planear

La planeación va en función del nivel de madurez adquirido, una vez que se obtiene el resultado de la ponderación se realiza la proyección considerando los puntos no alcanzados para obtener el grado de madurez óptimo. Para fines de la metodología se desarrollan las 5 categorías y en cada una de ellas se menciona de forma general lo más importante que se debe de cumplir de acuerdo al estándar ISO/IEC 27001-27002. A partir de los resultados obtenidos en la primera etapa del modelo ya se conoce el grado de madurez que tiene la organización en cada una de las 5 categorías establecidas, de manera que la etapa de planeación deberá abarcar solamente las tareas de aquellas categorías que aún no alcanzan el grado de madurez óptimo y están dirigidas a los objetivos de control que aún no se cumplen. De igual manera en cada nueva iteración a esta etapa de planeación el trabajo comprenderá las tareas que de acuerdo con las etapas de *Revisión* y *Conservación* correspondan a objetivos de control no satisfechos. Las tareas de planeación se definen de forma agrupada para cada una de las 5 categorías y se especifican a continuación.

3.2.1 Seguridad

La importancia que tiene la seguridad de la información y el poder que implica manejar información es un tema muy delicado que no está en el conocimiento de muchos, las organizaciones deben demostrar que realizan una gestión competente y efectiva de la seguridad de los recursos y datos que gestionan como es la implementación de políticas de seguridad, acuerdos de confidencialidad internos, acuerdos de confidencialidad con terceros, gestión de privilegios tanto a usuarios internos como externos, concientización del uso de la información y auditorías continuas.

3.2.2 Responsabilidades

Se deben identificar los procesos relacionados con las actividades que desarrollan los integrantes del área de bases de datos y de otras áreas que intervienen directa o indirectamente en el manejo de la información contenida en las bases de datos y los niveles de responsabilidad que conllevan dichas actividades, entre los mismos está la identificación de las áreas involucradas, así como la delimitación de la responsabilidad del personal tanto durante el periodo en el que se encuentra en funciones como al término de su contrato laboral.

3.2.3 Controles de la información

La organización debe definir un proceso para el control de los documentos y registros, la documentación definida debe ser adecuada a la actividad y tamaño del área, a la complejidad de los procesos y a la competencia del personal, el control de los documentos debe permitir una gestión eficaz y eficiente de los procesos. La organización debe contar con un repositorio de archivos en el cual se pueda disponer de los documentos y registros de forma rápida y contar con un sistema de seguridad que evite la posibilidad de fuga, plagio, apropiación del "saber hacer" en la documentación y/o registros del organismo. Se debe mantener esos documentos de forma legible, fácilmente identificables y recuperables.

3.2.4 Documentación de procedimientos

Uno de los principales inconvenientes en las organizaciones es que sus miembros hacen las cosas de diferentes maneras sin seguir una metodología única y uniforme. Cada uno apela a su propio criterio que no siempre es el mejor o a la memoria que no resulta infalible, por este motivo los resultados obtenidos suelen diferir entre pares o áreas similares, por

consiguiente para evitar estas diferencias la práctica más habitual y que mejores resultados ha dado globalmente es la documentación de procedimientos y procesos de cada sector para conformar un Manual de Procedimientos o Manual de Calidad.

3.2.5 Legislación en materia de uso de información

La organización tiene la libertad de calificar como confidencial, cualquier documento o información que a su juicio influya directa o indirectamente en la operación del área: métodos de negocio, documentos contractuales, propiedad intelectual, patentes, desarrollo de nuevos productos, entre otros. Respecto a la protección de la información confidencial dentro de la organización hay que considerar incluir en los contratos laborales de todos los trabajadores que por razón de su puesto y funciones acceden a información, acuerdos de confidencialidad que establezcan claramente las obligaciones de los trabajadores en este sentido.

3.3 Etapa 3 Ejecutar

A partir de los objetivos de control desarrollados en la etapa 2 del modelo, ya se conoce que se debe de cumplir y de esta manera la etapa de ejecución deberá abarcar las tareas de aquellas categorías que aún no alcanzan el grado de madurez óptimo y están dirigidas a los objetivos de control que aún no se cumplen.

3.4 Etapa 4 Revisar

Esta etapa se enfoca a comprobar que se cumplan cada uno de los objetivos de control especificados en la etapa de ejecución, se verifica a detalle que todo se efectué conforme al estándar, identificando de esta manera los puntos que se cumplen y los que no.

3.5 Etapa 5 Conservar

A partir de los objetivos de control que fueron identificados como cumplidos en la etapa 4 del modelo y que se encuentran asentados en la hoja de resultados de avance por etapas, se deben establecer tareas para garantizar que dichos controles se mantengan en el estado en el que se documenta y si éste no es el óptimo se deberá recurrir a las etapas anteriores para cumplir en su totalidad con los objetivos, de ninguna manera retroceder, siempre ver hacia adelante.

4. CONCLUSIONES

Toda organización es responsable de asegurar la protección de su información para garantizar el logro de sus objetivos. El área de administración de bases de datos tiene por objeto asegurar la integridad de la información y su correcta utilización, así como la documentación de los procesos propios del área utilizando lineamientos homogéneos que ayuden a mejorar el desempeño de los miembros de área.

La metodología propuesta para auditar bases de datos sirve como marco de referencia para mejorar las actividades que se desarrollan en el área de administración de base de datos de una organización al tiempo que permite conocer el estado actual de dicha área. Al estar fundamentada en estándares y buenas prácticas la metodología coadyuva a mitigar los riesgos asociados en el manejo de la información, apoya a la segregación de las funciones y asegura el correcto entendimiento de los procesos contribuyendo con ello a una mejor administración de la organización. Para asegurar el éxito en la implementación de la metodología para auditoría de base de datos en una organización no basta con imponerla, también es necesario crear conciencia en los miembros de la organización en lo referente al uso responsable de la información.

Es importante señalar que el objetivo de este trabajo se centró en la descripción de la metodología para auditar bases de datos, dejando para un siguiente trabajo la exposición de los resultados de la implementación de la metodología como parte de un caso de estudio.

5. BIBLIOGRAFIA

[1] S. Sumathi and S. Esakkirajan, "Database security and recovery," in Fundamentals of Relational Database Management SystemsAnonymous Springer Berlin / Heidelberg, 2007, pp. 353-379.

[2] N. Bhatnagar, "Security in Relational Databases," pp. 257-272, 2010.

[3] M. Caffrey, P. Finnigan, R. Geist, A. Gorbachev, T. Gorman, C. Green, C. Hooper, J. Lewis, N. Litchfield, K. Morton, R. Sands, J. Senegačnik, U. Shaft, R. Shamsudeen, J. Wilton, G. Wood and P. Finnigan, "User Security," pp. 467-505, 2010.

[4] WHITTINGTON, Ray O; PANY, Kurt, Principios de Auditoría, Mc. GrawHIll, Décimo Cuarta Edición, 2004.

[5] P. Năstase, F. Năstase and C. Ionescu, "Challenges Generated by the Implementation of the it Standards Cobit 4.1, Itil V3 and Iso/iec 27002 in Enterprises," Economic Computation & Economic Cybernetics Studies & Research, vol. 43, pp. 1-16, 07, 2009.

[6] R. Sheikhpour and N. Modiri, "A best practice approach for integration of ITIL and ISO/IEC 27001 services for information security management," Indian Journal of Science & Technology, vol. 5, pp. 2170-2176, 02, 2012.

[7] M. Jelliti, M. Sibilla, Y. Jamoussi and H. B. Ghezala, "A Model Based Framework Supporting ITIL Service IT Management," vol. 50, pp. 208-219, 2010.

[8] P. Năstase, F. Năstase and C. Ionescu, "Challenges Generated by the Implementation of the it Standards Cobit 4.1, Itil V3 and Iso/iec 27002 in Enterprises," Economic Computation & Economic Cybernetics Studies & Research, vol. 43, pp. 1-16, 07, 2009.

[9] L. Milgram, A. Spector, and M. Treger, "Chapter 21 - Plan, Do, Check, Act: The Deming or Shewhart Cycle", Managing Smart, Gulf Professional Publishing, Boston, 1999, pp. 25.

[10] 3 6 2011. [En línea]. Available: http://tesisdeinvestig.blogspot.mx/2011/06/escala-de-likert.html.

ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS APLICADA AO TRATAMENTO DE DADOS ESPACIAIS

Bernardo Jeunon de Alencar

jeunon@pucminas.br

Instituto de Informática – Programa de Pós Graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial – PUC Minas

Belo Horizonte – MG – Brasil

Leônidas Conceição Barroso

lbarroso@pucminas.br

Programa de Pós Graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial – PUC Minas

Belo Horizonte – MG – Brasil

João Francisco de Abreu

jofabreu@pucminas.br

Programa de Pós Graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial – PUC Minas

Belo Horizonte – MG – Brasil

Resumo – *O tratamento multivariado de dados tem tido aceitação crescente em Análise Espacial por possibilitar maior facilidade no exame de grandes conjuntos de dados, tão necessários à explicação de fenômenos geográficos. Uma técnica que tem sido bastante utilizada é Análise de Componentes Principais. Seu uso simplifica a visualização das informações contidas nos dados originais, permitindo estudos de tendências e delineação de padrões espaciais. É uma técnica que pode ser aplicada quando existe, por exemplo, a necessidade de se agrupar um grande número de variáveis relacionadas a um determinado conjunto de observações. Nesse artigo ilustra-se sua aplicação na Geografia como instrumento de análise de dados espaciais da mesorregiao do Vale do Mucuri, no Estado de Minas Gerais, Brasil. Para auxiliar estudantes e profissionais de Geografia na execução dos cálculos foi desenvolvido o aplicativo NINNA PCA, registrado sob número 11.045-5 no INPI-Instituto Nacional de Propriedade Industrial da República Federativa do Brasil.*

Palavras-Chave – *Análise de Componentes Principais. Interdisciplinaridade. Tratamento da Informação Espacial. Vale do Mucuri.*

---

1 Introdução

A organização e a análise de dados podem ser feitas por meio de várias técnicas multivariadas. A Análise Multivariada pode ser usada, principalmente, para a redução ou simplificação de dados, para o agrupamento bem como a investigação sobre a interdependência entre variáveis. Esse trabalho apresenta uma delas, a Análise de Componentes Principais e ilustra sua aplicação no tratamento de algumas variáveis socio-econômicas da mesorregião do Vale do Mucuri, no Estado de Minas Gerais, Brasil.

De acordo com (JOHNSON; WICHERN, 1988), a Análise Multivariada utiliza métodos estatísticos com a finalidade de descrever e analisar dados de muitas variáveis simultaneamente. Entender o relacionamento entre essas diversas variáveis faz desse conjunto de

técnicas uma ferramenta de grande potencial de aplicação, principalmente com apoio do computador, veloz e acessível como se observa atualmente.

Para HAIR *et al*, (2005), a Análise Multivariada é um conjunto de técnicas voltadas para a análise de dados e é uma área em constante expansão.

2 A Análise de Componentes Principais

A Análise de Componentes Principais objetiva reduzir um conjunto de dados criando componentes, chamados de principais. Em termos muito reduzidos, a Análise de Componentes Principais é uma técnica que busca eliminar a redundância existente entre um grupo de variáveis criando outras, por meio de uma combinação linear entre elas. Essas novas variáveis criadas são chamadas de componentes, sintetizam a maior variabilidade dos dados originais, não são correlacionadas entre si e são ordenadas segundo a proporção da variância que podem explicar. Ela busca sintetizar a maior variabilidade dos dados, o que sugere a qualificação de principal. A partir da inspeção dessas componentes, podem-se estabelecer relações para a classificação de variáveis e a ordenação de indivíduos.

Os objetivos dessa técnica, em síntese, são:

- Gerar novas variáveis em um número reduzido que expressem de modo satisfatório a informação contida no conjunto original de dados;
- Reduzir a dimensão do problema que está sendo estudado, como passo prévio para futuras análises;
- Eliminar, quando for possível, algumas variáveis originais, caso elas contribuam com informação pouco significativa.

Segundo (JOHNSON; WICHERN, 1998), geometricamente, essas combinações lineares representam a seleção de um novo sistema de coordenadas, obtido através da rotação de eixos do sistema de coordenadas original. Esses novos eixos representam as direções com o máximo de variabilidade.

A medida da projeção dos pontos entre P e Q, segmento b, da figura 1, no eixo x'Oy' é maior que a medida da projeção dos mesmos pontos sobre o eixo xOy.

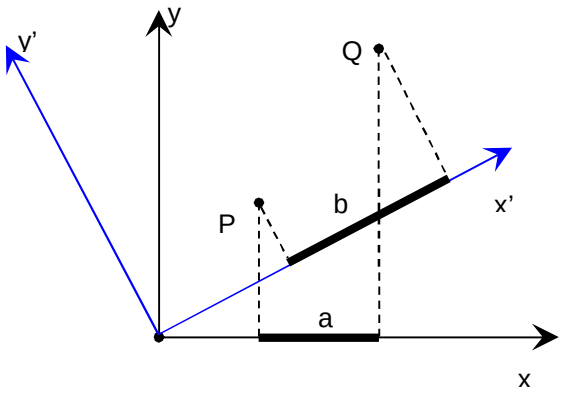


Figura 1 - Rotação de Eixos efetuada pelas Componentes Principais

Há inúmeras possibilidades de escolha dos coeficientes de uma combinação linear, isto é, para a combinação linear

$$y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + ... + a_nx_n \qquad (1)$$

diversos $a_{n's}$ são capazes de satisfazê-la.

A combinação linear entre variáveis permite a redução de muitos problemas multivariados.

3 Roteiro de cálculos

3.1 Matriz de dados

A Matriz de Dados contém os dados coletados, incluindo as coordenadas geográficas das observações. Esses dados originais podem ser quantificados em grandezas e unidades de medida muito diversificadas. Para contornar este obstáculo devem-se padronizar esses dados, tornando-os adimensionais.

3.2 Padronização das variáveis

A padronização de cada variável é calculada por meio da equação:

$$Z = \frac{x - mX}{S_x} \qquad \text{onde:}$$

Z é o valor da variável padronizada,

x é o valor da variável a ser padronizada,

S_x é o desvio padrão da variável

mX é a média aritmética da variável

Com os dados padronizados calcula-se a matriz de correlação R, conforme (2).

$$R = \frac{Z^T.Z}{n} \qquad (2)$$

onde:

R é a matriz de correlação;

Z é a matriz padronizada;

Z^T é a matriz transposta de Z e

n é o número de observações

Os elementos de sua diagonal principal possuem valor 1 que mostra a correlação de uma variável com ela mesma. Os demais valores sempre variam entre -1 e 1. Quando esse valor está próximo de 1 tem-se uma forte correlação positiva e quando está próximo de -1 forte correlação negativa. Um valor próximo de 0 indica ausência de correlação.

O Traço da Matriz de Correlação é a soma dos elementos da sua diagonal principal e expressa a variância total dos dados considerados.

É possível também o cálculo da matriz de correlação utilizando a própria matriz de dados original, ao invés da matriz padronizada.

3.3 Autovalores e Autovetores

Obtida a matriz de correlação, torna-se possível calcular os autovalores e os respectivos autovetores da matriz de correlação. Um vetor $v \neq 0$ é autovetor da matriz R relativo a um autovalor λ quando a relação $Rv = \lambda v$ é verdadeira.

Desta forma, a solução dessa equação (polinomial) fornece diversos valores possíveis para λ e cada λ é um autovalor de R. Substituindo λ em $(R - \lambda I)v = 0$ será encontrado o autovetor de R associado ao autovalor λ.

3.4 Componentes principais

As coordenadas dos autovetores v da matriz de correlação são os coeficientes (ou pesos) das componentes principais e os autovalores são variâncias dessas componentes principais.

O autovalor representa o percentual da quantidade de variância total que está associado ao componente. Encontra-se também o respectivo autovetor associado ao autovalor calculado, o peso, que corresponde à correlação entre as componentes principais e as variáveis, e a variância de cada elemento individual do autovetor.

A soma dos autovalores fornece a variância total.

O primeiro autovalor corresponde ao maior percentual da variabilidade máxima. O segundo autovalor corresponde ao segundo maior percentual de variabilidade máxima e assim por diante.

Pode-se expressar as componentes principais nas n combinações lineares em (3):

$$Y_1 = v_{(1,1)}Z_1 + v_{(2,1)}Z_2 + v_{(3,1)}Z_3 + ... + v_{(n,1)}Z_n$$

$$Y_2 = v_{(1,2)}Z_1 + v_{(2,2)}Z_2 + v_{(3,2)}Z_3 + ... + v_{(n,2)}Z_n \qquad (3)$$

...

$$Y_m = v_{(1,m)}Z_1 + v_{(2,m)}Z_2 + v_{(3,m)}Z_3 + ... + v_{(n,m)}Z_n$$

onde:

Y_i , i = 1, 2, 3, ...,m,são as componentes;

$v_{(n,m)}$ são os coeficientes da combinação linear e

Z_n são as colunas da matriz padronizada.

3.5 Escores

A próxima etapa é a do cálculo dos escores. Eles são utilizados para ordenar as observações no âmbito de cada componente principal, para a finalidade de mapeamento.

Toma-se a matriz padronizada dos dados, pós-multiplicando-a pelo vetor que expressa a correlação entre as componentes principais e as variáveis, isto é,

$$Escore = Z.cv \quad (4) \quad \text{onde:}$$

Z é a matriz de dados padronizada e

cv é a correlação entre as componentes e as variáveis.

Essa correlação é expressa por:

$$cv = \sqrt{\lambda}.v$$

onde λ (variância da componente principal) é o autovalor da matriz de correlação R relativo a v, e v (coeficientes da componente principal) é o autovetor da matriz de correlação R. Na verdade, o que se faz é multiplicar o desvio padrão do autovalor sobre os coeficientes dos autovetores.

4. Exemplo de Uso da Técnica em Geografia

A título de ilustração da aplicação da ACP, consideram-se alguns dados sócio-econômicos de 23 municípios pertencentes ao Vale do Mucuri, em Minas Gerais, Brasil. O Quadro 1 mostra a relação dos municípios.

Foram consideradas 23 observações, ou casos, correspondentes aos municípios, e 16 variáveis, listadas no Quadro 2. Os dados são do ano de 1991 e as diferenças de valores relatadas são entre 1991 e 2000.

Quadro 1 – Municípios da Mesorregião do Vale do Mucuri/MG

	Nome do Município		Nome do Município
1	Águas Formosas	13	Maxacalis
2	Ataléia	14	Nanuque
3	Bertópolis	15	Novo Oriente de Minas
4	Carlos Chagas	16	Ouro Verde de Minas
5	Catuji	17	Pavão
6	Crisólita	18	Poté
7	Franciscópolis	19	Santa Helena de Minas
8	Frei Gaspar	20	Serra dos Aimorés
9	Fronteira dos Vales	21	Setubinha
10	Itaipe	22	Teófilo Otoni
11	Ladainha	23	Umbuiratiba
12	Malacacheta		

Quadro 2 – Variáveis

#	Nome	Descrição
1	EspVidaN	Esperança de Vida ao Nascer
2	TxAlfAdulto	Taxa de Alfabetização de Adultos
3	TxFreqEscol	Taxa Bruta de Freqüência à
4	RendaPC	Renda per Capita
5	IDHM-M	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - Geral
6	IDHM-L	Índice de Desenvolvimento Humano Municípal -
7	IDHM-E	Índice de Desenvolvimento Humano Municípal - Educação
8	IDHM-R	Índice de Desenvolvimento Humano Municípal - Renda
9	DifEspVida	Diferença da Esperança de Vida ao Nascer
10	DifTxAlfab	Diferença da Taxa de Alfabetização de Adultos
11	DifTxFreqE	Diferença da Taxa de Freqüência
12	DifRendaPC	Diferença da Renda per Capita
13	DifIDHM-M	Diferença do IDHM-M
14	DifIDHM-L	Diferença do IDHM-L
15	DifIDHM-E	Diferença do IDHM-E
16	DifIDHM-R	Diferença do IDHM-R

O software utilizado para os cálculos foi o programa de computador NINNAPCA, versão Desktop, disponível em www.globogeo.com/ninna. A descrição completa do software e instruções sobre sua disponibilização está em (ALENCAR, 2009).

A aplicação da Análise de Componentes Principais encontrou duas componentes principais que explicam um total de 66,57% da variância total dos dados. Como a primeira componente associa 46,55% das variáveis, pode-se considerar que ela agrupa até 7 variáveis. A segunda componente associa 20,02%, ou até 3 variáveis.

A primeira componente principal permitiu o agrupamento das variáveis 2, 3, 4, 6, 7,e 8, listadas no Quadro 3.

A segunda componente principal, por sua vez, agrupou as seguintes variáveis 1 e 5, listadas no Quadro 4.

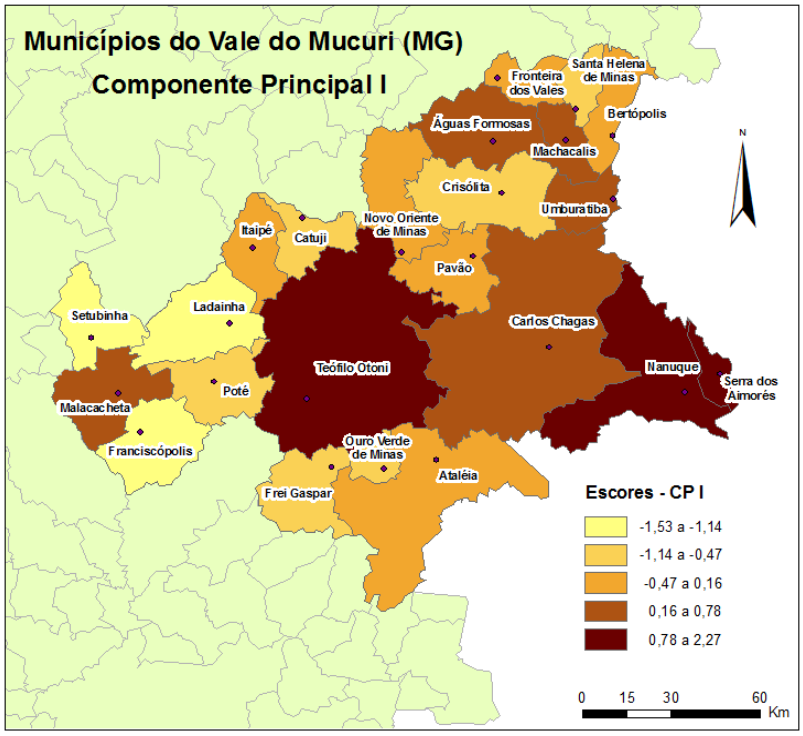
Quadro 3 – Variáveis agrupadas pela Primeira Componente Principal

#	Nome	Descrição
2	TxAlfAdulto	Taxa de Alfabetização de Adultos
3	TxFreqEscol	Taxa Bruta de Freqüência à
4	RendaPC	Renda per Capita
6	IDHM-L	Índice de Desenvolvimento Humano Municípal -
7	IDHM-E	Índice Desenvolvimento Humano Municípal - Geral
8	IDHM-R	Índice Desenvolvimento Humano Municípal - Renda

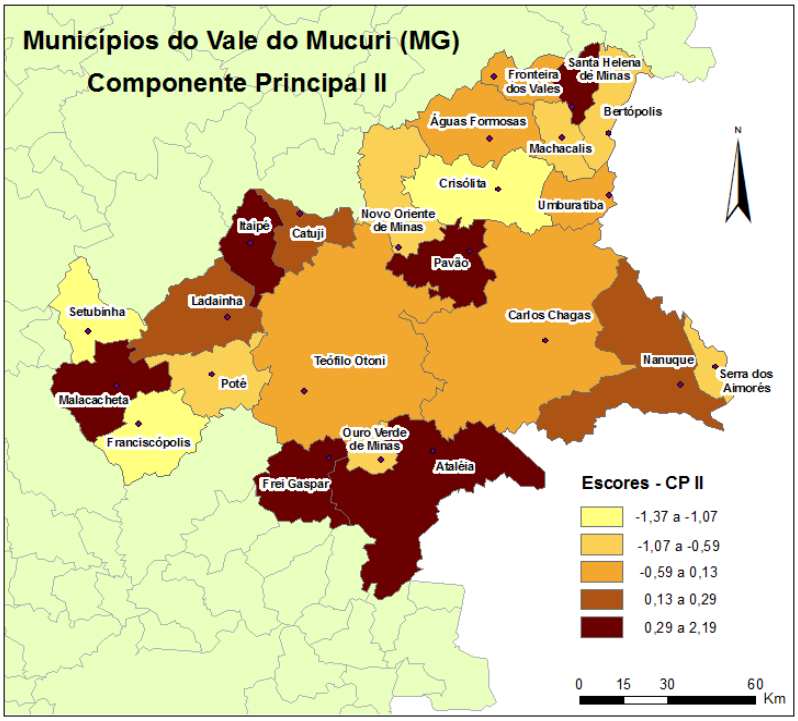
Quadro 4 – Variáveis agrupadas pela Segunda Componente Principal

#	Nome	Descrição
1	EspVidaN	Esperança de Vida ao Nascer
5	IDHM-M	Índice Desenvolvimento. Humano Municipal - Geral

Os mapas temáticos 1 e 2 mostram os municípios da região classificados segundo a primeira componente principal (massa sócio-econômica) e a segunda componente principal, respectivamente, divididos em 5 classes.



Mapa 1 - Municípios do Vale do Mucuri segundo a componente I



Mapa 2 - Municípios do Vale do Mucuri segundo a componente II

5 Considerações Finais

A aplicação da técnica da Análise de Componentes Principais permitiu o agrupamento de variáveis em eixos comuns e a confecção mapas temáticos proporcionando a visualização dos resultados. Ela se mostra uma técnica muito eficiente quando existe a necessidade de se comparar, de maneira conjunta, um grande número de variáveis relacionadas a um determinado conjunto de observações. Efetivamente possibilita uma simplificação no processo de análise.

Trata-se, em síntese, de uma abordagem estatística que pode ser usada para analisar as inter-relações existentes entre um grande número de variáveis, condensando a informação contida nelas em um conjunto reduzido de variáveis, observando uma perda mínima de informação. Seu uso simplifica a análise e a visualização das informações contidas nos dados originais.

Entretanto deve-se observar que a técnica é um meio auxiliar para o geógrafo na análise e na validação dos resultados encontrados. O uso puro e simples de uma técnica não assegura, por si só, a decisão de acatar ou rejeitar a explicação de um fenômeno espacial.

Bibliografia

ALENCAR, B. J., A Análise Multivariada no Tratamento da Informação Espacial – Uma Abordagem Matemático-Computacional em Análise de Agrupamentos e Análise de Componentes Principais. Tese de Doutorado em Geografia (PUC Minas). 2009, 198p. Disponível em: www.biblioteca.pucminas/teses/TratInfEspacial_AlencarBJJ_1.pdf

HAIR JR., J. F.; ANDERSON, R.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C., Análise Multivariada de Dados – 5ª Edição – Bookman – 2005 – 593p.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W., Applied Multivariate Statistical Analysis. Prentice Hall, New Jersey, USA, 1998, 816p.

Los foros virtuales como estrategia didáctica en el contexto de la Reforma Integral de Educación Media Superior en México.

Julio C. GONZÁLEZ MARIÑO
FMeISCdeM. Universidad Autónoma de Tamaulipas
H. Matamoros, Tamaulipas, México

Ma. de Lourdes CANTU GALLEGOS
FMeISCdeM. Universidad Autónoma de Tamaulipas
H. Matamoros, Tamaulipas, México

y

Jesús A. MALDONADO MANCILLAS
FMeISCdeM. Universidad Autónoma de Tamaulipas
H. Matamoros, Tamaulipas, México

RESUMEN.

Esta propuesta didáctica tiene como principal objetivo establecer un espacio de comunicación y colaboración en línea, para la conceptualización de los contenidos, la crítica, la reflexión, la participación, la investigación, el auto aprendizaje, la autonomía, la recuperación y el desarrollo del potencial creativo. Se hará uso de las TIC, específicamente de las herramientas de comunicación en línea conocidas como foros de discusión, como estrategia didáctica de comunicación mediada por computadora en combinación con la instrucción cara a cara; con el fin de extender la interacción entre estudiantes y profesor más allá de los límites espacio temporales que caracterizan los encuentros presenciales, buscando fortalecer la colaboración grupal en la construcción del conocimiento.
Como propuesta integradora busca facilitar la comunicación, la retroalimentación, individual y grupal de los estudiantes, para contribuir al logro de los objetivos de la Reforma Integral de Educación Media Superior (RIEMS) en México.

Palabras Clave: TIC, RIEMS, Foros virtuales, Estrategia de aprendizaje.

ABSTRACT.

This methodological approach is mainly intended to establish a forum for communication and collaboration online for conceptualizing the content, criticism, reflection, participation, research, self-learning, autonomy, recovery and development potential creative. By using ICT, specifically with online communication tools known as discussion forums, such didactic strategy of computer-mediated communication in combination with face-to-face instruction, with a view to extending the interaction between students and teacher beyond the temporal and spatial limits that characterize the traditional education, strengthen the construction of knowledge with group collaboration.
As integrative proposal aims to facilitate communication, feedback, individual and group of students, to help achieve the objectives of the Reform of School Education in Mexico RIEMS.

Keywords: ICT, RIEMS, Virtual Forums, Learning Strategy.

1. INTRODUCCIÓN.

México ha planteado propósitos comunes en su sistema educativo, logrando avances considerables para no quedar rezagado y poder participar en una economía globalizada. Teniendo como necesidad principal, la de adoptar la educación media superior a un entorno que ha reflejado cambios en los mercados laborales, disponibilidad de nuevas tecnologías de información y comunicación (TIC), y una preocupación de los países por aumentar su competitividad, lo que obliga a la transformación del sistema educativo nacional, con el fin de aumentar la pertinencia laboral de sus egresados y elevar la calidad de los conocimientos y el desarrollo de habilidades y actitudes.
Con la inserción de las TIC en el ámbito educativo, surge la necesidad de actualizarse para poner en práctica conocimientos, habilidades y destrezas, y así participar en este tipo de procesos de una forma activa y productiva. Las TIC han abierto nuevas posibilidades de interacción, comunicación y acceso a la información, es decir, se han convertido en un medio activo integrado a un entorno de aprendizaje, que pone a disposición de los participantes canales de información y comunicación para promover formas distintas de enseñanza y de aprendizajes.[1]
Existe una gran cantidad y variedad de materiales educativos basados en tecnología, como las plataformas educativas en la web. Estas plataformas (moodle, blackboard, dokeos, etc.) ofrecen muchas alternativas

para facilitar y diversificar el trabajo de los profesores y los alumnos, entre las cuales podemos citar: materiales educativos multimedia desarrollados para el estudio de contenidos de aprendizaje; herramientas de comunicación e interacción como el correo electrónico, el chat y los foros de discusión; herramientas para la evaluación y autoevaluación del aprendizaje; ligas a otros sitios en la Web, etc.

En el presente trabajo hablaremos específicamente de los foros de discusión en línea, como herramientas de colaboración para la construcción del conocimiento, en apoyo al aprendizaje de las TIC, asignatura de primer semestre del componente básico del plan curricular en todos los programas de las instituciones de educación media superior dependientes de la dirección general de educación tecnológica; con el propósito fundamental de desarrollar e implementar estrategias para contribuir al cumplimiento de los objetivos de la Reforma Integral de Educación Media Superior RIEMS.

La educación debe transformarse, adaptarse a los cambios para hacer frente a las nuevas demandas educativas de las sociedades del conocimiento [2]. Las instituciones educativas y particularmente los profesores tienen la responsabilidad de contribuir, con una práctica educativa innovadora, en la formación integral de individuos con competencias suficientes para incorporarse fácilmente en la dinámica de las sociedades del conocimiento.

El Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 tiene como uno de sus principales objetivos elevar la calidad de la educación promoviendo la incorporación de TIC en el proceso de enseñanza aprendizaje [3], en este contexto la RIEMS plantea retos muy importantes para dar solución a una mejora educativa con la creación de un Marco Curricular basado en competencias, el cual tiene como objetivo formar ciudadanos capaces de incorporarse, integrarse y adaptarse a una sociedad globalizada y dinámica.

La educación media superior (EMS) en México enfrenta desafíos que podrán ser atendidos sólo si este nivel educativo se desarrolla con una identidad definida que permita a sus distintos actores avanzar ordenadamente hacia los objetivos propuestos por la RIEMS y el Plan Nacional de Desarrollo.

Los planes de estudio deben atender la necesidad de pertinencia personal, social y laboral, en el contexto de las circunstancias del mundo actual, caracterizado por su dinamismo y creciente pluralidad. Los jóvenes requieren encontrar en la escuela un espacio significativo y gratificante en sus vidas, por lo que a nivel de Educación Media Superior, en el actual contexto social y productivo, la principal encomienda es: "La formación de personas cuyos conocimientos y habilidades deben permitirles desarrollarse de manera satisfactoria, ya sea en sus estudios superiores o en el trabajo, y de manera más general, en la vida". Y asegurarse que esta formación incluya además "una serie de actitudes y valores que tengan un impacto positivo en su comunidad y en el país en su conjunto".

En esta perspectiva, la educación basada en competencias aspira a formar ciudadanos capaces de saber pensar (cognitivo), saber interpretar (procedimental), saber desempeñarse y saber actuar en diferentes escenarios (actitudinal) [4].

De esta manera la aplicación de las TIC nos permitirá transformar los esquemas tradicionales de educación, en modelos educativos que promuevan un ambiente permanente de aprendizaje congruente con la dinámica del conocimiento de nuestra sociedad, a través de la integración de los medios electrónicos como recursos didácticos de aprendizaje.

Las plataformas gestoras de aprendizaje o LMS (siglas en Ingles) y específicamente sus herramientas de comunicación y colaboración llamadas foros de discusión, constituyen sin duda un elemento de interacción que desde su incorporación han representado el principal espacio electrónico para la construcción de los aprendizajes, sobre todo del aprendizaje vicario, pues permiten la comunicación de profesores y alumnos a través de textos que los participantes pueden consultar sin ninguna condicionante de tiempo ni horario. [5]

En el presente trabajo abordaremos los foros de discusión como estrategia didáctica de comunicación mediada por computadora, en combinación con la instrucción cara a cara, con el fin de extender la interacción entre estudiantes y profesor más allá de los límites espacio temporales que caracterizan los encuentros presenciales, como apoyo de colaboración grupal en la construcción del conocimiento.

2. EL CONTEXTO ESCOLAR.

Esta propuesta se desarrolla para su implementación inicialmente en el Centro Bachillerato Industrial y de Servicios No.189 (CBTIS 189), que se encuentra en la ciudad de H. Matamoros al noreste del Estado de Tamaulipas en México. Geográficamente localizada en la frontera entre México-Estados Unidos al lado sur del Río Bravo, al norte colindante con la ciudad estadounidense de Brownsville, Texas. De acuerdo al censo de población y vivienda 2010, la ciudad cuanta con una población de 489,193 habitantes [6].

La economía de Matamoros ha venido creciendo desde hace más de tres décadas a un ritmo importante de acuerdo a los recursos productivos y naturales con los que cuenta, pero depende en gran medida de su posición como ciudad fronteriza con Estados Unidos, debido a la importante presencia de inversión extranjera directa representada por las maquiladoras, al tráfico de mercancías por los puentes internacionales y a la entrada de turistas estadounidenses.

El 96% de los padres de nuestros estudiantes se encuentran empleados solo una mínima parte están pensionados, recibiendo un ingreso mensual promedio de $ 3,950.00. En cuanto al tipo de trabajo que desempeñan: en promedio 4 de cada 10 es obrero, 3 trabajan por su cuenta, 2 son comerciantes y 1 se dedica a otra actividad.

En cuanto a los servicios básicos a los cuales tienen acceso las familias, el estudio refleja que el 98% vive en casa propia e independiente, con servicios en su totalidad de energía eléctrica, agua potable y drenaje, donde normalmente la habitan de 5 a 7 personas y con algunos servicios adicionales con los siguientes porcentajes: el 50% cuenta con TV por cable, 6 de cada 10 tienen servicio telefónico y 7 de cada 10 tienen servicio de Internet en casa.

Se percibe un ambiente escolar dentro de la institución sano y positivo, el alumno busca relacionarse con sus compañeros a través de la convivencia, juegos deportivos, eventos culturales, así como también con la interacción por parte de sus maestros, lo que favorece tener un ambiente favorable para el aprendizaje.

Los estudiantes son el elemento principal en el proceso de enseñanza-aprendizaje, es lo que le da sentido al quehacer del docente, sin embargo cada generación es diferente, cada grupo, cada alumno, ya que a través del tiempo han modificado sus hábitos, sus normas, sus valores, su lenguaje, su forma de expresarse y de vestir, etc., todo esto influenciado por diversas situaciones de la vida cotidiana que afectan su comportamiento social y académico.

De esta manera, es importante conocer las formas de comunicación del alumno, de las cuales hace uso a la hora de expresarse, y comunicarse cuando utilizan las TIC, hay que resaltar la forma en que los jóvenes han distorsionado el lenguaje utilizando símbolos, códigos, abreviaturas, íconos, etc., para expresarse de una forma más rápida; debido a que los jóvenes han apropiado estas formas de comunicarse olvidándose de las reglas básicas de nuestro lenguaje: impacto de la tecnología que les ha permitido desarrollar habilidades en el manejo de ellas.

De ahí definimos como elemento primordial a la comunicación, como proceso para generar ambientes favorables en el grupo, donde el alumno se sienta con libertad de dialogar y de expresarse con respeto hacia cada uno de los que formamos parte de este proceso de enseñanza-aprendizaje, de donde se infundan valores, trabajo en grupo, motivación y donde exista un relación de trabajo en ambos sentidos maestro y alumnos, propósitos que se pretenden reforzar con la implementación de los foros de discusión como herramienta de colaboración, como una estrategia didáctica.

3. LA PROBLEMÁTICA OBSERVADA.

Una de las grandes problemáticas que enfrenta el alumno, es el bombardeo de información por medio de TICs, mismas que han tenido un impacto desfavorable en su uso; nuestros jóvenes no están siendo formados para el uso responsable de estas tecnologías, hacen uso de ella sólo como un medio de interacción social y en educación no están aportando nada positivo para aprendizaje formal.

Como docentes tenemos la gran responsabilidad de educarlos, de prepararlos para el buen uso de estas tecnologías al aprovechar todas las habilidades positivas que han desarrollado: nuestros estudiantes son nativos digitales [7] nacieron y crecieron con internet, sitios web para redes sociales, consolas para video juegos, reproductores de audio y video digitales, teléfonos móviles inteligentes, dispositivos móviles para video juegos etc. Sin duda esta interacción cotidiana con estas tecnologías ha modificado, no solo su forma de entretenerse y relacionarse con lo demás, sino también su forma de aprender y acceder al conocimiento. [8]. Nuestros estudiantes pertenecen a la "generación net", para cuando estos jóvenes lleguen a la universidad habrán pasado más de diez mil horas navegando en Internet, y más de veinte mil horas utilizando video juegos. [9]

Como profesores tenemos la responsabilidad de orientarlos y formarlos, para que aprendan a discernir y discriminar la información valiosa de la que no lo es, para que hagan uso responsable de estas herramientas, que eviten usar las modificaciones del lenguaje y gramática que utilizan en los medios electrónicos, en la comunicación formal. Que adquieran las competencias para analizar, sintetizar e interpretar los textos que encuentran en Internet para generar nuevos conocimientos y no solo copiar y pegar la información.

El uso colaborativo de los foros de discusión como herramientas tecnológicas en la educación dentro de nuestra institución permitirá compartir recursos, estandarizar las actividades escolares de docentes y alumnos, difundir material de actualidad, introducir mejoras e innovaciones en las prácticas pedagógicas y permitir el acceso de la comunidad escolar a la red de información nacional [10].

Los nuevos desafíos y demandas de las sociedades del conocimiento, exigen nuevas capacidades y conocimientos por parte de los profesores, deben ser capaces de adaptarse a continuos cambios tanto en el contenido de su enseñanza como en la propia práctica educativa.

Como lo define Philippe Perrenoud [11], competencia: "es una capacidad de acción eficaz frente a una familia de situaciones, quien llega a dominarla es porque se dispone a la vez de los conocimientos necesarios y de la capacidad de movilizarlos con buen juicio, a su debido tiempo, para definir y solucionar verdaderos problemas".

En esta perspectiva, la necesidad hoy en día en el ámbito educativo por lo tanto es enseñar a aprender a aprender, de brindar el cómo procesar la información, para que puedan operar con ella en cada asignatura, con cualquier información y descubrir sistemáticamente los posibles principios más generales, que integran la realidad. Hacer el contenido cada vez más significativo, obliga al alumno a pensar qué tiene, qué le falta, a conocerse a sí mismo y desplegar acciones y recursos para alcanzarlo.

El desarrollo de las competencias conlleva la realización de experiencias de aprendizaje que permitan articular conocimientos, habilidades y actitudes en contextos específicos, para lograr aprendizajes más complejos. Adoptar este enfoque de competencias permite precisar conceptos, procesos y formas de relación que favorecen

en los estudiantes la adquisición de conocimientos, a partir de las significaciones de lo aprendido en la escuela, el mundo y la vida.

El propósito formativo por competencias de TIC es: "Promover en los estudiantes, la alfabetización digital mediante el desarrollo de competencias genéricas y disciplinares, para que hagan uso responsable de las Tecnologías de la Información y la Comunicación, analicen y resuelvan problemas en su actividad académica y vida cotidiana" [13].

Las competencias disciplinares básicas, son enunciados que integran conocimientos, habilidades y actitudes y se construyen desde la lógica de las disciplinas en las que tradicionalmente se ha organizado el saber; y dan sustento a la formación de los estudiantes en las competencias genéricas que integran el Perfil de Egreso del Sistema Nacional de Bachillerato (SNB). Respecto a las competencias disciplinares básicas del campo Comunicación, las competencias que de manera puntual corresponden a los contenidos de desarrollo en esta estrategia planteada para la asignatura de TIC's son:

- Analiza aspectos elementales sobre el origen, desarrollo y diversidad de los sistemas tecnológicos y medios de comunicación.
- Utiliza las tecnologías de la información y comunicación para investigar, resolver problemas y producir materiales y transmitir información.
- Maneja las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información, procesar, interpretar y expresar ideas.

Dentro de las Competencias Genéricas a desarrollar con la implementación de la estrategia se mencionan las siguientes:

- Se conoce y valora a sí mismo y aborda problemas y retos teniendo en cuenta los objetivos que persigue.
- Escucha, interpreta y emite mensajes pertinentes en distintos contextos, mediante la utilización de medios, códigos y herramientas apropiadas. Desarrolla innovaciones y propone soluciones a problemas a partir de métodos establecidos.
- Sustenta una postura personal sobre temas de interés y relevancia general, considerando otros puntos de vista de manera crítica y reflexiva.
- Asume una actitud que favorece la solución de problemas ambientales en los ámbitos local, nacional e internacional.
- Trabaja en forma colaborativa.

4. LOS OBJETIVOS DE LA RIEMS.

El planteamiento del modelo educativo de la reforma integral de educación media superior RIEMS, permite que el alumno desarrolle las competencias genéricas necesarias para el egresado del SNB. También se presentan grandes cambios en el papel del alumno y el docente, ya que el alumno se vuelve el centro del proceso de enseñanza-aprendizaje de una forma activa y como constructor de su propio aprendizaje, por su parte el docente es el guía, facilitador, tutor o mediador en ese proceso. El uso de las TIC en el desarrollo del proceso educativo es requisito fundamental para que este se dé con éxito, así como también el trabajo colaborativo en el aula, rompiendo con muchos paradigmas tradicionales del modelo tradicional.

Los propósitos formativos de la asignatura TIC, en relación con las competencias desarrolladas en los alumnos contempladas en esta estrategia están basados en el establecimiento de las competencias que constituyen el marco curricular común del SNB que a la letra dice "Educar con un enfoque en competencias significa crear experiencias de aprendizaje para que los alumnos adquieran la capacidad de movilizar, de forma integral, recursos que se consideran indispensables para realizar satisfactoriamente las tareas demandadas. Se trata de activar eficazmente distintos dominios del aprendizaje; en la categorización más conocida, diríamos que se involucran las dimensiones cognitiva, afectiva y psicomotora".

Para lograr el propósito de la asignatura, los contenidos se pueden abordar de diversas maneras. La propuesta es hacerlo mediante la siguiente secuencia didáctica que incluye una estrategia didáctica basada en el uso de los foros de discusión a través de una plataforma e-learning, en las cuales se establecen actividades que desarrollen conocimientos, habilidades y actitudes. Cuando estas se han logrado, se infiere el desarrollo de una capacidad que, con otras capacidades el alumno, desarrolla una competencia.

5. LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA.

La estrategia planteada permitirá utilizar recursos digitales como el uso de los foros de discusión a través de la plataforma e-learning Dokeos, favoreciendo la comunicación entre docente y alumnos, motivando y apoyando el proceso de aprendizaje, desarrollando las habilidades competentes y estimulando la apropiación del conocimiento para cumplir con los objetivos de la materia TIC y de la Reforma Curricular.

Esta propuesta educativa se concreta sobre elementos básicos del proceso de enseñanza y aprendizaje, intentando adoptar aquellas tendencias que parecen más provechosas para el éxito de la tarea educativa. De esta manera, con la introducción de las TIC's y de las plataformas educativas, se dota al proceso de enseñanza-aprendizaje de un entorno virtual que, bien utilizado, permite complementar el proceso que se da de forma presencial, potenciando la comunicación entre profesores y alumnos, el aprendizaje colaborativo y el acceso a materiales de estudio sin barreras de espacio ni tiempo.

Los contenidos o materia de enseñanza se conciben en la actualidad como componentes de una determinada capacidad que deben ser aprendidos para el desarrollo de ésta, son los elementos curriculares mediante los cuales se desarrollan las capacidades expresadas en los resultados de aprendizaje, y definen "qué enseñar"; y

determinan el conjunto de conocimientos, actitudes y procedimientos que los estudiantes han de adquirir. Los contenidos de la enseñanza no se entienden en la actualidad exclusivamente como conocimientos teóricos, sino como saber y saber hacer, es decir, como contenidos conceptuales y contenidos procedimentales.[14]

La estrategia didáctica con la que se desea trabajar desde la materia de TIC en la unidad de aprendizaje de Internet y comunicación comprende la implementación de los foros de discusión como herramienta de colaboración y comunicación se pretende facilitar el aprendizaje de los estudiantes, la cual está integrada por una serie de actividades teórico-prácticas que contemplan la interacción de los alumnos con los contenidos:

- Contenidos conceptuales: en primer lugar, son el conjunto de conocimientos teóricos que pretendemos que sean adquiridos por el aprendiz de un determinado proceso formativo e incluyen tanto los conceptos propiamente dichos como los principios y teorías en que se organizan esos conceptos.
- Contenidos Conceptuales de la asignatura TIC en la unidad Internet:
- Internet: Uso de los Foros de Discusión como recursos tecnológicos de comunicación asíncrona.
- Contenidos procedimentales, o procedimientos: constituyen el conjunto de saberes prácticos que forman la materia de un determinado proyecto de formación, es decir, no son otra cosa que las técnicas, métodos, estrategias, habilidades o destrezas que pretendemos que alguien adquiera a través de un programa de enseñanza.

Los contenidos procedimentales en el desarrollo de la estrategia planteada en este trabajo permitirán generar experiencias de aprendizaje para que los estudiantes expresen conocimientos y desarrollen habilidades y actitudes, para realizar trabajos de investigación, resolver problemas, producir materiales y transmitir información de manera efectiva con los recursos tecnológicos a su alcance y el uso formatos en programas como Word, powerpoint, etc., tal como lo indica el contenido de la materia, aplicando instrucciones y procedimientos relacionados con Internet, así como sus principales herramientas de trabajo.

- Contenidos Actitudinales: son hábitos, valores, actitudes y son necesarios en cualquier currículo formativo, ya que se requieren durante el proceso de aprendizaje; es el saber ser y saber estar, y que complementan el saber y saber hacer.
- Contenidos Actitudinales para el desarrollo de la estrategia: Trabajo Individual, Trabajo en Equipo, Trabajo Colaborativo, Organización, Orden y aprendizaje Autónomo.
- Contenidos Valorales: Orientados al desarrollo del comportamiento del alumno, actitudes que ayuden al aprendizaje: Respeto, Tolerancia, Responsabilidad.

6. CONCLUSIONES

La construcción de la sociedad del conocimiento, al requerir una alfabetización científica y tecnológica, exige acciones dirigidas a diseñar y crear nuevos recursos y materiales didácticos capaces de fomentar estrategias innovadoras de enseñanza-aprendizaje, así como de construir y ampliar las dimensiones de intercambio y comunicación en nuestras aulas.

