

# DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MANUFACTURA VIRTUAL Y SU INTEGRACIÓN CON UN SISTEMA ERP PARA LA EDUCACIÓN EN TECNOLOGÍA INFORMÁTICA

Santiago AGUIRRE

Departamento de Procesos Productivos, Pontificia Universidad Javeriana  
Carrera 7 No 40-62  
Bogotá, Colombia

Carlos FUQUENE

Departamento de Procesos Productivos, Pontificia Universidad Javeriana  
Carrera 7 No 40-62  
Bogotá, Colombia

Y

Gabriel ZAMBRANO

Departamento de Procesos Productivos, Pontificia Universidad Javeriana  
Carrera 7 No 40-62  
Bogotá, Colombia

## RESUMEN

**Objetivo:** Presentar el proceso seguido para el desarrollo de un sistema virtual de manufactura y su integración con un sistema ERP (Enterprise Resource Planning) para la creación del curso de Value Chain Simulation donde los estudiantes pueden simular todos los procesos de negocio y la ejecución de la producción de una empresa modelo que se dedica a producir partes para bicicleta. **Método:** Se desarrolló el sistema virtual de manufactura denominado LabCIM® en la plataforma Labview® y se integró con el sistema ERP de SAP® donde se encuentran configurados todos los procesos y datos necesarios para la operación de la empresa modelo. **Resultados:** Un sistema virtual de manufactura y su integración con el sistema ERP para la simulación de todos los procesos de una organización. **Discusión:** Uso de sistemas simulados y casos de negocio para el aprendizaje de conceptos relacionados con sistemas integrados de información, procesos de negocio e integración de sistemas.

**Palabras clave:** sistemas de planeación de recursos empresariales, ERP, simulación de cadena de valor, CIM, plantas virtuales, integración sistemas.

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde la década de los noventa cuando aparecieron los sistemas de Planeación de Recursos Empresariales (ERP) se viene discutiendo en la academia sobre la importancia de incluir en los currículos la enseñanza de conceptos relacionados [6]. Actualmente no hay duda en que estos sistemas hacen parte de la infraestructura informática de las grandes empresas en Colombia y en el mundo y por otro lado las pequeñas y medianas empresas están implantando esta tecnología como muestran las tendencias de ventas de los principales proveedores de estos sistemas a nivel mundial [6] y en Colombia [11], por lo que el sector productivo demanda cada vez un mayor número de profesionales con estos conocimientos. La academia es consciente de la necesidad de formar profesionales con conocimientos en los sistemas ERP aspecto que ha tomado en cuenta la Pontificia Universidad Javeriana para consolidar el Centro Tecnológico de Automatización Industrial (CTAI) con tecnologías como el sistema de Manufactura Integrada por Computador (CIM) y el sistema ERP de SAP®. Estas dos tecnologías que inicialmente estaban desintegradas se integraron en el año 2004, durante el desarrollo del proyecto de investigación denominado “Integración del

sistema de Planeación de Recursos Empresariales (ERP) de SAP con el sistema de Manufactura Integrada por Computador (CIM) en el Centro Tecnológico de automatización Industrial de la Facultad de Ingeniería” [1].

Este desarrollo tuvo un impacto importante a nivel docente [1] ya que permitió administrar una fábrica automatizada (CIM) de forma remota desde el sistema de planeación de recursos empresariales de SAP®. Existían algunas limitaciones con respecto a la configuración en dicho momento del sistema CIM relacionadas con la modificación del número de máquinas de la fábrica o los tiempos de producción ya que tomaría cierto tiempo perfeccionar la nueva configuración. De allí surgió la necesidad de crear un sistema virtual de manufactura donde los estudiantes y usuarios pudieran cambiar las variables del proceso (de forma simulada) para verificar el desempeño del proceso y su impacto en el desempeño de toda la cadena de valor de la organización.

