

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA APLICACIÓN DE UN MODELO DE SIMULACIÓN DISCRETA EN EL SECTOR DEL SERVICIO AUTOMOTRIZ, CASO ESPECÍFICO: EUROAUTOS LTDA.-RENAULT MINUTO

Eyder Daniel RESTREPO

**Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Pontificia Bolivariana
Medellín, Antioquia, Colombia**

Julián Andrés CEBALLOS

**Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Pontificia Bolivariana
Medellín, Antioquia, Colombia**

Javier Darío FERNÁNDEZ

**Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Pontificia Bolivariana
Medellín, Antioquia, Colombia**

RESUMEN

En previsión del gran número de pequeñas y medianas empresas (Pymes) en Antioquia que consideran la simulación como una técnica lejana y, en muchos casos, desconocida para optimizar y mejorar los procesos productivos o de prestación de servicios, se propone una serie de pasos para construir una guía metodológica que facilite la definición y construcción de modelos de simulación con algunos fundamentos de gestión administrativa y una visión desde la experiencia. Además, considerando referentes teóricos locales e internacionales que enriquecen la guía. En este trabajo se presentan nueve etapas para construir un modelo de simulación orientado a empresas que quieran desarrollar un proyecto bajo el rigor de una investigación apropiada y con mayores posibilidades de éxito para alcanzar un resultado exitoso bajo la premisa de eficiencia, economía y seguridad.

Palabras Claves: Pymes, metodología, simulación discreta, administración de proyectos, Euroautos Ltda.

1. INTRODUCCIÓN

El actual entorno globalizado y altamente competitivo requiere que las industrias se vean enfrentadas principalmente a tres grandes retos: la optimización de recursos y procesos, la reducción de los costos y la disminución de los riesgos. Las técnicas, como la simulación, permiten alcanzar en gran medida estos tres objetivos a través de la experimentación y el análisis de escenarios, visualizando donde se pueden realizar modificaciones experimentales de los parámetros del sistema y conocer el comportamiento de las variables en el tiempo, a través de las estadísticas del sistema para la toma de decisiones.

La simulación surge de la evolución del método de Montecarlo y la aplicación de modelos estadísticos y matemáticos por medio de herramientas informáticas principalmente la computadora. En 1948 con el trabajo de Harris y Herman Kahn se inicia el estudio de la simulación como campo de conocimiento; ellos sistematizaron las primeras técnicas de simulación que hoy en día se han venido aplicando en diferentes entornos de simulación. [1]

Desde los años 70's la educación de la simulación ha venido ganando especial atención debido a la creciente aceptación de la modelación y la simulación (M&S) a través de las diferentes

disciplinas de la ciencia y sus variadas aplicaciones tales como la industria militar, la producción y los servicios. [2]

Ante el auge alcanzado por las herramientas, modelos y casos de aplicación surge la iniciativa de construir una guía metodológica basada en la experiencia adquirida durante la aplicación de la simulación en un entorno específico, con la cual se busca facilitar la utilización de la simulación en la industria y otros campos de aplicación. En la segunda sección se muestran los antecedentes conceptuales e investigativos del proyecto, en la tercera se muestran los elementos metodológicos desarrollados en el proyecto, en la cuarta se muestra el caso práctico de aplicación y por último, se presentan las conclusiones y futuros trabajos a desarrollar.

2. ANTECEDENTES CONCEPTUALES E INVESTIGATIVOS

Una de las definiciones más aceptadas de simulación fue dada por Tomas H. Naylor, pionero de la simulación, quien la define de la siguiente manera: "La simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos periodos de tiempo" [4]. De igual manera H. Maisel y G. Grugnoli definen la simulación como: "Una técnica numérica para realizar experimentos en una computadora digital. Estos experimentos involucran ciertos tipos de modelos matemáticos y lógicos que describen el comportamiento de sistemas de negocios, económicos, sociales, biológicos, físicos o químicos a través de largos periodos de tiempo". Otro estudioso del tema Robert E. Shannon define por su parte la simulación como "El proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo, con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema."