La estrategia didáctica propuesta en el presente trabajo, se basa en el uso de los foros de discusión a través de una plataforma e-learning, buscando fortalecer los objetivos de aprendizaje de la materia, y el desarrollo de una participación activa y motivadora en el alumno, aprovechando las habilidades digitales que ya tiene.

El potencial de los diferentes recursos que ofrecen los foros de discusión en la plataforma para la comunicación y el acceso a la información de la asignatura, permite transformar los procesos de enseñanza-aprendizaje alrededor de un modelo didáctico integrado de trabajo en línea, que se desarrolla en un espacio de comunicación, donde los alumnos puedan trabajar y reflexionar sobre situaciones y conocimientos diversos, con el fin de adquirir y construir un conocimiento propio que fortalezca el trabajo desarrollado en clase.

De esta manera, es indispensable que reconstruyamos nuestras prácticas para contrastar nuestra acción con las intenciones del modelo educativo que promueve la RIEMS, buscando satisfacer las demandas de formación de nuestros estudiantes en un mundo globalizado que demanda de nuevas competencias laborales, y donde la emergencia de concepciones educativas centradas en el alumno y en el aprendizaje, están cambiando la función del maestro.

Por lo tanto, nuestra tarea como maestros es incorporar las TIC como un recurso educativo, dirigiendo nuestros esfuerzos hacia la creación de material didáctico y hacia entornos educativos significativos que faciliten la consecución de un tipo de aprendizaje comprensivo y significativo, donde la comunicación sea el eje que promueva y motive el aprendizaje colaborativo.

Nuestro reto es implementar una educación centrada en el estudiante, en sus intereses, en la vida misma, una educación que forme personas analíticas, reflexivas, participativas y cooperadoras; por lo tanto docentes y directivos debemos estar en condiciones de enfrentar con éxito los retos crecientes y cambiantes de la época. Los profesores como actores clave de la transformación educativa, debemos integrarnos al nuevo modelo educativo que propone la RIEMS, para contribuir de manera activa con una práctica educativa innovadora en el mejoramiento de la calidad educativa.

El énfasis, por tanto, debe hacerse en la docencia, en los cambios de estrategias didácticas de los profesores [18], en los sistemas de comunicación y distribución de los materiales de aprendizaje. Utilizando una variedad de tecnologías que proporcionen la flexibilidad necesaria para cubrir necesidades individuales y sociales; logrando ambientes de aprendizaje efectivos, que faciliten a los

estudiantes la apropiación de las competencias necesarias para el aprendizaje a lo largo de la vida.

7. REFERENCIAS

[1] Olive, L. La Cultura Científica y Tecnológica en el Tránsito a la Sociedad del Conocimiento. Revista de la Educación Superior. 4 (2005), pp. 49-63.

[2] González, J.C. TIC y la transformación de la práctica educativa en el contexto de las sociedades del conocimiento. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento. 5 (2008), pp 1-8.

[3] Presidencia de la Republica. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. Consultado en línea en: http://www.snieg.mx/contenidos/espanol/normatividad/MarcoJuridico/PND_2013-2018.pdf. en Mayo de 2014.

[4] SEP. Reforma Integral De La Educación Media Superior En México: Creación de un Sistema Nacional de Bachillerato en un marco de diversidad y Competencias genéricas que expresan el Perfil del Egresado de la educación media superior. Disponibles en: www.sems.sep.gob.mx.

[5] García M. Herramientas de mediación didáctica en entornos virtuales. Disponible en: http://observatorio.cnice.mec.es/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=428

[6] Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Censo de población y vivienda 2010. Consultado en línea en: http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=28 en Marzo de 2011.

[7] Prensky, M. Digital Game-Based Learning 1st ed. Mc Graw Hill New York. 2000

[8] González, J. C. NetGens 2.0, un reto para la educación superior y un desafío para los programas en Tecnologías de Información y Comunicación. Memorias de la Novena Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática. Vol. II, 206-210. Orlando Florida, USA 2010

[9] Tapscott, D. Grown up Digital. How de net generation is changing your world. New York: Mc Graw Hill. 2009.

[10] Ausubel, D. P., Novak, J. D. Psicología Educativa. Un Punto de vista Cognoscitivo. 2ª edición – México: Trillas. 1983

[11] Gillani, B.B. & Relan, A. Incorporating interactivity and multimedia into web-based instruction. In B. H. Khan (Ed.), Web-based instruction, pp. 231-237. Educational Technology Publications: New Jersey.1997

[12] Palacios, J. (2007). La cuestión escolar: críticas y alternativas, Ed. Coyoacán, Col. Pedagogía, México.

[13] Perrenoud, P. Diez nuevas competencias para enseñar. Barcelona: Graó, Biblioteca de aula No.196. 2004.

[14] Vargas, B. El Aprendizaje y el desarrollo de las Competencias. 2005.

[15] Castro, R. Currículo y evaluación, Textos guías, Universidad Bío Bío, Facultad de Educación y Humanidades, Departamento de Ciencias de la Educación. 2002. Disponible en: http://zeus.dci.ubiobio.cl/~cidcie/guia/pag/capitulo7.htm

[16] Universidad Pedagógica Nacional Evaluación de los aprendizajes y las competencias en la Licenciatura en Intervención Educativa (documento de trabajo), México. 2003.

[17] Ríos, C. Evaluación en tiempos de cambio, Universidad Pedagógica Nacional (documento de trabajo). 2003

[18] Salinas, J. Innovación docente y uso de las TIC en la enseñanza universitaria. Revista Universidad y Sociedad del Conocimiento. 1(1) Noviembre. 2004

O impacto das TIC na implantação do Laboratório de Observação Socianalítica/LOBS: aplicação em biodiversidade, inovação e saúde.

Maria da Conceição do N. Monteiro, Núcleo de Gestão da Biodiversidade e Saúde/ NGBS/FARMANGUINHOS/FIOCRUZ.

Regina Coeli Nacif da Costa, Núcleo de Gestão da Biodiversidade e Saúde/ NGBS/FARMANGUINHOS/FIOCRUZ.

Glauco de Kruse Villas Bôas, Núcleo de Gestão da Biodiversidade e Saúde/ NGBS/FARMANGUINHOS/FIOCRUZ.

Contextualização do LOBS na biodiversidade, inovação e saúde

O Laboratório de Observação Socianalítica tem como objetivo principal registrar e utilizar recursos tecnológicos para possibilitar a comunicação e divulgação desses conhecimentos aliados a temas da Inovação e Saúde.Para isso, envolve profissionais, professores e pesquisadores dessas áreas,a fim de desenvolverem projetos, estudos e pesquisas utilizando a socianálise como metodologia de intervenção em campo, com vistas à divulgação e integração das atividades que ocorrem nas RedesFito – Sistema Nacional das Redes de Medicamentos da Biodiversidade Brasileira, voltado para a inovação em medicamentos da biodiversidade, estruturado a partir dos principais biomas brasileiros. Este sistema é organização pelo Núcleo de Gestão da Biodiversidade e Saúde.

Este artigo visa apresentar as contribuições das TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação - e suas ferramentas de valor estratégico na implantação e utilização do LOBS, tendo em vista os objetivos acima descritos.

Descrição do LOBS

As atividades do Laboratório de Observação Socianalítica Aplicada à Inovação de Medicamentos da Biodiversidade têm em seu escopo as atividades da biodiversidade alinhadas com a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos, aprovada em 2006 pelo Governo Federal. A sua missão inclui o acompanhamento das inovações de medicamentos da biodiversidade, através de intercâmbio e convênios entre as instituições acadêmicas, serviços e organizações sociais.

O Laboratório de Observação Socianalítica Aplicada à Inovação de Medicamentos da Biodiversidade/LOBS é um dispositivo tecnológico para acompanhar, divulgar e identificar projetos potenciais relacionados à inovação de medicamentos da biodiversidade que apresentem problemáticas específicas ou temas estratégicos. O LOBS tem como objetivo identificar, selecionar e desenvolver projetos em inovação de medicamentos da biodiversidade, a partir dos conceitos e conteúdos teóricos que orientam a filosofia e a *praxi* do NGBS – Núcleo de Gestão da Biodiversidade e Saúde, em suas áreas potenciais:Conhecimento, Gestão das REDESFITO; Plataforma Agroecológica e no apoio às ações capazes de promover melhoria na qualidade de vida da população.

O LOBS tem em seu foco acompanhar e realizar estudos e pesquisas em biodiversidade e saúde; formação de recursos humanos em gestão; intervenção socioanalítica em territórios constituídos de Arranjos Produtivos Locais/APLs e em instituições vinculadas ao Sistema Nacional das REDESFITO, distribuídos nos biomas Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica/RJ e SP Pantanal e Pampa. Considerando que a área de conhecimento do NGBS realiza formação de gestores, capacitação de agricultores na metodologia agroflorestal, voltados para o plantio, cultivo, colheita e comercialização de Plantas Medicinais, o LOBS, através da área de conhecimento do NGBS, visa identificar, acompanhar e realizar projetos de capacitação de prescritores para a assistência a população atendida nas Unidades Básicas de Saúde/ Sistema Único de Saúde/SUS.

O LOBS busca também identificar projetos de Territórios Etnográficos e Etnoeducacionais, os quais são entendidos como territórios constituídos de indígenas e comunidades tradicionais que vivem nos biomas e desenvolvem agricultura familiar e de plantas medicinais e, sobretudo por aquelas populações rurais demarcadas pelo Sistema Nacional das REDESFITO.

O impacto das TIC na implantação do LOBS

O Laboratório de Observação Socianalítica/LOBS tem buscado nas Tecnologias da Informação e Comunicação as ferramentas gerenciais na busca da consecução das atividades visando facilitar a integração entre os atores envolvidos, a comunidade acadêmica e científica e a sociedade de modo geral.

Os suportes tecnológicos propiciam trabalho colaborativo entre as comunidades envolvidas na construção do projeto e oportunizam a multidirecionalidade em rede. Seu valor estratégico consiste na possibilidade de consolidação das RedesFito – Sistema Nacional das Redes de Medicamentos da Biodiversidade Brasileira com a utilização da socianálise como metodologia de intervenção em campo.

Sendo o LOBS um dispositivo para acompanhar, divulgar e identificar projetos potenciais relacionados à inovação de medicamentos da biodiversidade que apresentem problemáticas específicas ou temas estratégicos tem como objetivo identificar, selecionar e desenvolver projetos em inovação de medicamentos da biodiversidade.

As contribuições das TIC na implantação e desenvolvimento do LOBS

Ao longo dos últimos anos, o processo de globalização gerou um aumento da dinâmica tecnológica, inserindo o NGBS num cenário em que convivem, cada vez mais, desafios e oportunidades enormes no que se refere ao desenvolvimento de ações em Biodiversidade e Saúde.

No cenário multidiverso do LOBS, o impacto das TIC consiste principalmente na experiência da complexidade no âmbito da Comunicação e na busca de novos modelos de construção de conhecimento que aproximem os saberes e culturas locais e funcionem como elementos de mediação para a democratização do saber propiciada pelas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) que oferecem todo um conjunto de instrumentos, ferramentas e facilidades para contribuir com a superação de desafios de forma a tornar o projeto do LOBS mais efetivo, consistente e relevante em termos de resultados.

O desenvolvimento e implantação do projeto LOBS permitiu avaliar claramente a necessidade e importância das TIC baseadas na WEB para facilitar e dar suporte a algumas ações básicas como:

1. Gerenciar bases de dados e informações;
2. Disponibilizar serviços de apoio aos parceiros;
3. Comunicar e promover interação entre os atores;
4. Gerenciar projetos mobilizadores;
5. Receber sugestões e demandas.

Uma base estruturada de informação e gestão de conhecimento tem caráter efetivo para assegurar a implantação do LOBS seja pela disseminação de conhecimento, seja comunicação, integração e gestão das diversas iniciativas envolvidas. A consolidação e expansão da *web* estabelecem neste projeto uma base tecnológica e funcional nas ferramentas de suporte aos programas de desenvolvimento e inovação.

É evidente o impacto das TIC e a oportunidade de utilização de suas ferramentas para maximizar os resultados e a *performance* do projeto do LOBS. Isto fica ainda mais claro quando se aplicam a

experiências nacionais e internacionais permitindo o armazenamento, acesso e gerência de dados, informações e conhecimentos de forma amigável e eficaz.

A seguir, apresentamos algumas possibilidades e oportunidades de aplicação de TIC no Projeto LOBS tendo em vista os diferentes níveis do programa:

1. Para potencializar e maximizar os sistemas de comunicação, integração de atores, gerenciamento de processos críticos;

2. Para facilitar a comunicação e articulação dos atores do programa (universidades, empresas, comunidade, governo) por meio de informativos eletrônicos, redes sociais e ambientes colaborativos.

3. Para gerenciamento de processos críticos do projeto, tais como o planejamento de novos pólos, parques e incubadoras, a implantação e acompanhamento de projetos e a gestão do programa como um todo.

4. Para dar suporte ao Sistema Nacional das REDESFITO para proposição, acompanhamento e gestão de projetos mobilizadores. Com o suporte das TIC será possível planejar, gerenciar e monitorar os projetos, especialmente no que se refere às atividades colaborativas.

5. Para criação de Bases de Dados que constituem gargalos freqüentes nos programas de desenvolvimento regional as TIC possibilitam a disponibilidade de bases de dados estruturadas e atualizadas acerca dos setores/cadeias industriais e dos pólos de inovação vinculados aos APLs – Arranjos Produtivos Locais e aqueles vinculados à cadeia produtiva de medicamentos da biodiversidade desde o plantio, cultivo e colheita de Plantas Medicinais até a assistência básica aos pacientes atendidos no SUS. É fundamental a presença de softwares/sistemas de tratamento dos dados para gerar informação e conhecimento que permitam a realização de análises e a tomadas de decisão.

6. Para a geração de gráficos, matrizes e quadros comparativos – a partir das bases de dados e sistemas de tratamento mencionados acima, é possível a geração de ferramentas de suporte à decisão como os gráficos, matrizes e quadros comparativos acerca dos setores e cadeias industriais, clusters de inovação e pólos regionais. Estes instrumentos permitem uma gestão (planejamento, execução e monitoramento) e avaliação de resultados dos programas de desenvolvimento de forma mais consistente e confiável.

7. Para o desenvolvimento de estudos e relatórios sobre os Territórios Etnográficos e Etno-educacionais que podem envolver mais de um município ou estado, demarcados pelo Sistema Nacional das REDESFITO são fundamentais informações completas e atualizadas. Para tanto, é muito conveniente a existência de robôs de busca e gestão de documentos que permitam a identificação de estudos, relatórios e pesquisas acerca da cadeia produtiva, além de canais diretos de comunicação e caracterização de demandas.

8. Para a criação de um Sistema de indicadores de sustentabilidade e competitividade - o LOBS precisa de uma ferramenta de alimentação e acesso a indicadores de sustentabilidade e competitividade,

muitas vezes obtidos a partir de outras bases já existentes.

Assim sendo, a aplicação de ferramentas de TIC a este projeto de implantação do LOBS faz com que os processos críticos e informações relevantes sejam mais bem dominados, o que permite uma "automação" mais inteligente e eficiente.

Ferramentas utilizadas na implantação e desenvolvimento do LOBS

No contexto descrito, o problema em foco consiste em estabelecer claramente qual deve ser o melhor caminho para introduzir, de forma sistemática, organizada e efetiva, recursos de TIC como elementos facilitadores na implantação do Projeto LOBS ao associar-se à metodologia Socianalítica.

Os pressupostos e as diretrizes da metodologia Socianalítica caracterizam-se pela vivência de sentimentos contraditórios, de experiências surpreendentes, de troca e de experiência em rede entre diferentes atores sociais.

O projeto do LOBS inclui a instauração de comunidades on-line, as chamadas redes sociais que têm potencial para se tornar um valioso recurso de apoio às comunicações e colaborações entre os atores.

Como forte característica, elas funcionam essencialmente como ferramentas de comunicação, em que ocorre maior valorização dos elos informacionais e das relações entre os membros, podendo se tornar um fator agregador para o sucesso do LOBS.

Desta forma, a facilidade de acesso a um ambiente comum e de interesses comuns, entre os diversos atores da rede possibilita uma maior difusão do conhecimento e interação social. Essa necessidade de compartilhamento de experiências faz com que as redes sociais sejam potencialmente ativas e complementadoras. Assim, as redes sociais podem ser uma forma válida com alto nível de interação e comunicação.

A utilização de web videoconferência neste projeto na comunicação e articulação dos atores do LOBS consiste em uma reunião virtual na internet que ocorre através de aplicativos com possibilidades de compartilhamento de voz, vídeo, textos e arquivos via web na qual cada participante interage com os demais parceiros através do seu próprio computador. As reuniões ficam gravadas e podem ser assistidas novamente.

A utilização da *web* videoconferência permite a instalação de mesas redondas e discussões coletivas entre atores em diferentes espaços geográficos e sociais.

Também incluído no Projeto LOBS, o *chat* é um espaço on-line de bate-papo síncrono (com hora marcada) com envio e recepção simultâneos de mensagens textuais e imagéticas. Diferentes atores podem propor o tema e debatê-lo. Podem convidar outros participantes da rede e colaboradores externos, agendando dia e hora. O chat potencializa a socialização on-line e promove sentimento de pertencimento, vínculos afetivos e interatividade. O texto das participações é quase sempre telegráfico, ligeiro, não linear e próximo da linguagem oral, efervescente e polifônico. Pode ser tomado como documento produzido pelo grupo e enviado para os integrantes da Rede que não puderam estar presentes.

Outra atividade importante é o fórum, um espaço on-line de discussão em grupo. Tal como no chat, os atores conversam entre si. A diferença é que o chat é síncrono (as pessoas se encontram com hora marcada) e o fórum é assíncrono (as participações em texto e em imagens ficam disponibilizadas nesse espaço, esperando que alguém do grupo se dê conta e se posicione a respeito). Em interatividade assíncrona, os participantes podem trocar opiniões e debater temas propostos.

Assim, com a utilização dos recursos das TIC o acesso às informações e as trocas são tão significativas que o Projeto adquire maior dinamismo ao transformar os atores em construtores dos conhecimentos a partir das descobertas que os ambientes informatizados em rede podem facilitar.

Considerações finais: LOBS desafios e possibilidades

Neste artigo procuramos identificar nas ações de implantação do LOBS e o impacto das TIC, seus principais desafios e possibilidades.

Dentre os fatores que podem interferir no acesso à Internet, destaca-se o local de moradia que deve levar em conta as pessoas que vivem em comunidades rurais, como acontece com alguns atores envolvidos neste Projeto, que terão que contar com pólos de atendimento com os aportes tecnológicos necessários o que nos faz pensar incluir no planejamento das ações parcerias para que os processos de comunicação possam ser desenvolvidos.

Por outro lado, a *web* oferece processos mais ágeis, mais baratos e mais democráticos, destinados a um maior número de pessoas, desde que estejam disponíveis.

A integração proporcionada pelas TIC fará com que os gestores deste projeto tenham flexibilidade para seu desenvolvimento facilitando a entrada de pessoas, de banco de dados e plataformas mais amplas de comunicação, para que uma vez definidos os seus rumos e as metas do projeto, o mesmo possa se estabelecer em qualquer lugar do país e que permitir o acesso a atores de outros países a fim de trocar informações, registros e tecnologias.

Os relatos, discussões das videoconferências e as trocas de informações via web fornecem dados importantes que revelam práticas, reflexões que representam as identidades individuais e coletivas dos atores envolvidos no projeto. Neste contexto, todos se tornam capazes de "sair' da posição de meros espectadores e ganham voz assumindo seu papel efetivo nos acontecimentos.

Por valorizar a oralidade, a metodologia socioanalítica encontra nos espaços de comunicação da web importantes ferramentas.

Referências Bibliográficas

LÉVY, P – *O que é o virtual*? Editora 34, 2003. São Paulo.

PIAGET, J - A equilibração das estruturas cognitivas. Editora Zahar, 1976. Rio de Janeiro.

OKADA, A – The collectives Building of Knowledge in Collaborative Learning Environments. In_____ Roberts, T. (Org) *Computer-Supported Collaborative Learning in HigherEducation*.1a ed. Idea Groups, v.1 70:99.2005, London.

OKADA, A – Knowledge Media Technologies for Open Learning.*The International Journal of Technology, Knowledge & Society.*Vol. 3.1 70:99, 2007. London.

VILLE,P.; GILON, C. *Socianalyse institucionelle*, conferências proferidas em FIOCRUZ/FARMANGUINHOS/NGBS/ 2010.

VILLE,P.; GILON, C.*Le socianalyste est un point d'appui,* conferências proferidas na FIOCRUZ/FARMANGUINHOS/NGBS 2013.

Entrenador virtual para el Aprendizaje de Rutinas Motoras, en personas con ausencia de un miembro superior

Pablo A. MUNÉVAR
Escuela Ciencias de la Educación. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
Bogotá, Colombia.

RESUMEN

El proyecto de investigación en el campo de las ayudas aumentativas para discapacitados, tiene como objetivo principal evaluar el aprendizaje de rutinas motoras en una persona con amputación traumática a nivel del tercio distal del codo por medio de un entrenador virtual controlado por señales mioeléctricas. Este tema de investigación es de gran importancia porque prepara a la persona para el uso de una prótesis real y a nivel cognitivo, el entrenador permite crear un sistema de auto representación, es un punto de convergencia en el sistema de retroalimentación visual y propioceptiva. Además, debido a la relación de manipulación – identificación – transformación de objetos, ofrece al cerebro nuevos modos de aproximarse a tareas anteriores y la posibilidad de emprender otras nuevas. Para esta investigación, se diseñó, elaboró y validó el sistema de captura y reconocimiento de las señales mioeléctricas y el modelo de aprendizaje por observación propuesto inicialmente.

Palabras Claves: Aprendizaje de rutinas motoras, Discapacidad, Realidad virtual, Señales mioeléctricas, Ambientes Virtuales.

ABSTRACT

Research project in the field of augmentative aids for disabled people, has as a main objective assessing the learning of motor routines in a person with traumatic amputation on the distal side, by a virtual trainer controlled by myoelectric signals. This research is important because it prepares the individual for the use of a real prosthesis and, thus, on a cognitive level, the virtual coach can create a system of self-representation, which is a point of convergence in the visual feedback system and is proprioceptive. In addition, because of the relationship of manipulation - identification - transformation of objects, the brain provides new ways of approaching prior tasks and the possibility of starting new ones. For this investigation, a system for capturing and recognizing myoelectric signals and the observational learning model proposed, was designed, developed and validated.

Keywords: Motor learning routines, Disability, Virtual Reality, myoelectric signals, Virtual Environments.

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto de investigación en el campo de las ayudas aumentativas para discapacitados, se enfoca al aprendizaje de rutinas motoras en procesos prensiles, por medio de un entorno virtual. El aprendizaje de estas rutinas es de gran importancia a nivel cognitivo, dado que la mano permite crear un sistema de auto representación, es un punto de convergencia en el sistema de retroalimentación visual y propioceptiva, debido a la relación de manipulación – identificación – transformación de objetos, ofrece al cerebro nuevos modos de aproximarse a tareas anteriores y la posibilidad de emprender otras nuevas.

Wilson (1998) afirma que en los seres humanos la inteligencia ha estado relacionada con el diseño y construcción de artefactos. La mano ha sido la compañera fundamental del cerebro para convertir el pensamiento en acción, ya que las ideas se traducen mecánicamente en acciones, estimulando así en el cerebro la construcción de nuevos programas motores, rediseñando caminos sinápticos, procesando datos visuales para crear formas de movimiento, cambiando planos de referencia, creando representaciones jerárquicas para configurar los procesos preceptúales útiles en el control de movimientos, en otras palabras el cerebro le habla a la mano como la mano le habla al cerebro.

Ahora, uno de los problemas en el proceso de adaptación de las prótesis mioeléctrias, es el esfuerzo cognitivo que tiene que hacer el sujeto durante su apropiación y aprendizaje. Por este motivo surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son las características técnicas y pedagógicas necesarias para el desarrollo de una herramienta de representación virtual de la mano humana controlada por señales mioeléctricas, en personas con amputación traumática de miembro superior derecho?

2. METODOLOGÍA

Módulo de realidad virtual de Matlab aplicado al simulador de prótesis virtual mioeléctrico.

La manera de elaborar la cinemática directa por el método cinemático de Denavit – Hartenberg para la mano humana, se fundamenta en las ecuaciones de movimiento y se representa el movimiento general del entrenador mediante *Matlab*. Ahora se debe implementar una interfaz gráfica, en donde se busca representar visualmente la mano mediante un programa de diseño tridimensional para lograr visualizar bien los movimientos a ejecutar y lograr una apariencia un poco más realista de la mano.

En la actualidad se tienen diferentes medios de programación en los cuales se puede simular mundos virtuales, es el caso de programas como VrmlPad, 3D ImageScene, Cosmo Player, (entre otros) en los que se busca simular entornos en tiempo real, para la representación de la mano humana en éste caso se elabora en un programa de realidad virtual el cual tiene integrado Matlab, en donde su funcionamiento es compatible con la programación de las ecuaciones de

movimiento. V-Realm- Builder es una herramienta gráfica para la edición 3D que proporciona una interfaz con sintaxis de VRML, una de las características más importantes de éste programa es que al ser un programa integrado con *Matlab*, se pueden trabajar paralelamente para la simulación, en función de una programación establecida. A continuación en las figuras 2, 3, 4, 5, 6, 7 se presentan los cinco movimientos que se han desarrollado en *Matlab*.

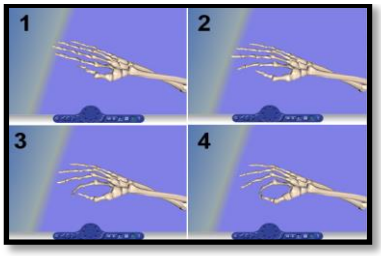


Figura 1. Simulación del movimiento de pinza bidigital de la mano en función de las ecuaciones de movimiento elaboradas en Matlab. Fuente: El presente estudio

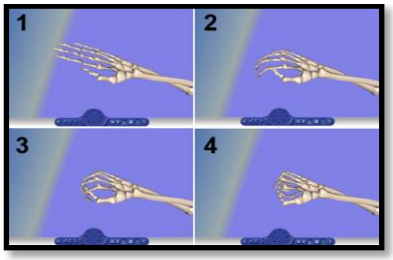


Figura 2. Simulación del movimiento de cierre de la mano en función de las ecuaciones de movimiento elaboradas en Matlab. Fuente: El presente estudio

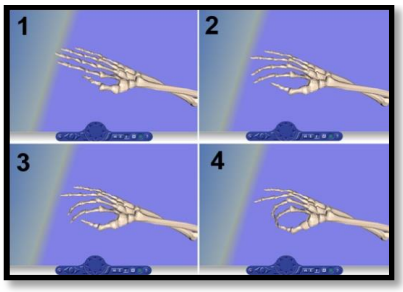


Figura 3. Simulación del movimiento de pinza tridigital de la mano en función de las ecuaciones de movimiento elaboradas en Matlab. Fuente: El presente estudio

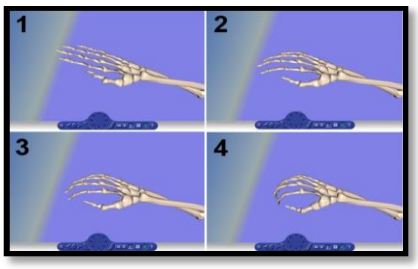


Figura 4. Simulación del movimiento de agarre cilíndrico en función de las ecuaciones de movimiento elaboradas en Matlab. Fuente: El presente estudio

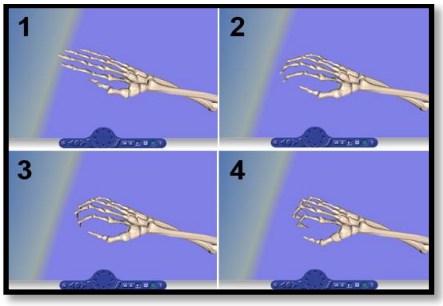


Figura 5. Simulación del movimiento agarre tipo gancho de la mano en función de las ecuaciones de movimiento elaboradas en Matlab. Fuente: El presente estudio

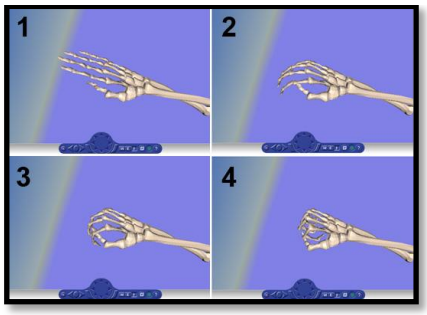


Figura 6. Simulación del movimiento de cierre de la mano en función de las ecuaciones de movimiento elaboradas en Matlab. Fuente: El presente estudio

El desarrollo de este proyecto se enmarca en el modelo de investigación cualitativa – experimental, en donde se pretende evaluar un ambiente de aprendizaje de rutinas motoras en un sujeto con amputación de miembro superior derecho a nivel del tercio proximal del antebrazo, cuando éste controla una simulación del miembro superior en un programa de realidad virtual soportado en el software *Matlab*, mediante señales generadas por el cuerpo humano.

Para la evaluación del sistema de aprendizaje se ha desarrollado una interfaz gráfica en donde se visualiza la mano humana con 15 grados de libertad y ésta representa 5 tipos de prensión básicos la cuál desde el punto de vista físico se representa visualmente al sujeto mediante la pantalla del computador y desde el punto de vista pedagógico utiliza el ambiente de aprendizaje por observación, el cuál concibe el desarrollo psicomotor como una organización jerarquizada que va desde los desplazamientos exógenos, pasando por los desplazamientos autónomos, hasta los desplazamientos corporales constructivos. (Wallon, 1997).

La metodología escogida para el desarrollo de ésta propuesta, es la metodología de análisis de protocolos verbales, según Maldonado (2001), en ésta

se intenta un acercamiento al estudio de la representación de conocimiento de validez general que puede ser aplicado a los procesos cognitivos de personas que tienen limitaciones sensoriales, por esta razón es una metodología propicia para el análisis del ambiente de aprendizaje por observación en una persona con una amputación, en esta metodología se consideran tres etapas principales en donde la primera es la recolección de la información que se verá representada en la experimentación en el desarrollo de los protocolos verbales recitados por la persona que elabora el movimiento planteado, hay que recordar que en esta experimentación la persona hace la verbalización a medida que se hace el proceso de pensamiento, este proceso se conoce como modelo de informe verbal concurrente, este ejercicio exige la reestructuración y la configuración de relaciones ante nuevas situaciones de presión (Páez, 2008); la segunda etapa es la codificación de la información, que se elabora estudiando y analizando un registro de la verbalización que previamente ha sido registrada en un formato de video para así evidenciar el proceso de aprendizaje, en función de los pasos utilizados por él para el desarrollo de la situación problema. Por último en la tercera etapa se debe presentar de manera formal la información en forma de proposiciones, este paso constituye un modelo computacional, en el cual se pueden generar nuevas preguntas que amplían la comprensión del fenómeno. (Maldonado, 2001).

Para el desarrollo de la propuesta se cuenta con una persona mayor de edad con una amputación (desde hace más de 17 años) a nivel del tercio proximal de antebrazo, de género masculino y en donde la diagnosis que presenta se describe en términos de: movilidad parcial del codo, funciones mentales globales y específicas normales, funciones sensoriales, de voz y habla normales.

El procedimiento para llevar a cabo comienza por entrenar al sujeto en el ambiente de aprendizaje por observación con las actividades correspondientes a dicho ambiente, luego se plantean 5 ejercicios de prensión para que la persona las ejecute y así definir la estrategia cognitiva utilizada para el desarrollo de la tarea.

El modelo teórico para la implementación de los protocolos verbales (Maldonado, 2001), está fundamentado en la teoría del procesamiento de la información en donde los parámetros generales son:

1. Existe un conjunto de elementos llamados símbolos.
2. La estructura de los símbolos depende de la conexión de las relaciones.
3. La memoria se considera como un elemento que almacena y coordina estructuras.
4. El proceso de información inherente al desarrollo de la actividad se desarrolla teniendo en cuenta las estructuras de los símbolos antes y después del proceso.
5. El procesamiento de información requiere de un elemento denominado procesador el cual toma los procesos elementales de información, los combina y los prepara para interpretarlos.

El proceso de información se desarrolla en un ambiente de aprendizaje el cual está conformado por un conjunto de rasgos o estímulos externos que se reflejan en la representación que la persona se hace de la tarea. En este proceso hay que tener en cuenta:

1. La distribución de la información. (Punto de partida – Elaboración – Punto de llegada).
2. Naturaleza de las Restricciones. (Alternativas de prensión de la prótesis – Objetos geométricos presentados durante la experimentación).
3. Espacio del problema. (Representación que la persona hace de la tarea).
4. Complejidad de los problemas. (Cantidad de rutinas motoras utilizadas en su solución).
5. Proceso de Transferencia. (Utilización de las rutinas aprendidas en la solución de nuevos problemas).
6. Tipo de Respuestas. (Alternativas de utilización de la prótesis por parte de la persona durante la solución de un problema de prensión).
7. Retroalimentación. (Procesos meta-cognitivos en la búsqueda de alternativas en la solución de un problema de prensión).
8. Costo de errores. (En el éxito o fracaso en la solución de un problema de prensión).

El paso siguiente en la metodología de análisis de protocolos verbales consiste en transcribir el contenido del registro de la manera más fiel posible este paso se denomina como proceso de codificación y a continuación se describen los puntos principales:

1. Transcripción de los datos grabados en formato digital.

2. Análisis de Vocabulario.

- Objetos.
- Relaciones: permite percibir estructuras de objetos para manipularlos.
- Operadores: al aplicarlas a los objetos genera transformaciones de posición, velocidad.
- Control: lo que puedo modificar del estado de los objetos que manipula.
- Procesos Evaluativos: Procedimientos de metacognición sobre lo que hace con la prótesis.
- Objetivos: marca la dirección de la acción de prensión.

3. Segmentación y Codificación.

- Codificación de Segmentos (Unidades Significativas).
- Duración.
- Codificación en Términos de lógica formal.
- Sistema de Producción (Identificación de la estrategia).

Análisis de Datos.

Teniendo en cuenta el enfoque del ambiente de aprendizaje utilizado, se diseñan un conjunto de actividades de prensión para el desarrollo de la investigación. Como en este caso el ambiente utilizado es el ambiente de aprendizaje por observación, inicialmente se hace una explicación visual y oral de los movimientos propuestos por el investigador, para que la persona los realice con la simulación del miembro superior en la pantalla del ordenador, después se da la instrucción para que la persona logre hacer 5 movimientos en orden aleatorio para que la persona los resuelva utilizando las rutinas de prensión aprendidas. En la fase de evaluación se consideran los siguientes parámetros:

Éxito del ejercicio: Es el cumplimiento de una tarea de prensión propuesta.

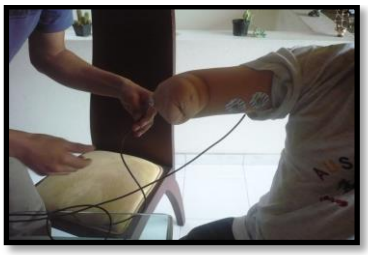
Fracaso del ejercicio: No cumplimiento de una tarea de prensión propuesta.

Eficacia del ejercicio: Es la relación entre el número de éxitos a alcanzar de la tarea sobre el número total de repeticiones.

La condición para que la persona vaya avanzando en el desarrollo de los ejercicios es elaborar un mismo movimiento cinco veces, de lo contrario la persona deberá volverlo a intentar hasta que se cumpla con el objetivo**.**

3. RESULTADOS

En la primera etapa del ambiente de aprendizaje por observación, se busca informar al sujeto el funcionamiento general del entrenador, las restricciones que se deben tener, y los tiempos que el sistema reconoce para obtener una contracción válida, además se procede a la distribución de los electrodos, en los músculos de mayor actividad mioeléctrica, como se muestra a continuación:



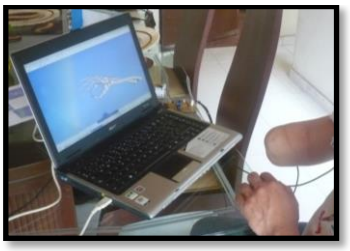
Fotografía 1: Posición de los electrodos. Fuente: El presente estudio

Según el esquema que se ha planteado para la elaboración de la experimentación, en la segunda etapa, se hace una explicación visual y oral de los movimientos exógenos planteados. En donde la persona por medio de la observación y una explicación verbal por parte del experimentador, comprende cómo se controla la imagen. De esta manera tenemos la siguiente lista:

Pinza bidigital (una contracción muscular).
Pinza tridigital (dos contracciones musculares).
Agarre cilíndrico (tres contracciones musculares).
Agarre en forma de gancho (cuatro contracciones musculares).
Cierre de mano (cinco contracciones musculares).

En esta primera parte de la experimentación el objetivo principal es que la persona aprenda a hacer los movimientos de la lista anterior. En este entrenamiento la persona aprende a hacer un cierre en pinza bidigital en el simulador. Para poder establecer si la persona aprendió el movimiento, éste debe hacer 5 repeticiones correctas de cada movimiento consecutivamente, de lo contrario se debe comenzar el ejercicio nuevamente hasta que lo pueda lograr.

La fotografía 2, presenta el entrenamiento de la persona durante el aprendizaje de la rutina motora para el movimiento de pinza bidigital.



Fotografía 2: Entrenamiento del movimiento de pinza bidigital. Fuente: El presente estudio

A medida que se va avanzando en los ejercicios, el nivel de complejidad va aumentando, dado que la cantidad de contracciones es mayor para la generación de cada movimiento. Es interesante analizar como a medida que aumenta la curva de aprendizaje, la persona va a automatizando los movimientos y los genera de manera más rápida.

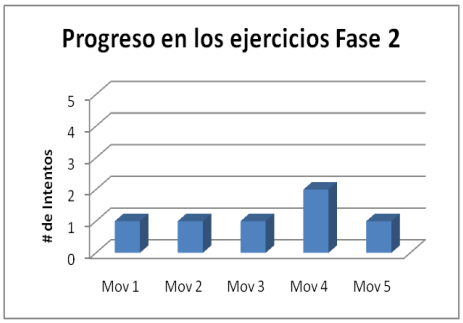
En la Gráfica 1 se presenta el resumen de los intentos realizados en cada movimiento v/s los 5 movimientos:

Gráfica 1. Resumen del progreso del total de los ejercicios en

la primera etapa de entrenamiento. Fuente: El presente estudio

En la gráfica anterior, se observa que al principio de la experimentación la persona tenía que hacer más intentos para lograr el objetivo, lo que se considera comprensible debido a que estaba en etapa de aprendizaje y era poco probable que respondiera efectivamente con todas las contracciones adecuadamente en la primera vez, sin embargo a medida que la persona va practicando el ejercicio, vemos que en los movimientos 4 y 5 los intentos cada vez van disminuyendo. De acuerdo a los datos obtenidos, se determinó una eficacia del 40%.

Durante el desarrollo de la fase 2, se evidencia un buen manejo en el control del dispositivo, solo se tiene un error en el movimiento número 4 y fue debido a una distracción momentánea de la persona, en la siguiente gráfica se analiza que el aprendizaje respecto a la fase 1 se ha mantenido y se considera como buena dado que la eficacia aumento al 80%.



Gráfica 2. Resumen del progreso del total de los ejercicios en la fase 2. Fuente: El presente estudio

4. CONCLUSIONES

Se logró diseñar en un ambiente virtual la representación del miembro superior derecho y controlarlo con señales mioeléctricas, para que las personas con este tipo de amputación puedan ejercitar el miembro afectado de una manera fácil y práctica, el ambiente virtual utilizado fue un entorno de realidad virtual que trae incluido *Matlab*, en el cuál se pudo crear una interfaz interactiva y se pudo evaluar en un ambiente de aprendizaje.

Se logró representar gráficamente el miembro superior derecho de una persona en un programa de realidad virtual para llevar a cabo una simulación de 5 movimientos de la mano humana que son controlados por impulsos eléctricos provenientes del brazo de una persona.

El ambiente de aprendizaje por observación se evaluó en cada una de sus fases por 5 ejercicios de prensión, en donde básicamente se medía la eficacia del aprendizaje mediante la relación entre el porcentaje total de contracciones elaboradas sobre el porcentaje de contracciones a elaborar, teniendo como resultado en la fase 1 una eficacia del 40% y en la fase 2 una eficacia del 80%, con estos resultados se ve claramente que en el paso de una fase a la otra existe un aumento, de esta manera se comprueba que después de un corto entrenamiento en la interfaz, la persona al mejorar la eficacia está evidenciando la evolución del aprendizaje, de esta manera se coincide con el planteamiento hecho por Sicilia y Manuel (2007), cuando argumentan que el aprendizaje, en general, supone un proceso de modificación de la conducta, como consecuencia de la práctica.

De acuerdo con las pruebas realizadas al circuito, se tuvo como resultado que todas las personas que se conectaron los electrodos e hicieron los diez movimientos y la persona amputada en la experimentación sufrieron de cansancio en el transcurso del ejercicio y coincidieron en que es un buen ejercicio para ejercitar el músculo, pues en su mayoría sintió dolor muscular al otro día de la prueba, lo que da por pensar que si el ejercicio es continuo y rutinario podría ser un buen método para ejercitar el miembro de la persona amputada y efectivamente poder tener un mayor control de dispositivos externos controlados por este tipo de señales.

La representación del sistema óseo del miembro superior derecho no fue la mejor idea, pues en la experimentación la persona le pareció muy impactante la imagen y sugirió que fuera cambiada, de esta manera si se quiere avanzar en el desarrollo del entrenador éste debe representar el sistema tegumentario de la mano, para que tenga una apariencia más realista y la persona se sienta más cómodo con la interfaz.

El mundo virtual representado en *Matlab* fue de gran ayuda para retroalimentar el control que se tenía en cada contracción, sin embargo el tiempo de respuesta era bastante largo y esto generaba distracción en el ejercicio, para esto es bueno buscar un comando o una rutina en *Matlab*, que reduzca el tiempo de lectura del puerto, de manera que cuando el DSPic envíe los datos, inmediatamente el programa elaborado en *Matlab* los reconozca y la ejecución del movimiento sea más rápido, con esto se ganaría habilidad en el aprendizaje de las rutinas motoras preestablecidas.

La memorización de los ejercicios de prensión y el número de contracciones se llevó a cabo cuando la persona entro en la fase 2, solo en este instante fue llevada a cabo la apropiación de la información pues sintió la ausencia de la hoja de referencia, y se preocupó por recordar los movimientos v/s el número de contracciones, el experimentador solo tuvo que apoyarlo en un movimiento de prensión, y en el resto del proceso no tuvo sino un solo error, de esta conclusión se desprende la idea que tiene Rosenzweig (1997) sobre el aprendizaje y la memoria, en la medida que se confirma la afirmación que el autor comenta cuando habla de que cada vez que la persona aprende algo se necesita de una memoria para evocar lo

aprendido esta se refleja en el protocolo verbal de la fase de movimientos autónomos.

En el proceso de aprendizaje la persona iba evaluando las diferentes formas de hacer una contracción válida. Buscando una rutina estándar para todas las contracciones, la rutina que más le funcionó fue hacer las contracciones mientras miraba el LED, luego de fijarse que todas estaban bien hechas miraba la interfaz para corroborar que el movimiento si era el elegido. Esto confirma en primera medida la importancia que tiene el LED indicador y como segunda medida ratifica que la persona utiliza bien el modelo teórico de aprendizaje motor correspondiente al procesamiento de la información (Páez, 2008) pues primero la persona se tomaba el tiempo para hacer un análisis de estímulos (perceptivo) esto se evidenciaba cuando analizaba el ejercicio a ejecutar de tal manera que lo representaba con la mano izquierda, luego de acuerdo con la información recibida daba orientación a la posible respuesta (decisional), esto se evidencia cuando repetía el número de contracciones que tenía que hacer en voz alta y por último el mecanismo de ejecución (en este caso los músculos) coordinaba las acciones pertinentes para llevar a cabo el movimiento.

5. REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS

[1] Aldana Callejas, A. (2006). *Obtención y análisis de señales bioeléctricas, apoyados en el diseño e implementación de un electromiógrafo virtual*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

[2] Alonso A, A. (2002). *Entrenador de mioeléctrico prótesis para amputados entre brazo y mano*. España: Universidad de Valladolid.

[3] Antonio O. S & Martínez M. (1965). *Comportamiento motor. Modelos actuales, su aplicación al aprendizaje de habilidades en el aula de educación física*.

[4] Barrientos, A. (1997). *Fundamentos de robótica*. España: Universidad Politécnica de Madrid.

[5] Centro de Investigaciones de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2001) *Sistema electrónico de señales mioeléctricas para el control de prótesis mioeléctrica de mano*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

[6] Craig, J. J. (2006), *Robótica*, Editorial Pearson.

[7] Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas DANE, *censo general 2005*

[8] Fonseca, V. Da. (2004) *Psicomotricidad: Paradigmas del estudio del cuerpo y de la motricidad humana.*

[9] Feuerstein, R. (1998) *The theory of Structural Cognitive Modifiability. De: Learning and Thinking Styles: Classroom Interaction*. NEA Profesional Library, National Education Association, Washington, D.C..

[10] García González, M. T. (1998). *Potenciales bioeléctricos origen y registro*. México.

[11] González, R. (1997). *Rehabilitación Médica*. España: Elsevier España.

[12] Guzmán A. & Torres V. (2007). *Pinzas y agarres privilegiables según perfil ocupacional en el diseño de una mano robótica*, artículo en preparación.

[13] Harvey D & Longstaff B. (2001). The Development of a Prosthetic Arm. Adelaide. The University of Adelaide.

[14] Julio B. de Quiroz, (1979), *Lenguaje, Aprendizaje, Psicomotricidad*. Editorial Panamericana.

[15] Maldonado, L. F. (2001). *Análisis de Protocolos: posibilidad metodológica para el estudio de procesos cognitivos.* Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

[16] Merletti, R. (2004). *Electromyography: physiology, engineering and noninvasive applications*. Wiley-IEEE.

[17] Miralles, R. (2001) *Valoración del daño corporal en el aparato locomotor*. Editorial: Masson.

[18] Muñoz B, E. (2003). *Aplicaciones de las Señales Mioeléctricas para el Control de Interfaces Hombre – máquina.* Popayán: Universidad del Cauca.

[19] Orsborn A (2006) *Simulation of an Above-Elbow Myoelectric Prosthetic Arm for Development of an Implanted Myoelectric Control System*. Western University.

[20] Páez R, J. (2008). *Aprendizaje de Actividades Motoras en Procesos Prensiles con el uso de una Prótesis Mecatrónica Controlada por Señales Mioeléctricas en Personas Amputadas entre Codo y Muñeca*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

[21] Peter Driessen, (2003), *The Experimental Portable EEG/EMG Amplifier*. University of Victoria.

[22] Rosenzweig, M. (1997). *Psicología Fisiológica*. McGraw-Hill.

[23] Sarmiento L, C. (2007). *Diseño de una prótesis para personas amputadas de mano y muñeca*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

[24] Suarez, R. (2007). *Prensión de objetos en Robótica*. España: Universidad Politécnica de Cataluña.

[25] U.S. Department of Health and Human Services, (1992), *Selected Topics in Surface*

[26] National Institute for Occupational Safety and Health (1992). *Electromyography for use in the Occupational Setting: Expert Perspectives*..

[27] Fonseca, Víctor Da (2004) *Psicomotricidad*. Editorial Trillas.

[28] Vivas A, & Aguilar E. (2007). *Modelado Geométrico y Dinámico de una Prótesis de Mano Robótica*. Popayán: Universidad del Cauca.

[29] Wallon H. (1997). *Los estadios en la psicología del niño*. Buenos Aires: Ediciones nueva visión.

[30] Wilson, F (1998) The Hand: How Its Use Shapes the Brain, Language, and Human Culture.

La Función Tutorial: Diseño de Estrategias para el Fomento del Aprendizaje Colaborativo en Ambientes Virtuales

Yurley Constanza Medina Cárdenas
yurleymed@misena.edu.co, ycmedinac@ufpso.edu.co
Grupo de Investigación en Tecnología y Desarrollo en Ingeniería (GITYD).
Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña (UFPSO).
Universidad de Santander (UDES)
Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA)

Dewar Willmer Rico Bautista
dewarrico@misena.edu.co, dwricob@ufpso.edu.co
Grupo de Investigación en Tecnología y Desarrollo en Ingeniería (GITYD).
Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña(UFPSO).