Para suplir esta necesidad y como continuidad al proyecto de investigación anteriormente descrito se desarrolló un sistema virtual de manufactura (denominado LabCIM®) en el software LabVIEW® de National Instruments. Mediante este sistema se puede simular la producción en un ambiente automatizado que posteriormente se integró con la última versión del sistema ERP de SAP ECC 6.0 (de ahora en adelante mySAP ERP) donde se encuentran todos los procesos de negocio para poder lograr un sistema simulado que permitió crear el curso Value Chain Simulation

Mediante el presente desarrollo se tiene la posibilidad de simular procesos de producción automatizados por lo que no se depende de tener disponible el sistema CIM para poder analizar los procesos de producción, sino que este permite a los usuarios (estudiantes, docentes, investigadores, profesionales) poder simular los procesos productivos y modificar variables y hacer seguimiento al proceso sin necesidad de realizar cambios en la fábrica automatizada. .

En este artículo se describen los pasos seguidos para el desarrollo del sistema virtual de manufactura LabCIM y su integración con el sistema ERP de SAP. Se presentan posteriormente las experiencias del curso denominado Value Chain Simulation que fue creado a partir esta solución y se describen el impacto a nivel académico y los desarrollos posteriores.

## 2. ESTADO DEL ARTE Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El término ERP se adoptó en los noventa para los sistemas que integraban todos los procesos de una organización como son los procesos de ventas, distribución, producción, abastecimiento, financieros, contables y recursos humanos, entre otros [9]. A partir de los noventa, los sistemas ERP fueron integrando otros sistemas como son los sistemas para la Administración de Relaciones con los Clientes (CRM) o los sistemas para la Administración de las Relaciones con el Proveedor (SRM) y de Inteligencia de Negocio, llegando actualmente a tener un ERP extendido, o los denominados sistemas para la Gestión de Cadena de Suministro (SCM). Los sistemas ERP han sido ampliamente implantados a nivel mundial y en Colombia por empresas grandes y medianas logrando las empresas oportunidad en la obtención de la información al igual que procesos organizacionales integrados como lo revelan las encuestas relacionadas al respecto [10,3]. Por otro lado, los sistemas de Manufactura Integrada por Computador CIM permiten diseñar un producto y ejecutar las actividades de producción del mismo en un sistema totalmente automatizado [4]. Este término, que se viene trabajando en las últimas décadas, ha sido desarrollado por varios autores. La generalidad de las definiciones se centra en la integración de la información y automatización de la manufactura, administración y las funciones de soporte donde se involucren su diseño, elementos transaccionales y las aplicaciones idóneas de soporte para la toma de decisiones en la compañía [13].

El CTAI de la Universidad Javeriana contaba con los dos sistemas de manera desintegrada, por lo que como se señaló anteriormente se desarrolló un proyecto de investigación que permitió integrarlas a través de la creación de una fábrica modelo que manufactura productos reales en el sistema CIM y que tiene implantados todos los procesos de negocio en el sistema ERP de SAP®, logrando la integración de las dos tecnologías con lo que se logró la fabricación en un ambiente totalmente automatizado [2].

El anterior fue el primer proyecto a nivel académico donde se logró integrar estas dos tecnologías logrando un impacto importante a nivel docente [1] sin embargo la fábrica automatizada presentaba algunas restricciones cuando se dictan cursos relacionados con el tema donde se requiere realizar análisis y simulación. Estas restricciones se especifican a continuación:

- No se puede modificar durante el desarrollo de un curso el número de máquinas de producción para poder determinar el desempeño del sistema.
- Los tiempos y la eficiencia de las máquinas dependen de los equipos por lo que no se puede “simular” los tiempos de procesamiento para verificar el comportamiento de la producción.
- Es necesario enviar una sola orden de producción al tiempo y esperar a su confirmación para que los otros grupos puedan enviar sus ordenes de producción
- Los tiempos de producción varían de acuerdo a situaciones puntuales que se pueden presentar en el sistema como fallas en el alistamiento del equipo; siendo difícil prever que todas las ordenes de producción tendrán los mismos tiempos.

Debido lo anteriormente expuesto, se planteó la pregunta de cómo desarrollar un sistema virtual de manufactura para superar las limitaciones que tiene el sistema CIM a nivel docente y

donde se puedan simular todos los procesos de la cadena de valor en un ambiente integrado ERP – CIM.

