GUIA PRÁCTICA PARA LA SIMULACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES.



Autores:
José Francisco Puche Forte
Director CETEM
Juan Jesús Andrés Carpena
Joaquín Gómez Gómez
Ricardo López Vilar
Sebastián Santa Villalba
Jesús Sanz Perpiñan
Área de Tecnología de Procesos de CETEM
Edita
Centro Tecnológico del Mueble y la Madera de la Región de Murcia
Este libro ha sido elaborado sin fines lucrativos y su contenido está dirigido a la promoción,
difusión v fomento de la adopción de tecnología por parte de las empresas

JUNIO 2005

INDICE

PRÓLOGO	6
PRESENTACIÓN	7
INTRODUCCIÓN	12
TIPOS DE SISTEMAS DE MODELOS	12
MODELADO, SIMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN.	14
METODOLOGÍA DE ACTUACIÓN EN LA SIMULACIÓN.	15
¿POR QUÉ SIMULAR?	17
AMBIENTES EN REALIDAD VIRTUAL 3D	18
APORTACIONES PARA LA EMPRESA	22
VENTAJAS QUE OFRECE LA SIMULACIÓN.	24
LAS APORTACIONES QUE OFRECE LA UTILIZACIÓN DE LA SIMULACIÓN PARA LAS EMPRESAS:	25
FASES DE UN PROYECTO	30
PLANTEAMIENTO DE UN PROYECTO DE SIMULACIÓN	30
FASES PARA UN ESTUDIO DE SIMULACIÓN	33
HERRAMIENTAS PARA LA SIMULACIÓN	42
APLICACIONES A CASOS REALES	52
INTRODUCCIÓN	52
TERMINOLOGÍA BÁSICA. SOFTWARE DE SIMULACIÓN	56
DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS.	59
CONSTRUCCIÓN DE MODELOS.	60
ENSAYOS CON EL MODELO	70
OPTIMIZACIÓN DEL MODELO	77
CASO PRÁCTICO DE OPTIMIZACIÓN	79
ARTICULOS DE INTERÉS	84
BIBLIOGRAFIA	102

PRÓLOGO

PRÓLOGO

El análisis de los problemas económicos del entorno exige comprender el funcionamiento de los procesos empresariales que en él se desarrollan y sus mecanismos de adaptación a los nuevos desafíos que se plantean. La sociedad actual está en constante transformación por la irrupción y difusión de las nuevas tecnologías en todos los ámbitos. A este proceso de cambio continuo se ha ido adaptando el sector industrial, que en las últimas décadas ha evolucionado hacia espacios empresariales más abiertos, dinámicos, y competitivos en los que se cuestionan y cambian constantemente los planteamientos tradicionales.

Respecto al sector del Mueble, en estos últimos años hemos asistido a un incremento de la oferta productiva debido a la incorporación al mercado de empresas del exterior, así como a un mayor nivel de exigencia del mismo, lo que se traduce en necesario aumento en calidad, sostenibilidad, diseño y precios; nos encontramos con una tendencia hacia márgenes cada vez más reducidos y variables. Todo ello, nos lleva a una necesidad evidente de optimización de los recursos de la planta de producción, que pasa por la incorporación de mecanismos de innovación en organización y gestión de las empresas del sector.

Esta necesidad actual conlleva, fundamentalmente, la implantación de técnicas eficientes de organización industrial para la consecución de dichos objetivos. Generalmente su implantación real supone "a priori" un desconocimiento cuantificado de la mejora que puede proporcionar su aplicación.

Por dicho motivo, se plantea la utilización de la Simulación de Procesos como la herramienta que nos permite vislumbrar de antemano el impacto de estas técnicas a través de una "visión" futura, altamente precisa y cuantificada. Necesitamos conocer qué conceptos y técnicas de organización industrial son económicamente más efectivas para nuestro caso concreto, qué métodos y decisiones de gestión son los más acertados. Este hecho redunda en una mejora importante del sistema de organización y gestión actual con el objetivo fundamental de incrementar la competitividad y productividad de las empresas.

Desde CETEM, con la ayuda de este estudio, y a través de la ejecución del proyecto al cual pertenece, se pretende contribuir a la mejora de la competitividad de las empresas de la Región de Murcia, mediante la incorporación en las mismas de técnicas y herramientas innovadoras de gestión y organización, como es en este caso la Simulación de procesos empresariales.