Resumen:
En este artículo de reflexión, el tema principal es el aprendizaje colaborativo y cómo alcanzar la construcción del conocimiento autónomo a través de la aplicación de la estrategia que el tutor considere más adecuada; se han recopilado los aspectos más relevantes que cumple la función tutorial en entornos o Ambientes Virtuales de Aprendizaje AVA.

Palabras Claves: Aprendizaje Colaborativo, AV, Conocimiento, Estrategia, EVA, Metodología, Técnica Didáctica, TIC, Tutoría.

1. INTRODUCCIÓN

Quienes practican la función tutorial y aún los estudiantes en el diario vivir se están relacionando y aplican constantemente la colaboración en muchas tareas comunes. La colaboración es el resultado, en pocas palabras, de las aportaciones que hacemos a nuestros compañeros de equipo (una o dos personas) en cuanto a experiencias, comentarios, sugerencias y reflexiones sobre un trabajo en particular en el cual se ha cumplido un rol con responsabilidades y, a su vez, esperamos que los demás compañeros de equipo contribuyan en el mismo sentido. Esta colaboración tiene por objeto construir un único resultado que haya sido "Trabajo de Todos". En este documento se encontrará dos temas principales, en el primero se hace una comparación de las aplicaciones y beneficios de tres metodologías del aprendizaje colaborativo para los AV. Es importante explorar este cuadro comparativo para identificar las herramientas efectivas en cada caso y de esta manera aplicarlas concretamente de acuerdo con el criterio que se estime conveniente. [**1**] [**2**]

En el segundo, se presentan cada una de las técnicas del aprendizaje colaborativo (específicamente tres), las características, estrategias para su implementación, roles y demás información importante que ayudará al tutor a usar y aplicarlas en los ambientes virtuales a través de ejemplos en el ejercicio de la función tutorial como formador y facilitador de aprendizaje. A lo largo del artículo se hará referencia a la metodología o técnica didáctica de aprendizaje colaborativo, como el conjunto de actividades del tutor y sus estudiantes, planificadas con el fin de posibilitar el aprendizaje; y se llamará estrategia al proceso o herramienta diseñado mediante el cual el tutor aplica una metodología para alcanzar los objetivos que se ha trazado alcanzar. [**3**] [**4**]

2. METODOLOGÍAS DEL APRENDIZAJE COLABORATIVO

La intencionalidad del trabajo colaborativo en un aula virtual puede definirse como el trabajo conjunto que realizan un grupo de estudiantes, a través de la adquisición individual del conocimiento, destrezas, habilidades y actitudes como resultado de la interacción en grupo. Aunque parezca sencillo, lo cierto es que para lograr el aprendizaje en el grupo colaborativo, es importante conocer, entender y practicar ciertas características definidas para los grupos o equipos colaborativos, que han descubierto algunos profesionales [**5**], los cuales se presentan a continuación:

- ✓ "La Interdependencia Positiva": se debe entender como el compromiso y la responsabilidad de aprender y enseñar unos de otros.
- ✓ "Responsabilidad Individual": el estudiante es responsable de su aporte y de lo que signifique para el aprendizaje de los demás.
- ✓ "Interacción Cara a Cara": los miembros del grupo se ayudan unos con otros, intercambian material y comparten conclusiones.
- ✓ "Habilidades Sociales": comunicarse entre los miembros del grupo, escucharlos, confiar y aceptar la opinión de los demás.
- ✓ "Procesamiento de Grupo": reflexión grupal sobre los aportes, aceptar las críticas constructivas, llegar a acuerdos y tomar decisiones en conjunto. [**6**]

Además de las características, existen varios elementos vitales que pueden garantizar la resolución de las actividades del grupo de trabajo a través de las metodologías de aprendizaje. Uno de ellos es la comunicación, que favorece la interacción asíncrona o síncrona entre los miembros; no se puede olvidar la organización, que da la pauta del tiempo y distribución de tareas dentro del grupo. Finalmente, la recopilación de información facilita la labor de investigación y la lluvia de ideas para el diseño, implementación y puntualización de trabajo. Es importante en este punto, hacer énfasis en dos aspectos vitales para la óptima aplicación de las estrategias propuestas: [**7**]

1. Relación entre el aprendizaje colaborativo y el cooperativo.

El aprendizaje a través de AV es también llamado aprendizaje interactivo, en el cual se aplica un modelo colaborativo y cooperativo, estos modelos deben ser vistos como parte de un proceso continuo en la educación virtual EV que se respalda tanto en la epistemología constructivista como en la teoría de la interdependencia social propuesta por Kurt Lewin, la cual dio origen a la teoría de la cooperación y la colaboración.

2. Pertinencia de las tres metodologías para el aprendizaje en AV.

Las metodologías de aprendizaje de que trata este artículo, aplican al desarrollo de los siguientes procesos [**1**]:

- Cognitivos (conceptualización, comprensión, análisis, síntesis, generalización, juicio y raciocinio).
- Afectivos (sentimientos, emociones, pasiones, actitudes y valores).
- Volitivos (elección, decisión y acción en función de valores).
- Y sicomotores (habilidades, destrezas y hábitos).

De manera que con el apoyo de las tecnologías de información como herramienta vital para el logro de las actividades establecidas en un ambiente virtual es posible promover el aprendizaje y conocimiento necesarios para el estudiante en un curso particular.

A continuación, por cada una de las metodologías de que trata este escrito, ver Tabla 1, se describirán algunos aspectos que los autores han considerado pertinentes y oportunos en donde durante su experiencia como tutores han identificado en los contextos de trabajo en AV varias situaciones que les han posibilitado reflexionar sobre las estrategias que han permitido desempeñar mejor su función formadora y facilitadora para lograr un aprendizaje autónomo con los estudiantes. [**8**]

- **3. ESTRATEGIAS PARA EL FOMENTO DEL APRENDIZAJE COLABORATIVO**

3.1 Aprendizaje colaborativo basado en proyectos

Así como un proyecto es una organización lógica de actividades interrelacionadas y coordinadas, el aprendizaje colaborativo que se basa en esta técnica es una planificación, implementación y evaluación de actividades que el estudiante asume responsable y coherentemente, guiado por unos compromisos previos que le permiten, durante un periodo de tiempo determinado, observar y enriquecer su aprendizaje en un entorno virtual al mismo tiempo en que consolida un producto de forma grupal. De acuerdo con las posibilidades que presentan los entornos virtuales de aprendizaje EVA, en donde no existen barreras de espacio y tiempo, el estudiante aprovecha los elementos tecnológicos que se involucran en la construcción subjetiva y autónoma de su aprendizaje, mediante la adquisición de destrezas y características de colaboración y comunicación efectiva, creando conocimiento a partir de sus experiencias y de las de sus compañeros de trabajo. [**9**]

3.1.1 Usos y aplicaciones Cuando un estudiante se encuentra frente a un trabajo colaborativo basado en proyectos, puede emplear varias alternativas que lo guíen hacia el verdadero aprendizaje, de forma que logre no solo los objetivos propuestos por el programa sino que además diseñe su propio plan funcional para la verificación progresiva de saberes. A continuación se describen algunas estrategias para ser promovidas por el tutor desde el escenario del estudiante. Se tomaron como ejemplo algunas imágenes existentes en Internet diseñadas por algunos autores y otras de creación propia para ilustrar las aplicaciones. [**10**]

Estrategia Uno

El tutor motivará y acompañará al estudiante en reconocer y manejar las herramientas tecnológicas con las que se cuenta en un contexto dado (módulo, programa, curso), para la elaboración del conocimiento, comunicación con el tutor y los compañeros del grupo previamente identificados. Ver Fig. 1. [**11**]

Figura 1. Aplicación. Foros de debate colaborativo. (Fuente: Autores)

Metodologías	Aprendizaje Basado en Proyectos	Aprendizaje Basado en Problemas	Aprendizaje Basado en el estudio de Casos
Características	➢ El proyecto puede aplicarse tanto al proceso de aprendizaje que el grupo de estudiantes debe seguir como al resultado que tiene que obtener de dicho aprendizaje. ➢ Herramientas tecnológicas que posibiliten la comunicación entre el tutor y los grupos, diseño de la actividad y seguimiento. ➢ Trabajos durante periodos largos de tiempo. ➢ La situación problemática para resolver a través de un proyecto se plantea en forma incompleta, como un problema contextualizado, mal estructurado y con múltiples soluciones [**12**], esto es, el enunciado del problema no contiene toda la información necesaria para poder resolverla. ➢ El tutor proporciona pautas motivadoras, controla y regula el rendimiento de los estudiantes y estimula la reflexión. ➢ Herramientas de representación para la comprensión de un fenómeno o situación. ➢ Herramientas para recopilar información: • Asignación de roles. • Información complementaria (se entrega parte de la información pero el equipo debe adjuntar la necesaria). • La información en conflicto (posición frente a la situación y espacio para la discusión). • Responsabilidad compartida (conocimiento de equipo). • Análisis creativo de documentos (actividades creativas para compartir las conclusiones).	➢ Usa problemas como punto de partida para la adquisición e integración de nuevos conocimientos. ➢ El aprendizaje está presidido claramente por una finalidad concreta, lo cual produce en el estudiante motivación y satisfacción. [**10**] ➢ Se enfatizan el auto-aprendizaje y la auto-formación, procesos que se facilitan por la dinámica del enfoque y su concepción constructivista ecléctica. ➢ El estudiante decide cuáles contenidos o temas deberá abordar o estudiar para resolver los problemas o casos objeto de estudio. ➢ El aprendizaje se centra en el estudiante y no en el tutor, solo en los contenidos, ➢ Primero se presenta el problema, se identifican las necesidades de aprendizaje, se busca la información necesaria y finalmente se regresa al problema. ➢ La metodología tiene implícita en su dinámica de trabajo el desarrollo de habilidades, actitudes y valores benéficos para la mejora personal y profesional del estudiante. ➢ La estructura y el proceso de solución al problema están siempre abiertos, lo cual motiva a un aprendizaje consciente y al trabajo de grupo sistemático en una experiencia colaborativa de aprendizaje. ➢ El tutor debe ser un guía que permita al estudiante centrar la atención en dos aspectos importantes de su tarea, que son: pensar en el problema y actuar para resolverlo.	➢ Su propósito es permitir la expresión de actitudes de diversas formas de pensar a través de la discusión o intercambio de participaciones. ➢ El razonamiento basado en casos significa resolver problemas a partir de experiencias precedentes (casos). ➢ Tiene como finalidad enseñar a elaborar una explicación histórica, o social del tema de estudio que sea coherente con el análisis general de la temática en la que se enmarca. ➢ Planteamiento didáctico en el que se puede ir de lo micro a lo macro, o de lo macro a lo micro. ➢ Permite a los estudiantes alcanzar un amplio grado de significación conceptual o emotiva en su relación con el tema y el deseo de comprenderlo. ➢ Este enfoque no trata de encontrar una respuesta correcta sino de explorar en una situación y utilizar hechos disponibles. ➢ El caso debe tener: la selección del tema o problema, los tiempos y quién debe tomar una decisión. ➢ Los casos deben estructurarse en componentes de acuerdo con el tipo de grupo, curso o programa. ➢ Se debe decidir cuál información incluir y cuál no, en el planteamiento del caso. ➢ El estudiante debe comprender que forma parte de un equipo y que tiene sus funciones en el mismo, debe saber asumir su responsabilidad en la fase de su trabajo.
Beneficios	➢ Afinidad con situaciones reales y relevancia práctica. ➢ Enfoque orientado a los estudiantes y realización colectiva. ➢ Carácter interdisciplinario. ➢ Ayuda a los estudiantes a conocer y hacer. ➢ Crea comunicación positiva y relaciones de colaboración. ➢ Estimula el desarrollo de hábitos del pensamiento y aprendizaje a largo plazo. ➢ El estudiante desarrolla la capacidad de iniciativa y confianza en la toma de decisiones. ➢ Su especificidad exitosa se caracteriza por lograr un buen producto, fruto de un trabajo grupal amplio y complejo. ➢ En los AVA el aprendizaje por proyectos es administrado por el estudiante, pues el entorno de interacción propicia la ampliación y penetración en el mundo del conocimiento transcendiendo las barreras de tiempo y espacio.	➢ Dada las características de los contenidos trabajados se puede combinar trabajo en cooperación y colaboración. ➢ Se pone énfasis en la autoevaluación y auto observación a fin de que el estudiante pueda tomar conciencia respecto de su autonomía. ➢ Se trabaja en grupos a modo de caracterizar un ambiente de trabajo real, es decir de resolver problemas. ➢ El conflicto cognitivo al enfrentar cada nueva situación estimula el aprendizaje. ➢ El conocimiento se desarrolla mediante el reconocimiento y aceptación de los procesos sociales y de la evaluación de las diferentes interpretaciones individuales del mismo fenómeno.	➢ Se puede desarrollar en el estudiante habilidades como el análisis, argumentación, y toma de decisiones a través del diálogo y el debate. ➢ Aumentan la motivación en los estudiantes, al ponerlos a reflexionar sobre situaciones recreadas de su futura realidad profesional. ➢ Se promueve las habilidades de comunicación así como las de interacción con sus compañeros. ➢ Hay transferencia de soluciones pasadas a nuevas situaciones o en condiciones similares. ➢ Potencia la enseñanza activa ya que permite trabajar aspectos técnicos y metodológicos. ➢ Fomenta el desarrollo del juicio crítico: causas históricas. ➢ Permite la comprensión de posiciones diferentes ante un conflicto.

Tabla 1. Comparación de metodologías seleccionadas (Fuente: Autores)

Estrategia Dos
El tutor facilitará los mecanismos para que el estudiante logre identificar el enunciado de la problemática, comprenderlo, plasmarlo en etapas para su desarrollo y analizar la información suficiente para abordarlo. Considerar los conocimientos propios, los que hacen falta y el material o herramientas que se requieren. [**13**]

Estrategia Tres
El tutor guiará y orientará el ejercicio en el que los estudiantes deben socializar los roles y funciones que se van a desempeñar en el proyecto, escoger uno e identificarse con las aptitudes, actitudes, habilidades, conocimientos y responsabilidades que deben asumirse a lo largo del desarrollo del trabajo.

Estrategia Cuatro
El tutor propondrá y socializará las herramientas y las indicaciones necesarias para el manejo de versiones, vocabulario, glosario, referencias, derechos de autor, identificación de aportes individuales, manejo de estilos, reglas para comunicación y tiempos de respuesta. Ver Fig. 2.

Reglas de Trabajo

1. Abordar la problemática y el material de referencia.
2. Iniciar la participación de acuerdo con el rol definido.
3. Publicar el cronograma para el desarrollo, carga de aportes, revisiones y producto final.
4. El archivo se elaborará en letra arial tamaño 12, interlineado a espacio y medio.
5. Los aportes serán señalados y resaltados en otro color.
6. El archivo se subirá numerado de acuerdo con la versión secuencial.
7. Realizar las intervenciones de acuerdo con la rúbrica tigre.

Figura 2. Aplicación. Reglas de trabajo. (Fuente: Autores)

Estrategia Cinco
El tutor promocionará la construcción colaborativa de un proyecto. Una aplicación común para ambientes virtuales de aprendizaje en donde se ponga en práctica este tipo de estrategia, puede ser un Blog o una Wiki, teniendo en cuenta las herramientas para su construcción y publicación. Partiendo de la temática definida y de una guía de aprendizaje y una rúbrica de evaluación, con aportes individuales se puede llegar a la consolidación grupal de un producto de este tipo, cuyos contenidos estarán acordes con los temas que hayan correspondido al grupo. [**14**]

3.2 Aprendizaje colaborativo basado en problemas
Este tipo de técnica didáctica, consiste en el análisis individual y grupal de un problema asociado a una situación real, que cubre e integra todos los elementos que intervienen en la problemática y estimula la investigación y el razonamiento sobre hechos históricos y evidencias conocidas, para ser procesadas y a juicio del grupo e individualmente produzca una o varias soluciones. [**15**]

La crítica y la creatividad son elementos que el tutor propiciará a lo largo del desarrollo del trabajo, guiando a los estudiantes a la exploración, la investigación y a la toma de decisiones sobre los temas que de forma autónoma se abordarán para procesar la solución. Los errores son tomados como oportunidades para destacar las necesidades de mejoramiento y se promueven la autoevaluación y la evaluación formativa y cualitativa. Los factores sociales y contextuales son evaluados y su influencia en la construcción del aprendizaje del participante; puesto que produce conflictos propios de la individualidad y de esta manera se discute sobre la perspectiva global del problema y se compara con la de otros, manteniendo el respeto por la autonomía y el pensamiento.

3.2.1 Usos y aplicaciones Para resolver un problema pueden haber una o varias alternativas, conocer los antecedentes y los factores que se involucran en sus consecuencias son algunas herramientas que pueden promover su solución. Debido a que la forma como se aborda una solución es netamente individual, la interdisciplinariedad y habilidades de otros compañeros ayudan a contemplar la problemática desde varias perspectivas y a expandir el escenario y sus recursos. Las siguientes son algunas estrategias sobre cómo aplicar y usar esta técnica en beneficio del aprendizaje significativo.

Estrategia Uno
El estudiante debe hacer una identificación de la problemática, comprender su estructura, su influencia, su alcance y entorno. El tutor ha presentado una situación que como estudiantes se debe abordar; la mejor forma de comprenderla es dividiéndola en partes.

Estrategia Dos
El tutor hará reflexionar sobre los entornos virtuales, en el que las herramientas que se proporcionan para construir el aprendizaje involucran tecnologías de información. Es posible que sean parte de la solución o por lo menos faciliten la labor para alcanzarla. Caracterizar con lo que se cuenta es el siguiente paso para abordar el problema. Ver Tabla 2.

Estrategia Tres
Debido a que la solución se aborda desde el principio en el que se reconoce el problema; la investigación de fuentes bibliográficas, teóricas, prácticas y en sí lo que se haya considerado relevante es una herramienta que no puede faltarle al estudiante.

Estrategia Cuatro

El estudiante comprenderá que la comunicación y la retroalimentación son vitales y necesarias para consolidar opiniones y propuestas. Los datos que se investigan y socializan no se convierten en verdadera información hasta que no es procesada por el grupo. [**16**]

Sabemos	No sabemos	Ideas o posibilidades
Tenemos elementos para la comunicación del grupo que son … *Tenemos que alcanzar las soluciones en el tiempo….* *Tenemos que hallar las causas primarias que….*	*Si recientemente se han presentado….* *En qué condiciones se encuentre….* *Si la situación ha involucrado a otros…*	*Quizá haya casos similares en …* *Posiblemente si abarcamos el tema….* *Cada uno puede proponer el material que…* *Hay que revisar entre todos los…*

Tabla 2. Aplicación. Caracterización del problema (Fuente: Autores)

3.3 Aprendizaje colaborativo basado en el estudio de casos

Aunque un estudio de casos puede parecerse al basado en problemas, su diferencia radica en que el caso puede ser real o ficticio y que no se espera como objetivo una o varias soluciones; su importancia está enfocada a la exploración de una situación en particular y en cómo el estudiante utiliza los hechos disponibles y sus habilidades analíticas para tomar decisiones y proponer una trayectoria de acción.

Varios autores [**6**] clasifican el estudio de casos de acuerdo con ciertos parámetros, sin embargo, cabe destacar aquellos planteamientos en los que pueden existir una solución única o varias soluciones correctas que están estrechamente ligadas a los objetivos. En cualquiera de las dos situaciones la importancia está centrada en las capacidades del estudiante para llegar a ellas. El caso proporciona datos concretos para reflexionar, analizar y discutir en grupo las posibles salidas que se pueden encontrar a cierto problema. No ofrece las soluciones al estudiante, sino que se le ejercita para generarlas.

3.3.1 Usos y aplicaciones. Partiendo del hecho de que el aprendizaje basado en esta técnica valora los argumentos individuales del estudiante para conectar la teoría con la práctica y formalizar una posición con una o varias líneas de acción, se presentan algunas estrategias que asistirán al estudiante y su grupo de trabajo para alcanzar la calidad significativa de su aprendizaje. [**17**] [**18**]

Estrategia Uno

La preparación individual se propone como objetivo inicial para que los estudiantes se ejerciten en el análisis, identificación y descripción de los elementos clave que constituyen una situación dada. Ver Fig. 3.

Las preguntas, realizadas de forma abierta, están orientadas a generar la reflexión e inducir más ideas, así como afianzar conocimientos adquiridos e incidir en las etapas iniciales del proceso.

Descubrir los hechos

¿Qué……?
¿Cómo….?
¿Cuándo….?
¿Quién o quienes….?

Figura 3. Aplicación. Preparación individual (Fuente: Autores)

Estrategia Dos

El tutor deberá identificar la homogeneidad del grupo. La búsqueda de alternativas y líneas de acción para abordar el caso deben ser constituidas por intereses comunes, conocimientos y perspectivas similares de quiénes integrarán la búsqueda de soluciones. El conocimiento primario es impartido de la misma forma al equipo y se espera tengan las mismas capacidades para asimilarlo. Ver Fig. 4.

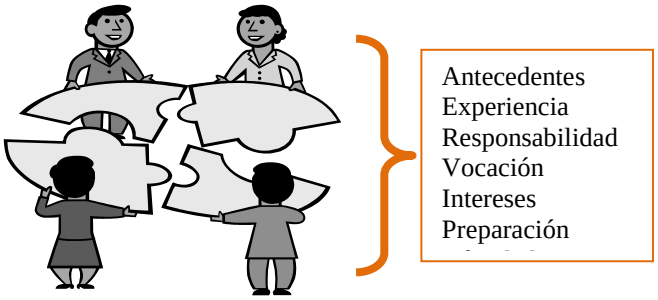


Figura 4. Aplicación. Homogeneidad del grupo. (Fuente: Autores)

Estrategia Tres

El tutor facilitará procesar operativamente el caso. Descubrir los hechos que giran alrededor de la situación de forma particular y estructurada. Los actores, hechos y su relación analizados integralmente para identificar variables, vínculos, tiempos y las demás que sean consideradas.

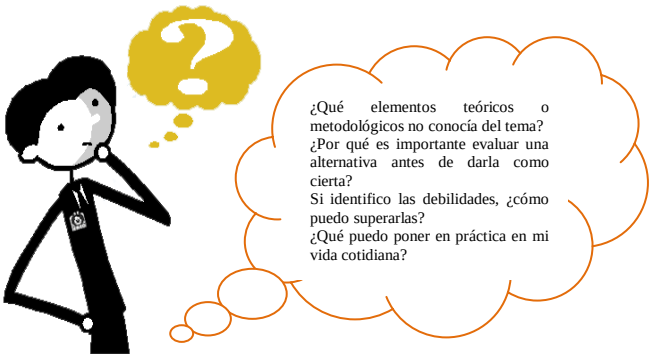


Figura 5. Aplicación. Evaluación del aprendizaje individual. (Fuente: Autores)

Estrategia Cuatro
Entre los estudiantes deberá existir evaluación del aprendizaje individual. Es importante para valorar cualitativa y cuantitativamente en términos de aprovechamiento individual, identificar específicamente lo que se aprendió y en que beneficia al individuo. Ver Fig. 5.

• 4. CONCLUSIONES

En el aprendizaje basado en proyectos, la definición de roles y etapas son factores vitales para lograr la concreción de aportes, valoración de avances y construcción del conocimiento en forma gradual.

Cuando se debe poner en práctica la capacidad de resolución y análisis de un estudiante, el aprendizaje basado en problemas confluye habilidades y destrezas individuales que se consolidan a través de la colaboración, fortaleciendo las competencias para abordar una solución de forma oportuna y efectiva.

El estudio de casos permite la preparación, verificación y actuación que conforman un procesamiento eficiente de equipo para motivar la creatividad e innovación, reconociendo la diversidad de alternativas para afrontar una situación.

Ajustando los elementos del trabajo colaborativo, el aprendizaje significativo del estudiante es mayor, teniendo en cuenta que además de ser sujeto activo de su propio aprendizaje, permanece motivado y participativo en una o varias actividades reales, aplicables y productivas que además realiza en cooperación con otros compañeros.

La colaboración y la cooperación de la mano de estrategias asertivas en un proceso de formación virtual, permitirá mantener motivados y romper las barreras y mitos de un ambiente virtual con el uso adecuado de las TIC y una metodología pertinentemente seleccionada.

5. REFERENCIAS

[1] Carlos Cajamarca, *Aprender a Educarse, a Ser y a Obrar*. Santafé de Bogotá, Colombia: Voluntad, 1993.

[2] Yurley Medina C and Dewar Rico B, "Calidad en la función tutorial para la gestión en entornos virtuales.," *Revista educación en ingeniería*, vol. 6, no. 12, pp. 23-36, Diciembre 2011.

[3] Ministerio de Educación Nacional. (2010) Lineamientos para la Educación Superior en Educación Virtual.

[4] Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA – CIES. (2010) Verificación de la función tutorial.

[5] HELGA STOKES, "LA INTERACTIVIDAD EN LA EDUCACION A DISTANCIA: EVALUACION DE COMUNIDADES DE APRENDIZAJE," *RIED - Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, vol. 7, no. 1 y 2, pp. 147-162, 2004.

[6] W.H. Cliff, *The Directed Case Method Journal of College Science Teaching:*., 2000.

[7] R Carneiro, J. C. Toscano, and T. Diaz, *Los desafíos de las TIC para el cambio educativo. Del texto: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI).*: Fundación Santillana, 2010.

[8] Robert Gordon, *Online Tutoring e-Book*., 2010.

[9] L. Harasim, S. Hilz., M. Turoff, and L. Tales, *Las redes de aprendizaje*.: Gedisa, 2000.

[10] RM Harden, JS Ker, and HE Mithcekk, *AMEE Medical Education Guide nº7. Task-based learning: an educational strategy for undergraduate, postgraduate*., 1996.

[11] Dewar Rico B and Yurley Medina C. (2012) 3er. Congreso Internacional "Las TIC aplicadas a la educación en los procesos de aprendizaje y enseñanza de las Ciencias" en sus modalidades presencial y virtual.

[12] D. H. Jonassen, *Instructional design models for well-structure and Illstructure problem. Solving learning outcomes.*.: Educational Technology: Research and development, 1997.

[13] Dewar Rico and Yurley Medina, "EL APRENDIZAJE AUTÓNOMO EN LOS AVA "ESTUDIO DE CASO"," *PUENTE REVISTA CIENTIFICA - Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga.*, vol. 6, no. 2, Octubre 2012.

[14] SENA, *Manual del profesor Blackboard*., 2005.

[15] Yurley Medina and Dewar Rico. (2011, Octubre) XIV CONGRESO LATINO – IBEROAMERICANO DE GESTIÓN TECNOLÓGICA ALTEC 2011. [Online]. http://congreso.pucp.edu.pe/altec2011/

[16] Yurley Medina and Dewar Rico. (2013, Junio) V Congreso Virtual Iberoamericano de Calidad en Educación a Distancia EduQ@2013. [Online]. http://www.eduqa.net/

[17] Dewar Rico B. (2012, Junio) IV Congreso Virtual Iberoamericano de Calidad en Educación a Distancia EduQ@2012.

[18] Yurley Medina and Dewar Rico, "MEJORES PRÁCTICAS DE GESTIÓN PARA LA CALIDAD DE LOS SERVICIOS EN TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN," *REVISTA GERENCIA TECNOLOGÍA INFORMÁTICA. Informatics Technology Management.*, vol. 11, no. 29, pp. 47-57, Marzo 2012.

IMPACTO DEL CURSO VIRTUAL FUNDAMENTOS DE ADMINISTRACIÓN

Adelina Morita Alexander
División Económica Administrativa, Universidad Tecnológica de Querétaro
Querétaro, Qro., C.P. 76148. México

y

Lilia Angélica Salcedo Mendoza
Facultad de Administración y Contaduría, Universidad Autónoma de Querétaro,
Querétaro, Qro., C.P. 76010. México

RESUMEN

El presente estudio trata sobre la evaluación del impacto de la materia virtual Fundamentos de Administración en el programa educativo Administración área Recursos Humanos, de la Universidad Tecnológica de Querétaro, en donde todas las clases son presenciales, para que en un futuro se pueda adoptar ésta como otra forma de ofrecer los servicios educativos.

La evaluación se realizó con un modelo diseñado acorde a las necesidades y a los objetivos establecidos en este estudio, así como la *interactividad* (relación de los alumnos con los materiales y la tecnología), y la interacción (relación de los docentes con los alumnos y de éstos entre sí).

Con este estudio se mide el impacto de la materia virtual Fundamentos de Administración de manera cualitativa y cuantitativa. Logrando identificar fortalezas y debilidades del curso, para potenciar las fortalezas y realizar las correcciones pertinentes así como proponer cambios y mejoras en el curso, que sirvan de base para el desarrollo de futuras materias virtuales.

Palabras clave: Evaluación, TIC's y escenario de aprendizaje virtual.

INTRODUCCIÓN

La carrera de administración de la Universidad Tecnológica de Querétaro (UTEQ) es una opción educativa, con 19 años de experiencia en educación presencial. Consciente de los cambios tecnológicos y educativos, esta institución decidió incursionar con una prueba piloto en la modalidad virtual.

En el periodo septiembre - diciembre de 2012, se impartió la materia virtual Fundamentos de Administración en el programa educativo Administración área Recursos Humanos, División Económico – Administrativa, para que en un futuro se pueda adoptar ésta como otra forma de ofrecer los servicios educativos a un mayor número de personas sin necesidad de acudir a un aula.

El presente estudio se realizó para evaluar el impacto de esta materia virtual.

La evaluación debe ser considerada en su real dimensión y utilizarse como instrumento que permita, por una parte, establecer la calidad con que se cumplen los objetivos y logran las competencias,

y, en relación con los resultados alcanzados, determinar las correcciones que sean necesarias introducir para acercar cada vez más los resultados a las exigencias de los objetivos [1].

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El uso y auge de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) son innegables. Su incorporación a prácticamente todas las actividades del ser humano han hecho que se posicionen en un lugar privilegiado pero a la vez, se ven sujetas a un monitoreo y control para evidenciar el progreso alcanzado desde su incursión.

La educación no podía quedar fuera de su contexto así como las políticas educativas que son el derrotero del quehacer educativo del país.

La **UNESCO** (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) es un organismo que marca el ritmo de las tendencias educativas a nivel mundial, éste organismo en la Conferencia Mundial sobre la Educación Superior, reunidos del 5 al 9 de octubre de 1998 en la Sede de la UNESCO en París, hizo una invitación a "crear nuevos entornos pedagógicos, que van desde los servicios de educación a distancia hasta los establecimientos y sistemas virtuales de enseñanza superior, capaces de salvar las distancias y establecer sistemas de educación de alta calidad, favoreciendo así el progreso social y económico y la democratización así como otras prioridades sociales importantes; empero, han de asegurarse de que el funcionamiento de estos complejos educativos virtuales, creados a partir de redes regionales continentales o globales, tenga lugar en un contexto respetuoso de las identidades culturales y sociales". [5]

Un Escenario Virtual de Aprendizaje es el espacio virtual donde los miembros de una comunidad educativa interaccionan con la finalidad de secuenciar un proceso formativo, mediante la aplicación de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación [1].

Como todo proceso educativo, es necesario someterlo a un proceso de evaluación para conocer la pertinencia, la eficiencia y el efecto o impacto que tuvo, tanto en los estudiantes que cursaron la materia, como las personas involucradas en este proyecto.

En este contexto, se definió la evaluación como "el proceso de identificar, obtener y proporcionar información útil y descriptiva acerca del valor y el mérito de las metas, la planificación, la realización y el impacto de un objeto determinado, con el fin de servir de guía para la toma de decisiones, solucionar los temas de responsabilidad y promover la comprensión de los fenómenos implicados". [4]

Existen diferentes enfoques y modelos de evaluación de estudios virtuales, como los siguientes: [3]

Autor	Modelo
Van Slyke	Se basa en las características institucionales, en los destinatarios, el curso y en la formación a distancia.
Marshall and Shriver:	Considera la docencia, materiales del curso –dificultad, pertinencia, interés o efectividad-, Currículum, módulos de los cursos y la

	transferencia del aprendizaje.
Kirkpatrick:	Es el primer modelo de evaluación, el más utilizado por sus características de simple, flexible y completo. Se compone de cuatro niveles: reacción, aprendizaje, transferencia e impacto.

DESARROLLO Y METODOLOGÍA

Para evaluar el impacto de la materia virtual Fundamentos de Administración se tomó como base el modelo de Kirkpatrick, adecuándolo a las necesidades y a los objetivos establecidos en este estudio, así como la *interactividad* (relación de los alumnos con los materiales y la tecnología), y la interacción (relación de los docentes con los alumnos y de éstos entre sí).

La forma de recabar la información fue a través de cuestionarios y entrevistas, a todos los involucrados en este proceso, tomando como base la interactividad (alumnos-materiales-tecnología) y la interacción (docente-alumnos).

Objetivos

General: Medir el impacto de la materia virtual Fundamentos de Administración de manera cualitativa y cuantitativa.

Objetivos particulares:
- Identificar fortalezas y debilidades del curso, para potenciar las fortalezas y realizar las correcciones pertinentes.

- Proponer cambios y mejoras en el curso, que sirvan de base para el desarrollo de futuras materias virtuales.

De manera concreta los aspectos evaluados fueron los siguientes:

- Materiales
- Entorno tecnológico
- Profesor/ Docente
- Habilidades
- Aspectos generales

Es importante señalar que tanto para los alumnos como para el profesor responsable del grupo, ésta fue la primera experiencia en educación en línea; por lo que se consideró importante realizar la evaluación del impacto que tuvo el curso.

Para los alumnos se diseñó y aplicó un cuestionario. Para los docentes responsables del grupo, tutorado y plataforma, se efectuaron entrevistas personales que fueron grabadas.

La evaluación se llevó a cabo en las siguientes etapas:

I. Diseño y aplicación de cuestionario
Con base en los objetivos que se deseaban alcanzar con la aplicación del cuestionario se diseñó el contenido del mismo.

El cuestionario tiene una primera parte 2 preguntas de identificación: Sexo y edad; la segunda está estructurada con 40 preguntas establecidas de antemano con respuestas concretas, breves y cerradas (para su confección se utilizó un formato tipo *Liker*); otra parte es abierta compuesta de 4 preguntas con la finalidad de recabar información cualitativa que complementa la información cuantitativa.

Con las preguntas abiertas se pretende recoger información a través de opiniones y sugerencias de mejora por parte de los estudiantes y de los entrevistados. El cuestionario se digitalizó por medio de la

herramienta *Google docs*, con lo cual se obtuvo la información de manera rápida, eficaz y ordenada.

II. Diseño de guías y aplicación de entrevistas

Para realizar las entrevistas con los docentes involucrados en la materia virtual, se diseñaron guías con preguntas abiertas, debido a que se pretendió recoger las opiniones de los evaluados, en cada uno de los rubros contemplados para evaluar, sin que se viera afectada su percepción por el contexto de las preguntas.

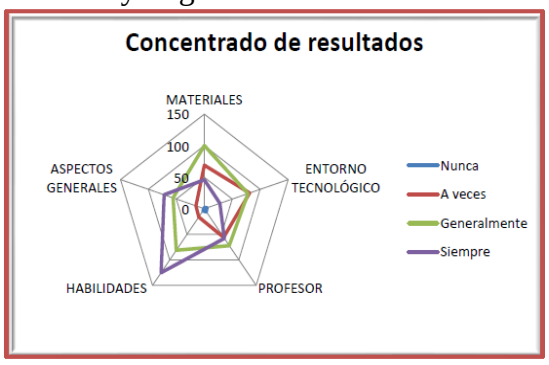
III. Utilización de los resultados obtenidos en cuestionarios y entrevistas.

RESULTADOS

La metodología mencionada permitió efectuar un análisis cuantitativo y cualitativo de los resultados obtenidos en los cuestionarios y las entrevistas.

Se aplicaron cuestionarios a través de un formulario de Google Docs, al total de alumnos que conforman el grupo AR24 del programa educativo Administración área Recursos Humanos, quienes cursaron el curso virtual Fundamentos de Administración, con el propósito de conocer el impacto que tuvo la materia en su formación académica.

De la información obtenida se hizo un resumen y se graficaron los resultados.



Gráfica 1. Resultado de cuestionarios

En el rubro de Materiales se les preguntó sobre los temas, ejemplos, actividades, materiales de apoyo a los que tuvieron acceso para cursar esta materia. Se encontró que el 46% de los alumnos consideró que los materiales presentados fueron buenos para su aprendizaje (tomando como bueno los que contestaron generalmente).

En el rubro de Entorno Tecnológico se midió la facilidad de acceso a la plataforma Moodle y en general el uso de las TIC's. Se encontró que el 50% de los alumnos tuvo algunos problemas para acceder a la plataforma y el 71% se encontró con restricciones para entrar a las ligas indicadas.

En relación a la percepción de los alumnos acerca del profesor responsable del curso, se encontró que el 50% de los alumnos sintió que el tiempo de respuesta del profesor fue excelente; el apoyo para realizar sus actividades fue bueno y la aclaración de dudas fue regular.

Se consideró conveniente, medir la adquisición o desarrollo de habilidades de los alumnos. El 53% manifestó que a partir de este curso virtual se incrementaron sus habilidades cognitivas, actitudes y motivación.

En Aspectos Generales se plantearon preguntas relacionadas con las evaluaciones, las instrucciones proporcionadas así como el grado en que este curso los motivó a realizar otros estudios en la modalidad virtual. El 92% de los alumnos manifestó que las evaluaciones fueron totalmente acordes con los objetivos de los temas y un 58% dijo sentirse motivado a partir de esta experiencia a cursar otras materias en esta modalidad.

En general se puede concluir que los alumnos participantes en el curso virtual de Fundamentos de Administración, se mostraron satisfechos con los materiales que se pusieron a su disposición, el profesor responsable del grupo, las habilidades adquiridas y/o desarrolladas a partir de esta experiencia, así como con las evaluaciones, actividades y material de apoyo diseñados para su aprendizaje. Sin embargo, es importante poner atención en algunos indicadores como: la cantidad de ejemplos para facilitar la comprensión de los temas, la dificultad para acceder a la plataforma Moodle, las restricciones para entrar a las ligas, y la aclaración de dudas por parte del profesor.

Cabe resaltar que manifestaron que a partir de este curso se modificó su actitud y responsabilidad como estudiantes, además se fomentó la investigación debido a que consideraron que esta modalidad requiere más dedicación.

Entrevistas

Adicionalmente se realizaron entrevistas con el cuerpo docente responsable de la materia virtual.

De forma general los docentes involucrados en este proceso manifestaron que el principal problema, por parte de los alumnos, fue la resistencia al cambio a trabajar en la modalidad de aprendizaje virtual, seguido por el nulo o limitado acceso a internet y por consecuencia a la plataforma Moodle. También coincidieron en que los comentarios recibidos por parte de los alumnos fueron acerca de la falta de claridad en las indicaciones para realizar las actividades y la confusión para realizar o subir tareas (ocasionado por el exceso de enlaces).

Es importante señalar que todos los involucrados percibieron un cambio de actitud favorable al final del cuatrimestre, en relación a trabajar en esta modalidad de aprendizaje, manifestando que fue positiva ya que adquirieron o desarrollaron destrezas y habilidades que les servirán para continuar sus estudios.

Propuestas

Trabajar en la sensibilización tanto en docentes como en alumnos sobre las ventajas del uso de las TIC’s en la educación.

Fortalecer el apoyo pedagógico para la revisión de los materiales presentados en los cursos virtuales, en pro de obtener resultados favorables en la comprensión de los temas y elaboración de ejercicios.

Para implementar la modalidad virtual es necesario contar con el apoyo institucional, en cuanto al uso y disposición de las herramientas tecnológicas, como son: acceso a internet, plataforma Moodle, Lizard y sitios propuestos en el diseño del curso. Cabe hacer mención que la UTEQ es una institución pública por lo que requiere gestionar los recursos para contar la infraestructura necesaria.

El hecho de marcar las debilidades resultantes de este curso, no es indicativo para abandonar el proyecto, sino al contrario trabajar en ellos e impulsar con mayor fuerza este tipo de enseñanza.

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos, se puede concluir que el principal obstáculo al que se enfrentan los alumnos y docentes para participar activamente en

el aprendizaje virtual, es no contar con los suficientes recursos tecnológicos, como por ejemplo: acceso nulo o limitado a internet, saturación en la plataforma Moodle, y bloqueo de ligas propuestas en el curso.

También es importante proporcionar inducción a cursos virtuales, tomando en cuenta que la mayoría de los alumnos de esta institución y el profesor responsable del grupo, no han tenido una experiencia previa en esta modalidad de estudio.

Finalmente se debe resaltar que profesores y estudiantes reconocieron que se desarrollaron y/o adquirieron habilidades y destrezas, al realizar las actividades propuestas en el programa virtual.

El impacto del curso Fundamentos de Administración virtual fue positivo, debido a que se logró la concientización de la importancia y ventajas que puede ofrecer esta modalidad de aprendizaje, ya que los alumnos manifestaron que en un principio tenían resistencia a este método pero al final mostraron un cambio en organización, responsabilidad, deseo de investigación y autonomía.

La información obtenida, permite a la universidad conocer las áreas de oportunidad, por lo que podemos ver el resultado obtenido como un aspecto positivo, debido a que el uso de las TIC en la educación puede ampliar el acceso a oportunidades de aprendizaje, mejorar los logros y calidad de la educación, así como impulsar reformas en la educación. [6]

Los resultados de este trabajo, pueden ser la base para el desarrollo de futuras líneas de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abarca, R. Propuesta para evaluar aprendizajes virtuales. 2009. Recuperado el 8 de abril de 2013, de http://www.ucsm.edu.pe/rabarcaf/PropEvalAprVirt.pdf

2. Llarena, M. y Paparo, M. Propuesta de una metodología de seguimiento y evaluación de cursos a distancia. OEI - Revista Iberoamericana de Educación. (ISSN: 1681-5653). 2006

3. Santoveña, S. Cuestionario de evaluación de la calidad de los cursos virtuales de la UNED. 2010

4. Revista de Educación a Distancia RED. Stufflebeam, D. y Shinkfield, A.J. Evaluación sistemática. Guía Teórica y práctica. Madrid: Paidós/MEC. 1987

5. UNESCO. Declaración mundial sobre la educación superior en el siglo XXI: Visión y acción. Octubre de 1998

6. UNESCO. Medición de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en Educación – Manual del usuario. Documento técnico No. 2. 2009

INTERACCIÓN DE MODELOS 3D CON REALIDAD AUMENTADA

I. Peredo Valderrama[1], R. Peredo Valderrama[2], K. Anaya Rivera[1]

[1]Universidad Politécnica de Querétaro, Carretera Estatal 420 S/N el Rosario el Marqués Querétaro CP. 76240
ivan.peredo@upq.mx
karina.anaya@upq.mx

[2] Escuela Superior de Cómputo, Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Adolfo López Mateos Av. Juan de Dios Bátiz S/N Esq. Miguel Othón de Mendizábal Col. Linda Vista, Ciudad de México, D.F., C.P. 07738, México
rperedo@ipn.mx

RESUMEN

La Realidad Aumentada (*Augmented Reality*, AR por sus siglas en inglés) es un tema que ha ido tomando fuerza en la última década [1]. La AR, es una tecnología que mezcla como su nombre lo dice la realidad y añade lo virtual, la mayoría de las personas creen que esto es realidad virtual, pero no lo es, debido a que esta implica aislarte de la realidad e introducirte a una virtual [2]. Entonces se define la AR como una mezcla de dos entornos, uno real y uno virtual, que actualmente se puede realizar con distintos dispositivos [3]. De esta forma se enriquece la experiencia visual y puede apoyar en mejorar múltiples técnicas de aprendizaje [4]. La presente propuesta muestra una aplicación que permite la manipulación completa de diferentes objetos 3D utilizando AR. Esta aplicación tiene como objetivo principal visualizar diferentes escenarios de la ciudad de Querétaro para mejorar la experiencia de los turistas con recorridos virtuales. La finalidad de este proyecto fue crear una aplicación que utilizó el Motor Unity y la plataforma Vuforia que permitió implementar la AR, y aplicarla al sector turístico, creando estancias más enriquecedoras para los turistas que visiten algún lugar de la ciudad de Querétaro.

Palabras claves: Realidad Aumentada, Objetos 3D, Unity, Vuforia, Aplicación,

1. INTRODUCCIÓN

El avance vertiginoso que ha tenido la tecnología para el desarrollo de dispositivos inteligentes a lo largo de las últimas décadas, ha permitido a los desarrolladores entrar a ramas o tópicos que no habían sido tomados en cuenta antes, por su grado de complejidad y/o a la imposibilidad de contar con la tecnología adecuada en ese momento [5]. Desde la creación de los sistemas operativos móviles y software para el desarrollo de aplicaciones de los mismos, se ha ido mejorando la calidad de estas aplicaciones por la sencillez para desarrollarlas y manipularlas por parte de los usuarios [6]. Los problemas comienzan cuando se utiliza una tecnología que no es muy conocida y por lo tanto, es difícil de aprender; debido a la escasa documentación y sus elevados costos de licenciamiento. Pero si se tiene la posibilidad de libre acceso a utilizar esta tecnología y es sencilla, se abre un mundo de posibilidades con las cuales no se contaba antes, entonces se pueden desarrollar mejores aplicaciones, y mejorar la interacción que tienen los usuarios con el entorno que los rodea, es aquí donde entra la AR.

Cuando se habla de AR tenemos que hacer hincapié que su aplicación en las nuevas tecnologías es relativamente nueva, a lo largo de los años ha tomado gran popularidad por su gran versatilidad y fluidez en dispositivos inteligentes, sin embargo no ha sido suficiente debido al desconocimiento de esta tecnología por gran parte de los usuarios. Aunque su evolución ha avanzado lentamente, en los últimos años se ha abierto un mundo nuevo de posibilidades para la comercialización de esta misma en diferentes áreas [7]. La reciente incorporación de varias empresas en el uso de las nuevas tecnologías (AR), han puesto a disponibilidad de los desarrolladores y público en general, el acceso a esta; por medio de software, documentación, diseño y desarrollo, lo que ha hecho posible acercarse a distintos tópicos como lo son: publicidad, aplicaciones informativas, educación, juegos, etc., siendo estos últimos los más destacados, lo que ha hecho proliferar el desarrollo de este tipo de aplicaciones [8].

La AR, mezcla la realidad del mundo, así como contenidos en tercera dimensión generados por una computadora, que son contenidos virtuales, la AR se podría confundir con la realidad virtual pero esta se representa como una tecnología que te aísla de la realidad. Por lo tanto podremos definir la AR, como una tecnología que une el mundo real con el virtual, ahora bien para realizar la AR; se necesitan los siguientes elementos: Monitor de computadora, cámara Web, software y marcadores así como los dispositivos inteligentes como iPad y teléfonos móviles que cuenten con la capacidad de realizar los procesos para que esto suceda. Para ello, los dispositivos móviles necesitan tener aplicaciones previamente instaladas. Sin embargo la AR, no solo es eso, sino el fruto de técnicas que procesan imágenes cuadro a cuadro aunado a los dispositivos que sobrescriben la información que reciben de una porción específica del mundo real, como lo pueden ser la portada de un libro, un folleto, un paisaje, un letrero, una foto, etc. [9].

Esta propuesta muestra una aplicación que permite la manipulación completa de diferentes objetos 3D utilizando la AR. Esta aplicación tiene como objetivo principal visualizar diferentes escenarios de la ciudad de Querétaro para mejorar la experiencia de los turistas en lo que respecta a recorridos virtuales en diferentes épocas a lo largo del tiempo. Las aportaciones que ofrece este proyecto son: Navegador que manipula objetos 3D, utilizando el Motor Unity y la plataforma Vuforia que permita implementar la AR, y aplicarla al sector turístico, y con esto ayudar a crear una estancia más atractiva para los turistas que visitan algún lugar de la ciudad de Querétaro.

2. ESTADO DEL ARTE

Siempre que se habla de AR lo primero que se viene a la mente es un modelado en 3D que será visualizado en un dispositivo, la Figura 1 muestra un modelado y animación 3D en Blender. Sin embargo en el pasado era casi imposible realizar esto, ya que la tecnología no era lo suficientemente buena como para diseñar una aplicación así, actualmente se cuenta con una gran variedad de software de modelado en 3D (***Autodesk Maya, Blender, Cinema 4D, Google Sketchup***, etc.).