## 3. DESARROLLO DEL SISTEMA VIRTUAL DE MANUFACTURA LabCIM E INTEGRACIÓN CON MYSAP ERP.

Para el desarrollo del sistema virtual de manufactura LabCIM® y su integración con el sistema mySAP ERP® se llevaron a cabo las siguientes etapas: Definición de requerimientos, selección de la plataforma de programación, diseño de la plataforma, configuración de la planta virtual y desarrollo de pruebas.

### 3.1 Definición de los requerimientos

Para desarrollar el sistema virtual de manufactura LabCIM® se tuvieron en cuenta los siguientes requerimientos:

- Simular los procesos de fabricación llevados a cabo en un sistema de manufactura CIM, iniciando en el almacenamiento, pasando por el transporte y manipulación de materiales, hasta la fabricación de productos con operaciones de mecanizado. Ver Tabla 1

ID	Requerimientos	Componente
1.1	Simular la revisión del almacén de materias primas. Parámetro de cantidad.	LabCIM
1.2	Simular el transporte de materias primas y producto terminado.	LabCIM
1.3	Simular manipulación por robot industrial.	LabCIM
1.4	Simular mecanizado en máquina CNC.	LabCIM

Tabla 1. Requerimientos simulación de procesos

- LabCIM® debe ser una planta virtual totalmente funcional integrada con el sistema mySAP ERP en lo relacionado con envío y recibo de las transacciones de ordenes de producción (Ver Tabla 2).

ID	Requerimientos	Componente
2.1	Enviar ordenes de producción con los siguientes datos: número de orden, producto(s), cantidades y fechas de ejecución planeadas.	Desde mySAP ERP a LabCIM
2.2	Chequear datos y confirmar integridad.	mySAP ERP
2.3	Enviar resultados de producción con los siguientes datos: número de orden, producto(s), cantidades realmente producidas y fechas de ejecución reales.	Desde LabCIM a mySAP ERP
1.4	Confirmar ordenes de producción con los datos del requerimiento 2.3.	mySAP ERP

Tabla 2. Requerimientos de envío y recibo de ordenes de producción.

### 3.2 Selección de la plataforma de programación para LabCIM

Una vez determinados los requerimientos se realizó una búsqueda de plataformas de programación que se adecuaron a la funcionalidad requerida. Se revisaron diversas plataformas de simulación de procesos, programación y simulación de modelos matemáticos al igual que sistemas de supervisión y control de adquisición de datos. Se evaluaron las posibilidades de programación, facilidades de comunicación con otras plataformas y la representación gráfica de máquinas y sus respectivas animaciones, entre otros aspectos.

Se encontró que el software Labview de National Instruments presentaba algunas ventajas. Este sistema en sus primeras versiones estaba orientado a la instrumentación industrial virtual pero ha evolucionado hasta incluir herramientas para el control y la simulación de procesos industriales en general. LabVIEW tiene la posibilidad de comunicarse con cualquier plataforma a través de protocolos de comunicaciones, bases de datos y archivos compartidos. La programación es gráfica y le permite al usuario tener un panel de control amigable.

### 3.3 Diseño de la plataforma

Para el diseño de la plataforma se partió de identificar los parámetros para el diseño de la planta virtual y su comunicación e integración con mySAP ERP, para posteriormente diseñar la solución.

#### 3.3.1 Parámetros para el diseño de la planta virtual

Los parámetros de proceso para la planta virtual están basados en la configuración del sistema de manufactura real CIM del Centro Tecnológico (CTAI) de la Pontificia Universidad Javeriana y de las posibilidades que ofrece LabVIEW® para la programación. A continuación se describen los parámetros con base en los cuales se diseñó de la planta virtual.

- Procesos a simular. En la planta virtual se deberán simular los procesos de almacenamiento de materia prima y producto terminado, transporte por banda transportadora sobre pallet, carga y descarga de una máquina CNC por medio de robot manipulador y máquina CNC para el mecanizado de la materia prima.
- Visualización de información. El usuario deberá tener información sobre la orden de producción enviada desde mySAP ERP, lo cual contiene el número de orden, la cantidad de productos a manufacturar, el código del producto a fabricar, la fecha de inicio de producción y la hora de inicio de producción.
- Ingreso de datos por el usuario. El usuario podrá modificar los tiempos proceso de cada uno de las actividades que corresponden al proceso de fabricación.