Juan Carlos Muñoz Melero. Presidente de CETEM

PRESENTACIÓN

PRESENTACIÓN

El Centro Tecnológico del Mueble y la Madera, dentro de sus proyectos de I+D+i, concretamente en el área de Organización y Producción, está llevando a cabo el Proyecto: "Incorporación e implantación de procesos y herramientas de apoyo innovadoras en gestión y organización para el Sector del Mueble. SIMULACION", enmarcado dentro del Plan de Consolidación y Competitividad de la Pyme 2.000 – 2.006, financiado por el Instituto de Fomento de la Región de Murcia, y por el Ministerio de Industria.

A través de la ejecución de este proyecto se pretende introducir la cultura de la innovación en cuanto a gestión y organización en la industria de la madera, el mueble y afines, y que las PYMES de éste sector hagan evolucionar sus técnicas de gestión, facilitando que puedan mejorar su competitividad, y repercutiendo económicamente en su cuenta de resultados, propiciando la creación de empleo y de rigueza.

Para ello se han llevado a cabo dos tipos de actuaciones:

1. Actuaciones genéricas dentro del proyecto realizadas por el Centro Tecnológico del Mueble y la Madera de la región de Murcia.

Se trata de actuaciones enfocadas a detectar necesidades del entorno empresarial en gestión y organización, e investigar y difundir técnicas innovadoras de gestión y organización aplicables al sector específico del mueble. En paralelo, y a través de estas actuaciones, se ha realizado un trabajo de concienciación, fomento e incorporación de nuevas e innovadoras técnicas de gestión y organización en el Sector del Mueble, de forma que se ha hecho llegar los resultados a todas las empresas del sector.

Entre éstas actuaciones, destacamos:

CAPTACIÓN DE NECESIDADES EMPRESARIALES EN GESTIÓN Y ORGANIZACIÓN.

Se trata de actividades como reuniones, mesas redondas, visitas a empresas, encaminadas a detectar las necesidades y carencias de las empresas relacionadas con los sistemas de gestión y organización empresarial.

2. BÚSQUEDA Y ANÁLISIS DE SISTEMAS Y TÉCNICAS INNOVADORES DE GESTIÓN.

Actividades de Vigilancia Tecnológica focalizadas en la identificación de Sistemas Innovadores de Gestión y Organización.



Adaptación al Sector del Mueble de herramientas innovadoras de gestión y organización, como en éste caso, herramientas de simulación de procesos.

4. DIFUSIÓN DE TÉCNICAS INNOVADORAS DE GESTIÓN.

Uno de los objetivos primordiales de este proyecto ha sido la difusión al sector del mueble de técnicas innovadoras de gestión y organización. En esta fase se ha dado a conocer al sector del mueble, tanto las técnicas innovadoras y herramientas investigadas fruto del desarrollo de éste proyecto, como las conclusiones que el Centro Tecnológico del Mueble, junto con las empresas piloto participantes, han obtenido a lo largo de la ejecución de los trabajos reseñados en el proyecto.

2. Actuaciones específicas realizadas por el conjunto de PYMES de los dos sectores participantes en el proyecto

Para la ejecución de éste proyecto, se ha contado con la colaboración de varias empresas, que han mostrado su interés por participar e incorporar las técnicas, herramientas, métodos, desarrollos o sistemas que les resulten más interesantes una vez realizados los trabajos enmarcados en las acciones genéricas.

Como consecuencia de este proyecto, las empresas han percibido, en estas experiencias piloto, un claro ejemplo de la ventaja competitiva y económica que supone:

Participar en proyectos que fomentan la innovación

Incorporar en la empresa Técnicas y Herramientas Avanzadas de Gestión y Organización Empresarial Con esta publicación pretendemos concienciar a las PYMES sobre la necesidad de hacer evolucionar sus técnicas de gestión y organización, en este caso enfocado al mundo del análisis de procesos empresariales utilizando técnicas de Simulación de Procesos y mostrar qué ventajas nos ofrece ésta técnica innovadora y cómo puede contribuir al análisis y mejora de la organización y gestión de las PYMES del Sector del Mueble. A su vez, se plantea la problemática del planteamiento de un proyecto de éstas características.













Este proyecto ha sido subvencionado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio – Secretaría General de Industria, Dirección General de Política de la Pyme e Instituto de Fomento de la Región de Murcia dentro del Plan de Consolidación y Competitividad de la Pyme (PCCP) y cofinanciado por el FEDER.