Es importante aclarar que ninguno de los autores que definió la simulación anteriormente nombra la simulación de eventos discretos, la cual es el foco de este trabajo. García Dunna en su texto Simulación y análisis de sistemas con ProModel® define la simulación de eventos discretos como: "El conjunto de relaciones

lógicas, matemáticas y probabilísticas que integran el comportamiento de un sistema bajo estudio, cuando se presenta un evento determinado.”[5].

Ahora bien, un sistema es un conjunto de elementos interrelacionados que funcionan para lograr un propósito definido; para términos de la simulación, los sistemas se pueden dividir en elementos importantes para la construcción de un modelo de simulación.

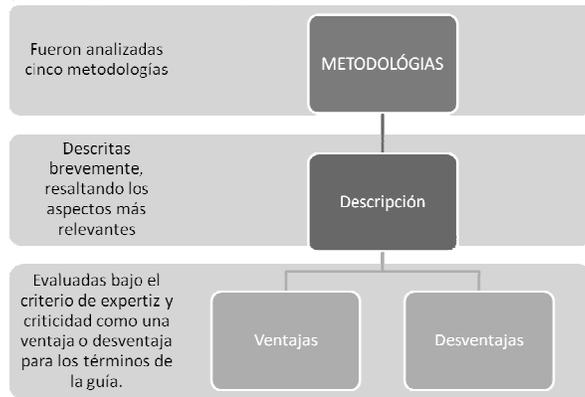
Simular un sistema significa entonces imitar un procedimiento que se aproxima al comportamiento real. Para la simulación, el sistema depende principalmente del objeto de estudio.

Las entidades del sistema vienen a constituirse en la representación de los flujos de entrada y salida de un modelo de simulación, éste es uno de los elementos más importantes dentro de un modelo. Las entidades son las responsables de los cambios dentro del sistema, éstas son sometidas a actividades y/o procesos a través del tiempo, causando la variación del estado del sistema.

El estado del sistema se define entonces como la colección de indicadores necesarios para describir la condición de éste en un momento determinado, estos indicadores deben ser congruentes con el objetivo de estudio, algunos autores lo asemejan a una fotografía del sistema.

Es así como los sistemas discretos, que son el objeto de nuestro trabajo, son aquellos donde las variables de estado cambian en momentos de tiempo discretos establecidos, estos sistemas se rigen por ecuaciones lógicas (condiciones) para que un evento ocurra, como por ejemplo inspeccionar la calidad de un proceso una vez cada dos horas. Los sistemas de eventos discretos tienen como principal característica que están determinados por una secuencia de eventos que ocurren en puntos temporales aleatorios, generando el cambio de estado del sistema en estos puntos, como por ejemplo la llegada de clientes a la fila de un banco.

Figura.1 Comparación de Propuestas Metodológicas para la Simulación. Fuente: Autores.



Finalmente, los sistemas continuos, son aquellos que pueden ser descritos a través de un sistema de ecuaciones diferenciales, tal como pueden ser la variabilidad de flujo de un líquido que pasa por una tubería, el cual es medido continuamente en un periodo de tiempo. Este tipo de sistemas son considerados los más complejos debido a que se rigen por el cálculo diferencial.

Al realizar una revisión bibliográfica de metodologías de Simulación: [6], [7], [8], [9] y [10], y un posterior análisis donde se propusieron los elementos comparativos para la construcción de una guía metodológica que pretende abarcar los aspectos positivos

de cada de una de las metodologías estudiadas. Además de utilizar la experiencia adquirida durante la realización del proyecto de simulación en Euroautos Ltda. Con el objetivo de agregar valor desde el punto de vista de una aplicación a nivel local.