#### 3.3.2 Funcionamiento como aplicación stand-alone

Como se mencionó anteriormente, LabVIEW en su versión profesional permite la creación de archivos ejecutables que se pueden llevar a cualquier computador sin la necesidad de movilizar las licencias pero con el requisito de instalar la aplicación LabVIEW Run-time Engine que es un software gratuito. Una vez instalada esta aplicación cualquier usuario podrá simular en su máquina los procesos de la cadena de valor, incluyendo los procesos de producción, siempre y cuando se cuente con acceso a mySAP ERP desde la misma estación de trabajo.

**3.3.3 Animación de los procesos** Con base en los tiempos de proceso que el usuario ingrese, el sistema deberá simular algunos de los procesos típicos de una secuencia de

manufactura, como por ejemplo el transporte por banda y la manipulación por robot. La simulación de los procesos acompañada de una animación hará más interesante la ejecución de la producción virtual y simulará lo que el usuario ve en la pantalla de un sistema SCADA en donde visualiza las acciones de cada uno de los elementos de un sistema de manufactura integrada por computador.

**3.3.4 Migración y configuración de los programas de SAP** Aunque el aspecto relevante del presente desarrollo es LabCIM, la razón de ser de la planta virtual es la comunicación con el ERP de SAP® de tal forma que se puedan ejecutar las órdenes de producción planeadas y programadas en mySAP ERP y posteriormente se envíen los datos del sistema virtual con base en la producción para cerrar los procesos de la cadena de valor.

El aspecto primordial para el funcionamiento de este desarrollo es que tanto mySAP ERP como LabCIM tengan la capacidad de leer y escribir archivos .csv que se encuentren en una ubicación específica. Para esto se modificaron los programas creados en el desarrollo previo denominado “Integración de SAP R/3 con el sistema CIM” descrito en el artículo [1]. A continuación se especifica las características de cada programa.

- Se creó un programa, con su respectiva transacción, funciones y archivo de encabezado, denominado ZPUJ\_DWN\_SAP\_LABCIM que escribe los parámetros de una orden de producción (número de orden, código de producto, cantidad de productos, fecha de inicio y hora de inicio de producción) en el archivo FromSAP.txt que se debe ubicar en el computador en donde se encuentra LabCIM®.
- Se creó un programa, con su respectiva transacción, funciones y archivo de encabezado, denominado ZPUJ\_CO15\_LABCIM que lee los parámetros de la orden de producción manufacturada (número de orden, código de producto, cantidad de productos, fecha de inicio y hora de inicio de producción, fecha de finalización y hora de finalización de producción) desde el archivo ToSAP.txt ubicado en el computador en donde se encuentra LabCIM.

A continuación se presenta el diagrama con el flujo de información entre los dos sistemas.

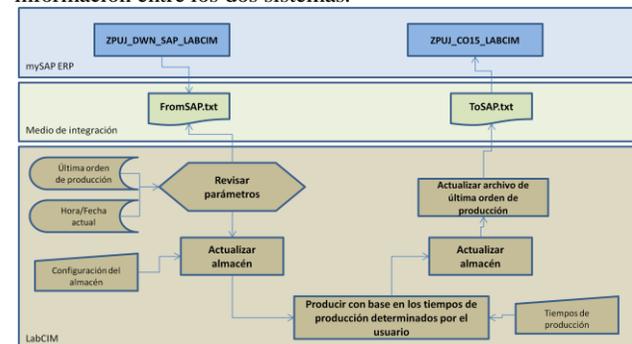


Figura 1. Diagrama de flujo de información de la solución.

#### 3.4 Configuración de la planta virtual LabCIM

La simulación de la planta está orientada a mostrar la secuencia de actividades de producción que se ejecutan en un sistema de manufactura integrada por computador. En este caso, una vez seleccionada la secuencia de producción se procedió a determinar que debería simularse y el tipo de animación e información en pantalla que se programaría, a continuación se

describen cada una de las estaciones configuradas en la planta virtual.