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Dentro de la multiplicidad de medios que existen en el mercado para analizar procesos y procedimientos dentro de una organización, hay una metodología que recientemente está adquiriendo un gran auge y aceptación entre las empresas. Corresponde dicha metodología a la simulación de procesos, la cual enmarca la productividad de un área de trabajo sobre la que se estiman ciertas características previas dadas por el usuario con el fin de generar una respuesta a planteamientos de producción.

La simulación de procesos es una de las más innovadoras herramientas empleadas actualmente en ingeniería para el análisis de áreas productivas. Es utilizada normalmente para representar un proceso real mediante otro mucho más simple y entendible. La necesidad de su utilización depende del grado de complejidad de los procesos dados por la misma organización.

TIPOS DE SISTEMAS DE MODELOS.

Cuando un proceso industrial está sometido a estudio existen básicamente dos formas para realizar el análisis. Se puede experimentar con el sistema real, o se puede experimentar con un modelo del sistema. La experimentación con el sistema real crea bastantes problemas en su utilización debido al coste de las pruebas correspondientes y a la logística del propio proceso. Un método lo suficientemente bueno es crear y estudiar un modelo del sistema.

Los modelos de los sistemas a simular se pueden dividir en 2 grandes bloques que se detallan a continuación: modelos físicos y modelos matemáticos.

Los Modelos Físicos.

Un modelo físico es una maqueta, o la recreación del sistema real. Los ejemplos de modelos físicos son simuladores de túneles aerodinámicos, modelos en miniatura, tanques de gravedad, etc. La mayoría de los sistemas de la fabricación son difíciles de modelar con modelos físicos debido a la interacción dinámica de los elementos involucrados.

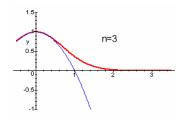
Los Modelos Matemáticos

Los modelos matemáticos son usados para predecir o determinar las relaciones cuantitativas de un sistema. La programación lineal, la física y la geometría son los ejemplos de modelos matemáticos. Es decir, un modelo matemático es cualquier modelo que usa cálculos, fórmulas o algoritmos para predecir el comportamiento de un sistema. Están diseñados para ser muy precisos.

Dentro de este tipo de sistemas de modelos matemáticos podemos diferenciar 2 tipos: los modelos analíticos y los modelos de simulación.

Los Modelos Analíticos.

Los modelos analíticos son aquellos que son sacados de una fórmula conocida para obtener la solución. La solución puede ser muy difícil de obtener y puede implicar mucho tiempo y recursos de cálculo. Este tipo de análisis de modelos para obtener ciertas conclusiones es utilizado por personal técnico de ingeniería,



matemática, física, etc. por lo tanto la coordinación de los equipos de trabajo suele ser bastante complicada, lo que condicionan que los equipos de trabajo que participan sean costosos.

La construcción de un modelo analítico tiene con frecuencia serios inconvenientes, como son:

El problema de encontrar el modelo de ecuaciones que representen al sistema real.

La enorme dificultad para resolver el modelo.

Los Modelos de Simulación.

Muchos sistemas contienen un número dinámico de algoritmos que interactúan entre sí para los cuales es prácticamente imposible encontrar soluciones mediante modelos analíticos. En estos casos la simulación se usa para predecir los resultados del sistema. La simulación proveerá la respuesta "correcta" además de proporcionar una estimación razonable de comportamiento del sistema. La simulación es el único método posible para modelar sistemas complicados de producción, logística, distribuciones, etc.



En contrapartida a los modelos analíticos, para obtener los modelos de simulación la coordinación de los equipos de trabajo es en general mas sencilla y casi siempre más económica. Con esto no se pretende decir que los modelos analíticos sean inútiles, ya que existen cierto tipo de problemas para los cuales se conoce la forma de obtención del modelo así como la manera de construir un algoritmo eficiente para resolverlo.

MODELADO, SIMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN.

La **Simulación** es una herramienta de gran ayuda a la hora de disminuir los riesgos y optimizar la toma de decisiones empresariales, la evaluación de inversiones en tecnología, personal e instalaciones, así como para planificar, analizar y mejorar los procesos de la empresa. En concreto, presenta importantes posibilidades en su aplicación a instalaciones y procesos industriales, logísticos, de transporte o de servicios.