La propuesta en un inicio contemplaba solo el uso de modelados en 3D, para crear una aplicación con interacción entre el usuario y el modelado en cuestión, otra alternativa que se contemplo fue el crear un videojuego, ya que hoy en día están de moda, permitiendo así mejorar la interacción con el jugador y la consola de videojuego, finalmente se optó por diseñar una aplicación que permitiera interactuar a las personas con modelados en 3D, utilizando el Motor Unity y la plataforma Vuforia para implementar la AR, la Figura 2 muestra la combinación de estas dos tecnologías. La finalidad de la propuesta es aplicar la AR al sector turístico en el estado de Querétaro, y con esto ayudar a crear una estancia más placentera y enriquecedora para los turistas que visitan algún lugar de la ciudad.

Una vez diseñada, desarrollada e implementada la aplicación en el sector turístico la Universidad Politécnica de Querétaro (UPQ) entablará en común acuerdo con el gobierno del estado para desarrollar aplicaciones e integrarlas en un futuro a los libros que tengan animales o paisajes de otras épocas.

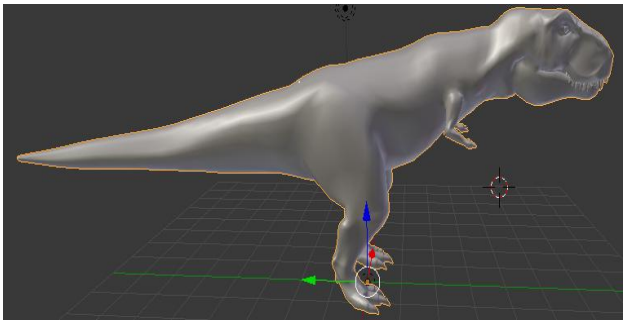


Figura 1. Modelado y animación 3D en Blender.

Figura 2. Modelado 3D en Unity y la plataforma Vuforia.

A pesar de que la tecnología aún no ha alcanzado la madurez necesaria como para implementarla en otras áreas en las que la AR es casi vital, hay lugares como escuelas o industrias que requieren de manipular objetos en 3D ofreciendo enriquecer en diversos aspectos la información que se recibe. Dicho en otras palabras la AR brinda la oportunidad de interactuar con cualquier objeto que va desde una simple cosa hasta el universo mismo. Lo único que limita la AR es el hecho de que requiere muchas líneas de código en su codificación. La Figura 3 muestra un ejemplo de un código simple, utilizando Unity y la plataforma Vuforia, para realizar proyectos ambiciosos.

```
function Start ()
 {
        renderer.material.mainTexture.Play();
        renderer.material.mainTexture.loop = true;
}
function Update ()
{
if (Input.GetButtonDown ("Jump"))
{
        if (renderer.material.mainTexture.isPlaying)
        {
                renderer.material.mainTexture.Pause();
                ys=1;
        }
        else
        {
                renderer.material.mainTexture.Play();
        }
}
...
```

Figura 3. Líneas de código para Unity y la plataforma Vuforia.

En la realización del presente, se investigaron diversos trabajos relacionados con aplicaciones que utilizan la AR, con la finalidad de eliminar el uso del ratón y teclado para llevar a una forma de interacción más natural con el usuario y la computadora. Algunos de los trabajos revisados son los siguientes:

- ***LearnAR*** [10]**,** es una herramienta nueva de aprendizaje interactiva, trata de diez programas de estudios para maestros y estudiantes que les permite explorar y experimentar mediante la combinación del mundo real con contenidos virtuales. El paquete de recursos consiste en actividades de matemáticas, ciencias, anatomía, física, geometría, educación física e idiomas.

- ***Wikitude World Browser*** [11], es una de las 50 mejores aplicaciones para ***Android*** y el ganador como mejor programa de AR para teléfonos móviles de ***Augmented Planet***. Esta aplicación funciona como una enciclopedia del futuro, que ha roto la línea del tiempo, y por alguna extraña razón será la enciclopedia del Siglo XXII.

- ***TAT Augmented ID*** [12]**,** servicio capaz de reconocer la cara de una persona y mostrar en que redes sociales está presente (***e-mail, Twitter, Facebook***). Por ejemplo, durante una conferencia, se toma un video del expositor, y en pantalla aparece debajo de su rostro sus generales, las redes sociales y otros servicios Web a los que está suscripto con un primer nivel de detalle.

- ***WordLens*** [13]**,** permite traducir las palabras que aparecen en una imagen. Basta con tomar una fotografía a cualquier texto desconocido, un anuncio, un menú, un volante, y se obtiene una traducción instantánea sobre el mismo objeto. El proceso es muy sencillo, el software identifica las letras que aparecen en el objeto y busca la palabra en el diccionario. Una

vez que encuentra la traducción, la dibuja en lugar de la palabra original. La aplicación es ideal para quienes viajan mucho y necesitan conocer de manera rápida el significado de alguna palabra.

Como se puede apreciar en los distintos trabajos presentados con anterioridad todos utilizan AR, de una manera innovadora, así el usuario puede emplear movimientos que le parecen familiares para crear una interacción más natural, como si estuviera manipulando objetos reales.

3. METODOLOGÍA USADA

En el desarrollo de un proyecto de software los cambios son constantes, las actualizaciones a los proyectos de software están a la orden del día, modificando en muchos casos el proyecto original, teniendo que actualizarse constantemente el diseño e implementación consecuentemente. Los diseños de software robusto permiten manejar de mejor manera el cambio en los proyectos de software, posibilitándonos a emplear mejor las modificaciones y cambios.

3.1 Patrones de diseño

Los patrones de diseño de software proveen una mejor visión para el análisis y diseño de los proyectos de software, ofreciendo óptimas soluciones, con la finalidad de manejar mejor el cambio a lo largo de la vida de un proyecto de software, y maximizar la reutilización de las partes de los proyectos de software. Hay una gran variedad de patrones de diseño de software que en su gran mayoría posibilitan que el software pueda ser modificado de una forma sencilla, y proporciona un mejor mantenimiento del código del proyecto de software a lo largo de la vida del proyecto. Los patrones de diseño son soluciones exitosas comprobadas y eficaces, que tienen el conocimiento de expertos del área a nivel mundial, y que están en un proceso de mejoramiento continuo, proporcionando a un proyecto de software una mejor arquitectura, que posibilita manejar el cambio de una manera más eficaz.

La aplicación utilizará principalmente los siguientes patrones de diseño: Patrón de composición, Modelo-Vista-Controlador (*Model-View-Controller*, MVC por sus siglas en inglés), además de componentes de software, estos últimos tienen una elevada reusabilidad y su estructuración modular tiene un alto grado de flexibilidad. El patrón MVC se utiliza principalmente en aplicaciones Web, pero debido a sus ventajas se ha extendido rápidamente a todo tipo de aplicaciones. Por último los componentes usan el patrón de composición para conformar estructuras complejas en tiempo de ejecución, con base en estructuras más simples, teniendo el patrón como ventaja fundamental las siguientes: Estructurar componentes complejos con base en componentes más simples (indivisibles y compuestos), y tener una sola Interfaz de Programación de Aplicación (*Application Programming Interface*, API por sus siglas en inglés) para componentes: indivisibles y compuestos.

3.2 Patrón de composición

El patrón de composición posibilita la construcción de estructuras complejos con base en estructuras más simples. Se tienen dos tipos de componentes denominados: Indivisibles y complejos, estos últimos son una conjunción de otros componentes. El patrón de Composición permitió simplificar la API de la aplicación propuesta, posibilitando manejar de forma indistinta componentes indivisibles y complejos de la propuesta. Este patrón permite maximizar la reutilización de los componentes de la propuesta, pudiendo utilizar los componentes indivisibles y complejos en diferentes contextos.

3.3 Patrón Modelo-Vista-Controlador

El patrón MVC es un patrón compuesto, que permite incrustar otros patrones y trabajar de forma conjunta, con la finalidad de desarrollar aplicaciones complejas. El patrón está compuesto de tres partes fundamentales: Modelo, Vista y Controlador. El Modelo representa la base de datos de la aplicación, y la lógica de negocios, la Vista presenta la interfaz hacia el usuario y muestra el estado de la aplicación, por último el Controlador maneja la Vista de entrada del usuario con su correspondiente Vista de salida, y cambia el estado de la aplicación. La gran flexibilidad del patrón se debe a la separación de los tres componentes que lo conforman, sin superponer sus responsabilidades, permitiendo a cada parte llevar a cabo sus tareas, estos componentes trabajan de forma conjunta, los tres componentes del patrón mantienen comunicación entre sí.

El patrón MVC ha sido utilizado por default en varios de nuestros proyectos de software [14-17], posibilitando la implementación de proyectos de software: Maximizando la reutilización de las partes que conforman el proyecto de software, y además permite manejar mejor el cambio a lo largo de la vida del proyecto, proporcionando un código de fácil mantenimiento. Por los motivos expresados en el punto 3.2 y 3.3, nuestra nueva propuesta implementa los patrones: MVC, y Composición. La Figura 4 muestra la arquitectura interna de la propuesta con los dos principales patrones de diseño de software: MVC y composición.

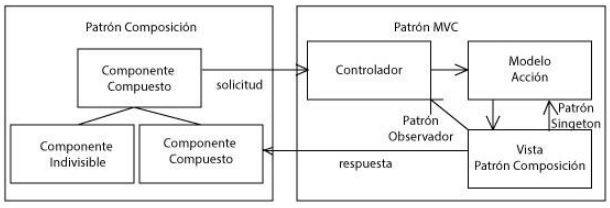


Figura 4. Arquitectura interna de la propuesta basada en patrones.

3.4 Análisis y diseño de la aplicación basada en componentes

Se desarrolló una aplicación capaz de mostrar a los usuarios como era la zona céntrica de Querétaro en la época antigua con AR, la cual permitió tener una mayor interacción con el ambiente que lo rodea, además de conocer parte de la historia del estado de una forma más amena dejando atrás el método tradicionalista. Esta aplicación facilita el aprendizaje a los usuarios sobre distintas ubicaciones que ofrece esta entidad. Se implementó el uso de la tecnología de la AR capaz de detectar el ambiente y la sección donde se está colocando el dispositivo, creando una animación dentro de este ambiente. La aplicación ofrece una interfaz sencilla para que los usuarios puedan interactuar con la misma de forma más intuitiva.

La aplicación propuesta busca implementarse en el sector turístico, enriqueciendo las experiencias que tienen los turistas durante las visitas al estado de Querétaro. Por esa razón, este proyecto nació con el objetivo de crear una ambientación de ciertas épocas de la historia con las cuales el usuario tendrá

total libertad de interactuar con ellas de modo que pueda percibir los elementos más esenciales de la época antigua.

Esta aplicación posicionará al estado de Querétaro en los primeros lugares en la difusión de su cultura e historia a nivel nacional, con la implementación de las nuevas tecnologías con la finalidad de enriquecer las experiencias de los turistas, posibilitando un mayor interés al estado, mejorando de manera directa su economía, y brindando opciones que seguramente solo se encuentran en países de primer mundo. Para ello sólo será necesario que cualquier persona pueda manipular la aplicación desde cualquier dispositivo, y con ello que todos sean partícipes de lo que la tecnología puede lograr.

Para la creación de la propuesta se utilizaron las siguientes herramientas de software: El ***Motor Unity***, la plataforma ***Vuforia***, ***Monodevelop***, ***Cinema 4d***, ***Blender***, ***SDK Android***, ***Lenguaje C#***, ***Lenguaje JavaScript para Unity***. A continuación se describe cada una de las herramientas que se utilizaron para la creación de la aplicación con AR:

- ***Unity*** [18]**,** motor para crear videojuegos multiplataforma creado por ***Unity Technologies***. ***Unity*** está disponible como plataforma de desarrollo para ***Windows*** y ***OS X***, y permite crear juegos para ***Windows***, ***OS X***, ***Linux***, ***Xbox 360***, ***PlayStation 3***, ***Wii***, ***Wii U***, ***iPad***, ***iPhone***, ***Android*** y ***Windows Phone***. En la presente propuesta ***Unity*** fue la plataforma base donde se montó la aplicación, desde los modelos creados en Cinema 4d y Blender, hasta los códigos o scripts que se utilizaron para este proyecto, el motor permitió conjuntar todos los elementos.

- La plataforma ***Vuforia*** [19], producto de Qualcomm Technologies, Inc. y sus subsidiarias, que posibilita la AR con experiencias de aplicaciones que son de lo mejor en su clase y creativas, más allá de la definición. Estas experiencias pueden llevarse a cabo a través de la mayoría de los entornos del mundo real, posibilitando a las aplicaciones móviles ver objetos 3D con AR. La plataforma tiene soporte para iOS, Android y Unity 3D. Vuforia permite escribir una única aplicación nativa que pueda llegar a la mayor cantidad de usuarios de una amplia gama de teléfonos inteligentes y tabletas. En la presente propuesta ***Vuforia*** es el plug-in que se agregó a ***Unity***, y con el cual se implementaron las aplicaciones que permiten visualizar los objetos 3D con AR.

- ***Monodevelop*** [20]**,** es un entorno de desarrollo integrado libre y gratuito, diseñado primordialmente para ***C#*** y otros lenguajes como ***Nemerle***, ***Boo***, ***Java***. ***Monodevelop***. Originalmente fue una adaptación de ***SharpDevelop*** para ***Gtk#***, pero desde entonces se ha ido adaptando a las necesidades de los desarrolladores del Proyecto Mono. En la presente propuesta se utilizó para codificar scripts híbridos entre C# y JavaScript, para realizar las acciones necesarias.

- ***Cinema 4D*** [21]**,** software de creación de gráficos y animación 3D, desarrollado originariamente para ***Commodore Amiga*** por la compañía alemana ***Maxon***. En la presente propuesta permitió realizar los modelados necesarios en la aplicación con una calidad gráfica superior a otros motores de creación de gráficos.

- ***Blender*** [22]**,** software multiplataforma, dedicado esencialmente al modelado, animación y creación de gráficos tridimensionales. Actualmente es compatible con todas las versiones para ***Windows, Mac OS X***, ***y GNU/Linux.*** En la presente propuesta se utilizó al igual que Cinema 4D, para desarrollar modelados 3D pero con una calidad menor, debido a sus bajos requerimientos de recursos gráficos que demanda.

- El Kit de Desarrollo de Software (*Software Development Kit*, SDK por sus siglas en inglés) de Android [23]**,** incluye un conjunto de herramientas de desarrollo para Android, que comprende un depurador de código, biblioteca, un simulador de teléfono basado en ***QEMU7***, documentación, ejemplos de código y tutoriales. En la presente propuesta este software fue la clave, ya que fue el encargado junto con ***Unity*** de crear los archivos a (*.akp), que son instalados en los dispositivos ***android***.

- ***C#,*** lenguaje de programación para ***Unity*** [24]**,** orientado a objetos desarrollado y estandarizado por Microsoft como parte de su plataforma .NET. ***C#*** es uno de los lenguajes de programación diseñados para la infraestructura de lenguaje común. En la presente propuesta es el lenguaje que posibilito codificar los script para ***Unity***, y se utilizó con el software **monodevelop,** debido a la facilidad para trabajar con ***Unity*** en el medio ambiente 3D.

- ***UnityScript***, lenguaje de programación interpretado para ***Unity*** [25]**,** es un dialecto del estándar ECMAScript. En la presente propuesta es el lenguaje de JavaScript modificado especialmente para ***Unity***, que permitió trabajar con ***Unity***, debido a que cuenta con las funciones de ***Unity*** para trabajar con el espacio 3D y la física.

3.5 Funcionamiento

Antes de detallar el funcionamiento de la aplicación, explicaremos los requerimientos mínimos que se necesitan para ejecutar las aplicaciones con AR:

- ***Monitor de la computadora***: Dispositivo donde se ven reflejados los elementos de lo real y lo virtual que conforman la realidad aumentada.

- ***Cámara Web***: Dispositivo que toma la información del mundo real y la transmite al software de realidad aumentada.

- ***Software***: Programa que toma los datos reales y los transforma en realidad aumentada.

- ***Marcadores***: Son hojas de papel con símbolos que el software interpreta y de acuerdo a un marcador específico realiza una respuesta tales como: mostrar una imagen 3D, hacer cambios de movimiento al objeto 3D que ya está creado con un marcador, reproducción de videos, etc.

La Figura 5 muestra un ejemplo de AR; como se puede observar se está utilizando un marcador llamado ***framemarker***, y es utilizado como eje para montar una imagen,

y en nuestro caso mostrar imágenes de la zona céntrica de la entidad, además se puede notar que no es necesario ser un experto en algún área técnica específica para utilizarla, ya que solo se requiere utilizar los marcadores para interactuar con el software. La conjunción del software descrito anteriormente, posibilitó con ciertos conocimientos de programación y de diseño, realizar una aplicación con AR.

Figura 5. Utilización de marcadores para interactuar con la aplicación de AR.

Con ayuda de la nube, se agregó las fotografías necesarias para la aplicación reduciendo el peso considerablemente, esto significa que se creó una base de datos en la Web. Las Figuras 6 y 7 muestran imágenes de la propuesta, aplicadas a ubicaciones geográficas del estado con interés histórico.

Figura 6. Zona céntrica de Querétaro.

En las Figuras 6 y 7 se puede apreciar un ejemplo de la propuesta, como se puede observar la Figura 6 muestra la zona céntrica actual de Querétaro, mientras que la Figura 7 es la misma zona pero diversos años atrás, la aplicación de AR de la propuesta permite remontarnos en la época antigua a la actual, a través de la manipulación de escenas de la aplicación posibilitando recrear los diversos escenarios más importantes de la ciudad.

La aplicación con AR funciona a través de diversos dispositivos móviles, los cuales necesitan de aplicaciones capaces de soportar AR, a su vez necesitan de la combinación del Motor Unity y Vuforia para la creación de estas, capaces de cambiar parte de la realidad por modelos en tercera dimensión; la finalidad de la aplicación es recrear en tiempo de ejecución parte de las edificaciones en épocas pasadas de la entidad por medio de los teléfonos móviles. La aplicación con AR detecta algún edificio o algún paisaje, y a continuación procederá a generar el terreno nuevo modelado en Cinema 4D y Blender.

Figura 7. Zona céntrica de Querétaro hace varios años.

3.6 Entorno gráfico

Está diseñado para que el usuario tenga un fácil aprendizaje de las funciones del mismo entorno. La Figura 8 muestra el último prototipo del menú de inicio, donde el usuario podrá elegir qué es lo que desea hacer, por ejemplo: Ver sitios de interés general de la ciudad de Querétaro en las diferentes etapas de la historia.

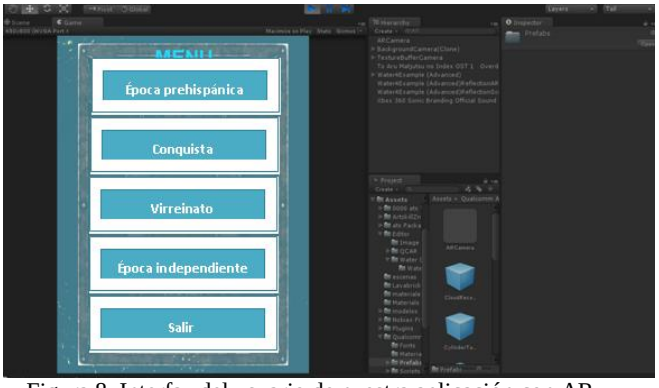


Figura 8. Interfaz del usuario de nuestra aplicación con AR.

Un punto clave del desarrollo del proyecto fue unir el mundo real y virtual del estado, con la intención de mejorar la interacción del hombre con el ambiente que le rodea a través de AR, y así el usuario pueda manipular parte del entorno por medio de la tecnología de AR, logrando enriquecer sus experiencias de aprendizaje.

4. RESULTADOS

La simulación de la ciudad de Querétaro con AR, busca apoyar a los usuarios con experiencias más enriquecedoras por medio de la AR, a través de dispositivos móviles comunes, que tengan soporte de AR, para que los turistas puedan conocer más de la entidad. Este tipo de aplicaciones tiene la ventaja de que puede seguir siendo actualizada a lo largo del tiempo, debido a que tiene un diseño robusto basado en patrones de diseño de software, además de seguir mejorando constantemente, y expandiéndose de forma indefinida, y no solo considerar a la ciudad, sino agregar otras entidades o lugares turísticos de interés a nivel nacional.

Se desarrolló una aplicación con AR, que permita al usuario interactuar con el ambiente que lo rodea de una forma más atractiva, por medio de dispositivos inteligentes como lo son los teléfonos móviles que cuenten con soporte para AR. La propuesta se enfoca al área turística, que apoye la estancia de los turistas de una forma significativa, agradable y enriquecedora.

5. CONCLUSIONES

La aplicación propuesta provoca a las personas adentrarse e interactuar con la tecnología de AR, que pronto será de gran uso en diferentes actividades cotidianas, siendo un ejemplo muy claro de esta nueva tendencia el dispositivo de visualización ***Google Glass***, lo que llevará al desarrollo de nuevas aplicaciones que ayuden a cumplir las nuevas necesidades que van surgiendo de los usuarios.

De igual manera este tipo de aplicaciones ayuda a ver desde un punto de vista totalmente diferente el ambiente que le rodea, cuando el usuario interactúa con el mundo de la AR se abren nuevas puertas y posibilidades que no se consideraban antes, hoy en día la gente está acostumbrada a usar las aplicaciones que le resuelvan los problemas de manera rápida y eficiente, de forma análoga la aplicación propuesta ayudará a interactuar más con el ambiente, en los sitios de interés del estado.

La presente propuesta de aplicación de AR está enfocada a sitios de interés para el turismo, pero es fácilmente aplicable a otras áreas, siendo una de las más interesantes, el área de educación, lo que proporcionaría experiencias más enriquecedoras a los estudiantes.

RECONOCIMIENTOS

Los autores de este artículo agradecen a la Universidad Politécnica de Querétaro y al Instituto Politécnico Nacional (IPN) y a la Escuela Superior de Cómputo (ESCOM) por su apoyo para este trabajo dentro de los proyectos SIP: 20140382 y 20140359 dentro del proyecto multidisciplinario 1665. Los autores desean reconocer a todos sus colegas y estudiantes Juárez Moreno César Fernando, Nieves Lagunas Jesús Abraham, Arias Arreola Luis Enrique, Toledo Torres Jorge Antonio que participaron en el diseño y desarrollo del software, y materiales de aprendizaje descritos en este artículo.

6. REFERENCIAS

1. AR, “Augmented reality”, última fecha de modificación: 2013, disponible en el sitio Web con URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Augmented_reality.
2. Greg Kipper and Joseph Rampolla, Augmented Reality: An Emerging Technologies Guide to AR, 1 edition, Syngress, 2012.
3. James Kent, The Augmented Reality Handbook - Everything You Need to Know about Augmented Reality, Tebbo, 2011.
4. Rui Wang, Augmented Reality with Kinect, Packt Publishing, 2013.
5. Alan B. Craig, Understanding Augmented Reality: Concepts and Applications, 1 edition, Morgan Kaufmann, 2013.
6. Tony Mullen, Prototyping Augmented Reality, 1 edition, Sybex, 2011.
7. Kyle Roche, Pro iOS 5 Augmented Reality, 1 edition, Apress, 2011.
8. Raghav Sood, Pro Android Augmented Reality, 1 edition, Apress, 2012.
9. Borko Furht, Handbook of Augmented Reality, Springer, 2011.
10. LearnAR, “Learn Augmented reality”, última fecha de modificación: 2013, disponible en el sitio Web con URL: http://www.learnar.org/.
11. Wikitude, “Wikitude World Browser”, última fecha de modificación: 2013, disponible en el sitio Web con URL: http://www.wikitude.com/.
12. TAT, “TAT Augmented ID”, última fecha de modificación: 2013, disponible en el sitio Web con URL: http://www.tat.se/.
13. WordLens, “Word Lens”, última fecha de modificación: 2013, disponible en el sitio Web con URL: http://questvisual.com/es/.
14. Rubén Peredo Valderrama, Alejandro Canales Cruz: Aplicaciones Web basadas en componentes de software para Educación Basada en Web. CNCIIC-ANIEI 2008.
15. R. Peredo Valderrama, I. Peredo Valderrama, L. Balladares Ocaña, Sistema evaluador usando Web semántica para educación basada en Web, 5ta. Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática (CISCI 2006), IIIS, 2006.
16. R. Peredo Valderrama, I. Peredo Valderrama, L. Balladares Ocaña, Sistema generador de contenidos multimedia interactivos didácticos usando componentes de software para educación basada en Web, 6ta. Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática (CISCI 2007), IIIS, 2007.
17. Rubén Peredo, Alejandro Canales, Alain Menchaca, Iván Peredo, Intelligent Web-based education system for adaptive learning, Expert Systems with Applications, 38(12): 14690–14702, Pergamon Press, 2011.
18. Unity, “Unity 3D”, última fecha de modificación: 2013, disponible en el sitio Web con URL: http://unity3d.com/.
19. Vuforia, “Vuforia Qualcomm Technologies”, última fecha de modificación: 2013, disponible en el sitio Web con URL: http://www.qualcomm.com/solutions/augmented-reality.
20. Monodevelop, “Monodevelop 4.0”, última fecha de modificación: 2013, disponible en el sitio Web con URL: http://monodevelop.com/.
21. Cinema 4D, “Cinema 4D Studio”, última fecha de modificación: 2013, disponible en el sitio Web con URL: http://www.maxon.net/es/products/cinema-4d-studio.html.
22. Blender, “Blender 2.69”, última fecha de modificación: 2013, disponible en el sitio Web con URL: http://www.blender.org/.
23. SDK de Android, “SDK de Android Developers”, última fecha de modificación: 2013, disponible en el sitio Web con URL: http://developer.android.com/sdk/index.html.
24. Unity C#, “Unity C# Integration”, última fecha de modificación: 2013, disponible en el sitio Web con URL: http://docs.unity3d.com/Documentation/Manual/VisualStudioIntegration.html.
25. UnityScript, “UnityScript”, última fecha de modificación: 2013, disponible en el sitio Web con URL: http://wiki.unity3d.com/index.php/UnityScript_versus_JavaScript.

PROPUESTA DE UNA ARQUITECTURA AVANZADA PARA SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES BAJO EL PARADIGMA DE EDUCACIÓN BASADA EN WEB

R. Peredo Valderrama[1], I. Peredo Valderrama[2]

[1] Escuela Superior de Cómputo, Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Adolfo López Mateos
Av. Juan de Dios Bátiz S/N Esq. Miguel Othón de Mendizábal
Col. Linda Vista, Ciudad de México, D.F., C.P. 07738, México
rperedo@ipn.mx

[2] Universidad Politécnica de Querétaro, Carretera Estatal 420 S/N, El Marqués, Querétaro C.P. 76240
ivan.peredo@upq.mx

RESUMEN

La presente propuesta presenta una transformadora arquitectura para Sistemas de Tutoreo Inteligente (*Intelligent Tutoring System*, ITS por sus siglas en inglés) utilizando el paradigma de educación basada en Web, donde su cliente por excelencia es el navegador Web, y donde muchos servidores Web y navegadores Web son gratis. La propuesta está basada principalmente en un mejor diseño e implementación del emergente paradigma denominado: Ingeniería de Software Basada en Componentes (*Component Based Software Engineering*, CBSE por sus siglas en inglés), en la arquitectura para ITS. La presente propuesta ha agregado un nuevo subconjunto de Patrones de Diseño de Software (PDS) a la arquitectura: patrón interceptor, y patrón comando; además de actualizar la implementación de nuestro patrón principal Modelo-Vista-Controlador (*Model-View-Controller*, MVC por sus siglas en inglés) con Struts 2.3.15.2. En 1995 se propuso el concepto de componentes para materiales educativos que denominamos: Componentes de Aprendizaje Reusables Inteligentes Orientados a Objetos (*Intelligent Reusable Learning Components - Object Oriented*, IRLCOO por sus siglas en inglés), la presente propuesta presenta los últimos avances de los mismos, que han resultado en una mejor arquitectura. Nuestras propuestas han tomado como base la arquitectura IEEE 1484 – LTSA, ya que es un modelo ampliamente aceptado por la comunidad internacional.

Palabras claves*:* Arquitectura, CBSE, Web Semántica, ITS, Patrones de Diseño de Software.

RECONOCIMIENTOS

Los autores de este artículo agradecen al Instituto Politécnico Nacional (IPN) y a la Escuela Superior de Cómputo por su apoyo para este trabajo dentro de los proyectos SIP: 20140382 y 20140359 dentro del proyecto multidisciplinario 1665. Los autores desean reconocer a todos sus colegas y estudiantes que participaron en el diseño y desarrollo del software, y materiales de aprendizaje descritos en este artículo.

1. INTRODUCCIÓN

Cada día la tecnología toma un rol más significativo en el proceso enseñanza / aprendizaje. Los avances tecnológicos han modificado múltiples aspectos de nuestras vidas, han surgido muchas opciones para que las personas se puedan conectar al binomio Internet/Web, actualmente hay múltiples iniciativas públicas ofreciendo conexión a la Internet/Web en las partes más recónditas del mundo a personas de escasos recursos. Estamos en un punto crucial donde los educadores en sus clases deben buscar aprovechar la ola de cambios sociales y tecnológicos que se están produciendo, para impactar en los procesos de enseñanza / aprendizaje de sus estudiantes de manera positiva. La información es una parte fundamental de la sociedad del conocimiento.

Otra parte fundamental de la ecuación son los gobiernos respectivos de cada país, los cuales deben de tomar un rol más activo, los cuales deben estar constantemente informados de las nuevas tendencias, para evitar rezagar el desarrollo del país.

Salman Khan creador de Khan Academy [1] desarrollo unos tutoriales para ayudar a su sobrina a mejorar su aprendizaje de las matemáticas, pero no se imaginó a donde lo llevaría esta iniciativa, redefiniendo paradigmas en la educación a nivel mundial. Esta iniciativa está cambiando la vida de millones de personas alrededor del mundo. Estos buenos tutoriales aprovechan de manera parcial las ventajas del binomio Internet/Web, pero a pesar de esto permiten a los estudiantes avanzar a su propio ritmo, al permitir su repetición cuantas veces sean necesarias para el estudiante, hasta lograr una mejor compresión del tema tratado. Los estudiantes satisfechos los comenzaron a recomendar ampliamente, ocasionando un éxito instantáneo de los mismos. Actualmente Khan Academy cuenta con amplio grupo de tutoriales, desarrollados por diseñadores gráficos y desarrolladores de software, que han constituido una plataforma educativa. Los materiales educativos tienen contenidos estructurados, herramientas de seguimiento y evaluaciones de los estudiantes, lo que permite capturar métricas de las metas alcanzadas por los estudiantes, para evaluar el desempeño de los estudiantes. La integración de las Tecnologías de la Información (*Information Technology*, IT por sus siglas en inglés), han permitido incluir a los materiales educativos para la Internet/Web, opciones que antes eran impensables, logrando enriquecer las experiencias de aprendizaje de los estudiantes, y agregar nuevo tipos de actividades colaborativas, enriqueciendo más el proceso enseñanza / aprendizaje de los estudiantes.

Una de las ventajas fundamental de este tipo de iniciativas, es desarrollar materiales educativos de alta calidad, que sean constantemente actualizados por los mejores expertos nacionales y mundiales, y estén disponibles alrededor del mundo, lo que permitirá a los estudiantes independientemente

de su ubicación geográfica utilizar recursos de alta calidad, obteniendo una mejor educación.

Un concepto que ha estado emergiendo de la utilización de las IT en la educación, es el denominado: "**salón de clases invertido**", que se refiere a la transformación de los métodos tradicionales de enseñanza / aprendizaje, donde los estudiantes toman ahora las clases en línea, y hacen ahora las tareas con el profesor. Transformando de manera radical el rol del profesor, de un concentrador del conocimiento que lo sabe todo, a un guía en el salón de clases, que apoya a perfeccionar las habilidades de los estudiantes. Este nuevo rol del profesor pone a prueba su creatividad y didáctica.

Cada vez más instituciones alrededor del mundo están implementando estos nuevos paradigmas Los estudiantes actuales están viviendo una revolución digital, interactúan con las IT desde pequeños. Por lo cual se requiere desarrollar herramientas innovadoras que apoyen al docente, pero también hay muchas herramientas de tipo gratuito que se pueden utilizar.

Por lo mencionado anteriormente la sociedad, gobiernos, y más específicamente las instituciones educativas, deben de buscar una sinergia entre la educación tradicional, y la educación en línea, y más específicamente hacia el nuevo paradigma que está revolucionando la educación, y que se denomina Educación Basada en Web (*Web Based Education*, WBE por sus siglas en inglés). Las instituciones educativas tienen la enorme tarea por delante de aceptar y validar las competencias de los estudiantes, independientemente del modelo utilizado para lograrlas. El paradigma de WBE posibilita a las instituciones tradicionales abrir nuevos espacios educativos, y con esto atender una demanda creciente de estudiantes que buscan educación de alta calidad.

En la actualidad hay infinidad de diversos dispositivos que nos permiten conectarnos a la Internet/Web como: computadoras, laptops, tabletas, Smartphones, etc., los cuales han tenido un constante descenso de precios, debido a la constante reducción de los márgenes de ganancia de los fabricantes, lo que ha sido aprovechado para extender su uso en todas las áreas, incluso en algunas áreas donde el uso de las computadoras era impensable hace algunos años, y obviamente ha tenido una gran aceptación por parte de profesores y alumnos en el área específica: educación [2].

Las instituciones educativas y profesores están comenzando a rediseñar sus procesos de enseñanza / aprendizaje para aprovechando las ventajas que ofrece la Internet, y la Web más específicamente, comenzando muchas instituciones educativas a superar la etapa de materiales educativos tipo e-Reading, además se ha comenzado a tomar ventaja de la inteligencia artificial en los Sistema de Manejo de Contenido de Aprendizaje (*Learning Content Management System*, LCMS por sus siglas en inglés), para aprovechar mejor al binomio Internet/Web.

Existen múltiples paradigmas entre educación e inteligencia artificial, resaltando entre las alternativas el paradigma ITS, por su alta personalización para los estudiantes.

La WBE a lo largo de los años se ha transformado en una realidad aplastante en múltiples instituciones educativas, su ventaja fundamental es la personalización individual para los estudiantes, de acuerdo a sus avances personalizados individuales. Existen varias iniciativas primordiales dedicadas a la investigación del paradigma de WBE, y son las siguientes: Aprendizaje Distribuido Avanzado (*Advanced Distribuited Learning*, ADL por sus siglas en inglés) [3], y su Modelo de Referencia de Objeto de Contenido Compartido (*Sharable Content Object Reference Model*, SCORM por sus siglas en inglés), Consorcio de Aprendizaje Global (*Global Learning Consortium*, GLC por sus siglas en inglés) [4], y la Iniciativa de Conocimiento Abierta (*Open Initiative Knowledge*, OKI por sus siglas en inglés) [5].

Los ITS hacen deducciones acerca del estudiante, basados en las actividades capturadas del estudiante, durante su proceso de enseñanza/aprendizaje. Con el objetivo de personalizar las retroalimentaciones a los estudiantes y profesores, reconfigurando de manera dinámica los LCMS en tiempo de ejecución. Este tipo de aplicaciones habilitan a los estudiantes más avanzados progresar más rápidamente en el cumplimiento de sus metas, mientras que los profesores pueden focalizar su atención en los estudiantes con menos avances en sus metas.

La presente propuesta presenta una arquitectura avanzada adicionando un nuevo subconjunto de PDS para ITS, y tecnologías de Web Semántica basada en el paradigma WBE. Esta arquitectura hace énfasis en los siguientes elementos: Programación Orientada a Objetos (*Object Oriented Programming*, OOP por sus siglas en inglés), PDS y tecnologías de Web semántica para mejorar la personalización del ITS. Nuestras propuestas a lo largo de los años han utilizado la Arquitectura de Sistemas de Tecnología de Aprendizaje (*Learning Technology Systems Architecture*, LTSA por sus siglas en inglés) de la IEEE (1484 - LTSA - IEEE) [6-9], ampliamente aceptada a nivel mundial por la comunidad WBE. El paradigma COP [10] busca resolver la cada vez más compleja tarea de codificar los programas de las computadoras, y es implementado en la propuesta. La presente propuesta mejora desarrollos e implementaciones previas [11-18], de nuestros IRLCOO, con un subconjunto de PDS que mejoran la arquitectura.

La presente propuesta contribuye con una arquitectura avanzada mejorada con un nuevo subconjunto de PDS. La propuesta busca servir como una arquitectura base ITS para otros trabajos, bajo el paradigma de WBE para la mejorar la personalización de las experiencias de aprendizaje de los estudiantes, y mejorar los procesos de enseñanza / aprendizaje de los profesores. La presente propuesta agrega tecnologías de Web semántica con la finalidad de mejorar más la personalización, bajo el paradigma WBE.

2. DISEÑO PARA SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES

2.1 Principios fundamentales de los patrones de diseño

Los principios fundamentales de los patrones comenzó con la Banda de los Cuatro (*Gang of Four*, GoF por sus siglas en inglés), conformada por: Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson, y John Vlissides.

Los PDS son estructuras de soluciones probadas para los proyectos de software, siendo referencias revisadas constantemente por expertos, y contando con una amplia documentación de apoyo. Los PDS están en constante evolución y se han ido perfeccionando a lo largo de los años, logrando soluciones cada vez más optimas año tras año, al incluir código robusto de programación de los mejores

programadores a nivel mundial, siendo nuestra propuesta un ejemplo de esto al ir mejorando el diseño e implementación con actualizaciones constantes respecto a trabajos previos, adaptables a diferentes problemas de desarrollo de software, que puede ser utilizado para problemas concretos, con un buen soporte para manejar el cambio a lo largo de la vida del proyecto de software.

La presente propuesta ha agregaron un nuevo subconjunto de PDS adicionales respecto a propuestas previas, además de actualizar la implementación de nuestro patrón principal MVC.

2.2 Patrón Interceptor

El PDS interceptor es una manera de aumentar un ciclo de procesamiento normal, posibilitando agregar nuevos procesos. Dos de los puntos claves de este PDS es que el cambio es transparente y su uso es automático, además el bloque de código usual a ejecutarse no tiene por qué conocer los bloques de códigos adicionados o cambiados, posibilitando la integración de servicios adicionales, sin que la arquitectura principal tenga que ser modificada. El PDS interceptor permite extender marcos de trabajo de manera transparente. El primer paso es definir una interfaz que el interceptor implementara, el segundo paso es un objeto delegador que contenga una lista de los interceptores, cuando el objeto delegador es llamado desde la aplicación, este invoca los interceptores requeridos uno seguido de otro hasta finalizar. El PDS interceptor tiene las siguientes características: extensibilidad, flexibilidad, posibilita la separación de tareas, e incrementa la reusabilidad.

2.3 Patrón Comando

El PDS comando posibilita a un cliente hacer solicitudes a un objeto sin hacer alguna suposición acerca de la solicitud, o del objeto recibido. El PDS comando tiene las siguientes características: extensibilidad, flexibilidad, encapsulación del comportamiento en un objeto de comando portable, desacopla las clases y métodos de aquellas clases que ejecutan el comportamiento requerido desde la ubicación donde el comportamiento es llamado, creación de nuevos comportamientos de manera dinámica creando nuevos objetos comando y asignándolos a los invocadores en tiempo de ejecución, posibilita la implementación directa de las funcionalidades: encadenamiento, deshacer, rehacer y funcionalidades de bitácora en la aplicación.

El PDS comando está basado fundamentalmente en la encapsulación. El PDS incrusta el comportamiento en los objetos de comando. Los comandos son ejecutados al llamar al método `execute()` dentro del objeto comando, las clases son delegadas a ejecutar el comportamiento, y se oculta cuáles son los métodos de esas clases que implementan el comportamiento cuando son llamadas, desacoplando el código que invoca el comportamiento del código que implementa el comportamiento. El desacoplamiento hace que los comandos sean extremadamente portables, posibilitando el soporte para una amplia aplicación en diferentes situaciones. Un objeto de comando puede ser compartido por varios invocadores, esto posibilita el modificar o ampliar el comportamiento de la aplicación. Una característica muy importante del PDS es la posibilidad de que un objeto comando puede ser asignado de manera dinámica a los invocadores.

2.4 Patrón Modelo-Vista-Controlador implementado con Struts 2.3.15.2

El PDS MVC es fundamental del lado del servidor, y se ha utilizado en varias de nuestras propuestas previas [11-18], este nos permite conjuntar varios PDS incrustados de manera unida, para desarrollar e implementar aplicaciones avanzadas. Una diferencia importante respecto a trabajos previos es la inclusión de un nuevo subconjunto con dos nuevos PDS, además de la actualización del diseño e implementación del patrón MVC de la presente propuesta utiliza Struts 2.3.15.2 [19].

El primer paso para hacer una solicitud al servidor Web, en nuestro caso el contenedor de Servlets/JSP Tomcat [20], teniendo primer lugar una cadena de filtros. El primer filtro es ActionContextCleanUp, el cual es opcional y nos permite integrar otras tecnologías como SiteMesh [21], siendo este un Marco de Trabajo ligero y flexible que aplica el patrón decorador, para separar el contenido de la presentación. El siguiente filtro es el FilterDispacher, que consulta el ActionMapper proveyéndonos de un mapeado entre las solicitudes del Protocolo de Transferencia de Hiper Texto (*Hyper Text Transfer Protocol*, HTTP por sus siglas en inglés) y la solicitud de invocación de la acción.

El ActionMapper determina la acción que debe de ser llamada, entonces el FilterDispatcher delega el control al ActionProxy. El ActionProxy obtiene la clase Action y ejecuta el método apropiado, consultando el manejador de archivos de configuración, inicializado desde el archivo de configuración struts.xml. Posteriormente el ActionProxy crea una ActionInvocation, la cual es responsable de la implementación del patrón comando descrito anteriormente en el punto 2.3, que incluye la invocación de los interceptores descrito anteriormente en el punto 2.2, antes de la invocación de la Action misma.

Cuando la acción retorna, la ActionInvocation es responsable por buscar el resultado correspondiente asociado con la Action mapeado en el archivo de configuración struts.xml. El resultado es ejecutado lo cual usualmente involucra una plantilla escrita en JSP/Velocity/FreeMArker para ser presentada en la Vista, la plantilla puede utilizar etiquetas personalizadas de Struts disponibles en el Marco de Trabajo.

Por último los interceptores son ejecutados en orden inverso al que fueron llamados inicialmente. Para que finalmente la respuesta retorne a través de los filtros configurados en el archivo de publicación web.xml.

Struts 2 tiene varios objetos importantes como: Actions, Results, Interceptors, etc., que son creados por ObjectFactory.

3. MÓDULO DE WEB SEMÁNTICA

3.1 Web Semántica

La Web semántica no es una Web separada más bien es una extensión de la actual, en la información tiene un significado bien definido, posibilitando a las computadoras y a la gente trabajar de forma colaborativa [22].

3.2 Tecnologías de Web Semántica

La implementación de la ontología dentro del ambiente virtual de aprendizaje fue implementado con las siguientes 2 tecnologías principales: Java 1.6 Kit de Desarrollo de Software (*Software Development Kit*, SDK por sus siglas en inglés) [23], y el Marco de Trabajo para Web Semántica JENA [24]. El Marco de Trabajo JENA fue seleccionado debido a que proporciona un ambiente de desarrollo basado en: OWL [25], RDF [26], RDFS [27], y SPARQL [28]. Todas las herramientas implementadas en la presente propuesta utilizan el lenguaje de programación Java.

La propuesta emplea la ontología Amigo de un Amigo (*Friend Of A Friend*, FOAF por sus siglas en inglés) [29]. La ontología FOAF tiene un vocabulario reservado predefinido de términos para definir conceptos y relaciones sociales, relacionando a los estudiantes a través de las bases de conocimientos.

El módulo de Web semántica posibilita crear objetos con los datos de los profesores y estudiantes, utilizados para construir modelos que representen a los estudiantes y profesores, modelos contienen información personal de los mismos, y las relaciones sociales, que permiten conformar diferentes comunidades de aprendizaje, a lo largo de su proceso enseñanza / aprendizaje.

El módulo de Web semántica utiliza el razonador de JENA para inferir información de las bases de conocimientos basadas en la ontología, de las métricas colectadas en la base de conocimientos.

3.3 Metadatos y ontología

El modelado de conocimientos de la presente propuesta es por medio de triples, se utiliza el marco de trabajo denominado JENA [24] para la serialización RDF, optimizado para el intercambio y la compartición de la información.

FOAF describe personas, las relaciones entre ellas y sus actividades, y que sean procesables por las computadoras. El proyecto FOAF fue creado inicialmente por Brickley and Miller a principios del año 2000 [30]. La conformación del conocimiento de la propuesta está basado en RDF como se mencionó anteriormente, lo que habilita el módulo de Web semántica de la propuesta para las consultas automáticas, para descubrimiento, invocación y composición. La capa de metadatos representa la compilación de la información de nuestra propuesta que es accesada, descrita y procesada ontológicamente.

3.4 Sistema de Tutores Inteligentes

Un ITS es un software de computadora diseñado para simular el comportamiento y guía de un tutor humano. Estos sistemas son capaces de interpretar respuestas complejas de los estudiantes y aprender de ellas, guiarlos ofreciéndoles ayuda. Los ITS buscan proveer los beneficios de un tutor humano pero con una gran cantidad de alumnos [31].

La definición de un agente de software de Wooldridge y Jennings mencionada en trabajos previos [32], ha ido creciendo en aceptación. El paradigma basado en agentes se ha utilizado en la presente propuesta debido a que nos permite modelar a las entidades sociales involucradas en el proceso enseñanza/aprendizaje.

3.5 Aportaciones de la propuesta a la Arquitectura avanzada

A lo largo de los años hemos diseñado e implementado diferentes propuestas de arquitectura para Sistemas de Tutoreo Inteligente [12, 16, 17], actualizándola en cada ocasión. Un primer punto de inflexión fundamental en la actualización de nuestra arquitectura fue la introducción de la arquitectura base IEEE 1484 - LTSA [6-8], pero proponiendo en su momento la sustitución de los procesos por agentes de software, para modelar las entidades sociales en la propuesta. Un segundo avance significativo fue la actualización de la arquitectura basada totalmente en OOP hacia una nueva arquitectura basada en: OOP, PDS y COP, lo que permitió a nuestra propuesta manejar mejor el cambio a lo largo de la vida del proyecto, además de habilitar un mejor manejo para la secuenciación y composición dinámica de los materiales educativos. Una tercera mejora importante fue la captura de métricas de los estudiantes, con la propuesta de la agregación de un nuevo flujo de datos a la arquitectura IEEE 1484 - LTSA, para mejorar la personalización de la retroalimentación. La cuarta actualización significativa vino del diseño e implementación del modelo Creencias-Deseos-Intenciones (*Belief-Desire-Intention*, BDI por sus siglas en inglés), siendo clave para el razonamiento de los agentes que conforman el MAS, la teoría BDI está basada en la teoría de un razonamiento práctico, proveyéndonos con un mejor nivel de planeación más allá de la planeación de los agentes tradicionales, al poder razonar sobre sus diferentes metas, posibilitando a los agentes basados en el modelo BDI adaptarse mejor a situaciones cambiantes.

La última actualización importante es la presente propuesta de arquitectura con la utilización de un nuevo subconjunto de PDS y tecnologías de Web semántica.

4. INGENIERÍA DE SOFTWARE BASADA EN COMPONENTES

4.1 Paradigma CBSE

El paradigma CBSE es un nuevo paradigma considerado por muchos, como el sucesor del paradigma OOP, que muchos consideran agotado [33].

La idea de CBSE en principio es que los componentes sean reutilizable independientemente del contexto, para ser usados en múltiples lugares de la aplicación. CBSE posibilita desarrollar software en base al acoplamiento de componentes, enfatizando: interfaces y composición. Las implementaciones de los componentes pueden variar a lo largo del tiempo, pero mientras las interfaces no cambien, los clientes no se verán afectados por los cambios en las implementaciones, logrando con esto desacoplar la especificación del objeto de su implementación.

4.2 Interfaces y composición

Las interfaces dentro del paradigma de OOP nos permiten establecer un modelo completamente vacío, estableciendo un contrato, que es implementado por las clases que implementan las interfaces, esto nos posibilita separar la especificación de la implementación, posibilitando un acoplamiento débil. En los paradigmas OOP y CBSE, las interfaces se adaptan muy bien en situaciones donde diferentes objetos y componentes no relacionados pueden proveernos con

la implementación requerida. Una interfaz es una representación de un contrato, en la cual la implementación debe cumplir completamente con el contrato de la interfaz. Otra ventaja de las interfaces es que se pueden tener implementaciones distintas sin poner en peligro el código existente, siempre y cuando se cumpla con la especificación de la interfaz. Las diferentes implementaciones de las interfaces pueden actualizarse, pero se debe de respetarse la interfaz. Debido a todo lo expuesto anteriormente las interfaces son una de las características fundamentales del nuevo paradigma CBSE.