- AS-RS (automatic storage and retrieval system). El almacén automático se encarga de guardar y retirar piezas para el ciclo de producción. Las piezas están codificadas como se menciona anteriormente y dependiendo de la orden de producción, el sistema retira la primera pieza disponible que tenga el código asociado a la materia prima solicitada. La simulación muestra en pantalla los dos tiempos de proceso, tanto de retirada como de almacenamiento de piezas, para los cuales toma como base los tiempos configurados por el usuario más una variación aleatoria que se ha incluido. La animación corresponde a una intermitencia de la ubicación en proceso y a un mensaje intermitente que le indica al usuario que proceso se está ejecutando.
- Banda transportadora. La banda transportadora del CIM del CTAI está conformada por carriers que llevan las estibas con piezas hacia y desde el almacén. En este caso se ha determinado que la banda transportadora tendrá dos paradas, una frente al almacén y otra frente a la celda de manufactura. Una vez se ha retirado una pieza del almacén esta se visualiza en la estiba sobre la banda, momento en el que comienza su transporte (animado) hacia la celda de manufactura en donde la estiba permanecerá vacía mientras la pieza es procesada. La simulación muestra en pantalla los dos tiempos de proceso de transporte de piezas para los cuales toma como base los tiempos configurados por el usuario más una variación aleatoria que se ha incluido.
- Robot industrial. El robot industrial tiene como objetivo la manipulación de piezas para su carga, giro y descarga de la máquina CNC. Una vez la pieza llega por la banda a su posición frente a la celda de manufactura (compuesta por el robot y la máquina CNC) el robot comienza la animación de la carga de la pieza a la máquina. Cuando termina el primer mecanizado, el robot retira la pieza de la máquina y la gira para ser mecanizada por el otro lado, esta actividad también se puede ver animada en pantalla. Finalmente, una vez terminado el segundo mecanizado, se procede a la descarga de la pieza para su ubicación sobre la estiba. La simulación muestra en pantalla los tres tiempos de proceso, carga, giro y descarga, para los cuales toma como base los tiempos configurados por el usuario más una variación aleatoria que se ha incluido.
- Máquina CNC. En este caso se ha incluido una imagen de una máquina CNC que tiene una pequeña pantalla en donde se va mostrando, línea a línea, el código CN del programa asociado a cada proceso de mecanizado y a cada tipo de material. Estos programas se encuentran grabados en 4 archivos planos que el programa extrae de acuerdo con la secuencia de proceso. Los tiempos de procesos para cada mecanizado se visualizan en pantalla, sumando unas variaciones aleatorias que se han incluido.

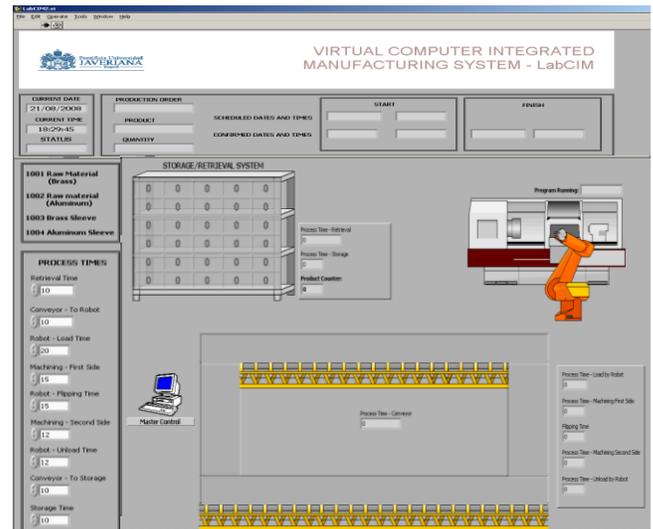


Figura 2. Visualización del sistema virtual de manufactura LabCIM.

### 3.5 Desarrollo de pruebas

El plan de pruebas presentado contiene la descripción de los casos de prueba que fueron definidos con el fin de validar la integración y el uso del desarrollo en cuestión. A continuación se presentan los dos grupos de pruebas y las pruebas contenidas en estos.