Los Proyectos se fundamentan en la construcción de Modelos que representen el funcionamiento de los procesos existentes o propuestos de la empresa para, posteriormente, realizar pruebas y analizar con el Modelo los resultados de las diferentes alternativas sin interferir en la operativa y actividad diaria de la empresa.

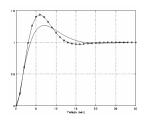
Los **Modelos de Simulación** permiten profundizar en las variables que afectan más significativamente al funcionamiento de la empresa, analizar sus interacciones y evaluar su impacto global, constituyendo una ayuda inestimable para optimizar los procesos.

Los Proyectos de Modelado, Simulación y Análisis de Procesos benefician extraordinariamente a las empresas ayudando a mejorar la toma de decisiones, los resultados y la operativa de la Organización.

La **Optimización** es la búsqueda de la mejor forma de hacer las cosas considerando las restricciones funcionales, técnicas y económicas de nuestros procesos. La optimización de los procesos productivos permite a una empresa seguir siendo competitiva. ¿Por qué no hacer de la optimización un proceso constante, una práctica habitual en las empresas? La tecnología actual permite que sea posible, con un esfuerzo mínimo, obtener resultados óptimos.

Es importante tener en cuenta el comportamiento del sistema en el espacio temporal en el momento de la realización del estudio del sistema. Por lo tanto, podemos decir que el diseño de un modelo de simulación depende de clasificación del sistema en uno de estos dos tipos: un **modelo discreto** es aquel en el cual las variables de estado pueden cambiar de valor sólo un número finito de veces por unidad de tiempo y un **modelo continuo** es aquel cuyas variables de estado pueden cambiar continuamente con el tiempo.

Sistema de eventos discretos: es un sistema cuyo estado cambia sólo en ciertos puntos del tiempo. Se caracterizan porque las propiedades de interés del sistema cambian únicamente en un cierto instante o secuencia de instantes y permanecen constantes el resto del tiempo. Según su tipo de secuencias se pueden dividir en:

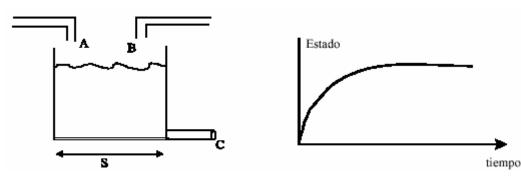


Sistema de terminación: si en el sistema existen puntos de inicio y terminación precisos y conocidos.

Sistema de no terminación: Si es un sistema en curso que carece de puntos de inicio y terminación.

Sistema de eventos continuos: es un sistema cuyo estado cambia continuamente y a cada instante en el transcurso del tiempo, por lo tanto, las variables del estado del sistema evolucionan de modo continuo a lo largo del tiempo. Por ejemplo, es la evolución de la temperatura en una habitación durante un intervalo de tiempo o bien la evolución del nivel del líquido en un tanque.

Por lo tanto, las simulaciones son realizadas sobre situaciones discretas.



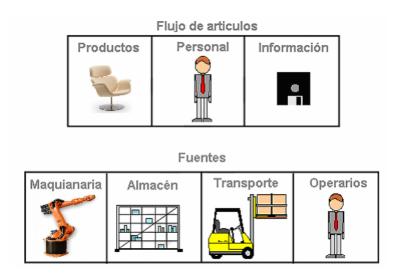
Evolución de un sistema continuo

Un modelo de simulación de tipo discreto es básicamente un sistema de almacenamientos, cuellos de botellas y flujos de trabajos. Los "cuellos de botella" son un factor que limitan la producción; está representado por el proceso más lento o el bien de recurso más escaso, por ejemplo, la mano de obra. Determinan la rapidez con que los productos pueden atravesar un proceso. Los diferentes estados en un modelo de simulación se originan cuando los productos se mueven a través de los

recursos del modelo (flujo del proceso), cuando se producen cambios de estado en un recurso o se manda un mensaje al modelo.

El modelo de flujo básico

En un modelo de simulación se representa por un lado el flujo de artículos, como son los tipos de productos (sofás, mesas, sillas..), los clientes o personal, y los flujos de información (albaranes, facturas...) y por otro lado se representan los objetos pertenecientes al sistema como son la maquinaria, almacenes, logística interna, operarios...



¿POR QUÉ SIMULAR?