La segunda característica de CBSE es la composición, siendo la composición una estructura que usa clases, objetos y componentes para construir estructuras tipo árboles más grandes en base a elementos más pequeños, la cual nos provee de una gran flexibilidad a la arquitectura propuesta.

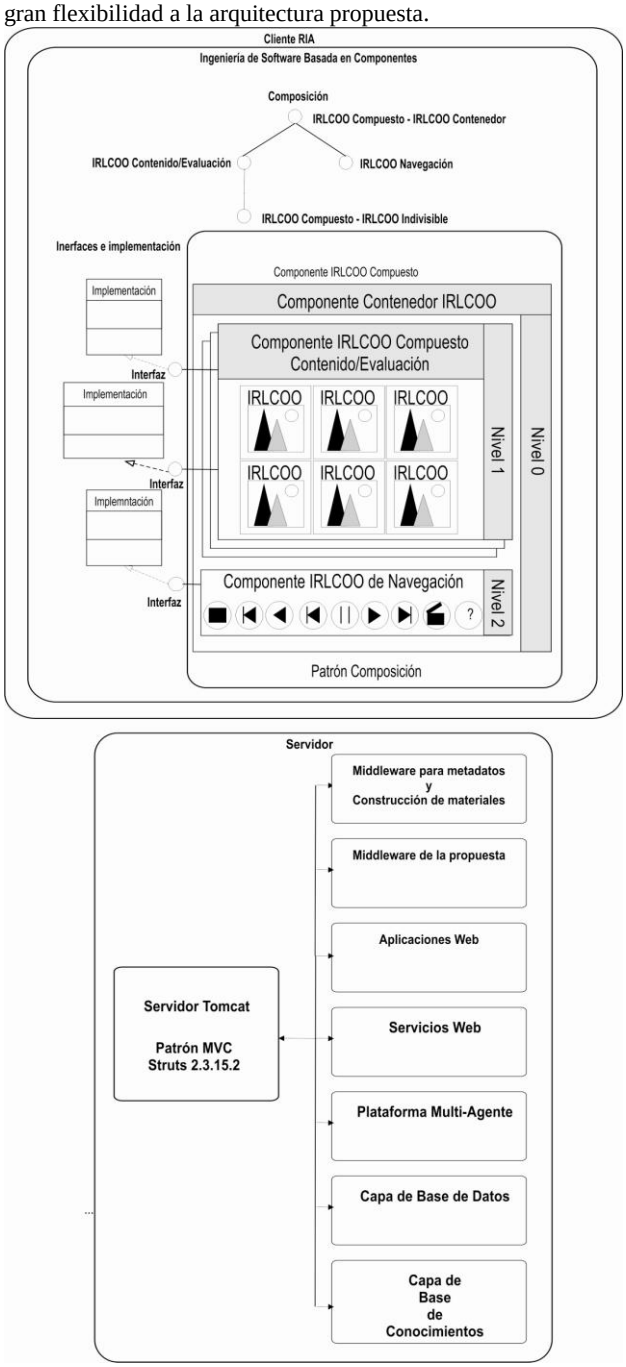


Figura 1. Diagrama detallado de la arquitectura avanzada y componentes IRLCOO.

El presente artículo está basado fundamentalmente en un conjunto de paradigmas innovadores y desafiantes. En trabajos previos referenciamos el concepto de componente de software de Clemens Szyperski [34], considerado por muchos la máxima autoridad de la CBSE, siendo esta definición ampliamente aceptada a nivel mundial, además se procedió con un rediseño e reimplementación de varias propuestas de arquitecturas basadas en CBSE [12,16,17].

Nosotros propusimos el concepto de (*Intelligent Reusable Learning Component - Object Oriented*, IRLCOO por sus siglas en inglés) [12], y este ha sufrido varias actualizaciones expuestas en propuestas previas [11-18], pasando desde la actualización desde la versión 1.0 hasta la última versión 3.0, además de mejoras en el rediseño e reimplementación de los mismos, con soporte para diversos estándares internacionales.

La presente propuesta presenta un nuevo rediseño e reimplementación más general del paradigma CBSE en esta nueva propuesta, integrando mejor las interfaces y la composición. La Figura 1 muestra el diagrama detallado de la arquitectura avanzada y componentes IRLCOO.

El PDS interceptor en la presente propuesta complementar las acciones, de manera automática y transparente, sin modificar la arquitectura principal, habilitando la integración de nuevos servicios, extendiendo las acciones de manera transparente. El PDS interceptor agrega a la propuesta de la arquitectura avanzada flexibilidad y extensibilidad. Además de permitirnos separar las acciones de Struts 2.3.15.2, maximizando la reusabilidad de las mismas.

El PDS comando habilito en la propuesta nos permitió desacoplar la invocación de su implementación, maximizando la portabilidad de las acciones. En la propuesta los objetos de comando son compartidos por varios invocadores, habilitando una mejor actualización de las acciones de la aplicación. Además el PDS comando nos posibilito la asignación dinámica de los invocadores.

5. CONCLUSIONES

El manejo del conocimiento en todas las actividades en general es de gran importancia, y los ambientes virtuales de aprendizaje no son la excepción. Los sistemas bajo el paradigma WBE deben de ser capaces de soportar: adquisición almacenaje, compartición, y creación de conocimiento.

La utilización de tecnologías de Web semántica y ontologías en la propuesta posibilito representar y compartir conocimiento basado en un vocabulario común, especificar un formato para el intercambio de conocimiento, además de proporcionarnos un protocolo de comunicación especifico, todo esto con la finalidad de reutilizar el conocimiento. La integración del paradigma de Web semántica en la propuesta posibilito separar el modelo de conocimientos de la aplicación, lo que posibilita su reutilización en otras aplicaciones. La Web semántica es una nueva visión de programación que está transformando grandes cantidades de información sin sentido, en soluciones reales, dándole a esta una nueva dimensión.

La presente propuesta mejora aún más arquitecturas previas al incorporar un nuevo subconjunto de nuevos patrones de diseño adicionales: comando e interceptor, estos dos patrones optimizan aún más la arquitectura del lado del servidor. El patrón comando nos flexibilizo la implementación de la

parametrización de las funcionalidades a implementar, mientras que el patrón interceptor nos facilita la integración de servicios adicionales de las acciones sin modificar la arquitectura principal.

La idea principal del presente trabajo es ofrecer una arquitectura avanzada innovadora para ITS bajo el paradigma WBE, que sirva como referencia para el diseño e implementación de sistemas ITS bajo el paradigma WBE, en diferentes instituciones educativas nacionales e internacionales.

RECONOCIMIENTOS

Los autores de este artículo agradecen al Instituto Politécnico Nacional (IPN) y a la Escuela Superior de Cómputo por su apoyo para este trabajo dentro de los proyectos SIP: 20140382 y 20140359 dentro del proyecto multidisciplinario 1665. Los autores desean reconocer a todos sus colegas y estudiantes que participaron en el diseño y desarrollo del software, y materiales de aprendizaje descritos en este artículo.

6. REFERENCIAS

1. Khan Academy, URL: https://en.khanacademy.org/
2. Marlino, M.R., Sumner, T.R., Wright M.J., Report of a workshop sponsored by the National Science Foundation (University Corporation for Atmospheric Research 2004)
3. Advanced Distributed Learning Initiative, URL: http://www.adlnet.org
4. Global IMS Learning Consortium, URL: http://www.imsproject.org/
5. Open Knowledge Initiative, MIT, URL: http://web.mit.edu/oki/
6. IEEE Learning Technology Standards Committee. Available at: http://ltsc.ieee.org/
7. IEEE 1484.11.2 Standard for Learning Technology – ECMAScript Application Programming Interface for Content to Runtime Services Communication. November 10, 2003 Available at: http://ltsc.ieee.org/
8. IEEE 1484.12.1-2002 Learning Object Metadata Standard. Available at: http://www.ieee.org/
9. IEEE - The world's largest professional association for the advancement of technology, URL: http://www.ieee.org/index.html
10. Rubén Peredo Valderrama, Alejandro Canales Cruz: Aplicaciones *Web* basadas en componentes de software para Educación Basada en *Web*. CNCIIC-ANIEI 2008.
11. Rubén Peredo Valderrama, Alejandro Canales Cruz: Aplicaciones *Web* basadas en componentes de software para Educación Basada en *Web*. CNCIIC-ANIEI 2008.
12. R. Peredo Valderrama, Leandro Balladares Ocaña, L. Sheremetov, Development of Intelligent Reusable Learning Objects for *Web*-Based Education systems, Expert Systems with Applications, 28(2): 273-283, Pergamon Press, 2005
13. R. Peredo Valderrama, A. Canales Cruz, I. Peredo Valderrama: Un primer enfoque hacia una arquitectura para sistemas educativos basada en tecnologías de *Web* semántica para educación basada en *Web*. CISCI 2011.
14. R. Peredo Valderrama, I. Peredo Valderrama, L. Balladares Ocaña, Sistema evaluador usando *Web* semántica para educación basada en *Web*, 5ta. Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática (CISCI 2006), IIIS, 2006
15. R. Peredo Valderrama, I. Peredo Valderrama, L. Balladares Ocaña, Sistema generador de contenidos multimedia interactivos didácticos usando componentes de software para educación basada en *Web*, 6ta. Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática (CISCI 2007), IIIS, 2007
16. Rubén Peredo, Alejandro Canales, Alain Menchaca, Iván Peredo, Intelligent *Web*-based education system for adaptive learning, Expert Systems with Applications, 38(12): 14690–14702, Pergamon Press, 2011
17. R. Peredo Valderrama, I. Peredo Valderrama, L. Balladares Ocaña, Una arquitectura para una aplicación inteligente de evaluación basada en patrones de diseño, componentes y agentes bajo el paradigma de WBE, 11 Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática (CISCI 2012), IIIS, 2012
18. R. Peredo Valderrama, I. Peredo Valderrama, Un modelo para educación basada en Web para personalizar materiales educativos bidireccionales con MAS, patrones y componentes, 12 Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática (CISCI 2013), IIIS, 2013
19. Struts 2 - The Apache Software Foundation!, URL: http://struts.apache.org/
20. Apache Tomcat - Welcome!, URL: http://tomcat.apache.org
21. Home - SiteMesh 2 - SiteMesh Wiki, URL: http://wiki.sitemesh.org/display/sitemesh/Home
22. Hebeler J., Fischer M., Blace R., & Perez Lopez A. Semantic Web Programming. Wiley Publishing, Inc. Indianapolis, IN, USA. 2009.
23. Java SE - Downloads | Oracle Technology Network | Oracle, URL: http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/index.html
24. Apache Jena - Home, URL: http://jena.apache.org
25. OWL Web Ontology Language Reference, URL: http://www.w3.org/TR/owl-ref/
26. RDF - Semantic Web Standards, URL: http://www.w3.org/RDF/
27. RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema, URL: http:// www.w3.org/TR/rdf-schema/
28. SPARQL Query Language for RDF - World Wide Web Consortium, URL: http:// www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/
29. The Friend of a Friend (FOAF) project | FOAF project, URL: http://www.foaf-project.org
30. FOAF (ontology) - Wikipedia, the free encyclopedia, URL: http://en.wikipedia.org/wiki/FOAF_(ontology)
31. 7 Things You Should Know About Intelligent Tutoring Systems | EDUCAUSE.edu, URL: http://www.educause.edu/library/resources/7-things-you-should-know-about-intelligent-tutoring-systems
32. N.R. Jennings, K. Sycara, and M. Wooldridge. A Roadmap of Agent Research and Development. Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, 1(1):7–38, 1998.
33. Pressman P. Software Engineering: A Practitioner's Approach. McGraw-Hill Science. 2009.
34. Szyperski, C. Component Software. Beyond Object-Oriented Programming. Addison-Wesley. USA. 1998.
35. JDOM, URL: http:// http://www.jdom.org/

Innovaciones Pedagógicas, en B-learning. Una Experiencia Significativa con Formación de Docentes en el uso y Apropiación de TIC

Adelmo Sabogal Padilla[1]

Contextualización de la Experiencia Significativa

Esta ponencia busca socializar a la comunidad a académica, las experiencias e ideas que han sido creadas en el marco del proyecto para el acompañamiento y formación a docentes de instituciones o centros educativos en el uso y apropiación de TIC, del departamento del Meta en Colombia. Este departamento Colombiano, cuenta con aproximadamente 4000 docentes de planta que acompañan a los estudiantes de preescolar, básica y media de las entidades públicas. Son docentes pertenecientes a contextos diversos, algunos con un 100% de conectividad a internet, otros con posibilidad de conexión entre una o dos veces por semestre. Acompañan población indígena, no indígena y afrodescendiente. Algunos sectores del departamento carecen de energía y en otros es necesario desplazarse en medios de transporte tales como moto, caballo, chalupas o caminando, dependiendo de las condiciones climáticas. Lo anterior y una férrea creencia en los procesos de capacitación docente en el uso y apropiación de TIC de la secretaria de educación del departamento, hicieron que la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) como operador de este proyecto, generara un grupo de estrategias pedagógicas, que merecen ser compartidas a la comunidad académica, con el fin de mostrar nuevas perspectivas de investigación, formación, educación a distancia, TIC y de trabajo en redes y comunidades de aprendizaje.

Los Docentes Sikuani; Un Primer Reto Para el Proyecto EducaTIC

EducaTIC, es el nombre genérico del proyecto de capacitación a los docentes. Desde su inicio ha estado concebido en tres niveles, que buscan desde el acceso y uso de TIC, hasta la innovación de PEI, currículos y proyectos de aula con integración de TIC. Además, en cada nivel, se desarrolla un grupo de competencias tecnológicas, de gestión, pedagógicas, de investigación y comunicativas.

Es necesario mencionar, que para el desarrollo de los tres niveles descritos en la siguiente tabla, se crearon cuatro cursos así:

Cursos del proyecto EducaTIC.

Nivel	Nombre del curso	Tipo
Exploración	Integración de TIC en los procesos de enseñanza y de aprendizaje	Teórico Practico
Integración	Gestión de recursos en el diseño de contenidos educativos con integración de TIC.	Teórico Practico
	Creación y gestión de comunidades virtuales de aprendizaje.	Teórico Practico
Innovación	Innovación de los PEI y los proyectos de aula a través de la integración de las TIC.	Teórico Practico

A la fecha, el curso uno está en proceso de cierre, lo que permitirá mostrar a la comunidad académica los resultados de la aplicación de las estrategias B-learning de que trata este documento.

Los docentes Sikuani, son un grupo de 73 bachilleres que están en proceso de formación como docentes. Ellos hacen parte de los aproximadamente 4000 docentes que se buscan formar en este proyecto. Son de comunidad indígena y están ubicados para el caso del departamento del Meta en 11 resguardos. Tienen bajo su responsabilidad el acompañamiento y formación de los niños y adolescentes Sikuani. La Institución educativa para estos casos, está ubicada en cada resguardo y cada docente puede tener entre 10 o 15 estudiantes de diversos grados. Para llegar a los mencionados resguardos se requieren transportes tales como motos, caballos chalupas, entre otros. Por las condiciones geográficas algunos resguardos no tienen energía y mucho menos conectividad.

[1] Bachiller Pedagógico, Licenciado en Pedagogía, Magister en Educación (línea en Educación Para el Conocimiento Social y Político), Doctor en Educación (concentración en Tecnología Instruccional y Educación a Distancia). adelmosabogal@hotmail.com – adelmo.sabogal@unad.edu.co Bogotá – Colombia. Ideas del documento forjadas en el debate académico sostenido con la Doctora Gloria C. Herrera Sánchez, Lidia Isabel Caicedo Barrera, Divina Matilde Barraza Pianeta, Liliana Rodríguez Reyes, Jamilton Vega Africano, Julián Andrés Currea Alfonso, Diego Armando Ramírez Riveros, Claudia Marcela Hernández Otalora, Lili Johana Rozo Rojas, Yenny Paola Buitrago Rosas, Amaury Enrique Ávila Julio, Jorge Ernesto Cárdenas Fonseca y Yudi Elizabeth Bonilla Rojas.

La pregunta que surgió de la descripción anterior fue la siguiente ¿cómo capacitar en el uso y apropiación en TIC a estos significativos docentes desde las características propias de su contexto?

Para lograrlo se optaron por las siguientes tres estrategias:

1. Reflexión y direccionamiento sobre el significado de la palabra tecnología.
2. Guion de sistematización de estrategias de aprendizaje propias.
3. Constitución de comunidades virtuales de aprendizaje.

Como primer elemento, la reflexión y direccionamiento sobre el significado de la palabra tecnología, implicó deshacernos, de conceptos asociados comercialmente a la herramienta, técnica u objeto. La Real Academia Española, define tecnología como "conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico". Lo anterior nos permite deshacernos de dificultades inicialmente consideradas como necesarias del contexto de los Sikuani, tales como la conectividad y la energía eléctrica. Pero era necesario buscar nuevas lógicas de la tecnología.

En el primer diálogo y acercamiento presencial con la población Sikuani, se detectaron inmediatamente estrategias propias que son producto de la tecnología. De esta forma el proyecto EducaTIC tomó una perspectiva significativa. Los docentes Sikuani, tienen estrategias de aprendizaje propias, que son producto de teorías y cosmovisiones particulares, y de técnicas ancestrales, que han sido aprovechadas para la formación de las futuras generaciones. Asimismo se detectó, que los docentes Sikuani, intentaban utilizar estrategias de aprendizaje no propias tales como el aprendizaje basado en problemas o el aprendizaje basado en proyectos y desconocían la riqueza de sus propias prácticas docentes. De esta forma el proyecto para este grupo de colegas consistió en recuperar sus estrategias de aprendizaje propias, que son producto de un proceso tecnológico, donde la luz y la conectividad pasan a un plano superficial, y el saber propio, la tradición oral y la cosmovisión se posicionan para lograr procesos de aprendizaje significativos.

Dentro de las estrategias de aprendizaje propias, que se pueden destacar y que serán parte del proceso de socialización ante la comunidad académica se pueden mencionar: (a) la tradición oral en la práctica pedagógica; (b) la construcción de conocimiento de la propia cultura Sikuani; (c) la transmisión de la lengua materna; (d) enseñanza por géneros; (e) aprender haciendo; (f) sistemas de observación y (g) sistemas propios de numeración.

Esta estrategia nos llevó a reflexionar sobre las implicaciones de la tecnología y su real fundamento en la educación. Posiblemente el camino más sencillo sea la capacitación sobre el uso de herramientas tecnológicas existentes y que hoy venimos realizando masílicamente, pero si giramos nuestra perspectiva hacia la tecnología en la educación como proceso, nos permitirá visibilizar nuevas realidades, nuevas formas y nuevas lógicas que a cambio de repetir facilitan innovar.

Una segunda oportunidad, se encaminó a la elaboración de un guion de sistematización de estrategias de aprendizaje propias, que facilitará compilar lo realizado en las prácticas docentes. Este guion no es más que una matriz, pero surgió la segunda duda en este proyecto ¿en qué documento teórico deben los docentes Sikuani basar sus propias estrategias de aprendizaje producto del proceso tecnológico? La consulta nos llevó al documento denominado Proyecto Educativo UNUMA –PEU, que ha sido una construcción colectiva entre expertos sabedores indígenas y docentes Sikuani. Un documento producto nuevamente de un proceso tecnológico fundado en el diálogo y la discursividad. Integra teorías propias, técnicas ancestrales y genera una idea práctica de lo que son los componentes político- organizativos, pedagógicos, de administración y de gestión, y metodológicos de los Sikuani. (Alvarado, 2013).

Finalmente y teniendo en cuenta que este proceso de capacitación nos llevó prácticamente a aprender de otras culturas, fue necesario bajo la perspectiva B-learning, compartir con la comunidad académica estas estrategias de aprendizaje propias. De esta forma, los docentes Sikuani después de sistematizar sus estrategias propias, las compartieron por medio de blogs y aplicativos en línea como Calameo, que ahora facilitan a los docentes de toda la región y del mundo entero, conocer estas prácticas pedagógicas.

B-Learning o Aprendizaje Mixto. Búsqueda De Estrategias

El proyecto EducaTIC, integra los recursos proporcionados por la tecnología no presencial, con algunas técnicas de enseñanza presencial. Esto con el fin de utilizar significativamente en los contextos locales de los estudiantes, los materiales que se ubican en los cursos virtuales

(Bartolomé, 2004). Al respecto, el mismo autor, sugiere una acertada selección de los recursos a integrar entre el aprendizaje virtual y el aprendizaje presencial.

De acuerdo con lo anterior, el proyecto EducaTIC, ha decidido integrar algunas de las técnicas presenciales señaladas por Marsh (2003) y Twigg (2003) con el fin de potenciar las particularidades de los contextos locales de los docentes beneficiarios del programa de la siguiente forma:

1. *Técnicas presenciales señaladas por Marsh (2003) y Twigg (2003).*

Estudio independiente. Implica la publicación de materiales pre-existentes en internet.

Estrategia en el proyecto EducaTIC.

El programa considera procesos de autogestión y aprendizaje autónomo. De esta manera los estudiantes tienen acceso a los materiales de los cursos virtuales en cualquier momento del día. En cada curso se genera un proyecto, que cada estudiante puede realizar de acuerdo a sus tiempos personales.

2. *Técnicas presenciales señaladas por Marsh (2003) y Twigg (2003).*

Dinámicas del trabajo en grupo. Compartir con los compañeros lo que se está explicando.

Estrategia en el proyecto EducaTIC.

El proyecto ha creado las denominadas "comunidades de estudio". Estas comunidades están compuestas por un número aproximado de 10 estudiantes.

De acuerdo con la Real Académia Española, comunidad es un grupo de personas que se juntan por algunas características, afinidades o temas comunes. En el proyecto EducaTIC, existen cuatro razones por las que las comunidades de estudio justifican su creación: (a) sus particulares contextos laborales o sociales; (b) las diversas formas de conectividad; (c) los diversos niveles de conocimiento en el uso y apropiación de TIC y (d) la realización de los proyectos en cada curso.

Siendo comunidad de estudio los fines académicos que también las justifica son: (a) el apoyo social y afectivo que entre los integrantes de la comunidad se puede generar; (b) la organización logística propia que cada comunidad puede acordar; (c) una comunicación asertiva, que el tutor de los cursos del proyecto puede mantener con los docentes capacitados.

En conclusión, la estrategia se ha integrado al proyecto con los siguientes propósitos:

- Empoderar a los estudiantes del proceso de aprendizaje.
- Facilitar que las comunidades se reúnan espacio-temporalmente según sus particularidades familiares y laborales.
- Generar un mayor compromiso entre los integrantes de la comunidad de estudio con el proyecto.
- Incentivar las ideas propias de las comunidades de estudio, con el fin de favorecer sus dinámicas internas y facilitar los alcances académicos.
- Mantener un hilo comunicativo entre el gestor (tutor) de los cursos y la comunidad de estudio.
- Registrar las dinámicas particulares de estudio generadas por cada comunidad.
- Prevenir la deserción.

Las comunidades de estudio del proyecto EducaTIC dinamizan su acción mediados por los siguientes roles:

*Facilitado*r: Ser el puente de comunicación permanente con el gestor (tutor) de la zona; Gestionar los espacios y recursos necesarios para el desarrollo de los encuentros presenciales; Definir las fechas de los encuentros en consenso con su comunidad de estudio; y Moderar los diálogos académicos de la comunidad de estudio.

Consejero: Verificar la asistencia de todos los integrantes de la comunidad de estudio; Motivar y ubicar a los estudiantes de la comunidad de estudio, que por razones externas a su voluntad no asisten a alguna(s) de las reuniones acordadas por el equipo; Reportar al facilitador las razones de inasistencia de alguno(s) de los miembros de la comunidad de estudio; Reportar las razones de retiro definitivo de alguno(s) de los miembros *de la comunidad de estudio.*

Experto en TIC: Indaga y se mantiene actualizado en los recursos de las TIC que se sugieren en los cursos del proyecto; Apoya a sus compañeros de estudio en preguntas específicas asociadas a los recursos TIC; Es el enlace entre su institución y el especialista designado por la UNAD para particularizar y actualizar la página web de la institución.

Soporte de evidencias: Toma fotos de los encuentros significativos de la comunidad de estudio; Reporta las evidencias en el espacio de E-portafolio propuesto por el director (es) de curso.

Líderes constructores: Escuchar y aportar significativamente de acuerdo a los derroteros propuestos en los cursos; Facilitar la comunicación entre los integrantes de la comunidad de estudio; Buscar soluciones ante necesidades o situaciones emergentes en el desarrollo de las actividades académicas; Lograr todos los objetivos propuestos.

En los acompañamientos presenciales que hacen los tutores a las instituciones se de todo el departamento, se han conformado estas comunidades de estudio, utilizando una matriz en campo que facilita formalizar este grupo de trabajo académico y constituirla social y afectivamente en un lazo que les permita empoderarse del proceso de capacitación.

3. *Técnicas presenciales señaladas por Marsh (2003) y Twigg (2003).*

Tutoriales y tutorías. Es la aplicación de la enseñanza asistida por el ordenador y el uso de tutoriales guiados.

Estrategia en el proyecto EducaTIC.

Para el caso del proyecto EducaTIC, se han integrado dos estrategias que responden a esta técnica. La primera asociada a la creación de tutoriales que facilitan la comprensión de las actividades integradas de los cursos y el uso adecuado de herramientas apoyadas en TIC. La segunda relacionada a 15 horas de acompañamiento presencial por curso, en el cual los gestores despejan dudas, realizan talleres y orientan el proceso de certificación de los estudiantes.

4. *Técnicas presenciales señaladas por Marsh (2003) y Twigg (2003).*

Mayor interacción entre los estudiantes.

Estrategia en el proyecto EducaTIC.

Los estudiantes beneficiarios del proyecto, han sido contactados presencialmente por los gestores (tutores) cuatro semanas antes del inicio de las actividades académicas. Lo anterior con el fin de dialogar directamente con ellos y encuestarlos para establecer las condiciones básicas de conectividad, nivel de estudio y características particulares del contexto. Además, se han desarrollado ferias demostrativas por municipios del departamento, para socializar cara a cara los detalles del proceso de formación, aclarar dudas e incentivar masivamente para lograr los márgenes de participación deseados.

Entornos Virtuales de Aprendizaje

El proyecto EducaTIC, teniendo como referente la experticia de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, desarrolla sus cursos académicos virtuales en ambientes de aprendizaje que mantienen los lineamientos del PAP 3.0. Es así que, las actividades diseñadas bajo la estrategia de aprendizaje basada en proyectos, se encuentran estratégicamente organizadas en cinco entornos:

Entornos de aprendizaje. Tomados de Herrera, G. (como se citó en PAP 3.0, 2011)

> El entorno de conocimiento, permite la consulta de material teórico o de referencia, necesario para desarrollar el curso. Este material se encuentra en multiformatos y son recursos dinámicos que además invitan al estudiante a indagar abiertamente por nuevas fuentes de información.
>
> El entorno de aprendizaje colaborativo, es el escenario bajo el cual se comparten las ideas y desarrollos individuales, con el fin de facilitar la construcción colectiva y los desarrollos académicos consensuados. Busca una dinámica de interacción académica y están orientados para el caso del proyecto EducaTIC por el aprendizaje basado en proyectos.
>
> El entorno de aprendizaje práctico, es el espacio en el que se aplican y transfieren los aprendizajes que fueron logrados en el proceso formativo.
>
> El entorno de seguimiento y evaluación, es el contexto en el cual se planifica el acompañamiento continuo y formativo del estudiante. Facilita el logro de los alcances planeados en el curso y la realimentación oportuna entre los integrantes del ambiente de aprendizaje.
>
> Finalmente el entorno de gestión, facilita conexión y comunicación con diversos servicios que puede requerir en estudiante en el proceso de aprendizaje.

Una Estrategia de Aprendizaje Basada en Proyectos Creada Para El Proyecto EducaTIC.

Con el fin de orientar los cursos virtuales del proyecto de capacitación a los docentes del Meta en Colombia, se definió un hilo conductor que permitiera articular los contenidos con las competencias y así facilitar la creación de proyectos de aula, grado, área e institucionales. De esta forma el equipo académico generó una estrategia de aprendizaje basada en problemas que puso en práctica en el proyecto y que ahora puede ser útil para la comunidad académica. Actualmente esta estrategia está siendo piloteada con los docentes del Meta y se compartirán los resultados de este proceso de investigación.

Esta estrategia pedagógica tomó como base el modelo metodológico Gavilán (Eduteka, 2006) porque facilita a través de cuatro pasos sencillos el manejo de la información. En el proyecto EducaTIC, se enfocó esta información de manera pertinente a la implementación de proyectos de aula, y acompañamiento a docentes y directivos docentes. Por medio de este proceso se facilitaron conocimientos, herramientas y estrategias necesarias para el uso, apropiación y aprovechamiento de las TIC en los procesos educativos por parte de cada uno de los docentes y directivos docentes. El desarrollo del curso está orientado hacia permitir la definición y el fortalecimiento de sus competencias en las siguientes dimensiones:

- Tecnológicas.
- Comunicativas.
- Pedagógica.
- De gestión.
- Investigativa.

Teniendo en cuenta que el proceso de formación y acompañamiento de los docentes está orientado a la formación por proyectos entendidos como "una metodología de aprendizaje en la que se le pide a los alumnos que en pequeños grupos planifiquen, creen y evalúen un proyecto que responda a las necesidades planteadas en una determinada situación." (Servicio de Innovación Educativa, 2008, p.8) el fin del proceso se encuentra estructurado en un proyecto de aula, en donde las actividades académicas están ligadas a productos evidenciables en cada etapa, el modelo metodológico Gavilán, facilita esta incorporación y hace que el Aprendizaje pueda ser significativo y transferido al contexto, especialmente desde el buen uso de la información.

En formación o aprendizaje por proyectos es de alta relevancia la exploración del contexto para identificar la pertinencia del proyecto, a partir de la cual se estructura el proyecto. El modelo metodológico Gavilán, permitiría orientar un muy buen proceso en el manejo de la información aplicable a las diferentes etapas del proyecto formativo, debido a que tiene en cuenta la aplicación de esta información vinculando los siguientes procesos: (a) análisis; (b) planeación; (c) alistamiento; (d) ejecución y (e) evaluación. Se pretende proponer un macro proyecto en el cual cada uno de los docentes pueda articular las diferentes áreas a microproyectos enfocados en el uso apropiado de las TIC.

A continuación se definen las 4 etapas que en el proyecto EducaTIC se están desarrollando en cada curso virtual:

Etapa 1. Definir la pertinencia del proyecto en el ambiente de aprendizaje. Esta etapa permite:

- Identificar una necesidad inicial.
- Analizar la necesidad.
- Construir un plan de ejecución del proyecto.
- Formular objetivos.
- Evaluación etapa 1.

En esta etapa los docentes deben estar en capacidad de identificar las pertinencias del proyecto de su contexto educativo, a partir de las diferentes fuentes consultadas, lineamientos establecidos y estándares de competencia del Ministerio de Educación Nacional Colombiano, enmarcados en el PEI, lo que le permitirá desarrollar a cabalidad el proyecto propuesto para esta primera etapa.

Etapa 2. Buscar y evaluar fuentes de información aplicables al proyecto. Esta etapa permite.

- Identificar y seleccionar las fuentes de información adecuadas al proyecto.
- Acceder a las fuentes de información seleccionadas.
- Analizar la pertinencia de las fuentes encontradas.
- Evaluación etapa 2.

En esta etapa el docente analizará y seleccionará los recursos pertinentes propuestos para la pertinencia del proyecto en los entornos de aprendizaje.

Etapa 3. Desarrollo del proyecto. Esta etapa permite:

- Hacer uso de los recursos seleccionados para llevar a cabo los objetivos del proyecto.
- Leer, entender, comparar y evaluar los recursos dos para el proyecto.
- Alcances de los objetivos del proyecto.
- Evaluación etapa 3

En esta etapa el docente focaliza los recursos procesados, seleccionados y sintetizados convirtiéndolos en herramienta que aporta y fundamenta el desarrollo de su proyecto formativo enfocado al uso de las TIC teniendo como punto principal el Proyecto.

Etapa 4. Transferencia de los resultados del proyecto. Esta etapa permite:

- Sistematizar los resultados del proyecto.
- Preparación de la socialización del proyecto
- Socialización del proyecto.
- Evaluación del etapa 4.

En esta última etapa el docente hace trasferencia del aprendizaje por medio de la presentación del proyecto utilizando las herramientas TIC.

Debido a las características de los contextos específicos de los docentes la agenda del curso, es abierta. Tiene una fecha de inicio y una de cierre. Aun así se le sugiere al docente unas fechas intermedias para que logre las actividades propuestas planificando el tiempo.

Conclusiones

En el hashtag *#serdigitaleslameta* se pueden evidenciar, las tendencias de los proyectos publicados por la comunidad de docentes pertenecientes al programa. Los temas de los proyectos giran entorno a temas como: (a) los dispositivos móviles en el aprendizaje; (b) aprovechamiento de las TIC en el aula; (c) uso de las TIC en áreas como biología e informática; y (d) capacitación de formadores. Los docentes que han realizado sus proyectos, los han aplicado en un mayor porcentaje, en cursos de preescolar o básica primaria, seguido por los cursos de secundaria. Además, los proyectos han sido desarrollados mayormente para áreas como matemáticas, lengua e idiomas, tecnología e informática y ética y valores.

De la experiencia recorrida, se han realizado recursos digitales de aprendizaje, donde algunos integrantes de la comunidad de docentes son los partícipes, y que serán referentes para actividades posteriores con todos los docentes del departamento del Meta, generando un sistema de gestión del conocimiento.

Bibliografía

Alvarado B., (2013). Proyecto Educativo UNUMA-PEU. Resguardos Awaliba, vencedor Piriri. *UNAD, Centro educativo indígena UNUMA, Ecopetrol, Pacific*: Puerto Gaitán, Colombia.

Bartolomé, A (2004). Blended Learning. Conceptos básicos. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación, 23*, pp. 7-20.

Eduteka. (2006). Competencia para manejar información (CMI). Recuperado de http://www.eduteka.org/pdfdir/ModeloGavilan.pdf

Herrera, G. (2011) Ambientes virtuales de aprendizaje. Proyecto Académico Pedagógico Solidario 3.0 – PAPS 3.0. Bogotá D.C.: UNAD. Recuperado de http://www.unad.edu.co/index.php/publicaciones

Marsh, George e. Li, Mcfadden, Anna C. & Price, Barriejo (2003)"Blended Instruction: Adapting Conventional Instruction for Large Classes En Online Journal of Distance Learning Administration, (VI), Number IV, Winter 2003 http://www.westga.edu/~distance/ojdla/winter64/marsh64.htm

Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2012). Recursos educativos digitales abiertos. Recuperado de Colombia Aprende: Colección sistema nacional de innovación educativa con uso de TIC: http://www.colombiaaprende.edu.co/html/home/1592/articles-313597_reda.pdf

Proyecto Académico Solidario PAP 3.0 (2011). Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Twigg, c.a. (2003) Improving Learning and Reducing Costs: Lessons Learnedfrom Round I of the Pew Grant Program in *Course Redesign* [Online] http://www.center.rpi.edu/PewGrant/Rd1intro.html

Universidad Politécnica de Madrid. (2008) Aprendizaje Orientado a Proyectos. Recuperado de http://innovacioneducativa.upm.es/guias/AP_PROYECTOS.pdf

Aplicaciones de Software para la didáctica de la Dirección de Producción y Operaciones

Jaime A ARANGO
Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales
Manizales, Caldas 17001, Colombia

RESUMEN

Este trabajo documenta una experiencia de desarrollo de un conjunto de programas de software desarrollados para ilustrar algunas técnicas matemáticas aplicadas en la planeación, programación y control de la producción y las operaciones. Algunas de las herramientas implementadas son: Pronósticos de Series de Tiempo, Planeación agregada, Planificación de Recursos de Manufactura (MRP), secuenciación de tareas y modelos de inventarios.

El objetivo del trabajo es producir una herramienta interactiva y didáctica que permita mostrar, a estudiantes de pregrado y posgrado, algunas de las técnicas de planificación de la producción y la optimización básica en un ambiente agradable y una forma interactiva de trabajar aproximada a las condiciones reales de la industria. Los principales resultados son la mejora de la experiencia de la enseñanza y la práctica de algunas de las técnicas, la capacidad para trabajar con los problemas de tamaño de mundo real y el énfasis en las habilidades analíticas de los estudiantes.

El producto de este trabajo, en su versión beta, está siendo evaluado por el autor en sus cursos de pregrado y postgrado con el nombre: " ANTERO ", (Aplicaciones numéricas de Técnicas enfocadas al Rendimiento de las Operaciones).

Palabras Claves: Software, Ingeniería Industrial, Productividad, Modelos matemáticos.

1. INTRODUCCIÓN

Las técnicas de planificación y programación de la producción, la gestión y previsión de inventarios, empleadas en la industria, el comercio y las empresas de servicios, involucran herramientas matemáticas que permitan resolver modelos que representan los problemas de organización.

A nivel académico, algunos de los autores que han documentado las técnicas numéricas aplicables a las diferentes etapas de la programación y planeación de las operaciones y la producción y que sirven de referencia para su enseñanza son: Gaither & Frazier [1], Schroeder [2], Chase et al [3], Domínguez et al [4], mientras los trabajos de Hanke [5], Ballou [6] y Sarache [7], entre otros, presentan soluciones numéricas a problemas relacionadas con los problemas propios de la administración de cadenas de suministro.

La implementación de este tipo de técnicas y herramientas cuantitativas en el aula de clase no siempre es fácil, ya que, generalmente, es necesario utilizar funciones avanzadas de las hojas de cálculo u operaciones intensivas de cálculo manual, haciendo que el estudiante esté más pendiente de operaciones matemáticas repetitivas que del propio concepto que se quiere transmitir en cuanto a la gestión de producción y/o las operaciones.

Este trabajo referencia la experiencia de construcción de una suite de software donde se compilan algunas herramientas cuantitativas aplicadas a la planeación y programación las actividades de producción y de logística. El desarrollo se realizó con el objetivo de dar soporte a cursos de pregrado y postgrado en programación y control de la producción, implementando algunas de las herramientas más comúnmente utilizadas en los niveles táctico y operativo del proceso de gestión de la producción.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

De acuerdo con la metodología estructurada de análisis y diseño de sistemas de información, documentada entre otros por Yourdon [8], se hizo el proceso de análisis y diseño de cada uno de los módulos, tratando de incluir en el producto las principales herramientas de programación en los niveles técnico y operativo, mencionadas en [4], cuya aplicación en la función de planeación, programación y control de producción se puede resumir de la siguiente forma:

1) Los Pronósticos de Ventas permiten la previsión de la demanda.
2) A partir de los Pronósticos y de información sobre capacidad de la planta, se genera la Planeación Agregada, un plan de mediano plazo cuya factibilidad se prueba y ajusta según las prioridades de la empresa.
3) La Planeación Agregada se concreta en el corto plazo en la Programación Maestra, que a su vez genera los requerimientos de materiales y otros recursos de producción y manufactura alimentando la programación MRP (Planeación de Recursos de Manufactura)
4) Luego de planear la adquisición de los materiales y la ejecución de las tareas de producción, se programa en forma detallada el orden en que se procesaran los trabajos en cada recurso productivo mediante la Secuenciación de tareas
5) Para garantizar la disponibilidad de los materiales y el cumplimiento de los compromisos con el mercado, la empresa requiere mantener existencias de materias primas, insumos, producto en proceso y producto terminado. La gestión de inventarios permite calcular las cantidades óptimas a comprar y almacenar de cada uno de los materiales.

Cada uno de los ítems mencionados fue desarrollado en un módulo independiente, con sus correspondientes modelos de datos, de procesos y de interacción. En la Figura 1 se puede apreciar el modelo relacional de datos correspondiente al ítem 3 (Programación MRP)

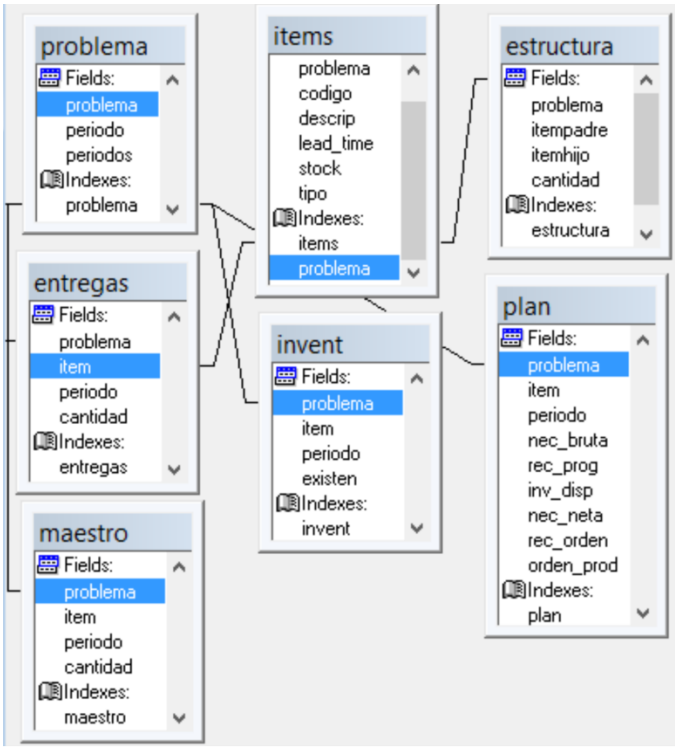


Figura 1. Entorno de datos del módulo de planificación de recursos de manufactura MRP (Fuente: Elaboración propia del autor)

Los módulos se implementaron utilizando el entorno de base de datos de Visual FoxPro[9]. Todos los módulos tienen opciones para cargar datos de formularios interactivos y de formato de hoja de cálculo (Microsoft Excel [10]). Algunos módulos como el de pronósticos y el de la planeación agregada tienen salida gráfica, además de los resultados en informe imprimible y salida en formato de hoja de cálculo.

3. RESULTADOS

Las aplicaciones de software están compiladas en una suite de software llamada ANTERO (Sigla de "Aplicaciones Numéricas de Técnicas Enfocadas al Rendimiento de las Operaciones).

El primer módulo corresponde a la gestión de la previsión de la demanda mediante los modelos cuantitativos de pronósticos. En este módulo se han implementado los modelos de promedios móviles simple y doble, así como los modelos de suavización exponencial simple, doble, con tendencia (Holt) y con tendencia y estacionalidad (Holt-Winters), de manera similar a la expuesta en [5]. Cada resultado incorpora la evaluación del error de los datos pronosticados con respecto a los datos reales por medio del error medio al cuadrado (EMC), diferencia absoluta media (DAM), porcentaje medio de error (PME) y porcentaje del error medio absoluto (PEMA). El usuario puede digitar los datos interactivamente o cargarlos de un archivo de hoja de cálculo, y puede modelar los parámetros de los métodos de solución, tales como el número de datos a promediar en los promedios móviles o los pesos de los componentes en los modelos de suavización exponencial. La salida de datos produce un informe imprimible, un gráfico y un archivo de hoja de cálculo de Excel [10]. En la figura 2 se puede ver un ejemplo del gráfico que genera el módulo:

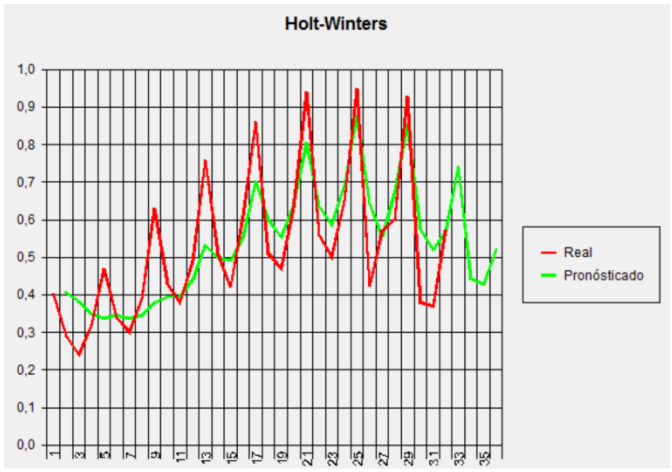


Figura 2: Gráfico generado en el módulo de Pronósticos (Fuente: Elaboración propia del autor).

El segundo módulo corresponde a la Planeación Agregada de manera similar a la expuesta en [1]. El usuario digita la información relevante de capacidad; política y situación de inventarios; máximos permitidos de subcontratación y horas extras; y costos de producción, almacenamiento, contratación, despido, horas extras, ventas perdidas y subcontratación. Adicionalmente, en un cuadro introduce los datos correspondientes a la demanda proyectada (pronósticos de ventas). Se pueden analizar estrategias de nivelación (solo con inventarios o con uso de horas extras), y persecución. Adicionalmente se puede generar el óptimo a mínimo costo mediante un algoritmo genético. El módulo genera un informe imprimible, un gráfico que muestra la progresión que seguirían la producción, la demanda y los inventarios durante el periodo planificado; y un archivo de Excel [10] con los resultados. En la Figura 3 se puede ver la interfaz de captura de datos generales del problema.

Figura 3: Interfaz de usuario del módulo de planeación agregada. (Fuente: Elaboración propia del autor).

El módulo de programación de recursos de manufactura MRP sigue la definición de esta técnica expuesta en [1], y requiere la digitación del problema en cinco formularios de ingreso de datos: el primero para los datos generales del caso a resolver, el segundo para la definición de los diferentes componentes, el tercero para la definición de la estructura del producto (lista de materiales), el cuarto para la situación de inventarios (existencias y entregas pre-programadas) y el quinto para la programación maestra. Luego de introducida la información se

puede generar la solución que incluye un informe imprimible con los resultados detallados de los cálculos para cada uno de los componentes del producto y un archivo de Excel [10]. En la Figura 4 se puede apreciar una muestra de la salida, en archivo con formato de hoja de cálculo, de los resultados en este módulo.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	problema	item	periodo	nec_bruta	rec_prog	inv_disp	nec_neta	rec_orden	orden_prod
2	PARCIAL2	A	0	0	0	0	0	0	0
3	PARCIAL2	A	1	0	0	0	0	0	0
4	PARCIAL2	A	2	0	0	0	0	0	0
5	PARCIAL2	A	3	0	0	0	0	0	0
6	PARCIAL2	A	4	0	0	0	0	0	50
7	PARCIAL2	A	5	50	0	0	50	50	0
8	PARCIAL2	B	0	0	30	30	0	0	0
9	PARCIAL2	B	1	0	0	30	0	0	80
10	PARCIAL2	B	2	0	0	30	0	0	50
11	PARCIAL2	B	3	100	0	10	80	80	0
12	PARCIAL2	B	4	50	0	10	50	50	0
13	PARCIAL2	B	5	0	0	10	0	0	0
14	PARCIAL2	C	0	0	0	0	0	0	0
15	PARCIAL2	C	1	0	0	0	0	0	0
16	PARCIAL2	C	2	0	50	50	0	0	0
17	PARCIAL2	C	3	0	0	50	0	0	50
18	PARCIAL2	C	4	100	0	0	50	50	0
19	PARCIAL2	C	5	0	0	0	0	0	0
20	PARCIAL2	D	0	0	60	60	0	0	0
21	PARCIAL2	D	1	0	0	60	0	0	0
22	PARCIAL2	D	2	0	0	60	0	0	0
23	PARCIAL2	D	3	50	0	10	0	0	0
24	PARCIAL2	D	4	0	0	10	0	0	0
25	PARCIAL2	D	5	0	0	10	0	0	0

Figura 4. Salida en formato de hoja de cálculo del módulo de planificación de requerimientos de materiales MRP (Fuente: Elaboración propia del autor).

El módulo de secuenciación permite el ingreso de los datos en forma interactiva o cargado desde un archivo de hoja de cálculo. Implementa las reglas de prioridad más comunes, como se exponen en [3]. Permite generar las secuencias de ordenamiento de trabajos por criterios como: Orden de llegada (FCFS), Tiempo más corto de procesamiento (SPT), Fecha de entrega más temprana (EDD), Razón Crítica (CR), Mínima Holgura (LS), etc. y los evalúa por Tiempo medio de finalización (TMF), Tardanza media y Latencia Media, para que el usuario seleccione el que mejor se acomode a sus prioridades. La salida de datos incluye un informe imprimible y un archivo de Excel [10]. En la Figura 5, se puede apreciar una muestra del informe imprimible de resultados generado por este módulo.