**3.5.1 Pruebas de integración.** Consistió en verificar que los dos sistemas se acoplaran sin incidencias y que el traspaso de información entre éstos se cumpla de acuerdo al diseño previamente especificado. Dentro de este grupo de pruebas se realizaron las siguientes actividades:

- Envío de órdenes de producción desde mySAP ERP al medio de integración en donde se verificó que la comunicación en el envío de órdenes de producción de mySAP ERP al medio de integración funcionara de manera correcta.
- Comunicación entre el medio de integración y la planta virtual LabCIM que tuvo como objetivo verificar que la comunicación entre el medio de integración y la planta virtual LabCIM funcionara correctamente.
- Manufactura virtual de la orden de producción en donde se verificó que se fabricara virtualmente una orden de producción y se determinaron los tiempos de producción de cada una de las actividades simuladas.
- Comunicación entre la planta virtual LabCIM y el medio de integración para verificar que la comunicación entre LabCIM® y el medio de integración se encontrara funcionando correctamente.
- Confirmación de órdenes de producción en el sistema mySAP ERP con el fin de comprobar que la comunicación para el envío de información de las órdenes finalizadas funcionara correctamente.

**3.5.2 Pruebas de uso.** Consistieron en determinar la facilidad con la cual los usuarios de una aplicación la pueden operar. En este caso los objetivos estuvieron relacionados con determinar la habilidad del participante para operar el sistema con base en el documento “Manual de alistamiento y operación de la solución de integración mySAP ERP y el sistema LabCIM” y verificar que la interfaz del usuario fuera lo

suficientemente intuitiva para su respectivo manejo. Dentro de este grupo de pruebas se realizaron las siguientes actividades:

Prueba de facilidad de uso de mySAP ERP (envío y recepción de órdenes) la cual pretendió verificar que SAP pudiera ser operado por potenciales usuarios. Prueba de comprensión de la planta virtual LabCIM con el fin de determinar si la planta virtual podía ser configurada por potenciales usuarios.

Al finalizar el grupo de pruebas se realizaron ajustes que fueron introducidos antes del uso de la misma en los cursos programados de *Value Chain Simulation*. En general, el sistema presentó un comportamiento satisfactorio y todas las pruebas fueron culminadas con éxito.

#### 4. FUNCIONALIDAD DE LA SOLUCIÓN

A través del desarrollo del sistema de manufactura virtual LabCIM y su integración con mySAP ERP se logró una solución donde se integran los procesos de planeación, programación, ejecución y control de producción. A continuación se describe el funcionamiento de la misma.

**4.1 Programación de la orden de producción en mySAP ERP.** Se realiza la programación y liberación de la orden de producción en mySAP ERP. En la orden de producción se especifica el producto a fabricar, las cantidades y los tiempos programados de inicio y fin de la producción.

**4.2 Enviar la orden de producción al sistema de manufactura simulado en LabCIM®.** El envío de una orden de producción se hace a través de la transacción ZPUJ\_DWN\_SAP\_LABCIM que permite correr

desde una orden hasta un intervalo de órdenes. Una vez se han seleccionado los números o códigos de las órdenes a enviar, se ejecuta la transacción y aparece una ventana confirmando la información enviada a LabCIM como se especifica en la Figura 2.



Figura 2. Confirmación de envío de la(s) orden(es) de producción a LabCIM

**4.3Ejecución de la orden de producción** Una vez enviada la orden de producción, LabCIM ® revisa en el archivo tipo texto si ésta había sido ejecutada anteriormente. LabCIM carga los datos de la orden y entra en estado de espera hasta que se cumplan los requisitos de fecha y hora de inicio para comenzar con la orden de producción. Una vez verificada la cantidad de materia prima disponible con base en el parámetro de cantidad enviado desde mySAP ERP, se comienza con la ejecución virtual de la orden de producción. Al finalizar el proceso, LabCIM® actualiza la información con los datos de la ejecución de la producción (Figura 3) de tal forma que se puede comenzar con el proceso de confirmación de la orden de producción en mySAP ERP.



Figura 3. Información de LabCIM con respecto a los tiempos de producción y cantidades.