La simulación de un hecho real o de un proceso por medio de otro proceso más simple que analiza sus características es una herramienta práctica de la ingeniería. Una de las más conocidas es el método de elementos finitos, el cual se ayuda con la matemática y la física para explicar procesos.

La simulación permite a corto plazo una mejor toma de decisiones a la dirección de la empresa ya que, mediante ella, se puede medir un proceso o esquematizar el funcionamiento lógico de una empresa por medio de la creación de un modelo que recoge el sistema de procesos de la planta de producción que se simulará en condiciones reales dentro de un plano irreal (sin interferir en la actividad normal de la empresa). Al trabajar con un modelo, una equivocación no ocasionará ningún problema real a la planta de producción, incluso nos permite anticiparnos a su resultado. Además evaluar cualquier alternativa no conlleva ningún sobrecoste, al no tener que efectuar las inversiones o cambios necesarios para comprobar su resultado.

Por lo tanto, uno de los objetivos principales de usar la simulación en cualquier área es la búsqueda de alcanzar los conocimientos referentes a la predicción del futuro o la explicación lógica de un fenómeno.

La simulación permite probar cualquier cambio o propuesta antes de que esta se lleve a cabo. Además permite evaluar diversos escenarios y responder a preguntas del tipo ¿qué pasa si....? de una manera rápida, precisa y libre de riesgos, tal vez lo más importante.

Imagine el gran ahorro que se genera al tomar excelentes decisiones después de evaluar diversos escenarios. Nos permite dar respuestas rápidas a preguntas complejas y hacer las cosas bien a la primera oportunidad.

Un modelo de simulación permite ejecutarse a una velocidad variable, es decir, podemos hacer que los eventos de la simulación sucedan más lentos, igual o mucho más rápidos que el tiempo real. De esta manera, podemos simular en unos cuantos minutos todo un día, meses o años de nuestro proceso y evaluar impactos tales como cambios en la demanda o bien determinar en qué momento se recupera una inversión y si ésta es conveniente o no.

Con los modelos de simulación tenemos la libertad de comprender cómo un proceso existente se desempeñaría si lo modificamos o incluso visualizar como se comportará un sistema o proceso totalmente nuevo antes de que éste funcione. La habilidad para construir fácilmente los modelos, ver la animación y analizar los resultados y estadísticas brinda un beneficio sin



precedente.

La visualización de una simulación tridimensional animada es una forma bastante efectiva de presentar y explicar un nuevo proyecto, o propuesta de reingeniería. Un modelo de simulación en 3D permite exponer y presentar las propuestas y cambios de una forma gráfica e intuitiva.

AMBIENTES EN REALIDAD VIRTUAL 3D

La Realidad Virtual es una tecnología de simulación por ordenador utilizando herramientas informáticas diseñadas a tal fin, dinámica y tridimensional, que posee un alto contenido gráfico, acústico y táctil.

Está orientada a la visualización de situaciones y variables complejas durante la cual el usuario ingresa a "mundos" que aparentan ser reales, resultando inmerso en ambientes altamente participativos, de origen artificial.



ÁMBITO

El auge de la realidad virtual ha estado precedido de un largo tiempo de intensa investigación, plasmándose en la actualidad en una multiplicidad de sistemas que permiten que el usuario experimente "artificialmente".

El mundo virtual nos ofrece la posibilidad de hacer cosas especiales. Se presenta en un medio esencialmente activo en el cual el usuario puede incursionar creativamente hasta donde el límite de su imaginación se lo permita. Allí radica, muy posiblemente, el mayor atractivo por cuanto la imaginación y la creatividad tienen la oportunidad de ejecutarse en un "mundo" artificial e ilimitado.

SOLUCIÓN

La Realidad Virtual consigue producir un ambiente indiferenciado de la realidad física incluyendo dentro de sus características:

- La expresión en lenguaje gráfico tridimensional.
- Un comportamiento dinámico y que opera en tiempo real.
- Una operatoria basada en la incorporación del usuario en el "interior" del medio computerizado.

- La capacidad de reaccionar ante el usuario, ofreciéndole la posibilidad de explorar en diferentes alternativas.
- Los ambientes virtuales pueden representar cualquier mundo tridimensional, ya sea real (edificios, ambientes industriales, aeronaves, sistemas solares, etc.), o abstracto (campos magnéticos, modelos moleculares, sistemas matemáticos, acústica de auditorios, densidad de población, etc.).