SECUENCIACIÓN DE TAREAS

11/27/13

Método	Secuencia	T. M. F.	Latencia Media	Tardanza Media
	EJ_OCT_17			
FCFS	C-D-A-B-	8.75	2.50	3.25
SPT	B-D-A-C-	5.75	-0.50	2.00
EDD	B-C-A-D-	7.25	1.00	1.50
LS	C-B-A-D-	8.25	2.00	2.00
LSPO	C-B-A-D-	8.25	2.00	2.00
CR	C-A-B-D-	9.00	2.75	2.75
Óptimo:		5.75	-0.50	1.50

Figura 5: Salida de resultados del módulo de Secuenciación. (Fuente: Elaboración propia del autor).

El módulo de inventarios, incluye algunos de los más comunes algoritmos de cálculo de las cantidades óptimas a pedir y de los puntos de reorden aplicando modelos tanto determinísticos como estocásticos, como se referencian en [6]. La entrada de datos y la generación de resultados son interactivas e inmediatas. Algunos de los modelos implementados son: Lote económico de pedido básico (EOQ), Problema del vendedor de periódicos (Newsboy), EOQ de tasa continua, EOQ con demanda incierta y reabastecimiento por nivel de servicio. En la Figura 6 se aprecia la interfaz interactiva de este módulo.

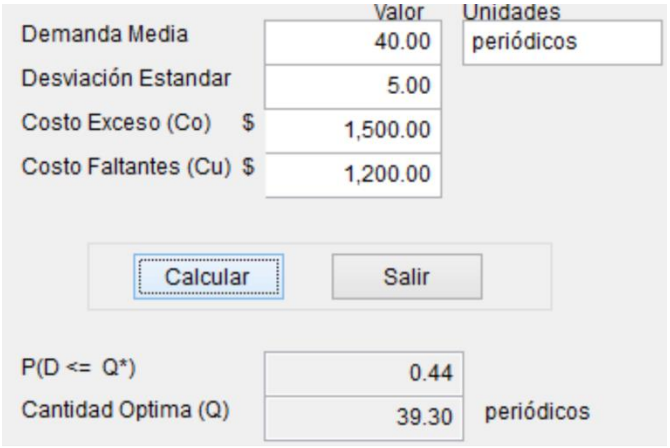


Figura 6. Pantalla interactiva de entrada de datos y presentación de resultados del módulo de modelos de optimización de inventarios (Fuente: Elaboración propia del autor).

Si el lector está interesado en probar la versión beta del producto la puede descargar en forma completamente libre desde: https://db.tt/mywLrR8I. Además puede descargar un breve instructivo desde: https://db.tt/YMDu4egm.

4. CONCLUSIONES

En la enseñanza y la práctica de la gestión de producción y operaciones, hay una gran cantidad de algoritmos numéricos para resolver diferentes problemas tácticos y operativos en la planificación de la producción, la logística y otras áreas.

Disponer de herramientas de software para resolver estos problemas, ayuda a los estudiantes e ingenieros a ser más eficientes y ahorrar tiempo y dinero en comparación con los métodos manuales.

El profesor puede utilizar los problemas de escala real para capacitar a los estudiantes en una experiencia más cerca de su desempeño futuro en la industria. Además, las habilidades deseables como: el análisis, el modelado de problemas, la creatividad y la simulación son los objetivos más importantes a poner a prueba, sin dedicar la mayor parte del tiempo a operaciones mecánicas y rutinarias, menos importantes que las capacidades intelectuales que utilizará un ingeniero en un entorno real.

El producto debe ser mejorado con interfaces más amigables de entrada, versiones web o de computación en la nube y otros módulos para obtener un conjunto completo de herramientas cuantitativas de Programación y Control de la Producción que se utilizarán a nivel académico y empresarial para apoyar la competitividad en organizaciones industriales, comerciales y de servicios.

5. REFERENCIAS

[1] Gaither, N. & Frazier, G. (2000): Administración de Producción y Operaciones. Cuarta Ed. Thompson Editores.

[2] Schroeder, R. (2005): Administración de Operaciones. 2° Edición. Mc Graw Hill.

[3] Chase, R; Aquilano, N. & Jacobs, R., (2005): Administración de la Producción y las Operaciones para una ventaja competitiva. McGrawHill.

[4] Domínguez Machuca, J.A. et. al. (1995). Dirección de operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios. Mc Graw Hill.

[5] Hanke, J. E. & Wichern, D. W. (2006). Pronósticos en los Negocios, Octava Edición, Pearson Prentice Hall.

[6] Ballou, R. (2004). Business logistics/supply chain management: planning, organizing, and controlling the supply chain. Pearson/Prentice: New Jersey.

[7] Sarache Castro, W.A. (2013). De la logística a la gestión de cadenas de abastecimiento. Universidad Nacional de Colombia: Manizales.

[8] Yourdon, E. (1993). Análisis Estructurado Moderno. Prentice Hall. México

[9] Microsoft Visual FoxPro 9.0. (2004). Microsoft Corporation.

[10] Microsoft Excel (1995-2013). Microsoft Corporation.

.

Modelo Sistémico para la Formación de Investigadores Noveles en Ingeniería

K. Rojas
Escuela de Ingeniería de Sistemas, Universidad de la Costa
Barranquilla, Atlántico, 080005, Colombia

RESUMEN

Durante el proceso de formación del ingeniero a nivel de postgrado, se debe estimular por medio de la investigación la independencia cognoscitiva del sujeto, la misma que la enseñanza en las aulas no proporciona en su totalidad, es decir hay que dejar de centrar la actividad del profesor/investigador y del estudiante en la mera transmisión del conocimiento y en su asimilación. En el caso de la formación de investigadores noveles en ingeniería, esta condición de sujeto creativo y activo es sustancial para su desarrollo como profesional, porque es el análisis y comprensión del diseño, enfocado a la solución de problemas tecnológicos pertinentes para la sociedad, la actividad que articula su formación. Como resultado de la primera fase de la investigación se obtuvo que los programas de postgrado en ingeniería son sistemas complejos y caóticos, porque a pesar de presentar una rigidez curricular, una rigurosidad académica y líneas de investigación bien definidas que podrían reflejar cierto orden, no es así debido a que por lo general los programas de formación de investigadores poseen poca vinculación con la realidad y necesidades tecnológicas del parque industrial de la nación.

Palabras Clave: Investigación, Formación, Ingeniería, Sistemas.

INTRODUCCION

La investigación en la ingeniería siempre ha sido muy puntual o específica de cada área, racionalista, bajo la creencia de que se debe atender exclusivamente el diseño o respuesta técnica que determine la resolución del problema planteado, restando atención a factores externos que en mayor o menor grado, igualmente pudieran estar relacionados con el objeto de estudio; tratándose entonces de un mundo netamente analítico y cartesiano, que no contempla más allá que los elementos directamente involucrados en la técnica del sistema o fenómeno que estudia.

De esta forma se refuerza la posición clásica de investigación en ingeniera, la cual no toma en cuenta variables que no estén asociadas al proceso, aislando al mismo, de un sistema más complejo y general, que persigue el estudio lineal de las relaciones causa-efecto de algún fenómeno natural o evento artificial, lo cual entra en conflicto con los nuevos paradigmas del conocimiento moderno [5], que son la teoría de sistema y del caos, que se basan en la interrelación entre distintas variables y la relación causal, no lineal entre ellas.

Surge de esta forma la inquietud de estudiar los componentes científico-humanistas del investigador en el área de ingeniería [3], por lo cual se persigue como objetivo primario la caracterización de los programas de formación de investigadores que sean capaces de generar conocimiento, en ingeniería. Lo mismo que los postulados de [7], los cuales sienta las bases, estrategias y elementos que se deben emplear en el diseño de planes de formación para investigadores noveles en área tecnológica en Venezuela.

Por otra parte, se deben contemplar los aspectos tratados por el Consejo Mexicano de Investigación Educativa [9] los cuales expresan que los cambios socio-políticos han ejercido gran influencia en la forma de hacer investigación y de formar nuevos investigadores. Es así que se crearon la mayoría de las maestrías con orientación profesional que asumen la investigación como una forma de dar respuesta a las exigencias planteadas por un Estado o gobierno.

La investigación y la formación de investigadores, reclama determinado proceso de enseñanza y de aprendizaje. Pero en su conjunto constituye un proceso más complejo en donde la creatividad es un componente esencial y no se desarrolla sólo con la enseñanza. Requiere desarrollar durante el proceso de formación la independencia cognoscitiva del sujeto que se forma, la misma que la enseñanza no proporciona al centrar la actividad del profesor y del estudiante en la transmisión del conocimiento y en su asimilación.

En el caso de la formación de investigadores en ingeniería, [2] esta condición de sujeto creativo es sustancial, porque es el diseño, enfocado a la solución de problemas tecnológicos pertinentes para la sociedad, actividad que articula su formación. La investigación, entonces, se convierte en un componente que le permite reconocer los problemas, plantear soluciones y ponerlas a prueba dentro un contexto ligado a necesidades reales.

FUNDAMENTACION TEORICA

Teoría General de Sistema (TGS)

Tal como la define [7] en su obra máxima, La Teoría General de los Sistemas, es una filosofía que se plantea como una metateoría (teoría de teorías) que partiendo del concepto de sistema busca reglas de valor general, aplicables a cualquier sistema y en cualquier nivel de la realidad. La Teoría de Sistemas surgió debido a la necesidad de abordar científicamente la comprensión de los sistemas concretos que forman la realidad, generalmente complejos y únicos, resultantes de una

historia particular, en lugar de sistemas abstractos como los que estudia la Física.

La teoría general de sistemas de acuerdo a [1] es un estudio interdisciplinario que encuentra las propiedades y métodos comunes que hacen funcionales a entidades que al cumplir relaciones de conjunto con fines propios, pasan a conformar un sistema.

Con esta cualidad sistémica se modelan todos los niveles de la realidad conocidos y en cualquiera de sus relaciones de interpretación significativa. Realidad conocida que tradicionalmente es, o ha sido estudiada por disciplinas académicas diferentes. Los sistemas pueden clasificarse en abiertos o cerrados, según el nivel de intercambio que realicen con su entorno.

Un sistema abierto [11] es aquel que recibe flujos de energía y materia de su ambiente, cambiando o ajustando su comportamiento o su estado según las entradas que recibe, tal cual como se muestra en la figura 1. Los sistemas abiertos, por el hecho de recibir energía, pueden realizar trabajo y mantener o desarrollar sus propias estructuras y su contenido de información.

Figura 1. Sistema Abierto.

Partiendo del modelo anterior podemos referenciar la Figura 2, que muestra con claridad el paralelismo existente, entre un sistema abierto y los sistemas de formación de investigadores centrados en el cumplimiento de esquemas curriculares, los cuales responden a unas necesidades y líneas de investigación propias, por medio de unos métodos de investigación bien definidos, pero poco efectivas a la hora de presentar los resultados y productos.

Figura 2. Sistema Abierto de Investigación.

Un sistema cerrado [11], sólo intercambia energía entre sus partes hasta el agotamiento de ese contenido energético; un sistema aislado o cerrado no tiene ningún intercambio con el entorno que le rodea. La Figura 3 define que los sistemas cerrados, poseen la ventaja de retroalimentarse y autorregularse, lo que es una característica muy interesante, en modelos sistémicos de investigación.

Cuando un sistema tiene la organización necesaria y motivada a sus objetivos de sistema para controlar su propio desarrollo, asegurando la continuidad de su composición y estructura se puede decir que tal sistema tiene un grado de homeostasis (equilibrio funcional) y dispone de un conjunto de flujos y transformaciones que definen su grado de homeorresis (dinámica funcional). Si las perturbaciones producidas en el sistema no superen el equilibrio propio de la homeostasis que hace segura la existencia, su definición como sistema específico pasa a definirse como un sistema autopoyético.

Figura 3. Sistema Cerrado.

Del modelo teórico anterior podemos pasar al modelo práctico mostrado en la Figura 4, el cual muestra una estructura más compleja en cuanto al proceso, debido a que el sistema debe responder a unas líneas de investigación estratégicas dictadas por el Estado y que vienen a dar respuesta a sus necesidades básicas como nación. Las perturbaciones al proceso deberán ser reguladas por las mismas expectativas de investigación. Es decir que el sistema deberá tener la capacidad de autorregular el proceso investigativo y los métodos empleados, por medio de parámetros y objetivos bien definidos a priori, dejando un poco de lado la rigurosidad curricular.

Figura 4. Sistema Cerrado de Investigación.

La Teoría General de Sistemas existe como un propósito integrador, como método de conformación de modelos y como programa de investigación teórica, su factibilidad no es directa sino cuando mediante sus resultados se contribuye a la comprobación empírica, lógica o hermenéutica de cualquier proyecto de investigación comprobación y control o hasta que la operatividad de tal teoría, ya en la práctica esté demostrada. Sus propósitos básicos están en:

a) Disponer de términos y conceptos para describir rasgos comunes y esenciales de cualquier sistema para encontrar leyes generales aplicables a la comprensión de su dinámica y sus causas.

b) Formalizar o modelar descripciones de la realidad no como entes pasivos o de estructura sino funcionales y dinámicos, que permiten descubrir tanto una parte, su función en el conjunto sistémico y la función total del sistema.

c) Se hace factible simplificar diferentes niveles de abstracción de cualquier objeto; que por su complejidad, o historicidad, son difíciles de ser explicados.

d) Los sistemas históricos necesitan ya no solo de una memoria, ya que esto no es suficiente para entender su trayectoria sin disponer de su emergencia causal como sistema en su particular trayectoria en el tiempo.

e) Supera y observa la oposición entre las dos aproximaciones al conocimiento de la realidad:

1. La analítica, basada en operaciones de reducción.

2. La estructurada, basada en la composición.

3. La emergencia de su funcionalidad como sistema.

La Teoría General de los Sistemas (TGS), surgió en el campo de la Biología, pero pronto se hizo muy útil en el estudio del desarrollo de disciplinas distintas y se aprecia su influencia en la aparición de otras nuevas. Con mayor antigüedad las aplicaciones sistémicas tienen que ver con la formación de teorías y aplicaciones estratégicas. En la actualidad se ha ido constituyendo el amplio campo de la sistémica o de las ciencias de los sistemas como parte de un enfoque integrado y funcional de la realidad.

La teoría de sistema (TGS), plantea paradigmas diferentes a los de la ciencia clásica [5]. La ciencia de sistemas observa totalidades, fenómenos, isomorfismos, causalidades circulares, y se basa en principios como la subsidiariedad, multicausalidad, determinismo, complementariedad, y de acuerdo a las leyes encontradas en otras disciplinas y mediante el isomorfismo, plantea el entendimiento de la realidad como algo complejo, logrando su transdisciplinariedad y multidisciplinariedad.

De la definición universal de la TGS, se certifica que los diversos campos científicos no pueden considerarse como sectores aislados del conocimiento, sino que todas las ciencias pueden ser consideradas como un gran sistema universal donde se dan interdependencia y relaciones [7]. Por lo tanto el postulado más enfático de la teoría general de sistemas, es la necesaria comunicación entre especialistas de diferentes campos, siendo concebido en sentido más amplio, como un conjunto de elementos interrelacionados o subsistemas interactivos.

Desde el enfoque sistémico se puede afirmar, que los elementos que conforman un sistema no son inertes y van más allá de la mera suma de sus partes. Por lo tanto, un sistema también contiene las relaciones que ligan los distintos elementos, así como las acciones y reacciones de unos elementos sobre otros. De allí el principio aristotélico, el cual fundamenta la teoría general de sistema y que dice "el todo es más que la simple suma de sus partes".

Sintetizando todo lo anteriormente expuesto, podemos afirmar que, la teoría general de sistema ha permitido, en primer lugar, crear una conciencia de la existencia de los sistemas, que todos son semejantes y coincidentes en lo fundamental pero no necesariamente iguales, plantear la existencia de principios generales comunes entre todos los sistema y considerar tales principios como la piedra angular para la integración de las distintas ciencias y, en definitiva, un acercamiento a la meta propuesta por la teoría, que no es más que unidad de la ciencia.

Partiendo de lo anteriormente expuesto podemos claramente hacer un paralelismo entre los conceptos planteados por Bertalanffy y los sistemas de formación de investigadores, es decir no podemos establecer programas de postgrado como ejes científicos aislados de una realidad tecnológica circundante, que por necesidad entrópica interactúa de manera directa con el conocimiento que se debe generar como producto de la investigación [13].

Teoría del Caos

La teoría del caos no es algo novedoso, existe evidencia que para el siglo XIX, algunos matemáticos y físicos ya observaban el comportamiento de algunos sistema que escapaban al orden convencional, al cual estaban sujetos los estudio e investigaciones de la época, pero no es hasta principios del siglo XX, con el estudio de la mecánica cuántica que se logra la relación entre el orden y el desorden.

Las investigaciones de Einstein y principalmente de Werner Heisenberg en 1927, [6] en mecánica cuántica y relatividad dieron origen al principio de incertidumbre, el cual sentó las bases de lo que hoy conocemos como sistemas caóticos, impredecibles y no lineales comportamiento que es propio de los sistemas de formación de investigadores en ingeniería y de Ciencia y Tecnología de nuestros países.

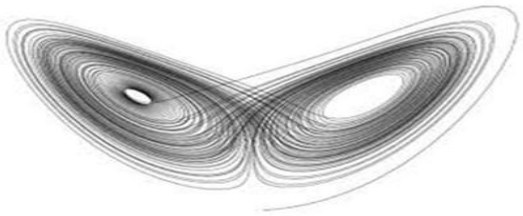


Figura 5. Coas y Orden

La teoría del caos es al mismo tiempo muerte–nacimiento, destrucción–creación [10] como se muestra en la Figura 5 y tiene que ver con aquello que no podemos saber con certeza; representa a la naturaleza en su creatividad expresada en un vasto campo de conductas y está vinculado con el modo en que ésta crea nuevas formas y estructuras (autoorganizado), con su impredictibilidad y su lógica difusa. Los sistemas caóticos se caracterizan por su adaptación al cambio, y en consecuencia, por su estabilidad dinámica.

Las leyes del caos ofrecen una explicación para la mayoría de los fenómenos naturales desde el origen del Universo, la propagación de un incendio o la evolución de la sociedad, a los cuales es prácticamente imposible predeterminarles un comportamiento con una certidumbre absoluta. Aquí surge la pregunta, ¿por qué lleva la humanidad tantos siglos sumida en el engaño del orden? El problema parte del concepto clásico de ciencia [5] que exige la capacidad para pronosticar, de forma precisa, la evolución de un objeto de estudio dado. Descartes aseguraba que si se fabricara una máquina tan potente que conociera la posición de todas las partículas y utilizara las leyes de Newton para conocer su evolución futura, se podría predecir cualquier cosa del universo.

Esta afirmación ilustra la práctica de la ciencia mecanicista a lo largo de su historia; sin embargo, este hito científico que impuso el orden, el determinismo y la predicción en la investigación, acotando igualmente la enseñanza y la divulgación científica, también limitó los estudios a aquellos fenómenos que coincidieran con un patrón previo. Todo lo que evidenciara turbulencia, irregularidad o variabilidad, quedó relegado a la categoría de ruido y cuando éste abarcaba la mayoría de lo observable, los científicos de todas las disciplinas intentaron descomponer a los sistemas en sus partes para tratar de corregir y cuadrar los elementos azarosos y no se afectara el resultado global; no obstante, nada estaba más lejos de la realidad.

De acuerdo a lo expuesto por [4], mientras la ciencia del determinismo no reconozca los sistemas caóticos como modelos a estudiar, seguirán surgiendo teorías que se fundamenten en la auto-organización y renacimiento de los sistemas. Mientras que la ciencia de las partes siga generando la desintegración de las partes, en vez analizar el universo como un todo, ha surgido la alternativa cualitativa, integrado, interdisciplinaria y dialéctica, la cual busca las semejanzas o diferencias entre los resultados y los datos recabados, sin dar tanta importancia al modelo parsimonioso que explique cómo pudieron haber sucedido los fenómenos y permita hacer previsiones razonables ante diversas variaciones del

RESULTADOS

El modelo de investigación en el área de ingeniería que se está analizando presenta una realidad compleja como lo plantea [4] que está determinada por todos los actores que intervienen en dicho proceso. A continuación se muestra un diagrama integrado Figura 6 que representa teóricamente el modelo que el programa presenta para la formación investigadores en ingeniería. Estructurado por cátedras y seminarios de investigación ajustados a unas líneas de investigación bien definidas que responden a una rigidez curricular preestablecida, pero poco efectivas a la hora de estimular el interés por el proceso de investigación por parte de los participantes.

Figura 6. Diagrama Integrado

Lo antes expuesto se origina porque los participantes llegan al programa con unas expectativas distintas a la intensión del postgrado que es la investigación. Ellos viene con deseos de profesionalizarse y ven la investigación como una piedra de tranca para su libre desarrollo profesional, cuando se ven obligados a investigar lo hacen por la presión ejercida por el comité académico del programa y los profesores de seminario, esto los desmotiva les produce desinterés y cansancio lo que por lo general termina en productos de baja calidad.

Otro factor que se nota es la falta de una política de estado que vincule de manera definitiva a la industria con la universidad, con la finalidad de establecer proyectos de investigación que generen soluciones de ingeniería concretas a problemas planteados desde los ambientes industriales.

Todos los factores antes mencionados contribuyen a la baja producción científica del programa y por lo tanto en un bajo rendimiento del sistema de formación de investigadores. Por lo tanto se hace necesario hacer una evaluación del programa como un todo complejo influenciado por factores endógenos y exógenos. Esta

evaluación deberá arrojar de forma definitiva cuales son las fortalezas y debilidades de sistema llamado programa de postgrado.

CONCLUSIONES

Los resultados reflejan que el sistema de formación de investigadores del programa de maestría de Ingeniería de Control y Automatización de Procesos es un sistema complejo y caótico, porque a pesar de presentar una rigidez curricular, una rigurosidad académica y líneas de investigación bien definidas que podrían reflejar cierto orden, no es así, el poco interés de los participantes en involucrarse con una investigación seria, la falta de especialistas o tutores en área, el poco estimulo e incentivo hacia la investigación por parte de los profesores de seminario de investigación han generado una problemática compleja y difícil de resolver por parte de comité académico.

Como todo sistema complejo y abierto, el programa responde a estímulos internos y externos que es el caso que nos compete. La carencia por parte del estado en definir una política que en verdad impulse (retroalimente) la investigación y sobre todo la formación de investigadores no permite que el sistema se retroalimente de manera constante y deje de generar productos de investigación descontextualizados. Lo cual sugiere de manera inmediata la creación de programas que financien y propongan de manera concreta áreas de investigación estratégicas que impulsen el aparato productivo de la nación.

Finalmente existen otros factores que intervienen dentro del proceso que están más relacionados con el comportamiento humano, como son: la motivación, interés, compromiso, la dedicación y la paciencia por parte de los distintos actores del sistema de formación, complicando aún más el ambiente de la maestría, desde el punto de vista de las relaciones humanas.

REFERENCIAS

[1] F. Liviano, J. Londoño. ¨El pensamiento sistémico como Herramienta Metodológica para la Resolución de Problemas¨. Revista Soluciones de Postgrado EIA. Vol.8, pp. 43-65. Medellín, Colombia. Enero-Julio, 2012. ISSN: 2811-3854.

[2] L. Sánchez. ¨Proceso de Formación de Investigadores en el Área Tecnológica¨ Revista de la Educación Superior. Vol.37, pp. 7-23. México D.F, México. Enero- Marzo, 2008. ISSN: 0185-2760.

[3] M. Pires, C. Rosales y A. Marulanda. ¨Caracterización del Oficio del Ingeniero Docente en la Implementación de Proyectos¨. Revista Educación en Ingeniería. Vol.12, pp. 37-47. Bogotá, Colombia. Diciembre, 2012. ISSN: 1900-8260.

[4] R. Solé, J. Bascompte y J. Delgado. ¨Complejidad en la Frontera del Caos¨. Revista Investigación y Ciencia¨. Vol.236, pp. 14-21. Barcelona, España. Mayo, 1996. ISSN: 0210-136X.

[5] V. Díaz, A. Calzadilla. ¨El Reduccionismo y el Anti reduccionismo y el Papel de los Enfoques y Métodos Generales del Conocimiento¨. Revista Cinta de Moebio. Vol.11, pp. 148-160. Coquimbo, Chile. Septiembre, 2001. ISSN: 0717-554X.

[6] D. Lindley. ¨Incertidumbre: Einstein, Heisenberg y Bohr y la Lucha por la Esencia de la Ciencia¨. Editorial Ariel. Vol.3, pp. 22-93. Barcelona, España. ISBN: 9788434453487. 2008.

[7] J. Hurtado. ¨Formación de Investigadores. Retos y Alternativas¨. Editorial Magisterio. Vol.2, pp. 73-82. Caracas, Venezuela. ISBN: 9789582006358. 2002.

[7] L. Von Bertalanffy. ¨Teoría General de los Sistemas¨. Editorial Fondo de la Cultura Económica de España. Vol.2, pp. 1-37. Madrid, España. ISBN: 968-16-0627-2. 1976.

[8] M. Gibbons. ¨La Nueva Producción del Conocimiento. La Dinámica de la Ciencia y la Investigación Contemporáneas¨. Editorial Pomares. Vol.1, pp. 43-67. México D.F, México. ISBN: 84-87682-28-6. 1997.

[9] Comie, El Campo de la Investigación Educativa. Sujetos, Actores y Procesos de Formación. Vol.1, pp. 39-111. México. ISBN: 968-7542-31-4. 2002.

[10] Caos y Fractales. ¨Efecto Mariposa¨. 2009. URL: http://caosyfractalestgs.blogspot.com/

[11] T. Austin ¨Teoría de Sistemas y Sociedad¨. 2000. URL:http://www.lapaginadelprofe.cl/sociologia/sistemas/sistema.

Estudo teórico do Processo de Reativação da Acetilcolinesterase

Teodorico C. Ramalho, Elaine F. F. da Cunha
Departamento de Química – Universidade Federal de Lavras
Lavras, MG, 37200-000, Brasil;

RESUMO

Neste trabalho foi aplicada uma metodologia desenvolvida anteriormente, usando os softwares Molegro® e Spartan®, para avaliar as constantes cinéticas de reativação e dissociação de oximas, como reativadoras da enzima aceticolinesterase, comparando-as com dados *in vitro* relatados previamente na literatura. Os resultados apresentaram uma boa correlação entre as energias livres de ligação das oximas estudadas e os seus dados experimentais, confirmando que a metodologia é adequada para a predição dos parâmetros cinéticos e termodinâmicos dessas moléculas. Estes parâmetros são úteis para o projeto e seleção de novas e mais eficazes oximas.

Palavras-chave: Acetilcolinesterase, Ancoramento, MQ/MM, Mecanismo Químico de Reativação, Agentes Neurotóxicos.

1. INTRODUÇÃO

Os agentes dos nervos [1, 2] são potentes inibidores da enzima Acetilcolinesterase (AChE), pois eles são capazes de fosforilar o grupo hidroxila da serina, o qual é diretamente responsável pela hidrólise do neurotransmissor acetilcolina. Esta reação acontece rapidamente e pode levar à inibição irreversível desta enzima por um processo chamado de envelhecimento [3]. O envelhecimento, entretanto, pode ser evitado se a serina fosforilada encontrar um nucleófilo, geralmente uma oxima pirimidíca, cujo grupo hidroxila é capaz de remover o grupo fosfato, reativando a enzima (Figura 1). Os dois passos envolvidos nessa reação são: 1) a associação da oxima à AChE inibida e 2) a reativação da AChE pela saída da oxima complexada com o agente neurotóxico [4]. O processo cinético de reativação da AChE pode ser ilustrado pela equação (1):

$$EI + Ox \underset{}{\overset{K_R}{\rightleftharpoons}} EIOx \xrightarrow{k_R} E + I\text{-}Ox \qquad \text{Eq. (1)}$$

Onde "EI" é a enzima inibida pelo organofosforado, "Ox" é o reativador (oxima), "E" é a enzima reativada, "EIOx" é o complexo intermediário e "I-Ox" é a oxima ligada ao agente organofosforado. K_R e k_R são, respectivamente, a constante de dissociação, a qual representa a afinidade da oxima pela AChE inibida, e a constante de velocidade para a decomposição do complexo estável enzima-inibidor-reativador [4].

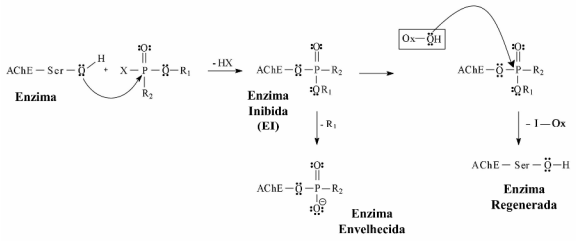


Figura 1. Inibição, desinibição e envelhecimento da AChE. X é o grupo de saída.

A literatura reporta muitas oximas estruturalmente diferentes capazes de realizar a reativação da AChE inibida por muitos agentes dos nervos diferentes, mas uma estrutura capaz de atuar de forma eficaz contra todos os agentes neurotóxicos existentes, ainda não foi relatada [4, 5]. Geralmente, uma oxima que é eficiente no tratamento de intoxicação por algum agente específico, pode ser completamente inútil contra outro [2-6]. Até agora, não há respostas experimentais para as questões reportadas acima. No entanto existem muitos estudos de modelagem molecular que apontam características importantes nas estruturas das oximas, que poderiam ser muito úteis para orientar as pesquisa experimental [4, 7-19]. Em um trabalho anterior, fizemos uma pequena contribuição para este tipo de pesquisa, utilizando estudos de ancoramento e cálculos DFT para avaliação dos valores de K_R e k_R de algumas oximas na acetilcolinesterase humana (*Hu*AChE) inibida pelo neurotóxico tabun, usando os softwares Molegro® Virtual Docker 2006 [20], Gaussian 98 [21] e Spartan08® [22]. No presente trabalho a mesma metodologia foi aplicada para avaliar estas constantes em um novo conjunto de oximas em relação a *Hu*AChE inibida pelo agente neurotóxico ciclosdarin. Os resultados obtidos confirmaram que esta metodologia é adequada para a predição dos parâmetros cinéticos e termodinâmicos de oximas, os quais podem ser úteis no projeto e seleção de oximas novas e mais eficazes.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Conjunto de Dados dos Ligantes

Os dados *in vitro* de K_R e k_R para as oximas estudadas neste trabalho (Figura 2) relativos a *Hu*AChE inibida por ciclosarin foram reportados por Kassa *et al.* [5].

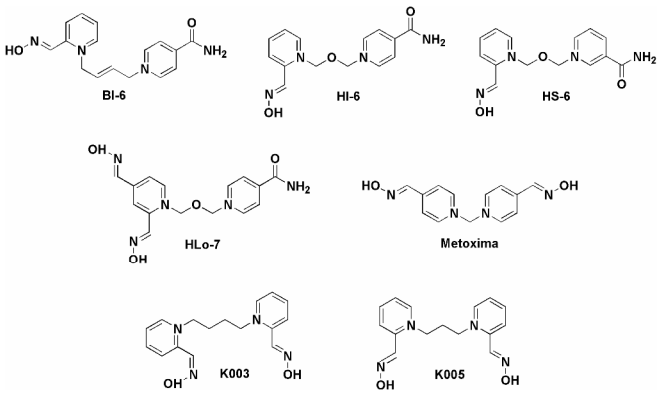


Figura 2. Oximas estudadas.

Cálculo das Energias de Ancoramento

As coordenadas cristalográficas de *Hu*AChE fosforilada por sarin e complexada com a oxima HI-6 (PDB código: 2WHP) [23] foram retiradas do Protein Data Bank (PDB) e tiveram suas moléculas de água cristalográficas removidas com o software SPDBViewer [24]. A estrutura do sarin dentro da *Hu*AChE foi completada através da introdução do grupo $–CH_2CH_2CH_2–$ usando o software Spartan08® [22], afim de se obter a estrutura 3D da *Hu*AChE fosforilada por ciclosarin necessária para o desenvolvimento dos estudos do presente trabalho.

As estruturas 3D de cada inibidor da Figura 2 foram construídas com base na estrutura da oxima HI-6 em sua conformação bioativa presente no cristal.

Os compostos foram docados no sítio ativo da *Hu*AChE usando o Molegro Virtual Docker® 2006 [20] de acordo com as instruções. Os sítios de ligação foram restringidos dentro de uma esfera com raio entre 9 e 15 Å, de acordo com o tamanho do ligante, centralizando na estrutura da HI-6 complexada no sítio da proteína e incluindo todos os resíduos do sítio ativo. Devido à natureza estocástica do algoritmo de busca do ancoramento ligante-proteína, cerca de 30 soluções de ancoramento foram retidas para cada ligante. As poses com melhor sobreposição em relação a HI-6 foram escolhidas para a análise realizada neste trabalho.

Estudos de DFT

Técnicas de Mecânica Quântica e Mecânica Molecular MQ/MM foram desenvolvidas para determinar a rota preferencial para o processo de reativação. Tecnicamente, tem sido aplicado um procedimento combinando técnicas de ancoramento e cálculos DFT na interface MQ/MM para o mecanismo enzimático. Os cálculos QM foram desenvolvidos nos pacotes Spartan08® [21] e Gaussian98 [22]. As regiões QM consistiram de: **a** resíduos, **b** ligações peptídicas vizinhas, **c** átomos de ligação, **d** moléculas de água cristalográficas, **e** ligante e **f** ciclosarin dentro de uma esfera com raio entre 9 a 15 Å centrada em cada oxima.

As coordenadas iniciais para os átomos pesados foram retiradas da estrutura do cristal. Todos os estados de transição, intermediários e precursores envolvidos foram calculados. Cada confôrmero foi totalmente otimizado em nível DFT com B3LYP/6-31G [25]. Além disso, após cada otimização, um cálculo de constante de força foi feito para verificar se as estruturas otimizadas eram mesmo mínimos locais (sem freqüência imaginária) ou estados de transição (uma freqüência imaginária).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados de Ancoramento

As oximas na Figura 2 foram ancoradas dentro do sítio ativo da *Hu*AChE e todas as suas orientações razoáveis relacionadas à reativação da *Hu*AChE foram investigadas, seguindo uma busca do espaço conformacional e diferentes orientações do ligante, usando o software Molegro Virtual Docker 2006® [20]. Os modelos de menor energia de interação foram escolhidos para minimizações adicionais. Das simulações de *ancoramento* molecular, realizadas entre cada composto estudado e a enzima, os modos de interação com menor energia de *ancoramento* foram selecionados.

Por exemplo, para a oxima com os dados *in vitro* mais promissores (K005, Tabela 1), a orientação favorável no sítio ativo da *Hu*AChE envolve cinco ligações hidrogênio com os resíduos Tyr124, Phe295, Arg296, Trp286 e Phe338, respectivamente. Por outro lado, para a oxima com os dados *in vitro* menos favoráveis (oxima BI-6, Tabela 1), é possível notar apenas duas ligações hidrogênio com os resíduos Tyr124 e Glu285.

As energias livres de dissociação da *Hu*AChE preditas e os valores experimentais correspondentes são apresentados na Tabela 2. Esta boa correlação é melhor expressa no gráfico da Figura 3 e demonstra que as conformações de dissociação e os modelos de ligação dos reativadores da *Hu*AChE são bem razoáveis. Com base nas energias livres de ligação e suas correlações com os k_R dos complexos reativador-enzima inibida, podemos dar uma explicação quantitativa para a relação estrutura-atividade do mecanismo de inibição para esses inibidores.

Estudos de Mecanismo

Para projetar novos e mais seletivos agentes de reativação é muito importante entender o mecanismo do processo de reativação da *Hu*AChE pelas oximas. Além disso, a importância de levar em conta os efeitos dinâmicos no mecanismo da reação e na orientação do ligante deve estar sempre em mente. O mecanismo se dá através de uma via de eliminação adicional. Este estudo MQ/MM é um primeiro passo no entendimento da interação entre reativadores e *Hu*AChE inibida por ciclosarin e nossos cálculos mostraram uma boa correlação entre as geometrias experimentais e calculadas para os ligantes.

Depois da otimização dos confôrmeros selecionados, um cálculo de constante de força foi realizado para assegurar que as estruturas reportadas na Tabela 2 são todas estados de transição. Além disso, a fim de avaliar a influência do tamanho da região QM sobre os parâmetros cinéticos calculados, foi desenvolvida uma nova série de cálculos com diferentes regiões QM, chamadas aqui de modelo-9 e modelo-15.

As dificuldades encontradas pela introdução de um ambiente quanto mecânico (QM) em uma proteína são muitas. Uma delas é o tamanho do sistema que, naturalmente, influencia de forma significativa. Sendo assim, temos utilizado um procedimento previamente empregado com sucesso, em um sistema semelhante [25, 26]. De acordo com a Tabela 2, as reações de reativação das oximas Hlö-7 e HI-6 com a *Hu*AChE inibida por ciclosarin apresentaram menor e maior barreira de energia, respectivamente.

Uma correlação muito melhor entre os dados experimentais e teóricos foi obtida com o modelo-15. Este modelo é mais realista porque introduz um maior número de resíduos de aminoácidos presentes no sítio ativo da *Hu*AChE que o modelo-9.

Tabela 1. Valores de energia para reativadores *Hu*AChE no sítio ativo e constantes de dissociação do complexo reativador-enzima inibida.

Oxima	pK_R (μM)	ΔE^*	Resíduo	Força da Lig. H*	Dist. (Å)
K005	5,30	-143,48	Phe338	-0.68	3.46
			Phe295	-2.16	3.17
			Tyr124	-1.35	3.33
			Arg296	-2.50	2.72
			Trp286	-0.95	2.75
HI-6	4.92	-142.98	Tyr124	3.22	-1.90
			Tyr124	2.79	-2.50
			Tyr124	2.87	-2.50
			Tyr124	3.33	-1.32
			Ser298	2.97	-2.50
			Ser298	3.10	-2.50
ME TOXIMA	4.82	-142.32	Thr83	-0.69	3.46
			Tyr337	-2.50	2.97
			Tyr337	-2.16	3.17
			Tyr341	-2.50	2.61
			Tyr124	-2.50	2.95
			Tyr124	-1.53	3.29
			Ser298	-2.33	3.13
			Ser298	-1.49	3.30
K033	4.70	-142.86	Trp286	-0.11	3.56
			Arg296	-2.50	2.82
			Arg296	-2.50	3.01
			Phe295	-0.52	3.05
			Tyr124	-1.22	3.35
			Tyr124	-0.50	3.50
HS-6	4.35	-142.67	Tyr124	-2.50	2.80
			Tyr124	-2.50	3.09
			Phe295	-2.50	3.08

Continuação da Tabela 1

Oxima	pK_R (μM)	ΔE^*	Resíduo	Força da Lig. H*	Dist. (Å)
HLö-7	3.00	-141.91	Arg296	-1.33	3.34
			Tyr124	-2.50	2.72
			Tyr124	-2.50	3.09
			Tyr124	-2.50	2.83
			Tyr124	-2.46	3.11
BI-6	1.00	-140.21	Glu285	-2.28	3.14
			Tyr124	-1.30	3.34

*(**kcal.mol^{-1}**)

Na verdade, uma estabilização extra do estado de transição é observada através de interações de longo alcance, tais como cation–π, π-π *stacking* ou interações eletrostáticas com os resíduos Tyr124, Glu285, Trp286, Arg296, Phe295 e Ser298. Desta forma, podemos dizer que desenvolvemos cálculos teóricos para avaliar a estabilidade química relativa dos intermediários e estados de transição dentro do sítio ativo da *Hu*AChE. Uma análise mais profunda sugere que a estabilização do estado de transição é realmente favorecida por ligações hidrogênio formadas com os resíduos de aminoácidos mais próximos: Tyr124, Trp286, Phe295, Arg296 e Phe338 os quais orientam a oxima em direção à geometria adequada do estado de transição. Nesta conformação (Figura 4), as oximas interagem mais fortemente com o ciclosarin. Além disso, as interações de longo alcance entre as oximas e outros aminoácidos podem ocorrer, tais como as interações cátion-π, interações eletrostáticas com Glu285 e uma surpreendente interação π-π *stacking* entre o anel piridínio da oxima e os resíduos de aminoácidos Tyr124 e Trp286 (veja Figura 5), a qual ocorre na geometria do estado de transição. Dessa forma nossos dados teóricos apontam que os compostos K005 e Hlö-7 podem ser promissores reativadores da *Hu*AChE inibida por ciclosarin.

Tabela 2. Energias de ativação relativas ao estado de transição e parâmetros cinéticos.

Oxima	k_R [a] (**min^{-1}**)	$\Delta\Delta E^{\#}$ [b] (**kcal.mol^{-1}**)
K005	0.010	31.96
HI-6	0.350	220.85
METHOXIMA	0.240	132.00
K033	0.095	82.34
HS-6	0.156	61.21
HLö-7	0.008	0.00
BI-6	0.150	170.43

[a]Constante de dissociação [4]; [b]$\Delta\Delta E^{\#} = E_{LIG2} - E_{LIGi}$

K005 é considerada um dos melhores reativadores da *Hu*AChE inibida por ciclosarin e apresenta bons resultados de K_R (Tabela 1), portanto, uma alta afinidade com a enzima intacta, apesar da Hlö-7 exibir uma alta reatividade com a enzima (Tabela 2). Portanto, o excesso dessas oximas também pode inibir a enzima reativada [5].

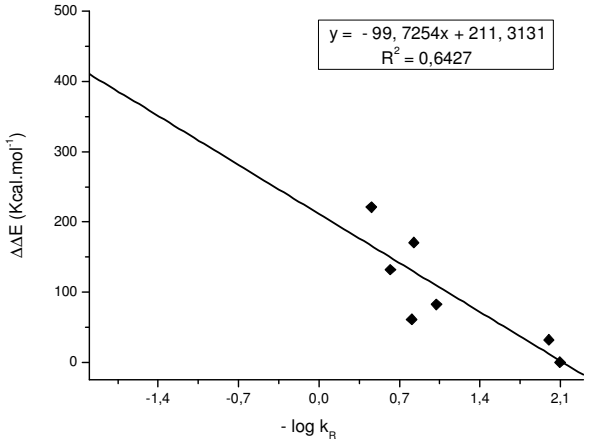


Figura 3. Gráfico de k_R x $\Delta\Delta E^{\#}$ para as oximas estudadas. 1 = HI-6, 2 = BI-6, 3 = Metoxima, 4 = K033, 5 = HS-6, 6 = K005, 7 = HLö-7.

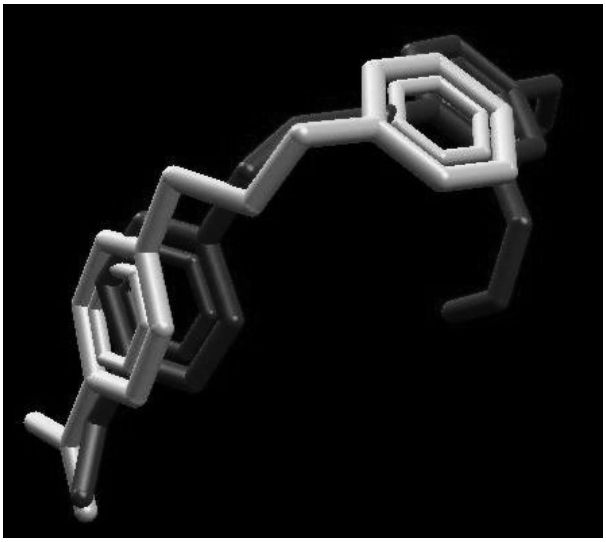


Figure 4. Superposição da melhor conformação do HLö-7 e a estrutura do HI-6 da estrutura do cristal (PDB code 2WHP).

4. CONCLUSÃO

Os estudos de modelagem molecular das oximas como reativadores da *Hu*AChE, disponíveis na literatura hoje, apontam muitos pontos importantes a serem considerados para o melhor entendimento de seu mecanismo de ação e posterior projeção de um novo reativador de *Hu*AChE. Nossos resultados novamente mostraram uma boa correlação entre as energias livres de dissociação das oximas e dados experimentais, corroborando a metodologia usada para a predição dos parâmetros cinéticos e termodinâmicos para reativadores da *Hu*AChE.

Além disso, nossos resultados sugerem que o processo de interação das oximas é favorável através dos resíduos de animoácidos Phe295, Arg296, Trp286 e Tyr124. Na verdade o número de ligações de hidrogênio com o Tyr124 é uma característica fundamental para determinar o modo de interação das oximas.

Analisando a reação química, nós podemos notar que os resíduos de aminoácido Arg296, Tyr124 e Trp286 são responsáveis pela estabilização do estado de transição. Assim, nós acreditamos que os parâmetros cinéticos calculados podem ser muito úteis para o projeto e seleção de uma nova e mais eficiente oxima.

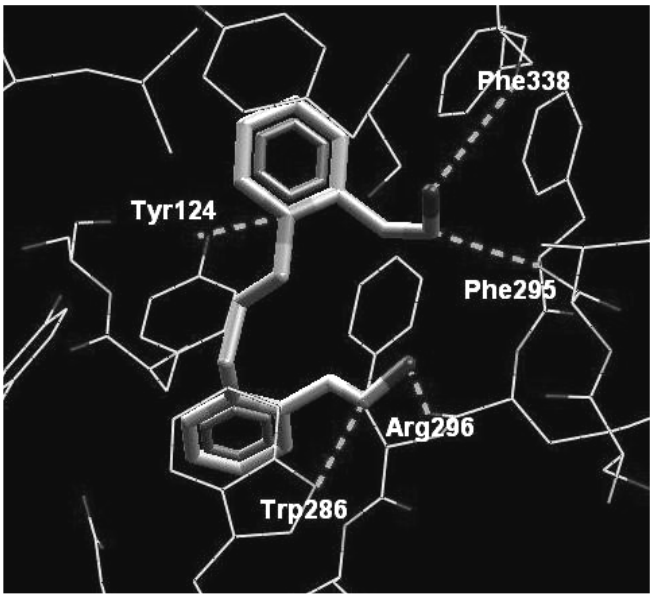


Figura 5. Ligações de Hidrogênio formadas entre K005 e os resíduos de aminoácidos do sítio ativo da *Hu*AChE.

5. REFERÊNCIAS

[1] G. Kryger, M. Harel, K. Giles, L. Toker, B. Velan, A. Lazar, C. Kronman, D. Barak, N. Ariel, A. Shafferman, I. Silman, J.L. Sussman, "Structures of recombinant native and E202Q mutant human acetylcholinesterase complexed with the snake-venom toxin fasciculin-II", Acta Cryst. Vol. 56, 2000, pp. 1385-1394.

[2] S.M. Somani, R.P. Solana, S.N. Dube, Toxicology of nerve agents. In: S. M. Somani (Ed), Chemical warfare agents, Academic Press, San Diego, Pub. 1992.

[3] R.M. Black, J.M. Harrison, The chemistry of organophosphorus chemical warfare agents. In: F.R. Hartley, Ed., The chemistry of organophosphorus compounds, John Wiley & Sons, Chichester 4, Pub. 1996.

[4] T.C. Ramalho, T.C.C. França, M.N Rennó, A.P. Guimarães, E.F.F. Cunha, K. Kuča, "Development of new acetylcholinesterase reactivators: Molecular Modeling versus in vitro data", Chem-Biol. Inter. Vol. 185, 2010, pp. 73-77.

[5] J. Kassa, K. Kuca, L. Bartosova, G. Kunesova, "The development of new structural analogues of oximes for the antidotal treatment of poisoning by nerve agents and the comparison of their reactivating and therapeutic efficacy with currently available oximes", Cur. Org. Chem. Vol. 11, 2007, pp. 267-283.

[6] F. R. Sidell, Chemical and biological terrorism: research development to improve civilian medical response, in: Sidell, F.R.; Takafuji, E. T.; Franz, D. R., (Eds.), Medical Aspects of Chemical and Biological Warfare-Textbook of Military Medicine, Office of the Surgeon General, US Army: Washington D.C., Pub. 1997.

[7] R.T. Delfino, T.S. Ribeiro, J.D. Figueroa-Villar, "Organophosphorus compounds as chemical warfare agents: a review", J. Braz. Chem. Soc., Vol. 20 No 3, 2009, pp. 407-428.

[8] L. Wong, Z. Radic, R.J.M. Brüggemann, N. Hosea, H.A. Berman, P. Taylor, "Mechanism of oxime reactivation of acetylcholinesterase analyzed by chirality and mutagenesis", Biochem. Vol. 39, 2000, pp. 5750-5757.

[9] F. Ekström, P. Yuan-Ping, M. Boman, E. Artursson, C. Akfur, S. Börjegren, "Crystal structures of acetylcholinesterase in complex with HI-6, Ortho-7 and obidoxime: Structural basis for differences in the ability to reactivate tabun conjugates", Biochem. Pharmacol. Vol. 72, 2006, pp. 597-607.