**3.4 Confirmación de una orden de producción** Una vez se culmina el proceso de producción en LabCIM® se ejecuta la transacción ZPUJ\_UPL\_RESPONSE\_LABCIM a través de la cual se sube la información desde LabCIM a mySAP ERP de las cantidades producidas y los tiempos de inicio y finalización de la operación. (Figura 4

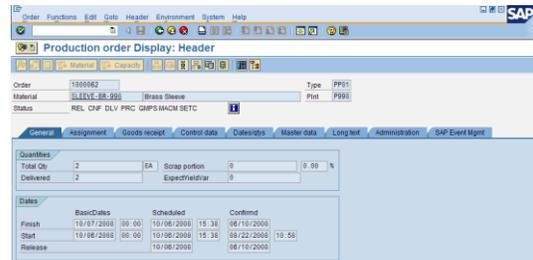


Figura 7. Confirmación de terminación de la orden de producción en mySAP ERP®.

#### 5. RESULTADOS E IMPACTO DEL DESARROLLO

A partir de la solución se pueden realizar modificaciones sobre el sistema LabCIM para poder realizar simulaciones relacionadas con:

- Cambio en los tiempos de producción y verificación del impacto sobre los tiempos de entrega de producción.
- Cambio del número de máquinas que tiene el sistema de manufactura para analizar la carga de trabajo y la capacidad disponible. Se puede modificar la velocidad de trabajo de las máquinas para analizar el impacto de esta sobre el desempeño del proceso productivo, entre otras.

Con el resultado logrado mediante la integración de los dos sistemas se desarrolló posteriormente el curso Value Chain Simulation en forma conjunta por la Pontificia Universidad Javeriana y el SAP University Alliance Program (UAP), curso en el que los estudiantes pueden simular todos los procesos de una organización y también producir partes en un ambiente real o simulado.

Este curso está desarrollado a través de casos de negocio donde los estudiantes parten de diseñar el producto, cuyos componentes y proceso productivo configuran en mySAP ERP. Posteriormente realizan la planificación operacional y de ventas para determinar si tienen capacidad de producción. Compran la materia prima a través del proceso de abastecimiento y proceden a producir en el ambiente real (para lo cual se requiere que el sistema CIM de la Universidad esté disponible) o en el sistema de manufactura virtual (LabCIM®) donde pueden analizar todo el proceso productivo integrado con el sistema ERP de SAP. Finalmente se deben ejecutar los procesos de venta y distribución de producto a los clientes.

Este curso fue dictado por primera vez a estudiantes de Maestría en Ingenierías del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey que vinieron a la Pontificia Universidad Javeriana en Julio de 2008.

Este curso y el presente desarrollo tecnológico, han tenido un impacto docente muy positivo y una difusión importante destacado por SAP en el University Alliance Program Newsletter [14] calificado como un desarrollo innovador y una mejor práctica. De igual forma otros medios nacionales colombianos como Portafolio [12] y El Periódico [7] han destacado la difusión del desarrollo y su impacto a nivel docente.

## 6. DESARROLLOS POSTERIORES

El desarrollo de un curso que involucre la cadena de valor de una organización permite tener diferentes ópticas en el mismo espacio educativo sobre trabajo cooperativo alrededor de la búsqueda de la solución de las necesidades de los clientes y partes interesadas de una organización. La integración del sistema virtual de manufactura con el sistema ERP permite a los participantes del curso Value Chain Simulation poder vivenciar puede ser administrada y controlada.

El espacio creado con este curso permite formar a estudiantes y profesionales en temas de última tecnología para la integración de procesos e igualmente revisar la manera en que unos cambios en cambios operación tienen un impacto antes de ser implantados a escala industrial. La experiencia recibida por parte de los participantes que han tomado este curso, provenientes de múltiples disciplinas relacionadas con la Ingeniería permitió enriquecer discusiones con respecto a las capacidades y restricciones productivas para atender los requerimientos, facilitando una toma de decisiones basadas en datos y hechos.