BENEFICIOS E IMPLICACIONES.

Sus beneficios más destacados son:

- Exploración de diferentes alternativas que de otra manera serían inaccesibles.
- Economía al no tener que reproducir (con las inversiones y cambios reales) costosos entornos de simulación.
- Posibilidad de mostrar al cliente nuevos productos y de comprobar su funcionamiento y prestaciones.
- Visualización interactiva y participativa de cada una de las alternativas.
- Visualización de modelos y supuestos completos.
- Fácil incorporación de datos y modelos externos.
- Visualización de relaciones entre múltiples variables.
- Facilidad de revisión, modificación y optimización de diseños en tiempo real.
- Mayor impacto promocional.



2

APORTACIONES PARA LA EMPREA

APORTACIONES PARA LA EMPRESA

La aplicación de las técnicas de simulación a los procesos de fabricación está irrumpiendo con fuerza permitiendo a las empresas disfrutar de los beneficios de la "Fabricación Virtual". Con estas aplicaciones se pueden conseguir:

- Reducción de los plazos de entrega al poder solapar actividades.
- Disminución de los costes de desarrollo. Las correcciones del producto y los cambios de ingeniería cuestan diez veces menos si se ejecutan durante la fase de diseño. Por esto, simular permite actuar en la etapa de menores costes incurridos, disminuyendo el coste de desarrollo.
- Aumento de la calidad y fiabilidad del diseño. La simulación permite, a bajo costo, ensayar un sinfín de posibles escenarios y escoger las mejores soluciones en cada momento.

Dentro del área productiva de la empresa la combinación de la simulación con la captura de datos en planta permite la creación de distribuciones en planta "virtuales" a partir de las cuales se puede:

- Seleccionar la maquinaria más adecuada a cada proceso.
- Optimizar el diseño de todos los componentes.
- Definir distancias de seguridad.
- Calcular los tiempos de ciclo total de las operaciones.
- Evaluar las mejores alternativas de montaje y mantenimiento.
- Evaluar el flujo de materiales para optimizar los recursos productivos.
- Identificar los correspondientes cuellos de botella.

Todo ello, además, y gracias a la captura de datos en planta, sin necesidad de interrumpir el flujo normal de trabajo y por tanto, sin incurrir en los costes que la parada del proceso conlleva.

Cualquier proyecto se evalúa comparando los costes que conlleva con los beneficios que ofrece su realización. Para un proyecto de simulación genérico podemos establecer la siguiente comparativa:

Por una parte, los beneficios que se obtienen al hacer el estudio de simulación incluyen:

- Obtención de ahorros significativos debidos a :
 - o Evitar inversiones innecesarias. Por ejemplo: Aumentar la utilización de una instalación existente de forma que evitemos la necesidad de nuevas inversiones; seleccionar la mejor alternativa que minimice el coste.
 - Evitar retrabajos innecesarios en las plantas y oficinas. Por ejemplo: Encontrar el mejor diseño a la primera evitando esfuerzos duplicados; hacer un mayor uso de las instalaciones.
- Mejora de Gestión de procesos:
 - o Incremento en la productividad. Por ejemplo: Menores tiempos de recorrido del operario debido al reajuste físico de las instalaciones o a la reasignación de las tareas.
 - o Mejor y más información para la adecuada toma de decisiones.
- Mayor agilidad a la hora de realizar análisis de procesos, comparado contra el tiempo de hacer el análisis en forma manual o utilizando técnicas que consumen mucho más tiempo.
- Además, como beneficios Intangibles encontramos que la simulación posibilita que el personal técnico junto a la gerencia entienda y comprenda los procesos de una forma completa. Además, permite definir la problemática de una forma clara y concisa. Por otra parte, debido al entorno gráfico de las herramientas de simulación, permite exponer y entender más fácilmente las derivaciones de los cambios propuestos.

Por otra parte, los costes en los proyectos de simulación incluyen lo siguiente:

- Realización de la simulación por parte de la empresa especializada o por parte del equipo técnico de la empresa.
- Tiempo necesario para la dedicación a la realización del proyecto incluyendo no solo al equipo técnico sino también a la gerencia, que siempre debe estar implicada en este tipo de proyectos.

VENTAJAS QUE OFRECE LA SIMULACIÓN.