[10] Y. Ashani, Z. Radic, I. Tsigelny, D.C. Vellom, N.A. Pickering, D.M. Quinn, B.P. Doctor, P. Taylor, "Dissection of the human acetylcholinesterase active center determinants of substrate specificity. Identification of residues constituting the anionic site, the hydrophobic site, and the acyl pocket", J. Biol. Chem. Vol. 11, 1995, pp. 6370-6380.

[11] F.J. Ekström, C. Astot, Y.P. Pang, "Novel nerve-agent antidote design based on crystallographic and mass spectrometric analyses of tabun-conjugated acetylcholinesterase in complex with antidotes", Clin Pharmacol Ther., Vol. 82, No 3, 2007, pp. 282-293.

[12] F. Worek, N. Aurbek, M. Koller, C. Becker, P. Eyer, H. Thiermann, "Kinetic analysis of reactivation and aging of human acetylcholinesterase inhibited by different phosphoramidates", Biochem Pharmacol, Vol. 73, No 11, 2007, pp. 1807-1817.

[13] A.T. Castro, J.D. Figueroa-Villar, "Molecular structure, conformational analysis and charge distribution of pralidoxime: Ab initio and DFT studies", Int. J. Quantum Chem., Vol. 89, 2002, pp. 135-146.

[14] A.S. Gonçalves, T.C.C. França, A. Wilter, J.D. Figueroa-Villar, Molecular dynamics of the interaction of pralidoxime and deazapralidoxime with acetylcholinesterase inhibited by the neurotoxic agent tabun", J. Braz. Chem. Soc., Vol. 17, 2006, pp. 968-975.

[15] A.S. Gonçalves, T.C.C. França, J.D. Figueroa-Villar, P.G. Pascutti, "Conformational analysis of toxogonine, TMB-4 and HI-6 using PM6 and RM1 methods", J. Braz. Chem. Soc., Vol. 21, 2010, pp. 179-184.

[16] A.S. Gonçalves, T.C.C. França, J.D. Figueroa-Villar, P.G. Pascutti, "Molecular Dynamics Simulations and MQ/MM Studies of the Reactivation by 2-PAM of Tabun inhibited Human Acethylcolinestarase", J Braz Chem. Soc., Vol. 22, 2011, pp. 155-165.

[17] S.Z. Steven, M.W. Peterson, A. Hamza, C.G. Zhan, D.M. Cerasoli, W.E. Chang, "Computational characterization of how the VX nerve agent binds human serum paraoxonase 1", J. Mol. Mod. Vol, 17, 2011, pp. 97-109.

[18] A.V. Nemukhim, S.V. Lushchekina, A.V. Bochenkova, A.A. Golubeva, S.D. Varfolomeev, "Characterization of a complete cycle of acetylcholinesterase catalysis by ab initio MQ/MM modeling", J. Mol. Mod. Vol. 14, 2008, pp. 409-416.

[19] P.P. Bernard, D.B. Kireev, M. Pintore, J.R. Chrétien, P.L. Fortier, D. Froment, "A CoMFA Study of Enantiomeric Organophosphorus Inhibitors of Acetylcholinesterase", J. Mol. Mod. Vol. 6, 2000, pp. 618-629.

[20] R. Thomsen, M.H. Christensen, "MolDock: a new technique for high-accuracy molecular docking", J. Med. Chem. Vol. 49, 2006, pp. 3315-3321.

[21] W.J. Hehre, B.J. Deppmeier, P.E. Klunzinger, PC SPARTAN Pro, Wavefunction Inc.: Irvine, California, Pub. 1999.

[22] M.J. Frisch, G.W. Trucks, H.B. Schlegel, E.S. Scuseria, J.A. Pople, Gaussian 98 (Revision A.11), Gaussian: Pittsburgh, Pub. 2001.

[23] Ekström, F., Hörnberg, A., Artursson, E.,Hammarström, L., Schneider, G., Pang, Y., "Structure of HI-6-Sarin-Acetylcholinesterase Determined by X-Ray Crystallography and Molecular Dynamics Simulation: Reactivator Mechanism and Design". PloS ONE, Vol. 4 ,2009, pp. e5957.

[24] N. Guex, M. C. Peitsch, "SWISS-MODEL and Swiss-PdbViewer: an environment for comparative protein Modelling", Electrophoresis, Vol. 18, 1997, pp. 2714-2723.

[25] T.C. Ramalho, C.A. Taft, "Thermal and solvent effects on the NMR and UV parameters of some bioreductive drugs", J. Chem. Physics, Vol. 123, 2005, pp. 054319.

[26] T.C. Ramalho, M.S. Caetano, E.F.F. da Cunha, "Construction and Assessment of Reaction Models of Class I EPSP Synthase: Molecular Docking and Density Functional Theoretical Calculations". J. Biomol. Struc. & Dynamics, Vol. 27, 2009, pp. 195-207.

DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DE INFECCIONES DE VÍAS URINARIAS EN NIÑOS, BASADO EN TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Jorge Enrique Rodríguez Rodríguez, jrodri@udistrital.edu.co
Universidad Distrital "Francisco José de Caldas", Colombia

Resumen. En este artículo se plasma un primer acercamiento al uso de técnicas de inteligencia artificial para el diagnóstico y tratamiento de infecciones urinarias. Se da una introducción al problema. Luego se muestra una aproximación a la teoría concerniente a infecciones urinarias y técnicas de inteligencia artificial. Por último, se plantean las conclusiones.

Palabras clave. Infección urinaria, tratamiento médico, redes neuronales, redes bayesianas y razonamiento basado en casos.

1. INTRODUCCIÓN

La infección urinaria (IU) es la enfermedad más común del riñón y de las vías urinarias en la infancia. El 1.6% de los varones y el 7.8% de las mujeres han tenido al menos una UI. Su importancia radica en la frecuencia, que es indicador de posibles anormalidades anatómicas o funcionales subyacentes y principalmente en que sí compromete el riñón puede ocasionar daño irreversible [1].

En Colombia la infección de las vías urinarias es un problema de salud presente en la infancia. No solamente representa una contribución significativa a la carga de enfermedad, sino que aspectos de su historia natural, curso clínico, aproximación diagnóstica y manejo racional continúan siendo debatidos ampliamente [2]. La IU puede ser el indicador de una anomalía del tracto genitourinario que de no ser corregida lleva a deterioro progresivo e irreversible de la función renal. En niños de 5 a 36 meses los síntomas son más homogéneos y por esta causa es más fácil de tratar la enfermedad. Recientes investigaciones indican que la prevalencia de IU en niños pequeños en urgencias es de 3 a 5% y el algunos grupos hasta 30%; adicionalmente al uso reciente de gamagrafía renal con DMSA indicado en la mayoría de los niños pequeños febriles con IU, que tienen pielonefritis, siendo un riesgo para cicatriz e insuficiencia renal crónica [3]. De 1100 niños estudiados (509 niños y 591 niñas), 38 presentaron urocultivos positivos por micción espontánea, y de éstos 18 positivos por punción suprapúbica. La E. Coli se encontró en el 94%. La prevalencia de bacteriuria asintomática fue de 4,3 en recién nacidos, 2,3% en lactantes, 1,8% pre-escolares, 1,3% escolares y 1,1% adolescentes, con predominio del sexo femenino, excepto en recién nacidos. Se encontró alteraciones urológicas en 6 de 18 pacientes principalmente menores de 6 años y 12% con reflujo vesicouretral [4].

Basado en lo anterior, se propone realizar un estudio con respecto al uso de técnicas de inteligencia artificial para el diagnóstico y tratamiento de infecciones de vías urinarias en niños de 5 a 36 meses, el cual servirá, como herramienta de apoyo a la toma de decisiones de expertos en el área y un modelo de consulta.

2. INFECCIONES EN LAS VÍAS URINARIAS

La infección de las vías urinarias (IVU) es una infección de la vejiga, riñones o uretra. Cuando la infección es en la vejiga se llama cistitis. Las infecciones de vías urinarias son más frecuentes en las niñas. Una IVU puede causarle al niño la necesidad de orinar con frecuencia, dolor y ardor al orinar. De igual forma, puede presentar poca o nada de orina, goteo o salida de orina durante el sueño. Otros signos pueden ser: orina maloliente, rosada o roja por sangre en la orina, fiebre, dolor en la espalda baja o lateral, malestar estomacal o vómito.

En la mayoría de los casos la infección es causada por la vía ascendente, a partir de: proveniente del tracto gastrointestinal, por reservorio debajo del prepucio, ascendente por la uretra, la cual se favorece en niñas mayores de 6 meses porque la uretra es más corta, también al realizar cateterización vesical o instrumentación, por vaciamiento incompleto de la vejiga voluntario o involuntario, y en reflujo vesicouretral primario o secundario, y - la infección urinaria se produce por la habilidad que tienen las bacterias de adherirse a la células uroepiteliales de la superficie mucosa, por medio de adhesinas o fimbrias que son proteínas de la pared celular bacteriana; producción de hemolisinas que son polipéptidos, excretados extracelularmente que lisan eritrocitos y otras células; y por la liberación de varias endotoxinas, como el lípido A que disminuye el peristaltismo ureteral y produce inflamación, el antígeno O que es tóxico e induce fiebre e inflamación y es nefritogénico, el antígeno K que aumenta la resistencia bacteriana a la fagocitosis y la coexistencia del grupo sanguíneo P1 asociado a escherichia coli K1.

2.1 Cuadro Clínico

La sintomatología varía con la edad. En el recién nacido se presenta con síntomas inespecíficos, baja ganancia de peso, temperatura baja o con leve aumento, estenia, adinamia, hiporexia, color grisáceo o ictericia.

Se habla de infección urinaria no complicada cuando presenta síntomas relacionados a compromiso vesical y responde en forma rápida al tratamiento, mientras que en la infección urinaria complicada las manifestaciones de compromiso renal son evidentes y algunas de ellas posibles de corrección quirúrgica. En los mayores hay fiebre de 38,5 grados, disuria, aumento de la frecuencia urinaria, puede acompañarse con vulvitis, vaginitis, uretritis, balanitis, e incontinencia urinaria diurna o nocturna. Como síntomas de pielonefritis se encuentra fiebre mayor de 38,5 grados, compromiso del estado general, dolor abdominal y lumbar,

leucocitos mayor de 15.000, VSG elevada mayor de 20, proteína C reactiva mayor de 20 mg/lt, leucocitiuria y bacteriuria y disminución en la concentración urinaria.

2.2 Apoyo Diagnóstico

- Laboratorio. Se sospecha IU con un parcial de orina y se confirman con 2 urocultivos seriados, por micción espontánea con 90% de sensibilidad y con 3 urocultivos 95% de sensibilidad. El urocultivo único por micción espontánea tiene 61% de confirmar IU verdadera y por punción suprapúbica tiene más del 99% de confirmación [5].
- Uroanálisis. Hay 3 métodos de recolección de parcial de orina: de mitad de la micción espontánea recogida en bolsas con cambio de la misma cada 20 minutos en lactantes, cateterización uretral, y por punción suprapúbica

2.3 Urocultivo

El urocultivog es el principal estándar en el diagnóstico de IVU. La mejor muestra para urocultivo es la tomada mediante aspiración por punción suprapúbica, en segundo lugar la obtenida por catéter transuretral de aplicación reciente y con técnica estéril, seguida de la toma por técnica de "chorro medio". La técnica menos confiable es la de bolsas colectoras.

2.4 Imagenolía

A todo paciente con IU comprobada debe realizársele estudio de imagenología, la cual incluye: ecografía renal y de vías urinarias, gamagrafía renal con DMSA, cistouretrografía miccional por Rx, grados de RVU, Cistouretrografía por ultrasonido [6], cistografía isotópica, urografía excretora, Renograma con diurético [4], Otros métodos de diagnóstico por imagen [4].

2.5 Tratamiento

Se busca aliviar los síntomas; prevenir la lesión renal permanente; dar tratamiento terapéutico por 14 días; dar profilaxis tres meses, en pielonefritis aguda unilateral y 6 meses en pielonefritis bilateral.

Medidas generales. Dar un aporte abundante de líquidos para disminuir la concentración de bacterias en el tracto urinario, y vaciamento vesical periódico completo con micciones cada 2-3 horas durante el día y en dos tiempos, para disminuir el residuo vesical que es un mecanismo de defensa al igual que las células epiteliales.

Tratamiento antibiótico. Debe elegirse de acuerdo a la resistencia de los gérmenes urinarios, si ha recibido tratamiento anterior. Con tratamiento adecuado se logra esterilización de la orina en 24 horas, la persistencia del crecimiento indica resistencia bacteriana o anomalía severa del tracto urinario. Signos inflamatorios como fiebre, pueden persistir dos o tres días, la piuria por tres a diez días PCR elevada en más de 20mg/l por cuatro a cinco días, VSG mayor de 25 mm/h por dos a tres semanas y menor concentración urinaria por dos a tres meses [7]. La ecografía renal se normaliza luego de seis semanas y la gamagrafía renal con DMSA en tres meses a un año, en pielonefritis crónica puede persistir anormal por un año a dos años, o ser persistente [8].

2.6 Prevención

Diagnóstico temprano, imagenología temprana, profilaxis mientras se realiza el estudio, e investigar RVU en casos de hidronefrosis, hispospadias, riñón multiquístico, vejiga inestable, hermanos menores de 10 años con RVU.

2.7 Factores de riesgo

Incluyen la edad, el sexo, la circuncisión en niños, las alteraciones anatómicas o funcionales del tracto urinario y la hipercalciuria, que interactúan para establecer la probabilidad individual de IU [1].

3. TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

3.1 Redes Neuronales Artificiales (RNA)

Diferentes modelos teóricos o paradigmas, datan desde los años 50's. Algunos poseían aplicaciones limitadas en el mundo real, teniendo como consecuencia que las RNA permanecieran en la oscuridad por décadas. Las RNA han sido entrenadas para la realización de funciones complejas en variados campos de aplicación. Hoy en día pueden ser entrenadas para la solución de problemas que son complejos para sistemas computacionales comunes o para el ser humano. La idea de las RNA fue concebida originalmente como un intento de modelar la biofisiología del cerebro humano, esto es, entender y explicar como funciona y opera el cerebro. La meta es crear un modelo capaz en emular el proceso humano de razonamiento. La mayor parte de los trabajos iniciales en redes neuronales fue realizada por fisiólogos y no por ingenieros.

Una característica importante de las RNA es que son altamente tolerantes al ruido y robustas frente a fallos estructurales: la eliminación o mal funcionamiento de un porcentaje importante de unidades de proceso no provoca un "colapso", sino una disminución progresiva en el rendimiento de la red, características que posee el cerebro humano. Sin embargo, la característica más valorada de las redes neuronales artificiales es su capacidad de aprendizaje [15]. La claridad de RNA y su poder de predicción tienen una relación estrecha, que se comporta de manera inversa, entre más sencilla sea la forma del modelo, más fácil será su comprensión, pero tendrá menor capacidad para encontrar diferencias sutiles o demasiado variadas [16].

3.2 Aprendizaje Bayesiano

En el año 1763, dos años después de la muerte de Thomas Bayes (1702-1761), se publicó una memoria en la que aparece, por vez primera, la determinación de la probabilidad de las causas a partir de los efectos que han podido ser observados. El cálculo de dichas probabilidades recibe el nombre de teorema de Bayes [9]. En teoría de la probabilidad, es la regla básica para realizar inferencias [10]. Dicho teorema puede verse cómo la búsqueda de la hipótesis más probable dado un conjunto de datos de entrenamiento y un conocimiento a priori de la probabilidad de cada hipótesis. Conociendo la probabilidad a priori de que ocurra un suceso, el

método bayesiano permite modificar su valor cuando se dispone de nueva información, esta es la probabilidad a posteriori [11]. Permiten tratar modelos complejos gracias a la explotación de las independencias presentes en el modelo. De estas consideraciones surge la idea de usar redes bayesianas como clasificadores [12][13]. Las Redes Bayesianas son un formalismo que en los últimos años ha demostrado su potencialidad como modelo de representación del conocimiento con incertidumbre. El éxito de numerosas aplicaciones en campos variados como la medicina, la recuperación de información, la visión artificial, la fusión de información, la agricultura, etc., avalan este formalismo [10]. Cabe resaltar que el modelo presentado (fig. 1) solo especifica el clasificador más simple de todos, el Naïve Bayes.

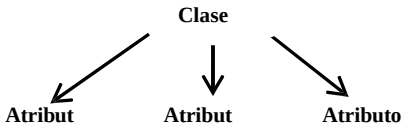


Fig. 1. Topología de un clasificador Naïve Bayes [10]

3.3 Aprendizaje Basado en Casos

El aprendizaje basado en casos, consiste en extraer información de un conjunto de datos conocidos y usarla para clasificar nuevos datos o para agrupar los datos existentes. Un concepto muy importante dentro del aprendizaje basado en casos es el de heurística de consistencia que puede definirse con la siguiente descripción: "siempre que se quiera pronosticar una propiedad de algo, sin que se disponga de otra cosa que un conjunto de casos de referencia, halle el caso más parecido, con respecto a propiedades conocidas y del cual se conoce la propiedad buscada. Deduzca que la propiedad desconocida es la misma que la propiedad conocida" [14].

Para una mejor comprensión, se aborda el siguiente ejemplo, que tiene dos datos de entrenamiento y uno para clasificar. El primer caso es una canción, que tiene un compás de ¾, se interpreta con instrumentos de cuerda, no posee percusión, es oriunda de la zona andina y su ritmo es pasillo. El segundo caso de entrenamiento es otra canción en compás partido, interpretada con instrumentos de viento, incluye percusión, es oriunda de la costa atlántica colombiana y es de ritmo cumbia. Usando el criterio de heurística de consistencia se desea estimar el ritmo de una canción con las siguientes características: compás partido, se interpreta con instrumentos de cuerda, incluye percusión, y es originaria de la costa atlántica. La respuesta sería "Cumbia", ya que de los dos datos de entrenamiento conocidos, el dato en cuestión comparte más características con el segundo por lo tanto este dato y el dato a clasificar pertenecen a la misma clase [14].

4. CONCLUSIONES

El uso de técnicas de inteligencia artificial en la solución de problemas relacionados con la medicina han sido empleadas con éxito, y en ocasiones se ha llegado a entrenar técnicas capaces de generar una alta efectividad en las respuestas obtenidas; respuestas que son usadas por expertos en medicina con el fin de apoyar la toma de decisiones en casos reales. Esto conlleva, a deducir que es posible y viable adoptar este tipo de técnicas con el fin de apoyar la toma de decisiones en el diagnóstico y tratamiento de infecciones urinarias.

5. REFERENCIAS

[1] Guías de pediatría práctica basadas en la evidencia.

[2] RUÍZ J. Departamento de Pediatría, Pontificia Universidad Javeriana, Hospital Universitario de San Ignacio. http:// med.javeriana.edu.co/ publi/ vniversitas/ serial/ v41n4/ 0039%20editorial.PDF

[3] SHAW KN, Mc GAWAN KL, GORELICK MH, SCHWARTZ JS. Screening for urinary tract infection in infants in the emergency departament: which test in best? Pediatrics 1998; pp. 1 - 7.

[4] GASTELBONDO R. CUERVO de Torres E. Enfoque diagnóstico y manejo del niño con infección de vias urinarias, Médicas UIS 1995.

[5] GASTELBONDO R, ARISTIZABAL D. Infección urinaria en niños. Pediatría 1994; pp. 198 - 201.

[6] BOSIO M. Cystosonography with echocontrast: a new imagin modality to detect vesicoureteric reflux in children. Pedaitr Radiol 1998; pp. 250 - 255.

[7] JODAL U, HANSSON S. Urinary tract infection in: Hollway MA, Barrat TM, Avner DE. Pediatric Nephrology. 3a. Williams and Wilkins. Baltimore 1994; pp. 950 - 962.

[8] HELLERSTEIN S. Infecciones de vías urinarias: conceptos antiguos y nuevos. Clínicas pediátricas de Norte América 1995; pp. 1347 - 1367.

[9] SEDA, J. Teorema de Bayes. http:// thales.cica.es/ rd/ Recursos/ rd98/ Matematicas/ 28/ 8.html.

[10] HERNÁNDEZ, J. RAMIREZ, M. FERRI, C. Introducción a la Minería de Datos. Prentice Hall. España, 2004. [11] MOLINERO, L. El método bayesiano en la investigación médica. http:// www.seh-lelha.org/ bayes1.htm.

[12] FRIEDMAN, N. GEIGER, D; GOLDIZMITDT, M. "Bayesian networks classifiers". Machine Learning, 1997.

[13] LARRAGAÑA, P. LOZANO, J.A. Estimation of Distribution Algorithms. A New Tool for Evolutionary Computation. Kluwer Academic Publishers, 2002.

[14] WINSTON, P. Inteligencia Artificial. Addison-Wesley Iberoamericana. 1994, pp. 420 – 430.

[15] BARRO, S. y MIRA, J. Computación Neuronal. España: Universidad de Santiago de Compostela. 1995.

[16] Pmsi. (2002). "Data Mining". http:// www.pmsi.fr/ home-sp.htm.

Contra-Inteligência: proposta de um método para proteção de negócios empresariais

Rilu Dani Cosme da Silva
rilu_dani@yahoo.com.br
Embaixada do Reino Unido
SES Qd. 801 Conjunto K Lote 08 – Brasília – 70408 – 900 - DF - Brasil

Eduardo Amadeu Dutra Moresi
moresi@ucb.br
Universidade Católica de Brasília
Q. S. 07 - Lote 01 - EPCT - Brasília - 71966 - 700 - DF - Brasil

RESUMO

Este artigo objetiva propor um modelo que analisa processos e funções no atendimento às premissas de Contra-inteligência e Gestão de Riscos. Tal proposição considera um método de proteção de negócios organizacionais. As áreas de conhecimento utilizadas neste estudo são: Contra-inteligência e Gestão de Riscos. Será apresentada uma revisão de literatura com os conceitos relacionados aos temas citados, fundamentando a proposta de um método visando à implantação de contramedidas. Para delimitar o escopo de proteção é proposto um método de avaliação de riscos em uma abordagem para minimizar ameaças potenciais que envolvem o modelo de processos da Segurança em Operações. Conceito este que busca convergir e proteger conhecimentos organizacionais considerados como sensíveis às organizações.

Palavras-chave: Segurança da Informação; Contra-Inteligência; Gestão de Riscos; Contramedidas.

1. INTRODUÇÃO

Um espectro de incerteza e insegurança permeia o ambiente profissional quando o assunto é proteção de vantagens competitivas de uma organização. Talvez essa percepção seja a consequência de uma realidade que motiva a competição extrema, onde se encontram as nossas organizações privadas. Vantagens competitivas organizacionais podem, em sua maioria, se traduzir pelo simples fato de organizações possuírem algum tipo de informação ou ativo que possa ser considerado um diferencial em seu modelo de gestão.

No que concerne especificamente ao âmbito organizacional, não basta somente investir em ações e técnicas relacionadas ao estabelecimento de tais vantagens competitivas. Conforme afirma a Associação Brasileira de Inteligência Competitiva (ABRAIC) [1], torna-se fundamental, também, a aplicação de técnicas e ferramentas para a manutenção dessas vantagens, incluindo a proteção do chamado conhecimento sensível, ou vantagens competitivas para os fins deste artigo.

Percebe-se que as necessidades de segurança em um ambiente organizacional se tornam válidas somente após a ocorrência de determinado incidente. As possíveis perdas organizacionais são diversas, desde o vazamento de informações sigilosas ao colapso de infraestruturas que sustentam a viabilidade de determinados negócios. Dos vários entendimentos sobre como manter protegidas tais informações, um se sobressai, a de que evitemos ao máximo precisar utilizar de contramedidas para a proteção de conhecimento sensível no ambiente organizacional. Isso devido a sua complexidade e a possibilidade de obtermos resultados imprevistos. Todavia, se no instante em que tais ações são necessárias, elas devem estar implementadas e aptas para a proteção e defesa da organização.

Tendo em vista esse cenário, as seguintes questões tornam-se pertinentes à pesquisa:
- Como identificar de maneira sistemática o escopo de diferenciais competitivos em ambientes organizacionais?
- O que precisa mudar nas organizações com vistas à manutenção de tais vantagens competitivas?
- Existem mecanismos de proteção que podem ser implementados em ambientes organizacionais com vistas a amenizar esta insegurança?

Portanto, o objetivo deste artigo é propor um método para identificar mecanismos de proteção no ambiente organizacional em convergência com conceitos relacionados à Contra-inteligência (CI). E utilizar uma sistemática de Gestão de Riscos (GR) para a identificação e avaliação de riscos, como proposição para delimitar o que precisa ser protegido no ambiente organizacional.

A sequência dos itens deste artigo possui a seguinte estrutura. Inicialmente é feita uma revisão do tema Contra-inteligência, apresentando o ciclo de atividades do modelo de proteção da inteligência de negócios, conforme proposição de Quinn [2] no modelo de processos de Segurança em Operações. No item seguinte e apresentado o contexto conceitual da Gestão de Riscos com ênfase em processos de identificação e avaliação de riscos corporativos.

Finalmente, é proposto um método que objetiva identificar quais ativos organizacionais devem ser protegidos para a manutenção de vantagens competitivas organizacionais.

2. CONTRA-INTELIGÊNCIA

No seu sentido mais amplo, contra-inteligência (CI) pode ser entendida como sendo o conjunto ações que objetivam identificar e neutralizar as ações de espionagem. Pela perspectiva civil, tais ações buscam detectar o invasor, neutralizar sua atuação, recuperar, ou mesmo contra-atacar por meio da produção de desinformação [1]. As definições de contra-inteligência são oriundas do contexto militar e de segurança de estado. Os métodos de contra-inteligência foram desenvolvidos e adaptados a partir de técnicas aplicadas de proteção.

A CI pela perspectiva militar, conforme o manual FM 34-60 do Departamento do Exército dos EUA [3], é definida como um esforço multidisciplinar que contempla a Contra-inteligência Humana (C-HUMINT), a Contra-inteligência de Sinais (C-SIGINT) e a Contra-inteligência de Imagens (C-IMINT) desenvolvidas contra todo processo de coleta de origem externa. A força da CI em conjunto com outros ativos de inteligência devem possuir a capacidade em detectar todos os aspectos da coleta de inteligência e atividades relacionadas que se propõe a ameaçar a Segurança em Operações, de Pessoal e de Material. Através de sua capacidade analítica, a CI provê recomendações, as quais, se implementadas irão resultar em negação de informação às eventuais ameaças.

Conforme Gleghorn [4], existem essencialmente quatro funções na qual a contra-inteligência é fundamentada e opera, sendo: coleta, investigação, análise e operações. Enquanto estas quatro funções são derivadas especificamente do FM 34-60 [3] e MCWP 2-14 [15], os demais organismos de força nacional e o Departamento de Defesa Americano reconhecem que as diretivas de contra-inteligência possuem como princípio estas mesmas funções de operações.

Como metodologia a Segurança em Operações (OPSEC) originou-se durante a guerra do Vietnam como um meio de descobrir como o inimigo estava obtendo informações avançadas em certas operações de combate no Sudeste da Ásia. OSPSEC é um programa de contramedidas voltado para a proteção de informações críticas [5].

No que concerne especificamente ao âmbito empresarial, não basta focar somente ações e medidas relacionadas ao estabelecimento das vantagens competitivas obtidas. Torna-se fundamental, também, a aplicação de técnicas e ferramentas para a manutenção dessas vantagens. Neste propósito e com o fim de abranger todas as eventuais vulnerabilidades, as medidas de proteção devem contemplar ações nos mais variados segmentos das instituições, incluindo áreas e instalações, documentos e materiais, sistemas de informação e, principalmente, as pessoas, o elo mais fraco e vulnerável da corrente. Tal nível de abrangência torna-se fundamental para permitir a redução das vulnerabilidades e eventuais ameaças em um ambiente organizacional.

Hoje, os sistemas de segurança tendem a concentrar-se na prevenção, mas isso resolve somente um terço da necessidade. Prevenção cria um obstáculo, mas invasões irão ocorrer. Atualmente há um crescente interesse em tecnologias de detecção, mas, mais uma vez, elas resolvem somente um terço do problema. Na medida em que a invasão tenha se instalado e sido detectada, um ambiente de segurança deve também suportar reação. Sem componentes de detecção e reação, um esquema que só conta com prevenção é destinado a falhar. Até mesmo pior se as pessoas acreditarem que os mecanismos de prevenção são perfeitos, elas não procurarão evidências da invasão [6].

O Processo de Segurança em Operações é um método de contra-inteligência, e se apresenta como um contraponto ao modelo de Inteligência Competitiva. Conforme Quinn [2], trata-se de um processo disciplinado que propicia proteção a informações e segredos fundamentais de negócios. Possui como objetivo implementar ações concretas em matéria de capacidades, limitações, atividades e intenções, evitando ou controlando, assim, a exploração por adversários ou concorrentes de negócio. O processo de Segurança em Operações contempla uma estrutura de fluxo contínuo de atividades, onde o resultado de cada uma é saída às atividades seguintes. Quinn [2] apresenta o referido modelo tendo como principal objetivo considerar o valor do tempo da informação. Corresponde ao entendimento de que se qualquer organização tiver algum tipo de invasão, qual seria a capacidade organizacional em identificar e quantificar o potencial da perda. Tal abordagem torna-se fundamental para amenizar eventuais resultados negativos.

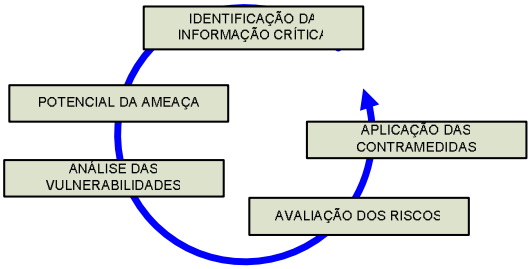


Figura 1 - Segurança em operações [2, 5].

Conforme a figura 1 pode-se observar que o principal aspecto a ser considerado é o uso de mecanismos de defesa, denominados de contramedidas. Conforme Quinn [1], contramedidas são ações que impedem ou reduzem a disponibilidade de informação crítica para um adversário ou concorrente. E qualificam-se ao considerar a eliminação de indicadores passíveis de exploração, a inviabilização de ataques adversários tanto na coleta quanto no processamento de

informações, e na melhoria contínua das contramedidas através de análises eficazes.

Uma estratégia defensiva tem como objetivo influenciar o processo decisório da concorrência de modo a tornar um ataque à posição de uma empresa menos aconselhável do ponto de vista do desafiante. Isso é feito por uma redução na indução para um concorrente atacar a empresa ou erguendo-se barreiras de entradas e de mobilidade para tornar o desafio mais difícil [7].

2.1. Formas de proteção

Quando se imagina a necessidade de proteção foca-se somente as perspectivas da Tecnologia da Informação (TI), entretanto, existem outros aspectos que precisam ser considerados, e que se imagina haver tantas vulnerabilidades quanto possíveis. Segundo a Portaria n.11 do Exército Brasileiro [8], os domínios de informação sensível estão diretamente relacionados à Segurança de Pessoal, da Documentação, do Material, de Áreas e instalações, e da Informática. Tais aspectos necessitam de análise e atenção quanto aos controles e mecanismos de proteção.

Conforme Moresi [9] pode-se categorizar em dois os tipos de formas de proteção organizacional, uma com abordagem passiva e outra ativa. A Segurança Orgânica pode ser entendida como um conjunto de medidas passivas destinadas a prevenir e a obstruir ações adversas de serviços de Inteligência ou elemento ou grupo de qualquer natureza e dirigidas contra a organização. Conforme segue: Segurança de Pessoal; Segurança da Documentação e do Material; Segurança das Comunicações; Segurança da Informática; e Segurança das Áreas e Instalações.

No mesmo entendimento, a Segurança Ativa é o conjunto de medidas, de caráter eminentemente ofensivo, destinadas a detectar, identificar, avaliar e neutralizar as ações adversas de serviços de inteligência ou elemento ou grupo de qualquer natureza e dirigidas contra a organização. Enquanto a segurança orgânica procura criar obstáculos entre os elementos ou grupos adversos ou oponentes e a organização, a segurança ativa atua ofensivamente sobre tais ameaças, tais como Contraespionagem, Contra-terrorismo, Contra-sabotagem, Contrapropaganda e Desinformação.

Conforme Krisan [10], os ambientes governamentais possuem procedimentos padrão que orientam quanto à implementação de controles em segurança em operações e segurança de informações. No setor privado, o que comumente prevalece é a abordagem de tentativa e erro. Organizações que enfatizam métodos para exploração de informação pública sobre seus concorrentes podem demonstrar pouco interesse na proteção delas mesmas.

Assim, o escopo a ser delimitado é premissa chave de sucesso, para este fim propõe-se neste trabalho o uso de um método embasado na Avaliação de Riscos, a ser visto na próxima seção deste artigo.

3. GESTÃO DE RISCOS

A AS/NZS 4360 [11] define a gestão de riscos como a capacidade de identificação de variações potenciais em relação ao que planejamos ou esperamos, e o controle dessas variações para que seja possível maximizar oportunidades, minimizar perdas e melhorar as decisões e os resultados. A mesma norma ressalta que a Gestão de riscos possui como finalidade a busca do equilíbrio apropriado entre o reconhecimento de oportunidades de ganhos e a redução de perdas. Ela é parte integrante das boas práticas de gestão e também um elemento essencial da boa governança corporativa. É um processo iterativo composto por etapas que, quando realizadas em sequencia, possibilitam a melhoria contínua da tomada de decisões e facilitam a melhoria contínua do desempenho.

Segundo McCarthy e Cambell [6], as respostas a questões que envolvem ameaças, vulnerabilidades e ativos constituem o perfil de risco organizacional, e é preciso delimitar esse risco para, definir e estabelecer um adequado ambiente de segurança corporativa.

A gestão de riscos se propõe a conhecer as limitações de recursos que estão disponíveis, e de maneira realista elaborar uma sistemática de controle apropriado à organização. A gestão de riscos pode ser aplicada a uma grande variedade de atividades, decisões ou operações de qualquer entidade pública, privada ou comunitária, grupo ou indivíduo. Embora sua aplicação seja bastante ampla, os processos de gestão de riscos são comumente aplicados por organizações ou grupos, que possuem necessidades e objetivos específicos, de seus produtos e serviços, bem como de processos e práticas específicas. Conforme a AS/NZS 4360 [11] deve-se encontrar um equilíbrio entre o custo para evitar as ameaças ou ampliar as oportunidades e os benefícios a serem obtidos.

3.1. Avaliação de Riscos

A seguinte proposta tem como finalidade responder a questões que envolvem os interesses e receios dos principais gestores organizacionais relacionados aos itens de proteção. Pretende-se propor um método para identificar o que precisa ser protegido no ambiente organizacional, utilizando uma perspectiva da Gestão de Riscos, denominada avaliação de riscos.

Conforme Willis [12], a avaliação de riscos provê uma estrutura (*framework*) ao considerar ameaças, vulnerabilidades, e consequências de ataques potenciais e o desenvolvimento de estratégias para gerenciar estes riscos de maneira mais efetiva considerando limitação de recursos. O mesmo autor afirma que essa discussão leva a duas conclusões. A primeira, que a análise de riscos pode ser utilizado para aperfeiçoar produtos de inteligência. Segunda,

que a análise de riscos pode ser utilizada para a priorização de recursos para a coleta de inteligência. Entretanto, é importante considerar que os profissionais que aplicam a análise de riscos reconheçam suas limitações para garantir que os resultados são apropriados ao propósito e que a sua utilização não cega o analista ao potencial de surpresas.

A ISO/IEC 27001 [13] define a gestão de riscos como sendo um conjunto de atividades coordenadas para direcionar e controlar uma organização no que se refere aos riscos, e a análise de riscos como um processo completo de análise e avaliação de riscos.

Conforme AZ/NZS [11] a finalidade da identificação e avaliação de riscos é desenvolver uma lista abrangente de fontes de riscos e eventos que podem ter um impacto na consecução de objetivos organizacionais. Para fins desta pesquisa, adapta-se tal afirmação para as vantagens competitivas da organização. Como resultado desta identificação, formaliza-se uma lista de riscos que poderá ser abrangente, pois os eventuais riscos não identificados podem ser tornar uma ameaça à organização ou fazer com que se percam oportunidades importantes.

4. METODOLOGIA

A pesquisa desse artigo se classifica como descritiva quanto aos fins, e documental e de campo quanto aos meios. Sendo caracterizada como uma pesquisa que aborda premissas qualitativas. O modelo conceitual da pesquisa é apresentado na Figura 3.

Neste instante do artigo sugere-se a aplicação de um questionário com o objetivo de formalizar junto aos gestores qual o entendimento e grau de importância dos ativos organizacionais (propriedades de proteção) que são reconhecidas como críticas. Por meio deste levantamento sugere-se delimitar quais os principais ativos que devem ser protegidos no ambiente organizacional. Recomenda-se a seguinte sequência de ações para implantar tal sistemática de identificação:

1. Identificar os principais Gestores segundo critério[1] a definir;
2. Aplicar o questionário junto a esses gestores com objetivo de identificar riscos e delimitar escopo organizacional a ser protegido;
3. Para cada risco organizacional categorizado como alto propor ações de contramedidas com vistas a proteção organizacional; e
4. Propõe-se mensurar a aderência destes controles no tocante a capacidade de identificação, detecção, bloqueio, contramedidas, recuperação e, se necessário, o uso de desinformação das informações atacadas.

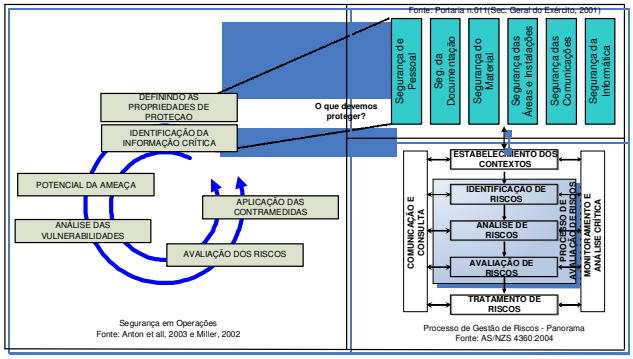


Figura 3 - Perspectiva e associação dos temas [14].

5. RESULTADOS DA PESQUISA

Apresenta-se nesta seção como foram construídas as matrizes para identificação e correlação com os temas propostos.

5.1. Levantamento de Riscos Organizacionais

A matriz de levantamento de riscos foi composta visando identificar quais propriedades organizacionais necessitam ser protegidas. Pretende-se que através deste levantamento possam ser apresentadas a qualificação dos riscos organizacionais, com as suas respectivas ações com responsáveis para o tratamento dos mesmos.

A sua estrutura foi elaborada considerando alguns exemplos. O primeiro conjunto de campos está organizado para a identificação do risco, sendo formado pelas seguintes questões: descrição do risco; categoria de ativo organizacional - a categorização do risco identifica a área de conhecimento à qual se aplica,incluindo as categorias de Sistemas, de Pessoal, de Capacitação, de Infraestrutura, e de Comunicação; processo - indicação do processo; descrição dos possíveis impactos negativos que o risco venha a causar na organização.

O segundo conjunto de campos da matriz relaciona-se com a priorização do risco:
- Fonte e data: Origem do relatório e data;
- Probabilidade e Impacto: categorização nos níveis baixo, médio e alto;
- Perda esperada: célula normalizada para qualificar automaticamente as percepções de probabilidade de ocorrência e ao impacto do risco;
- Situação: categorização entre os níveis ativo, em mitigação, ocorrido e inativo.

A seguir temos os campos para associação de ações de Contramedidas ativas e/ou passivas e lista de recursos e responsáveis por estas ações:
- Contramedidas ativas;
- Contramedidas passivas;

[1] O critério para escolha dos gestores deve ser definido considerando a posição funcional estratégico e experiência na função negócio da organização alvo da pesquisa. A forma de aplicação do questionário pode ser a distância via mensagem eletrônica.

- Recursos e responsabilidades: quais as unidades organizacionais podem estar envolvidas na aplicação dos requisitos de controle e contramedidas associadas.

Com esta estrutura e a aplicação da matriz propõe-se identificar e avaliar os riscos organizacionais e associar quais contramedidas ativas e passivas podem ser utilizadas para a proteção da informação sensível no ambiente organizacional.

5.2. Riscos e a Contra-inteligência

A matriz de identificação foi composta visando demonstrar os riscos identificados, o modelo de Segurança em Operações [2] e as possíveis Contramedidas de natureza ativa e/ou passiva relacionados a cada risco. Pretende-se que através desta análise e da associação de risco citado possa ser apresentado uma contramedida com vistas a atender as premissas de CI.

O segundo conjunto de colunas da matriz foi constituído pelos cinco processos do modelo de Segurança em Operações [2].

Identificação da informação crítica	Análise do potencial da ameaça	Análise das vulnerabilidades	Avaliação dos riscos	Aplicação das contramedidas
x		x	x	x
x				x

Em seguida, como parte do processo de identificação de riscos, temos a associação dos mesmos com os elementos do modelo de proteção da inteligência de negócios, conforme Nollan [2], sendo:

1.Identificação da informação crítica ou propriedades de proteção: O que é interesse de um concorrente saber sobre uma organização? O que é indispensável a um adversário ter conhecimento na tentativa de atingir seus objetivos? O que é de interesse de uma organização manter protegido? Para fins deste artigo associa-se a informações críticas outros ativos organizacionais. Que permitem a um concorrente planejar e agir para garantir fracasso ou conseqüências inaceitáveis num meio competitivo;

2.Análise do potencial da ameaça: Quais são os potenciais dos concorrentes na obtenção de informações relacionadas com as propriedades de proteção? O que pretendem, por que pretendem e como pretendem chegar à concretização destes objetivos? Associar controles para executar esta avaliação pode ser fundamental para o processo de proteção da inteligência de negócios**;**

3.Análise das vulnerabilidades: Utiliza-se nesta etapa uma abordagem simulada de risco com à atitude de um adversário. Colocamo-nos na posição de um adversário, ou concorrente, e estudamos nossas operações/ atividades passo a passo em todas as suas fases a partir do ponto de vista do adversário;

4.Avaliação dos riscos: Quinn, afirma que esta etapa é decisiva ao processo de Segurança em Operações. Inicia-se com uma estimativa dos efeitos potenciais relativas às vulnerabilidades sobre determinadas operações/ atividades e é seguida por uma análise do custo-benefício para implantação dos controles recomendados;

5.Aplicação das contramedidas adequadas: O acúmulo do conhecimento nesta etapa do modelo torna-se pré-requisito para o ponto alto desta sistemática. Saber o que é mais importante para a organização proteger. Conhecer o potencial de ameaça e quais são as vulnerabilidades. Neste momento é necessário planejar e aplicar as ações de defesa para um contexto de eventual ataque.

Aqui não se trata de apenas colocar em prática as contramedidas, conforme Nollan [2], necessário se faz realizar uma análise das consequências destas ações. Uma estimativa de impacto para o uso efetivo das contramedidas é fator essencial a qualquer operação de defesa organizacional.

o As colunas seguintes temos os tipos de contramedidas de natureza ativa ou passiva, conforme Moresi (2008).

ContraMedida Ativa	ContraMedida Passiva

Como resultados esperados têm-se a inter-relação de quais riscos organizacionais se relacionam com as atividades de CI, e quais estariam classificados como mecanismos de proteção ativa e/ou passiva.

Sendo assim, espera-se que este método apresente o potencial de convergência dos temas desta pesquisa. Áreas do conhecimento que possuem meios de aplicação distintos para fins que podem ser semelhantes. Pretende-se com esta análise oferecer um ferramental aos gestores que demonstre uma maior eficiência dos mecanismos de proteção organizacional e na garantia de proteção de vantagens reconhecidas como competitivas.

6. CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi propor um método para identificar riscos organizacionais em convergência com conceitos relacionados à Contra-inteligência. Utilizando uma sistemática de identificação e avaliação de riscos como proposição para delimitar o escopo que necessita ser protegido no ambiente organizacional.

Este trabalho considerou como base o modelo de Proteção de Inteligência de Negócios, proposto por Quinn, que possui como premissa considerar o valor

do tempo da informação. Corresponde a um entendimento de que se uma organização tiver qualquer tipo de ataque de inteligência no seu ambiente, como a mesma se mobiliza em identificar e quantificar o potencial da perda. Entende-se que isto é fundamental para amenizar os eventuais resultados negativos.

Dos vários entendimentos sobre como manter protegidas tais vantagens competitivas, uma se sobressai, a de que evitemos ao máximo precisar aplicar contramedidas para a proteção organizacional. Todavia, se no instante em que sejam necessárias, elas devem se fazer presentes e prontas para a ação e defesa da organização, pois a manutenção das vantagens competitivas é aqui, nesse artigo, visto como prioritário. Por outro lado, um ponto de atenção foi identificado na revisão da literatura, que a aplicação de ações de contra-inteligência seja extremamente necessária e justificada. Isso porque dependendo das ações de contramedidas, podem existir possíveis retaliações jurídicas.

Também como resultados foram apresentados o modelo de Proteção de Inteligência nos negócios com base na Segurança em Operações, por Quinn. Foram apresentadas as cinco perspectivas processuais de Contra-inteligência. Para o processo de identificação e convergência dos controles e respectivos temas, foi proposta uma matriz de riscos. Como fundamento para o método de identificação e priorização do que precisa ser protegido, sendo parte da atividade de Identificação da Informação Crítica, foi proposta uma matriz para identificar e priorizar riscos organizacionais.

Como extensão desta pesquisa para trabalhos futuros, sugere-se a aplicação do processo de identificação e a correlação direta ao ambiente operacional de qualquer organização.

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho é financiado pela Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF), sendo executado na Universidade Católica de Brasília (UCB).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ABRAIC. Associação Brasileira dos Analistas de Inteligência Competitiva. **Perguntas Frequentes**. Disponível em: <http://www.abraic.org.br/site/faqs.asp>. Acesso em 02 abr. 2008.

[2] MILLER, J. (Org.). **O Milênio da Inteligência Competitiva**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

[3] US ARMY. Field Manual 34-60. **Counterintelligence Operations**. Washington, D.C.: Departament of the Army, n. 34-60, October 1995.

[4] GLEGHORN, T.E. **Exposing the seams**: The impetus for reforming U.S. counterintelligence. California. 2003. 92 f. Thesis – Naval Postgraduate School, California. 2003.

[5] ANTÓN, P.S.; ANDERSON, R.H.; MESIE, R.; SCHEIERN, M. **The Vulnerability Assessment & Mitigation Methodology**. Santa Monica: National Defense Research Institute, 2003.

[6] McCARTHY, M.P.; CAMPBELL, S.; BROWNSTEIN, R. **Transformação da Segurança Eletrônica**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2003.

[7] PORTER, M. **Vantagem competitiva: Criando e sustentando um desempenho superior**. Rio de Janeiro: Campus, 1989.

[8] SECRETARIA GERAL DO EXÉRCITO. **Portaria n.11, de 10 de janeiro de 2001.** Aprova as Instruções gerais para salvaguarda de assuntos sigilosos no Exército Brasileiro (IG 10-51). Boletim do Exército. Brasília, DF, 26 janeiro. 2001.

[9] MORESI, E.A.D. **Tópicos de Inteligência Organizacional**. Brasília: Universidade Católica de Brasília, 2008. Notas de aula.

[10] KRISAN, Lisa. *Intelligence Essentials for Everyone*. **Occasional Paper. Joint Military Intelligence College**, Washington, DC, n. 6, p. 61-70, junho, 1999.

[11] STANDARDS AUSTRALIA & STANDARDS NEW ZEALAND. **AS/NZS 4360:2004**: Gestão de Riscos. São Paulo: Risk Tecnologia Editora, 2004.

[12] WILLIS, H. H. **Unpublished work on Using Risk Analysis to Inform Intelligence Analysis**. WR-464-ISE. RAND Corporation, Santa Monica, CA, 2007.

[13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO/IEC 27001:2006: Tecnologia da informação – Técnicas de segurança - Sistemas de gestão de segurança da informação - Requisitos.** Rio de Janeiro, 2006.

[14] COSME, R.D. **Análise de Requisitos de Segurança no Atendimento as Premissas de Contra-inteligência**. Brasília. 2009. 88 f. Dissertação (Mestrado em Gestão do Conhecimento e TI) – Universidade Católica de Brasília, Brasília.

[15] U.S. MARINE CORPS. MCWP 2-14. **Counterintelligence**. Washington, D.C.: Departament of the Marine Corps, September, 2000.