3. PROPUESTA METODOLÓGICA

Después de un acercamiento a las medianas y pequeñas industrias locales se percibió que la aplicación de la simulación es concebida por parte de las compañías como una técnica aislada con respecto a los modelos convencionalmente utilizados en la mejora y solución de problemas en los procesos de manufactura y/o servicios. Algunos datos publicados por la Asociación Colombiana de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (ACOPI) en el año 2009 revelan la necesidad de incorporar alternativas tecnológicas y técnicas innovadoras, que se podrían traducir en una técnica como la simulación para que las pequeñas y medianas empresas (PYMES) en Colombia sobrepasen las dificultades competitivas que impiden su participación en mercados internacionales. Según las estadísticas manejadas por esta asociación, el panorama es preocupante pues las PYMES están atrasadas, ya que su nivel de productividad no llega al tope de lo que debería ser una empresa normal; en Colombia éstas alcanzan apenas el 25%. [3]

Esto evidencia que hay falencias en la aplicación de técnicas que contribuyan al mejor desempeño de la productividad y en especial el desconocimiento de la simulación en los entornos empresariales como una forma de contribuir en el mejoramiento de la productividad y competitividad de las pequeñas y medianas empresas.

En este sentido este proyecto, fundamentado en la aplicación del ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar), y en los pasos más generales para la construcción de modelos de simulación discreta busca dar solución al problema anteriormente planteado.

Las siguientes nueve etapas comprenden de manera integral los aspectos más importantes para llevar a cabo un proyecto de simulación válido y con alta posibilidades de éxito.

Planeación general del proyecto y formulación del problema

En esta etapa se pretende definir la dirección del proyecto en términos de identificar los requisitos; establecer unos objetivos claros y posibles de realizar; equilibrar las demandas concurrentes de calidad, alcance, tiempo y costos; adaptar las especificaciones, los planes y el enfoque a las diversas inquietudes y expectativas de los diferentes interesados. De la formulación del problema se derivan las demás actividades del proyecto, es aquí donde se comienza a establecer el tema central y el alcance del proyecto. En esta primera etapa se recomienda tener en cuenta los siguientes aspectos para su implementación: Presentación de los parámetros generales para iniciar adecuadamente el proyecto, trabajar en el problema correcto, gestión de las expectativas del cliente, preguntar habilidosamente, escuchar imparcialmente, comunicar abiertamente y predecir la solución.

Conceptualización del problema

Para esta segunda etapa se recomienda trabajar bajo el modelo mental del pensamiento sistémico. Esta herramienta permite analizar las problemáticas desde todos los elementos que componen un sistema, sin dejarse perturbar por soluciones dirigidas a atacar los síntomas, este modelo de pensamiento trasciende el marco conceptual y genera relaciones directas de los fenómenos reales modelados a través de los conceptos. Por medio de la socialización del grupo de trabajo y del cliente, es posible

determinar la relación de las variables del problema a analizar por medio del método, para posteriormente partir de estas relaciones e ilustrar su interacción mediante un diagrama causal.

Recolección de los datos

La gestión de datos es un tema crítico dentro del desarrollo de un estudio de simulación, se puede decir que el aspecto más difícil es recoger suficientes datos, con la calidad, cantidad y variedad conveniente para el análisis en el estudio en donde es importante detallar algunos aspectos. Se debe recalcar que en algunos casos es imposible o poco factible dicha recolección, o a veces no se tiene ni el tiempo ni el suficiente recurso humano para reunir la cantidad deseada. En ocasiones y en contraste con la estadística clásica, resulta difícil seguir la forma sistémica o ideal que se propone para la recolección de datos, y se debe emplear una forma más hábil o simplemente encontrar las fuentes de datos que suplan las necesidades para la modelación. Algunas recomendaciones útiles en el momento de recolectar datos para un estudio de simulación, son: Si existe la posibilidad, tomar entre 100 y 200 observaciones, pues esto mejorará enormemente la veracidad del análisis, se puede decir que el decrecimiento en la calidad del análisis con una pequeña muestra es notable. Para observación de valores reales, intentar tomar al menos dos o tres cifras significativas, esto mejorará la precisión del modelo y por ende la calidad del análisis. Cuando se está interesado en tiempos entre eventos, se sugiere tomar primero todos los tiempos y luego sustraer la información de los eventos deseados, ya sea manualmente o con un *software* que facilite esta labor. Cuando es necesario emplear datos históricos, es recomendable buscar los datos de diferentes periodos, para evitar trabajar con datos estacionarios.