A partir de este primer desarrollo tecnológico y docente surgen preguntas de cómo se pueden integrar otros procesos de la cadena de valor como son el mantenimiento de plantas y equipos, costeo de productos, servicio posventa, entre otros, para lograr una empresa totalmente integrada a través de los sistemas de información. De igual forma es importante medir el nivel de aprendizaje por medio de cursos en ambientes simulados comparados con cursos tradicionales para poder evaluar la efectividad de las metodologías.

## 7. CONCLUSIONES

- La integración de los sistemas de producción virtuales con los sistemas ERP proveen de un ambiente automatizado donde los estudiantes pueden ubicarse en una situación empresarial muy cercana a la realidad en donde la información constituye en un elemento vital para poder tomar decisiones acertadas.
- Las limitaciones de los sistemas de manufactura CIM para la docencia pueden ser superadas con el desarrollo y uso de ambientes simulados de producción donde se pueden emular los procesos industriales de última generación y apoyar la labor de enseñanza en el análisis de situaciones específicas de proceso.
- El desarrollo de esta plataforma inicia un proceso en el cual pueden participar estudiantes de pregrado y posgrado para adaptarla y configurarla de manera que en forma

simulada se puedan analizar diferentes circunstancias que son difíciles de plantear con equipos. Se considera que esta integración abre las puertas para que surjan más proyectos y se incluyan procesos como mantenimiento de equipos, servicio posventa, entre otros. Metodológicamente, la posibilidad de tener a todos los participantes de un curso como el de Value Chain Simulation realizando todas las actividades al unísono, incluyendo las de producción, permite una mejor evolución del curso y deja espacio para el análisis de más información relacionada con estos temas.

## 8. REFERENCIAS

- [1] Aguirre, S., Fuquene, C. (2007). Integración del sistema de Planeación de Recursos Empresariales con un sistema de manufactura integrado. En: Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería. , v.17, n.67, p.45 – 56.
- [2] Aguirre, S., Fuquene, C., Cordoba, N. (2007) Product Manufacturing within an automated environment using ERP and CIM systems integrated. 23th ISPE International conference on CAD/CAM Robotics and Factories of the future. p. 594-598
- [3] Aguirre, S., Cordoba, N., Araoz, O., (2008). Informe de investigación: Diseño de una metodología de mejoramiento de procesos para las pymes previo a la implantación del sistema ERP. Documento de Trabajo. Pontificia Universidad Javeriana.
- [4] Baumgartner, H. Knischewski, K. Wieding, H. (1991) CIM: Consideraciones básicas. Siemens. Barcelona.
- [5] Brady J., Monk E., Wagner B.,(2005) Concepts in ERP. Thomson Learning.
- [6] Connolly, J., Corbitt, G., Mensching, J., Sager, J., (2005) Benefits of Academic Alliance Education: The Employers' Perspective. En: Enterprise Resource Planning: teaching and research. Innovation Monograph. V. 1. Indiana University. p. 129-135.
- [7] El periódico. Docentes Unificaron herramientas tecnológicas. p. 6C. [Publicado el 13/03/2008]
- [8] Forndron F., Liebermann T., Thurner M., Widmayer P., (2006). mySAP ERP Roadmap. Rockville: SAP-Press.
- [9] González, S. (1998) Planificación de recursos de la empresa (ERP): ¿Un nuevo modelo de gestión asistido por ordenador?. En: Alta Dirección. No. 201. p. 83
- [10] Mabert, V., Ashok, S., Vekataramanan, M., (2000) Enterprise Resource Planning of U.S. Manufacturing Firms. En: Production and Inventory Management Journal. V. 2, n. 41. p. 52-58
- [11] Portafolio. Más pymes en la base de clientes de SAP Colombia. [Documento en línea.] <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-2880343> . [Consultado el 31/03/2008]
- [12] Portafolio. Aprender en la U. con casos reales. p. 23. [Publicado el 27/03/2008]
- [13] Ragowsky A. y Stern M., (1997) The Benefits of IS for CIM applications: a survey. En: Journal Computer Integrated Manufacturing, Vol. 10. No. 1-4, , p. 245-255.
- [14] SAP Global Communications. (2008). University Alliance Program Newsletter. Best Practices.