OPTIMIZACIÓN DE INVENTARIOS A TRAVÉS DE AGENTES INTELIGENTES

Jimmi A OLARTE M
Ingeniería en Telemática, Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Bogotá D.C., Colombia

Ludy A GARCIA C
Ingeniería en Telemática, Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Bogotá D.C., Colombia

Roberto E SALAS R
Ingeniería en Telemática, Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Bogotá D.C., Colombia

RESUMEN

El presente artículo presenta el desarrollo de un software para la optimización de inventarios a través de agentes inteligentes, comenzando por hallar y perfilar la necesidad de la optimización, siguiendo por todo el análisis y desarrollo de la solución hasta llegar a implementarla y probarla.

Palabras Claves: Agentes inteligentes, optimización, inventarios y Simplex.

1. INTRODUCCIÓN

El uso óptimo de los recursos y la creciente demanda de una mayor variedad de productos, entre otros, obliga a los fabricantes a realizar programas de producción más estrictos y flexibles para poder maximizar el uso de los costosos equipos de producción, mano de obra, inversiones en materias primas, de forma que se cumplan las fechas de entrega a los clientes finales minimizando los costos.

La gestión de inventarios, como un problema de toma de decisiones, permite suministrar un nivel de existencias de artículos que minimice los costos implicados en el mismo. Las decisiones más habituales que se adoptan con relación a los inventarios son: que artículos mantener en stock, en qué momento efectuar la compra, cantidad de artículos a comprar, nivel de existencias a mantener, inventarios de seguridad a mantener, sistemas de control a utilizar.

Igualmente en esta era en que la información predomina y es cada vez más necesario tomar decisiones contemplando muchas variables en cortos períodos de tiempo. La computación está llamada a ser un factor clave en el proceso de toma de decisiones.

El presente trabajo relaciona la teoría de agentes inteligentes en computación con la optimización de inventarios, planteando una solución que permite a través de un programa (agente) tome las mejores decisiones sin intervención humana.

2. GENERALIDADES

Optimización
La optimización consiste en la selección de una alternativa mejor, en algún sentido, que las demás alternativas posibles. Es un concepto inherente a la investigación operativa. Los problemas de optimización se componen de 3 ingredientes

• Función Objetivo: Es la medida cuantitativa del funcionamiento del sistema que se desea optimizar (maximizar o minimizar).

• Variables: Representan las decisiones que se pueden tomar para afectar el valor de la función objetivo. Desde un punto de vista funcional se puede clasificar en variables independientes o principales o de control y variables dependientes o auxiliares o de estado, aunque matemáticamente todas son iguales

• Restricciones: Representan el conjunto de relaciones (expresadas mediante ecuaciones e inecuaciones) que ciertas variables están obligadas a satisfacer.

Resolver un problema de optimización consiste en encontrar el valor que deben tomar las variables para hacer óptima la función objetivo satisfaciendo el conjunto de restricciones.

Agentes inteligentes
Brenner expone que "Un agente software inteligente es un programa que puede realizar tareas específicas para un usuario y posee un grado de inteligencia suficiente para ejecutar parte de sus tareas de forma autónoma y para interactuar con su entorno de forma útil".[1]

En términos generales, la arquitectura de un agente inteligente consiste en un conjunto de componentes independientes, algunos de los cuales interactúan con una base de conocimiento siguiendo una arquitectura definida. La ventaja de esta orientación hacia los componentes es que cada componente tiene un objetivo específico y por lo tanto posee características de diseño particulares que son usadas en la solución de problemas particulares.

Dentro de las características que aporta un agente inteligente se pueden destacar:

• Autonomía: Un agente es completamente autónomo si es capaz de actuar basándose en su experiencia. El agente es capaz de adaptarse aunque el entorno cambie severamente, es decir, cuando el agente percibe el entorno.

• Racionalidad: El agente siempre realiza «lo correcto» a partir de los datos que percibe del entorno.

• Iniciativa: Emprende las acciones necesarias para resolver un problema.

• Comunicación: El agente es capaz de interactuar con los usuarios y otros agentes.

Algo que se puede resaltar de las características de los agentes inteligentes es la capacidad de representar el conocimiento y aplicar a este conocimiento un modelo que permita aplicar interferencia sobre el mismo.

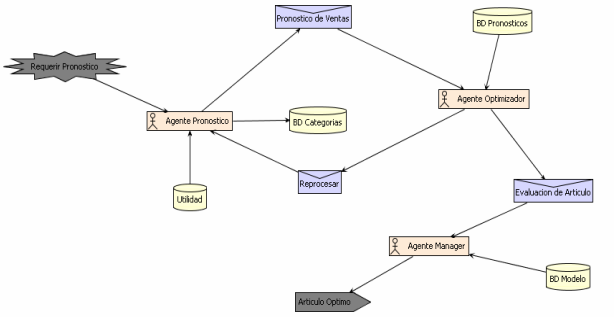
Los métodos de optimización, como procesos de aproximación a las soluciones de numerosos modelos propuestos, han sido muy considerados en la búsqueda de la mejor correspondencia entre los mismos y los sistemas reales que representan.

Para este fin el agente deberá realizar las acciones que maximicen utilidades determinadas, sobre la base de la evidencia proporcionada y el conocimiento incorporado que el agente posea.

3. DESARROLLO DE LA APLICACION

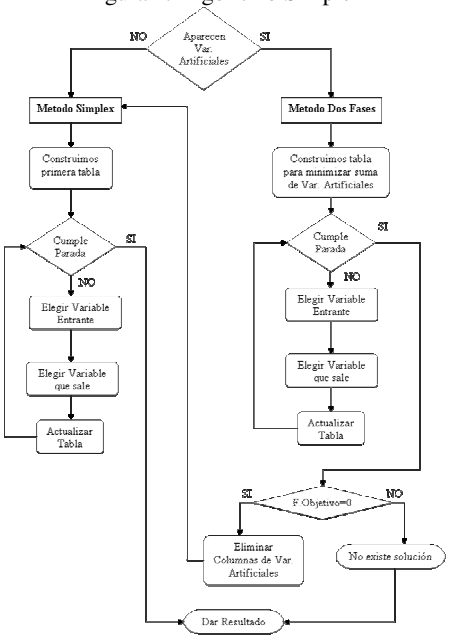
El sistema tiene un modelo de escenario que se representa en la figura 1.

Figura 1. Modelo de escenario



La optimización se lleva a cabo a través del modelo planteado y solucionado por el agente a través del método simplex. Ver figura 2

Figura 2. Algoritmo Simplex



Modelo de optimización

Pronóstico para los artículos seleccionados. En la primera fase, el agente pronosticador, se dedica a pronosticar las ventas de acuerdo al artículo seleccionado. A manera de ejemplo se presenta la tabla 1, que muestran las ventas de un producto.

Tabla 1. Ciclo vs. Ventas

	periodo	ventas unitarias
Lapiz		$ 800
A001	ene-10	177
A001	feb-10	132
A001	mar-10	155
A001	abr-10	143
A001	may-10	139
A001	jun-10	141

Una vez realizado el pronóstico de los productos se plantea la función a optimizar. El pronóstico se realiza mediante el método de los mínimos cuadrados.

Planteamiento de la función a optimizar. Una vez definidos los productos a analizarse se debe establecer la función objetivo a partir de los pronósticos de venta de cada producto.

Ahora se puede definir las variables a utilizarse en la función objetivo, por ejemplo:

A1: Número de lápices a venderse
A2: Número de Cuadernos a venderse
A3: Número de Marcadores a Venderse

Dado que el modelo a desarrollarse tiene como fin la maximización de las utilidades en base a la mezcla de productos a venderse, la función objetivo deberá expresarse en base a la utilidad unitaria de cada producto (Gi) por el número de productos a venderse. La función objetivo queda como se muestra la Ec. (1).

$$Z = (G1 * A1) + (G2 * A2) + (G3 * A3)... + (Gn * An) \quad (1)$$

Con las siguientes restricciones:

$$(C1 * A1) + (C2 * A2) + (C3 * A3)... + (Cn * An) \leq \phi \quad (2)$$

$$A1 \leq P1$$
$$A2 \leq P2$$
$$A3 \leq P3$$
$$....$$
$$An \leq Pn$$

Donde Ci es el costo unitario de cada artículo, Pi es el pronóstico para cada artículo y ϕ es el capital de que dispone el usuario.

Igualmente existe una restricción de proporción que se da con respecto al pronóstico de menor valor. Se divide el cada pronostico con respecto al de menor valor, se aproxima al entero inferior y si este número es mayor a 2 se dice que n veces el articulo con mayor pronostico debe ser mayor o igual a el articulo con menor pronostico

Una vez planteada la función objetivo, el agente optimizador, aplica el algoritmo simplex para determinar la cantidad optima de artículos.

Módulos de la aplicación

La aplicación está conformada por:

Modulo de Usuario: que permite la creación y administración de usuarios del sistema.

Modulo de Ingreso de productos: permite el ingreso de información de inventarios al sistema

Modulo de consulta: a través de este modulo se puede consultar la información ingresada al sistema.

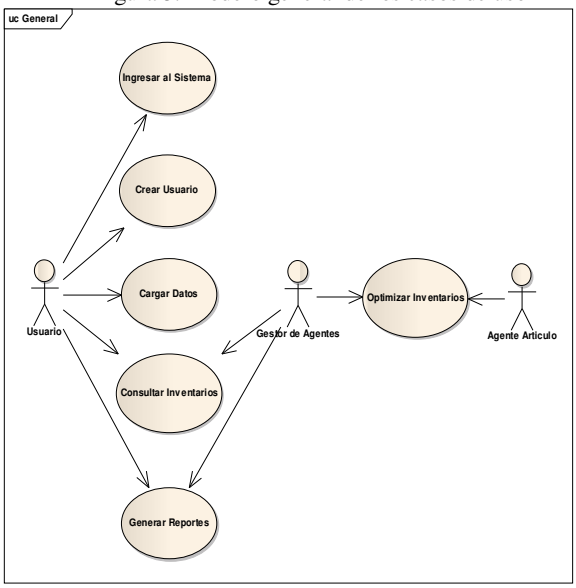
Modulo de optimización: este modulo implementa el agente inteligente que se encarga de optimizar el conjunto de productos seleccionados por el usuario y restringido por un capital determinado por el usuario.

Modulo de reportes: este modulo presenta la solución de optimización encontrada por el sistema.

Casos de uso

La Figura 3 presenta el modelo general de los casos de uso de la aplicación desarrollada.

Figura 3. Modelo general de los casos de uso



Se detallan a continuación

• Ingresar al Sistema: El Usuario se autentica para su ingreso al sistema, en caso de no existir el usuario debe ser creado.

• Crear Usuario: El Usuario que no disponga de un nombre de usuario y una clave crea un usuario de sistema para ingresar al mismo.

• Cargar Datos: El usuario autenticado y previa conformación de un archivo plano con la información del inventario, carga los datos al sistema.

• Consultar Inventarios: El usuario consulta la información histórica de inventario con la que ha alimentado el sistema de optimización, según lo prefiera por el periodo al que hace referencia dicha información o bien por cada uno de los productos.

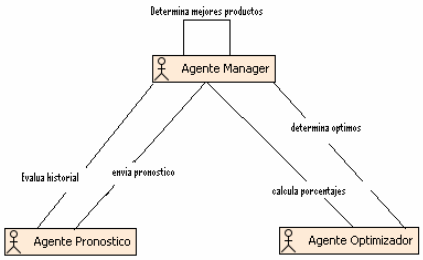
• Optimizar Inventario: En este caso de uso se lleva a cabo el pronóstico basado en la regresión lineal con base en el histórico del inventario con el cual se encuentre alimentado el sistema.

• Generar reportes: Posterior optimización se consulta de dichos resultados a través de los reportes, que igual que la consulta se puede realizar por producto, o por periodo.

Arquitectura del sistema de agentes

La Figura 4 muestra la arquitectura del sistema de agentes:

Figura 4. Arquitectura de los agentes.



Los agentes que actúan en el sistema son de reflejo simple y tienen características que Infiere conocimiento, reacciona a una percepción y que la respuesta se estructura basada en una base de conocimientos con reglas SI/ENTONCES.

A manera de ejemplo se presenta las reglas del agente manager en la tabla 2.

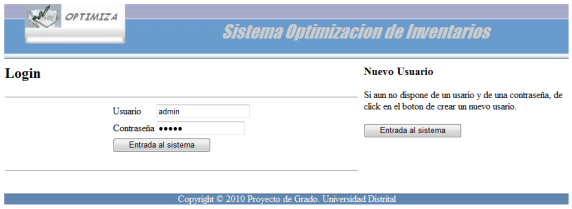
Tabla 2. Base de reglas del agente manager.

REGLA 1	
SI Monto mayor 0	ENTONCES Manejador = Informado
REGLA 2	
SI Cantidad mayor 0	ENTONCES Manejador = Informado
REGLA 3	
SI Pronostico mayor 0	ENTONCES Manejador = Informado
REGLA 4	
SI Optimización mayor 0	ENTONCES Manejador = Informado

Descripción de la aplicación

Para el ingreso a la aplicación (figura 5) se requiere un nombre de usuario y una contraseña.

Figura 5. Pantalla de Inicio



Posterior al ingreso se llega a la pantalla de inicio (figura 6) que permite ingresar a: carga de datos (figura 7), consulta, optimizar (figura 8) y reportes.

Figura 6. Pantalla de bienvenida

Figura 7. Pantalla de carga de datos.

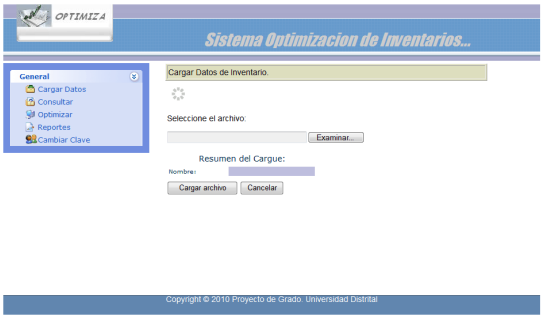
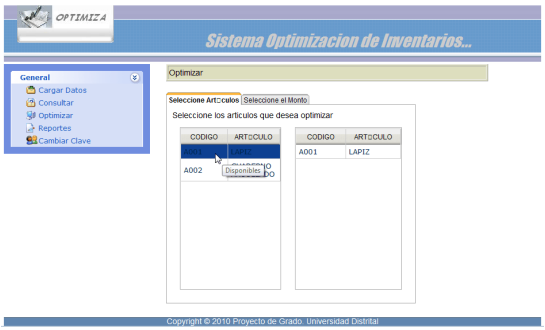


Figura 8. Pantalla de optimización.



4. CONCLUSIONES

• La elaboración del sistema es adecuada para la optimización de inventarios que tiene la información histórica almacenada en un motor de base de datos y que se captura a través de la carga de archivos planos, esta optimización se adelanta por cada uno de los productos y después de forma conjunta según el capital a invertir

• La comunicación entre la interfaz grafica y el sistema de agentes se logra satisfactoriamente aun cuando las aplicaciones estén sobre los sistemas operativos Linux, Windows o combinados.

• Para el desarrollo del sistema se implemento la metodología RUP (Rational Unified Process) detallando cada una de sus fases a lo largo del documento y se aplico la metodología Prometheus para el desarrollo de los agentes inteligentes que forman parte del software de optimización

5. REFERENCIAS

[1] Arroyo, A. Agentes inteligentes [En Línea]. Disponible: http://www.sia.eui.upm.es/isa/lib/exe/fetch.php?media=asignaturas:introaigris.pdf

[2] Russell, S. Inteligencia Artificial Un Enfoque Moderno. Segunda Edición. USA. 2001.

[3] GÓMEZ-SANZ, J. J. Modelado de Sistemas Multi-Agente. PhD thesis, Departamento de Sistemas Informáticos y Programación, Universidad Complutense Madrid. 2002. http://grasia.fdi.ucm.es/jorge/tesis.pdf

[4] IVAR JACOBSON, Grady Booch, James Rumbaugh. El proceso unificado de desarrollo de software, Madrid España. Pearson. 2007.

Aprendizagem Organizacional e Gestão de Projetos

Bruno Castilho Barbosa Pereira
castilhop@hotmail.com
Universidade Católica de Brasília
Q. S. 07 - Lote 01 - EPCT - Brasília - 71966 - 700 - DF – Brasil

Eduardo Amadeu Dutra Moresi
moresi@ucb.br
Universidade Católica de Brasília
Q. S. 07 - Lote 01 - EPCT - Brasília - 71966 - 700 - DF - Brasil

RESUMO

Em geral, as organizações possuem inúmeros projetos sendo conduzidos para que seus objetivos estratégicos sejam alcançados. A maioria das iniciativas apresentam similaridades com outros projetos já executados na organização, considerando os seguintes fatores: a estratégia de gerenciamento; os resultados esperados; a identificação das partes interessadas; as estimativas para a definição de um cronograma; os riscos; os processos e tecnologias que foram utilizados; os aspectos de conformidade legal que foram seguidos; e outras características relativas à gestão de projetos. Contudo, dados de pesquisas internacionais evidenciam grandes problemas no cumprimento de prazos, na realização de planejamentos, na gestão de riscos e em outras particularidades. Uma vez identificada a possibilidade do aproveitamento do histórico vivenciado de forma individual nos projetos, e realizada a transformação desse conhecimento para uso coletivo e utilização em ações futuras, pode ser construída uma abordagem de aprendizado organizacional. Isso permite que se aprimore normas, procedimentos e ações e permite à organização evitar erros já vivenciados com base em suas experiências, visando obter melhores resultados.

Palavras-chave: Gerenciamento de Projetos, Lições Aprendidas, Aprendizado Organizacional.

1. INTRODUÇÃO

As empresas que buscam atuar com as melhores práticas de gestão de projetos podem utilizar como referência o Project Management Institute (PMI), que lidera mundialmente o desenvolvimento da disciplina Gerenciamento de Projetos. Este instituto organiza e divulga para seus membros o guia Project Management Body of Knowledge (PMBOK) [1] que reúne uma base de conhecimento para a gestão de projetos. Neste guia, uma das abordagens relacionadas à estruturação das empresas é a criação de uma área denominada *Project Management Office (PMO)*, que pode atuar oferecendo consultoria e treinamento para projetos, e também realizando a própria gestão de projetos que estão sob sua responsabilidade.

Ter uma área ou unidade que realize a gestão coordenada dos projetos estratégicos da organização permite definir procedimentos para que as pessoas sigam boas práticas de gerenciamento de projetos. No entanto, mudanças em processos, tecnologias, investimento em capacitação e principalmente a necessidade de vencer as resistências das pessoas envolvidas no contexto de projetos são inevitáveis, pelo impacto cultural que esta nova abordagem de gestão implica à empresa.

Quando esta área não existe ou não assume um papel de colaboração, consultoria e liderança, as organizações trabalham com seus projetos de forma descentralizada, gerando uma barreira para que as empresas alcancem maturidade em gestão de projetos, devido à dificuldade de padronização, à troca de conhecimento, ao controle integrado de ferramentas e processos, à colaboração entre os times etc.

Este artigo propõe uma abordagem de aprendizado organizacional diretamente relacionado à gestão de projetos e seus resultados, tendo como orientação a criação de normas e procedimentos específicos para a realização dos trabalhos, fazendo que a organização e seus colaboradores envolvidos possam elevar o nível de atendimento e qualidade, e aprendam com as suas próprias experiências percebendo então as necessidades de mudanças.

Esta abordagem de aprendizado organizacional foi proposta após análise na pesquisa denominada PM Survey, realizada anualmente pelo Project Management Institute (PMI), visando identificar em organizações ao redor do mundo como está o alinhamento destas empresas às melhores práticas em Gerenciamento de Projetos.

2. GERENCIAMENTO DE PROJETOS

As análises históricas mostram que o conceito de gerenciamento de projetos pode ser mais antigo do que parece [2]. Por exemplo, no antigo Egito já eram empregadas técnicas de engenharia e gerenciamento bem sofisticadas para a construção de sistemas de esgoto e irrigação, embarcações e canais.

Um projeto consiste em um conjunto de atividades, com interconexões conhecidas, que são completadas em um período de tempo e realizadas para atingir um objetivo particular. O tempo do projeto é o tempo mínimo necessário para finalizar todas as atividades necessárias [3].

O gerenciamento de projetos pode ser descrito como a aplicação de conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de atender as suas demandas, sendo realizadas por meio da integração dos seguintes processos: iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle, e encerramento [1].

Os projetos contemporâneos apresentam-se de muitas formas e tamanhos, podendo ser de curto prazo, empreendimentos de baixo custo, durando poucos dias e necessitando de poucos recursos, ou de médio e longo prazo, podendo representar empreendimentos ambiciosos, durando anos e exigindo grandes recursos financeiros e materiais, altos níveis de habilidade técnica e científica e estruturas de administração complexas [4].

O elevado número desses projetos, de diferentes setores de negócio, requer que os gestores designados à assunção de tais responsabilidades estejam preparados com conhecimento teórico e experiência suficiente para que as metas definidas pelas organizações sejam alcançadas com êxito. A capacidade de atuação desses gestores é determinante para que as empresas também se preparem e fortaleçam suas estruturas de gerenciamento de projetos.

Entretanto, Muller e Turner [5] destacam que apenas uma fração dos projetos empreendidos é concluída de forma bem sucedida, considerando a inexistência de fatores de sucesso nas organizações. Esta dificuldade da maioria das companhias em prover recursos, referências, históricos, variáveis ou qualquer outro ativo que permita aos gestores identificar e considerar em seu modelo e estratégia de gestão aspectos vivenciados na própria empresa que se busque o sucesso, contribui para que os resultados sejam insatisfatórios.

O atraso em projetos é uma das questões mais importantes para os gerentes de projetos [3]. Um dos principais fatores críticos de sucesso é a comunicação eficiente, devido a sua presença essencial em ambientes de projetos, a fim de evitar informações duplicadas e garantir que todos recebam informações necessárias no momento correto e da melhor forma [6].

Dessa forma, as organizações precisam fornecer aos seus gestores os recursos necessários para uma gestão bem sucedida, e este é outro desafio para gestores, pois é comum conduzir iniciativas com escassez de recursos.

3. APRENDIZADO ORGANIZACIONAL

O aprendizado organizacional é um processo que absorve e aplica o conhecimento integrado entre os membros de uma organização, a fim de produzir uma mudança de desempenho. Este aprendizado não é meramente o aprendizado individual, mas as organizações só aprendem por meio das experiências e ações dos indivíduos [7].

O aprendizado individual não garante o aprendizado organizacional, mas sem ele o aprendizado organizacional não ocorre. O aprendizado individual é transformado em aprendizado organizacional com o processo de socialização e com programas de difusão, em que a interação social é o ponto convergente entre eles. Este aprendizado pode ser definido quando um indivíduo aprende com sua experiência, e o mesmo ocorre com a organização.

O processo de aprendizado ocorre em diferentes estágios, e durante as primeiras fases, é necessário cometer erros, sem custos elevados para o individuo e para organização. Isso permitirá identificar as percepções sobre o trabalho que está sendo feito e redesenhar ações para buscar melhores resultados, criando um ambiente de aprendizado [8]. O autor sugere uma representação para o processo de aprendizado organizacional, mostrado na Figura 1.

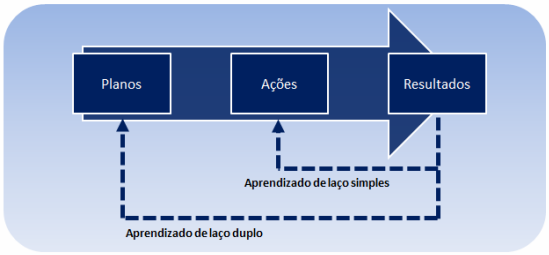


Figura 1 – Diagrama: aprendizado organizacional [8].

O aprendizado organizacional pode ser definido ainda como a capacidade coletiva, baseada em processos de experimentos e cognitivos, envolvendo aquisição, compartilhamento e utilização do conhecimento [9]. E para manter suas vantagens competitivas, as organizações devem ser esforçar para desenvolver esse aprendizado de forma contínua. Por esse motivo, o aprendizado organizacional é uma necessidade, não uma escolha.

A aprendizagem geralmente é vista como uma atividade de nível individual, mas aprendizagem organizacional se preocupa com processos de aprendizagem coletivo das organizações [10]. Estas organizações facilitam a aprendizagem de todos os seus membros e se transformam continuamente.

O aprendizado é conduzido individualmente e depois que os indivíduos aprenderam algumas habilidades é preciso entender como a organização poderá incorporar os procedimentos que foram utilizados e seus ativos [11]. Dessa forma, o aprendizado individual precisa ser transformado em aprendizagem organizacional. Isto ocorre quando a organização atua sobre problemas e estes são resolvidos. Assim que os problemas são resolvidos por meio de lições

aprendidas, e a empresa então mostra que assimilou as competências que representam o aprendizado coletivo.

Pode-se então concluir que o aprendizado organizacional também é um processo de detecção e correção de erros e considera a inter-relação entre as ações e interações de indivíduos e entidades organizacionais de nível superior, como departamentos, divisões ou grupos de trabalho.

4. METODOLOGIA

A pesquisa desse artigo se classifica como descritiva quanto aos fins, e documental e bibliográfica quanto aos meios. Sendo caracterizada como uma pesquisa que aborda premissas qualitativas. Para a classificação dessa pesquisa, tomou-se como base a orientação de Moresi [12].

Para alcançar o foco deste artigo, foram seguidas as seguintes etapas: identificar os principais conceitos de Gerenciamento de Projetos; identificar os principais conceitos de Aprendizagem Organizacional; analisar as principais contribuições da pesquisa PMSURVEY – 2012 [13]; identificar as principais características de Gerenciamento de Projetos; identificar aspectos para definição de uma Abordagem de Aprendizado Organizacional; e propor um método para viabilização do processo de geração e utilização de Lições Aprendidas em Projetos.

5. APRENDIZADO ORGANIZACIONAL E GESTÃO DE PROJETOS

Identificar oportunidades numa perspectiva de gerenciamento de projetos permite a avaliação do conceito de aprendizado organizacional e a criação de alternativas para apoio às organizações, principalmente direcionando esta análise para a geração e utilização das lições aprendidas.

Kasvi, Vartiainen e Hailikari [14] destacam que um dos principais desafios do gerenciamento de projetos é o baixo acúmulo de lições aprendidas, influenciado pelo fato da descentralização de pessoas e das informações nas empresas, ocasionando a perda do aprendizado organizacional. Por este motivo, pensar em modelos e estratégias para elevar o nível e a capacidade das organizações no gerenciamento de projetos é crucial, tendo como referência o poder econômico dessas organizações e os valores aplicados à gestão de projetos ao redor do mundo.

Conforme o PMSURVEY [13], 24% das organizações que atuam com projetos tem faturamento anual acima de U$$ 1 Bilhão. Outro indicador mostra que apenas 39% dos projetos que são criados estão alinhados com a estratégia das organizações. Nesse caso ou existe um problema de comunicação entre os níveis estratégicos, táticos e operacionais das empresas impedindo que estas iniciativas sejam selecionadas de acordo com os objetivos de alto nível da organização, ou são iniciativas para corrigir erros e falhas em processos e sistemas, ligadas exclusivamente aos níveis táticos e operacionais, e dessa forma as empresas estão tentando evitar maiores prejuízos. Esta avaliação apenas reforça a importância da maturidade, do conhecimento e do aprendizado das organizações para o gerenciamento de projetos.

Diante desse cenário global e da relação das organizações e a gestão de projetos, serão destacados problemas técnicos que são específicos do gerenciamento de projetos, conforme o PMSURVEY [13], e apresentada uma abordagem de aprendizado organizacional para a gestão de projetos.

5.1. Características do Gerenciamento de Projetos

O guia PMBOK (PMI, 2013) sugere que um projeto seja gerenciando utilizando como referência áreas de conhecimento em projetos, que inclui análise de dimensões. Estas áreas são geridas de maneira interativa, pois não seguem uma ordem específica e todas as decisões de uma parte do projeto, consequentemente afetam as outras. Portanto, as dimensões a serem gerenciadas são: o escopo do projeto, que identifica o que deve ser feito e o que não deve ser feito; o tempo, que está relacionado ao cronograma para as ações do projeto; os custos estimados para todos os recursos necessários incluindo pessoas, fornecedores e materiais; a qualidade, que identifica critérios definidos pelo cliente, por normas e legislações para que produto ou serviço possa ser aceito; os recursos humanos, com a mobilização e desenvolvimento das equipes que serão alocadas ao projeto; a comunicação que será necessária para manter os envolvidos cientes do que está ocorrendo no projeto, conforme as necessidades de cada envolvido; os riscos, que são as oportunidades e ameaças relacionadas ao projeto; as aquisições, que identificam a necessidade de contratação de fornecedores para realização de serviços, entregas de materiais ou compras específicas; e a coordenação e transformação de todas as partes anteriores em uma unidade coesa, que é realizada com a gestão integração.

Todas essas dimensões são avaliadas, planejadas e monitoradas durante todo o ciclo de vida do projeto. Para cada uma delas, existem processos, ferramentas e técnicas específicas que podem ser utilizadas. Com isso, os gestores de projetos precisam entender qual a maturidade da organização sobre ativos de processos e qual o conteúdo da metodologia pode ser utilizado conforme a realidade de cada empresa. A capacidade e experiência desses gestores são importantes para que essa junção possa ser feita com a dosagem correta.

Na pesquisa PMSURVEY [13], 20% das organizações participantes são do setor de Tecnologia da Informação, 11% de Consultoria, 11% de Indústria, 9% de Serviços e 49% são de setores como Engenharia, Telecomunicações, Seguros, Educação e outros. A partir disso, serão descritas oportunidades

para obtenção de melhores resultados em projetos com a definição de processos e abordagens que irão influenciar a atuação dos gestores de projetos e permitir que se reforce a identidade corporativa para trabalhar com esta disciplina.

Diante dos problemas mais frequentes em projetos, destaca-se a comunicação, que é a dimensão que mais exige tempo dos gestores, e quando bem feita identifica todas as partes interessadas no projeto, bem como suas necessidades e expectativas. O planejamento para que os objetivos desse público sejam gerenciados e novos interlocutores sejam identificados é crucial para o sucesso do projeto. Muitos gestores fazem projetos sem um plano de comunicação, ou não avaliam ativos de processos organizacionais para aproveitar exemplos de relatórios, atas de reuniões e outros artefatos utilizados nesta área de gerenciamento. A Figura 2 representa os maiores problemas identificados no gerenciamento de projetos, segundo o PMSURVEY [13].

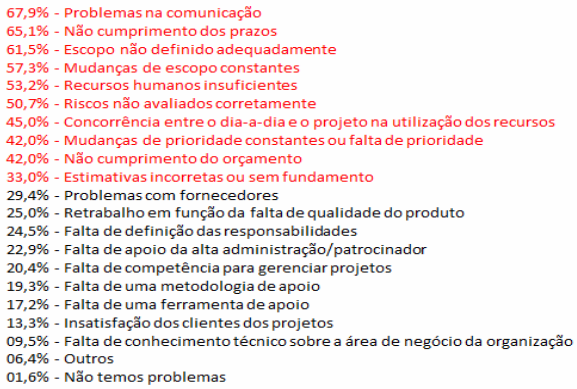


Figura 2 – Problemas mais frequentes em projetos [13].

Outra grande dificuldade dos gestores de projetos é fazer com que suas entregas sejam realizadas com a qualidade necessária dentro do cronograma divulgado e aprovado pela direção das empresas. O grande desafio desses líderes está relacionado à realização das estimativas de prazos que ocorrem no início dos projetos de forma assertiva. Na maioria das vezes, a direção precisa ter a informação de alto nível de prazo e custo muito antes de uma análise de viabilidade precisa desses gestores. Sem métricas seguras para esta iniciativa, muitos gestores fazem estimativas por analogias, considerando a experiência de um time de especialistas. Por não ter exatidão, esses prazos são informados com um alto fator de risco. Alguns gestores conseguem identificar parâmetros que facilite a realização de estimativas de prazos, mesmo assim, as estimativas iniciais sempre precisarão ser revisadas durante a execução dos projetos.

Não ter um escopo bem definido impacta diretamente o resultado do projeto. Para minimizar a probabilidade desse evento, todas as partes interessadas devem ser identificadas e entrevistadas. Além disso, como em todo projeto, muitas mudanças ocorrem durante os trabalhos e os gestores obrigatoriamente precisam ter a capacidade e habilidade de negociar e gerenciar essas mudanças, motivar suas equipes e atuar com análises de impacto precisas, para que as entregas possam ser feitas dentro do prazo esperado.

Dentre os demais problemas citados, a gestão de riscos também tem peso forte, pois as ameaças e oportunidades de projetos devem ser avaliadas bem de perto. Os gestores e times envolvidos precisam imaginar cenários que poderiam afetar os projetos e criar alternativas para gerenciamento desses riscos. Os demais problemas relacionados são também comuns e afetam o sucesso de projetos e a credibilidade de gestores e organizações. Problemas relacionados aos recursos insuficientes, ferramentas e tecnologias inadequadas ou obsoletas, e principalmente a não utilização correta de lições aprendidas são comuns. Todos estes são possíveis de serem gerenciados, mas precisam de dedicação, e nem sempre a organização pode investir. Por isso, entender a organização para identificar suas prioridades, premissas e restrições é fator chave para bons resultados em projetos.

Não é possível deixar de mencionar que um projeto não pode ser realizado sem um planejamento preciso e suficiente para esclarecer a estratégia de gestão e como serão coordenados os diversos aspectos do projeto. Ações sem planejamentos são mais arriscadas e mais caras, e o quanto antes for identificado o que deve ser feito, melhor para o projeto, pois permite negociações e alocação de recursos previamente. Planejamentos não realizados ou incompletos irão desencadear em todos os problemas anteriores, e essa importância precisa ser percebida pela organização. Cabem aos gestores propor essa discussão e apresentar opções de melhoria aos processos das organizações. Conforme o PMSURVEY[13], apenas 22% das organizações sempre concedem tempo e recursos adequados para um planejamento efetivo.

Os problemas citados contribuem para que projetos fracassem e não consigam atingir metas de prazo, custo e satisfação do cliente. Assim, desencadeiam os problemas de imagem das organizações e de seus gestores de projetos, além de prejuízos financeiros e perda de competitividade.

5.2. Estruturando o processo

Diante desse contexto é preciso aproveitar de forma estruturada a riqueza de informações e experiências vividas isoladamente nos projetos e transformar o que for possível em conhecimento, favorecendo o aprendizado das organizações. Isto pode ser aplicável à medida que as organizações concedam processos bem definidos, ferramentas e suporte aos times de projetos. Como as diferentes iniciativas dentro de uma mesma organização possuem incontáveis similaridades técnicas, operacionais e até estratégicas, as informações de projetos podem ser aproveitadas

para os planejamentos e estratégias dos novos projetos. Esse importante insumo permitirá que gestores tomem decisões diferentes a partir de resultados conhecidos e que os ativos organizacionais, normas e processos, sejam alterados quando necessário. A Figura 3 representa o grau de utilização de ferramentas para aproveitamento de informações criadas nos projetos.

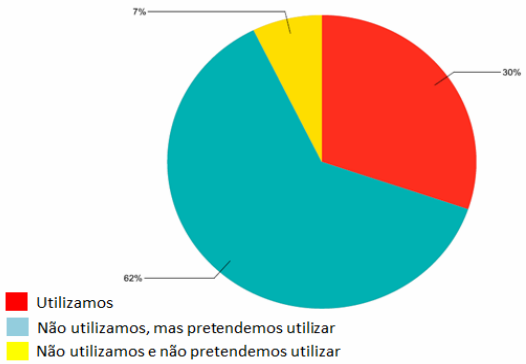


Figura 3 – Grau de utilização de ferramenta para armazenamento e recuperação do conhecimento em Projetos [13].

Desenhar um processo que permita a geração e utilização de lições aprendidas na gestão de projetos requer a atenção para aspectos técnicos, relacionados às ferramentas, procedimentos e técnicas que possibilitem seu uso, e também aos aspectos gerenciais, para perceber o ciclo de vida de projetos, orientar, treinar e oferecer o suporte necessário às equipes.

Assim, foram definidas etapas para facilitar o entendimento deste processo, conforme Figura 4, e a seguir é detalhado como sua implantação nas empresas pode ocorrer.

As etapas do processo são:
-normas para geração de lições aprendidas dos projetos: definem os processos para que as lições aprendidas possam ser registradas na organização;
- normas para utilização de lições aprendidas dos projetos: definem os processos para que as lições aprendidas possam ser pesquisadas e utilizadas nos novos projetos e demais ações da organização;
- programa de treinamento: define as atividades para que os gestores de projetos e equipes envolvidas possam ser treinados para utilização das normas;
- procedimentos para suporte e monitoramento: identificam os processos da organização e as responsabilidades do Escritório de Gerenciamento de Projetos ou comitê responsável por regras de centralização de projetos para definir os procedimentos para suporte e monitoramento das normas e do programa de treinamento;
- homologação e divulgação: visa que todos os processos estabelecidos para as normas, programa de treinamento, procedimentos de suporte e monitoramento sejam criados com base nas expectativas da organização e possam ser validados e assinados por todos os gestores envolvidos antes da sua divulgação.

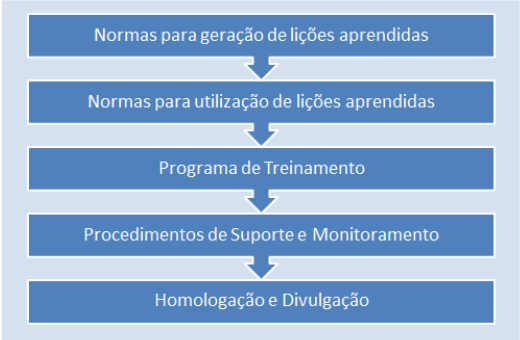


Figura 4 – Etapas para viabilização do processo de geração e utilização de Lições Aprendidas.

5.3. Abordagem de Aprendizado Organizacional para a Gestão de Projetos

Após a implantação do processo visto acima, a organização é capaz de utilizar uma abordagem de aprendizado organizacional para percepção dos resultados de projetos e ações, e tomar decisões para modificar seu comportamento, considerando que a partir da agora a empresa possui e oferece recursos às equipes de projeto.

Utilizando como base o modelo de teoria em uso proposto por Chris Argyris [8], destacado neste trabalho no referencial teórico de Aprendizado Organizacional, a Figura 5 demonstra esta abordagem destacando então o foco na geração e utilização das lições aprendidas, as ações de treinamento e suporte, e os laços de aprendizado simples e duplo, que interferem diretamente para o aprendizado organizacional e mudanças de projetos e planos, respectivamente.

A implantação deste modelo pode ser muito facilitada com a prévia existência de um Escritório de Gerenciamento de Projetos que incentive e estabeleça a utilização de metodologia de gerenciamento de projetos. Para organizações que ainda não possuem esta área, grupos ou comitês específicos com responsabilidade sobre projetos poderão ser mobilizados para que organizem as atividades necessárias, como citado no detalhamento para criação das normas. Independente do cenário, o apoio da alta administração tem um peso muito grande, o que será determinante para o êxito do modelo.

6. CONCLUSÃO

A utilização de uma abordagem de aprendizado organizacional para a gestão de projetos oferece à empresa recursos que possibilitam a identificação de experiências vividas em ações anteriores e utilização

dessas informações para influenciar nas decisões de novos projetos.

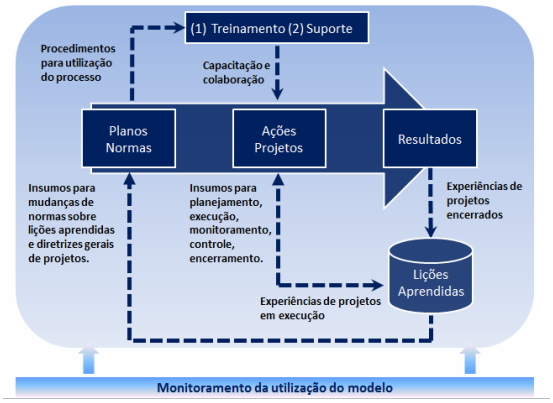


Figura 5 – Abordagem de Aprendizado Organizacional para Gestão de Projetos.

Esta abordagem tem como premissa a definição de normas e procedimentos que orientam a geração e utilização de lições aprendidas, e a criação de processos que permitam a capacitação, suporte e monitoramento para essas ações. A organização ganha, pois estabelece e direciona práticas para o gerenciamento de projetos, auxilia no desenvolvimento e capacitação de gestores e equipes de projeto, e maximiza a possibilidade de melhores resultados.

O desafio da implantação de processos e tecnologia é menor e mais simples, comparado às resistências individuais e de grupos para mudanças e evoluções de processos e novos métodos de trabalho. No entanto, para buscar a continuidade da expansão de negócios, a renovação é fundamental. Por este motivo, este artigo sugere a implantação dos processos destacados e utilização da abordagem para aprendizado organizacional para a gestão de projetos.

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho é financiado pela Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF), sendo executado na Universidade Católica de Brasília.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] PMI. **PMBOK**: The Guide to the Project Management Body of Knowledge. 5th Ed. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2013.

[2] VALLE, A. B. et al. **Fundamentos de Gerenciamento de Projetos.** Série Gerenciamento de Projetos. 2. ed. Rio de Janeiro, 2010.

[3] FERNÁNDEZ, A. E. A Game Theoretical Approach to Sharing Penalties and Rewards in Projects. **European Journal of Operation Research,** 216, 647-657. Amsterdam, 2012.

[4] NORO, G. DE B.; BRONZATTI, B. A influência das Características do Gestor no Sucesso da Gestão de Projetos. **Revista de Gestão Projetos**, v. 4 (1), PP. 77-115, 2013.

[5] MULLER, R.; TURNER, J. R. Attitudes and Leadership Competences for Project Success. Baltic Journal of Management, v. 5 (3), pp. 307-329, 2010.

[6] VEZZONI, G. et al. Identificação e Análise de Fatores Críticos de Sucessos em Projetos. **Revista de Gestão Projetos**, v. 4 (1), PP. 116-137, 2013.

[7] ARGYRIS, C.; SCHON, D. **Organizational Learning:** A Theory of Action Perspective, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, MA, 1978**.**

[8] ARGYRIS, C. **The Executive Mind and Double-Loop Learning.** Organizational Dinamics, Autumn, 1982.

[9] CORREA, J. A. A.; MORALES, V. J. G.; POZO, E. C. Leadership and Organizational Learning's Role on Innovation and Performance: Lessons from Spain. **Industrial Marketing Management**, v. 36 (3), pp. 349-359, 2007.

[10] PEDLER, Mike. A Guide to the Learning Organization. **Industrial and Comercial Training,** v. 27 (4), pp. 21-25,1995.

[11] KUMARASWAMY, K. S. N.; CHITALE, C. M. Collaborative Knowledge Sharing Strategy to Enhance Organizational Learning. **Journal of Management Development**, v. 31 (3), pp.308-322, 2012.

[12] MORESI, E. A. D. **Metodologia da Pesquisa**. Brasília-DF: Universidade Católica de Brasília – UCB, mar. 2004.

[13] PMSURVEY**. PMSurvey.ORG, Project Management Institute Chapters.** United States, 2012.

[14] KASVI, J. J. J.; VARTIAINEN, M.; HAILKARI, M. Managing Knowledge and Knowledge Competences in Projects and Project Organisations. **International Journal of Project Management**, v. 21, pp. 571-582, 2003.

ÍNDICE DE AUTORES

Abreu, João Francisco de 225
Abreu, Orlando V. 1
Acevedo Arango, David 73
Acevedo, Natalia M. 210; 215
Aguilar López, Carlos 130
Alencar, Bernardo Jeunon de 225
Alonso, Virginia 1
Alvear, Daniel 1
Anaya Rivera, K. 260
Arango, Jaime A. 278
Araújo Barroso, Magali Maria de 194
Araujo Filho, Carlos Roberto Bastos 28; 34
Ayala López, Alejandro 219
Ayala Raggi, S. 80
Báez, David 124
Barroso, Leonidas Conceição 194; 225
Becerra Arévalo, Jairo A. 73
Becerra, Guillermo 7
Becerra-Sánchez, Enriqueta Patricia 101
Bejarano, Edwar 90
Bertolotti, María Isabel 112
Brea, Ebert 160
Buono, Juan J. 112
Cantú Gallegos, Ma. de Lourdes 231
Carreño, Mónica A. 166
Castilho Barbosa Pereira, Bruno 306
Cerdá Suárez, Luís Manuel 171; 177
Cid Monjaraz, J. 80
Correa Espinal, Alexander A. 13
Cosme da Silva, Rilu Dani 295
Cribb, André Yves 200
Cruz, Ma. Hidalia 57
Cuellar, Ricardo 136
Cuesta, Arturo 1
da Cunha, Elaine F. F. 19; 287
Dávila, Hermann 90
de Assis, Tamiris M. 19
De La Cruz, Briyith 136
Dolz, Fátima Consuelo 183
Domínguez Trejo, Benjamín 106
Dutra Moresi, Eduardo Amadeu 295; 306
Elizondo Aguilera, Iván 80
Escobar, Carlos 86; 148
Estrada, Italia 166
Félix, Ramón 86; 148
Félix-Beltrán, O. 80
Flores Mena, J. Eladio 142
Flores Mena, José Eladio 130
Flores-Cortés, Carlos 106
Flores-Cortés, Carlos Alberto 101
Freitas, Marcos 28; 34
Furtado, Ricardo 34
García C., Ludy A. 301
García Perea, Ma. Dolores 118
Giraldo Rendón, Juan Pablo 188
Gómez Pavón, L. C. 80
González Mariño, Julio C. 231
González, Apolinar 86; 148
González, J. Gabriel 40
Gualdoni, Patricia 112
Guerrero-Ibáñez, Antonio 106
Guerrero-Ibáñez, Juan Antonio 101
Gutiérrez Arias, José E. Moisés 130; 142
Gutiérrez Díaz de León, Luis Alberto 219
Gutiérrez Roa, D. Faviana 13
Guzmán-Sandoval, Verónica 106
Hernández, Jesús 166
Jiménez, Luis M. 210; 215
Joyanes Aguilar, Luis 188
Juárez Pascual, Camerino 118
Leal, Esmeide 95
Leal, Nallig 95
Liberman, Carlos Damián 112
López, Héctor 40

López, Máximo 40
Lotero, Andrés M. 23; 45
Lozoya Arandia, Jorge 219
Magalhães, Cesar 28; 34
Maldonado Mancillas, Jesús A. 231
Martínez, David A. 23; 45
Martínez, Diana 86
Mata, Walter 86; 148
Meda Lara, Rosa Martha 106
Medina Cárdenas, Yurley Constanza 248
Mohr Bäuml, Deisy 206
Molina Sánchez, David 73
Molina, Valentín 90; 136
Monteiro, Maria da Conceição do N. 237
Moraes, Mario 28
Morín Castillo, Ma. Montserrat 130; 142
Morita Alexander, Adelina 254
Mota, Thiago Duarte 28; 34
Munévar, Pablo A. 242
Nacif da Costa, Regina Coeli 237
Ochoa, Alberto 86; 148
Olarte M., Jimmi A. 301
Orantes Jiménez, Sandra 51
Orizaga, José A. 57
Pagani, Andrea 112
Peredo Valderrama, I. 260; 266
Peredo Valderrama, R. 260; 266
Pérez Ramírez, Iván Noé 130
Pérez, Azor A. 166
Piscal, Carlos M. 23
Ponce de León Puig, Nubia Ilia 142
Pulido, Oscar D. 23
Quintero-Álvarez, Patricia 154
Ramalho, Teodorico C. 19; 287
Reyes Cortés, F. 80
Rico Bautista, Dewar Willmer 248
Ríos Silva, E. 80
Rivera, Jaime 124
Robles, Horderlin V. 90
Robles, Horderlin Vrangel 136
Rodríguez Rodríguez, Jorge Enrique 292
Rojas, Ermin 136
Rojas, K. 282
Rojas, Miguel D. 210; 215
Rojas-Estrada, Juan A. 154
Sabogal Padilla, Adelmo 272
Salas R., Roberto E. 301
Salcedo Mendoza, Lilia Angélica 254
Sánchez T., Germán 95
Sandoval, Jesús A. 166
Sanjuan-Galindo, René 154
Saucedo Mejía, Sandra 219
Serna A., Alexei 61; 67
Serna M., Edgar 61; 67
Torres-Hernández, Jorge 106
Tovar, Edmundo 183
Tremante M., Panayotis S. 160
Vázquez Álvarez, Graciela 51
Velázquez, Jaime 124
Vera, Miguel 90
Villarreal-Hernández, Hibram A. 154
Villas Bôas, Glauco de Kruse 237
Zapata, Paola N. 23
Zavala Galindo, Alejandro 51
Zúñiga, Hiram 40