Construcción del modelo

Un modelo de simulación es construido usando la conceptualización del problema establecido anteriormente. En este punto es necesario definir el *software* de simulación que se utilizará para construir el modelo. Para ayudar en la tarea de la construcción de un modelo se recomienda seguir las siguientes directrices: Enfocarse en el problema, empezar desde lo más simple, reducir la complejidad, mantener el entusiasmo y revisar permanentemente el modelo.

Validación del modelo

La verificación, en pocas palabras, se encarga de que el modelo se construya correctamente, evita que las transformaciones que éste sufre a través de su desarrollo tergiversen la realidad que se quiere representar, para lo que se recomienda el uso del diagrama de flujo. La validación se encarga de que se construya el modelo adecuado, es decir, que el modelo que se realice esté enmarcado en los objetivos del estudio y dentro del dominio y comportamiento aplicable. Por último, la prueba o evaluación del modelo se encarga de examinar si existen algún tipo de errores o inexactitudes en el modelo, poniéndolo a prueba con datos o en situaciones conocidas y observando cómo es su comportamiento.

Diseño experimental

En esta etapa se deben plantear los escenarios a simular para obtener las estadísticas que serán analizadas, teniendo en cuenta que estos experimentos deben estudiar propuestas que contribuyan a conocer el sistema, permitiendo así comprobar hipótesis establecidas a lo largo del proyecto. Para cada escenario se debe determinar: duración de la corrida, número de corridas y modo de inicialización del modelo.

Simulación y análisis

El objetivo de correr el modelo de simulación es sacar conclusiones de los resultados que este experimento arroja, siempre se debe tener en cuenta que estas conclusiones tienen que estar relacionadas con los objetivos formulados desde el principio del estudio; para realizar lo anterior se recomienda: hacer trabajar al modelo, cuestionar los resultados que arroja la simulación, entender los límites del modelo, saber cuándo parar, presentar una alternativa y vender el éxito.

Documentación y reporte

Teniendo una documentación completa del modelo y del proyecto se facilitan los requisitos de información para apoyar el uso continuo del modelo y permite mantener informado al cliente de las actividades realizadas de manera cronológica, lo que permite que este sea entendido y se mantenga el entusiasmo del proyecto. El registro debe proporcionar un registro exhaustivo de los logros, problemas dignos de mencionar, las solicitudes de cambio, las decisiones claves, las ideas para incorporar, y cualquier información considerada relevante.

Implementación

Un proyecto es verdaderamente exitoso cuando el cliente decide implementar o actuar según la alternativa que el equipo de trabajo le presentó después de desarrollar todo el estudio. Para lograr que esto suceda se presentan las siguientes recomendaciones: inspirar confianza, tener actitud positiva, fomentar el trabajo en equipo, involucrar al cliente, estructurar presentaciones y estar en pro del mejoramiento y realizar seguimiento.

Como se dijo anteriormente, esta metodología está fundamentada en el ciclo PHVA; los pasos están encamados en cada una de estas etapas en las que es necesario establecer recursos, actividades y estrategias de mejoramiento asociados a cada uno de los elementos con el fin de alcanzar metas establecidas.

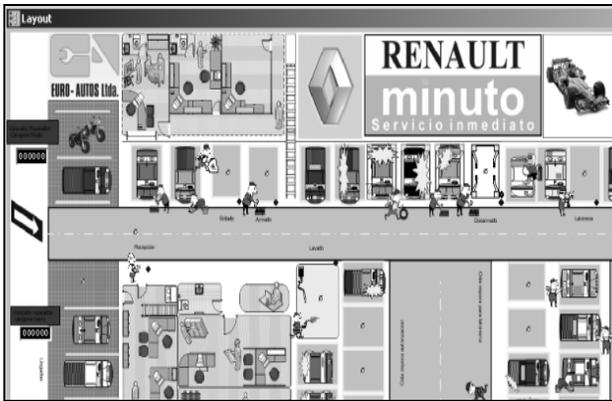
Tabla N.1 *Esquema de la Propuesta Metodológica para la Simulación enmarcada en el Ciclo PHVA. Fuente: Autores*

ETAPAS DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA ENMARCADA EN EL CICLO PHVA	
PLANEAR	<ul style="list-style-type: none"> • Planeación general del proyecto y formulación del problema. • Conceptualización del problema.
HACER	<ul style="list-style-type: none"> • Recolección de los datos. • Construcción del modelo. • Diseño del experimento. • Simulación y análisis. • Documentación y reportes.
VERIFICAR	<ul style="list-style-type: none"> • Validación, verificación y prueba del modelo.
APLICAR	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación.

4. CASO DE ESTUDIO

Con el objetivo de ejemplificar y enmarcar la realización de un modelo de simulación en la industria, se sigue cada uno de los pasos de la metodología planteada en el siguiente caso de aplicación en el sector de servicio automotriz, caso específico: Euroautos Ltda. - Renault minuto.

Figura 2: Modelo de Simulación de Euroautos Ltda. Fuente: Autores.



También con el fin de ilustrar el diseño y desarrollo de un proyecto de simulación, se presenta la definición de variables e identificación de locaciones, entidades, rutas y tiempos de operación del modelo simplificado. Allí se analiza el comportamiento de las variables con información histórica y actual, y además se implementa el diseño y desarrollo de la simulación del modelo para dicha empresa en el *software* ProModel®. La implementación de la metodología propuesta se llevó a cabo siguiendo las etapas de: planeación general del proyecto y formulación del problema en Euroautos; conceptualización del modelo de reparación de vehículos; recolección de los datos del sistema de reparación de vehículos; construcción del modelo de simulación; verificación, validación y prueba del modelo; diseño experimental del modelo; simulación y análisis; documentación y reporte, y finalmente implementación.

Debido a que el modelo debía ser simplificado se acordó con el cliente que el proceso más apropiado para simular era el de los vehículos que ingresaban por Aseguradoras, pues éste es uno de los clientes más críticos de Euroautos, ya que se exhiben algunas dificultades en este tipo de proceso debido a las condiciones que presentan las aseguradoras para reparaciones y otros aspectos relevantes.

Del proceso descrito en la Figura, se determinaron las entidades de estudio, las locaciones claves, la declaración de variables, las adecuaciones necesarias para hacer un modelo simplificado, y la definición de supuestos. Quedando un modelo con once (11) Locaciones, veintinueve (29) supuestos, veintitrés (23) variables y dos (2) limitaciones. Las variables del modelo fueron validadas estadísticamente mediante Statgraphics®, y el modelo fue desarrollado usando ProModel®.

Figura 3: Proceso a Simular de Euroautos Ltda. Fuente: Autores



En síntesis, el modelo permitió observar lo siguiente:

El tiempo asignado a la simulación correspondió a 396 horas reales de trabajo que representan tres meses de operación en el taller.

La locación que registra mayor tiempo promedio de las entidades en ella corresponde a la Cola de autorización de las reparaciones que implica tomar decisiones para disminuir el tiempo entre la llegada del cliente y la entrega de su vehículo.

Por otra parte, se identificaron las locaciones de preparación de superficies y latonería como aquellas en las cuales la entidad permanece mayor porcentaje de tiempo comparándola con los otros centros de trabajo lo cual permite inferir que esta corresponde a las entidades más influyentes y cuello de botella del proceso de reparación de automóviles.

Por consiguiente, los centros de trabajo de latonería y preparación que poseen la mayor ocupación tienen aún un margen de capacidad disponible para aprovechar, mientras los otros centros de trabajo poseen amplio margen de capacidad para aprovechar, por lo cual, se debería analizar, con el objetivo de obtener una mejor decisión, todas las entidades que puedan ingresar y asignarles toda la capacidad disponible.

Según los porcentajes de ocupación de las colas se puede afirmar que la capacidad asignada es más que suficiente para el manejo de este tipo de entidad al interior del taller, por lo cual se podría disminuir dicha capacidad y asignarle estos espacios a otras entidades o a diferentes usos que lo requieran, principalmente a la cola de llegada cuyo porcentaje de ocupación es del 0% y la cola de latonería con 4.11%.

Bajo las consideraciones de capacidad hechas con anterioridad se observa que los porcentajes de parada de las locaciones son altos, esto corresponde principalmente al tiempo que se le ingresó al sistema con el ánimo de simular el uso de dicha locación para el procesamiento de otras entidades no simuladas.

El recurso pintor cuenta con un porcentaje de ocupación alto comparado con su disponibilidad de 40%, con una capacidad disponible sin aprovechar casi nula, considerando los tiempos de parada, esto ratifica el gran uso de la locación de preparación, y tiene como causante fundamental la necesidad del recurso por parte de dos locaciones.

En cuanto a las entidades el Twingo choque frontal medio tiene un promedio de 2142.79 minutos de atención que corresponde a 5.9 días hábiles de trabajo, mientras el Twingo choque frontal fuerte con un promedio de 2910.87 minutos de atención aproximadamente 8.08 días hábiles de trabajo. Ambas entidades poseen altos porcentajes de operación sobre el total del tiempo en el sistema, lo cual se explica en los bajos tiempos de transporte entre locaciones y el exceso de capacidad disponible dentro de la tasa asignada para esta entidad.

En el modelo no ocurren arribos fallidos lo cual es vital para este tipo de empresas en la que se tiene como llegadas un cliente; se hace fundamental que en la cola de llegada y recepción haya disponibilidad para estar siempre en capacidad de atender al cliente y recibir su vehículo, de tal forma que no se desaproveche la oportunidad de prestar el servicio de reparación y generar ganancias para la empresa.

Por último, se obtiene un valor de gran importancia para la empresa y es el número de vehículos facturados o reparados en el

periodo de tres meses hábiles; con la salida de 9 Twingos que ingresaron con choque medio, y 7 con choque fuerte, que representaría 3 con choque medio por mes y 2 con choque fuerte. Al realizar el análisis de sensibilidad al modelo desarrollado, se plantearon las siguientes alternativas de solución:

- Disminución en el tiempo de autorización por parte de las compañías aseguradoras.
- Disminuir en una unidad la capacidad de cada una de las colas que se incluyen en el modelo, donde la cola de llegadas quedaría con capacidad de dos, mientras la de autorización y de latonería tan solo con capacidad de uno.
- Disminución del tiempo de aseo y lavado a la mitad del actual

Lo cual permitió mejorar los resultados del modelo.

5. CONCLUSIONES

Entre las principales conclusiones del trabajo desarrollado se tienen las siguientes:

- Se pudieron definir los pasos a través de los cuales es posible establecer los parámetros de un modelo respecto a las variables exógenas, endógenas y de estado, las cuales están relacionadas con las necesidades específicas del cliente.
- Durante la búsqueda y definición de los parámetros y pasos para construir la guía metodológica de simulación, se encontraron varios factores que sobresalen por la dificultad de ser encontrados en la literatura, como lo son el diseño experimental, el análisis de resultados y los elementos de gestión aplicada a la simulación.
- Realizar un modelo de simulación exitoso en la toma de decisiones, estudio de sistemas, análisis de las alternativas y optimización de procesos, depende de la vinculación que logre el equipo del proyecto con todo el personal de la empresa en todos los niveles de jerarquía y la participación de todos para construir un modelo efectivo, debido a que éste es el que conoce al detalle todos y cada uno de los procesos.
- La metodología propuesta presenta un procedimiento para llevar a cabo un estudio de simulación de forma ordenada, estructurada y sistémica enmarcada en el ciclo PHVA, exaltando las reglas generales que se deben tener en cuenta en el momento de realizar un proyecto que incluye a la simulación como herramienta para solucionar problemas presentes en una empresa.

La estructura general de la metodología aborda diferentes temáticas vinculadas al campo de la ingeniería industrial, lo que la hace perfectamente aplicable tanto en el medio empresarial como en el ámbito académico.

6. FUTURAS INVESTIGACIONES

- Realizar una investigación exploratoria para determinar el impacto de la guía metodológica en la construcción de modelos de simulación en los diferentes sectores de la industria local.
- Construir una segunda versión de la guía metodológica teniendo en cuenta las recomendaciones hechas por expertos y usuarios de la

herramienta, con el propósito de agregar nuevos aprendizajes y mejorar el documento preliminar.

- Propender por la utilización de la guía metodológica de simulación en el desarrollo aplicado de modelos en la industria local, realizado por la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana.

7. REFERENCIAS

- [1] (Aspray y Newman, 1990). Aspray, William. John Von Neumann and the origins of modern computing. Massachusetts. The MIT Press. p. 110-113.
- [2] (Abu-Taieh Y Rahman, 2010). Abu-Taieh, Evon M. and Rahman El Sheikh, Asim Abdel. Handbook of Research on Discrete Event Simulation Environments: Technologies and Applications. New York. Information Science Reference. p. 1.
- [3] Pymes de Colombia están atrasadas. En: El diario. (20, Marzo, 2009) <disponible en: <http://www.eldiario.com.co/seccion/ECONOMICA/pymes-de-colombia-est-n-atrasadas090319.html>> [consultada: 1 Abril, 2010]
- [4] (Coss Bu, 2003), Coss Bu, Raúl. Simulación, un enfoque práctico. Editorial Limusa. Primera Edición. México DF. 2003. P. 11 y 12.
- [5] (Dunna, García Y Cárdenas, 2006). Dunna García, Eduardo. García Reyes, Eduardo y Cárdenas Barrón, Leopoldo E. Simulación y análisis de sistemas con ProModel®. Pearson. Primera edición. 2006. p.2-7.
- [6] (Chung, 2004) CHUNG, Christopher A. Simulation Modeling Handbook, a practical approach. CRC Press. Boca Raton, FL. 2004. P3-20.
- [7] (Blanco y Fajardo, 2004) BLACO, Luis Ernesto y FAJARDO, Iván Darío. Simulación con ProModel®; Casos de producción y logística. Editorial Escuela Colombiana de Ingenieros. Bogotá. 2004. P.7-16.
- [8] (Banks, 2010) BANKS, Jerry. Handbook of Simulation, principles, methodology, advances, applications and practice. Engineering & Management Press. Toronto. 1998. P.721-745.esas, PP 208-245.
- [9] FASES QUE COMPRENDE TODO ESTUDIO QUE UTILIZA LA SIMULACION. En: Sistemas Modelos Y Simulación. Facultad de Ingenierías Universidad de Buenos Aires. 75.26 Simulación [en línea] < Disponible en: <http://materias.fi.uba.ar/7526/docs/teoria.pdf>> [consulta 25 feb. 2010]
- [10] MURETTI, Efraín. Etapas para realizar un estudio de simulación. En: Simulación de Sistemas. [en línea] < Disponible en: http://members.libreopinion.com/ve/efrain-muretti/simulacion/ss_intro.pdf> [consulta 25 feb. 2010]