Como ventajas que aporta la simulación de procesos industriales a los trabajos de ingeniería podemos encontrar:

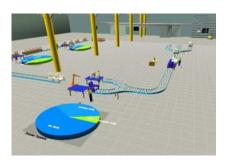
- Es un sistema cómodo y sencillo para estudiar sistemas complejos.
- Se pueden controlar mejor las diferentes acciones a tomar que en la realidad.
- Representa la incertidumbre dentro del sistema.
- Los tiempos de análisis son reducidos.
- El sistema real no es interrumpido para el análisis de los cambios propuestos.
- Es un estudio rápido de muchos "¿que pasaría si...?"
- ...

Hemos de tener en cuenta que un modelo de simulación se aproxima a la realidad en un porcentaje cercano al 100%, por lo tanto no podremos llegar a reproducir exactamente la realidad debido al sobrecoste que esto supondría tanto en tiempo dedicado como en los recursos necesarios para llevar acabo el proyecto. Entre otros, uno de los motivos es que exactamente no se puede duplicar la realidad (ya que por definición esto es un modelo). Además, un modelo totalmente exacto de la realidad contemplaría una enorme cantidad de datos e información casi imposible de analizar y procesar, lo que haría el modelo muy difícil de validar y se alargaría excesivamente el tiempo empleado en el desarrollo del proyecto.

LAS APORTACIONES QUE OFRECE LA UTILIZACIÓN DE LA SIMULACIÓN PARA LAS EMPRESAS:

Escoger correctamente...

La simulación te permite probar cada aspecto de un cambio propuesto o una ampliación antes de gastar el dinero. Así se puede saber rápidamente si funcionará o no. Este es un punto crítico pues una vez que las decisiones han sido tomadas, los ladrillos han sido puestos, las máquinas compradas, la gente contratada o el sistema de manejo de materiales implementado, los cambios y correcciones pueden ser extremadamente costosos.



Comprimir y expandir el tiempo...

Por medio de la compresión y expansión del tiempo la simulación permite acelerar o bien ralentizar la velocidad del sistema que se está simulando. Se puede ver lo que ocurre con un turno entero en cuestión de minutos, o bien dedicar 2 horas examinando todos los eventos que ocurren durante un minuto de la simulación del sistema.

Entender el por qué...

Las empresas necesitan entender las causas por las que cierto fenómeno se presenta en un sistema real. Con la simulación se puede determinar la respuesta a las preguntas del "¿Por qué?", reconstruyendo la escena y realizando un examen del sistema para determinar los motivos por los que se presenta este fenómeno de una manera rápida y precisa.



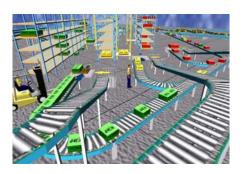
Explorar las posibilidades...

Una de las grandes ventajas del uso de la simulación es que una vez que se haya realizado un modelo de simulación de aquello que interese analizar, fácil y rápidamente se pueden explorar nuevas políticas, procedimientos de operación o nuevos métodos sin los altos costos, la pérdida de tiempo y la desorganización que conlleva el hacerlo en el sistema real.



Diagnosticar los problemas...

Los procesos de una planta de fabricación industrial o de una empresa de servicios son muy complejos, tanto que es imposible considerar todas aquellas interacciones que aparecen en un momento dado. La simulación permite comprender esas interacciones e interdependencias entre las variables que conforman un sistema complejo. El diagnóstico de los problemas y una clara visión del



comportamiento de las variables y sus efectos incrementan el conocimiento de los fenómenos que son realmente importantes para el buen desempeño de todos los procesos de la empresa.

Identificar las restricciones...

Los cuellos de botella en la producción provocan grandes problemas y retrasos en la entrega de los productos. Fácilmente se nos olvida que los cuellos de botella son el efecto más que la causa. Las técnicas de simulación permiten, fácilmente, descubrir la causa de las demoras en manejo de materiales, la producción, en la información o en cualquier proceso.



Visualización del modelo en 3 D...

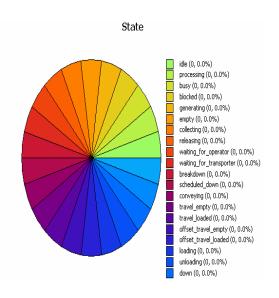
Un poderoso simulador en 3D permite tener con máximo detalle todo el sistema de la planta de producción en la pantalla del ordenador. Si se dispone de dibujos CAD, éstos se pueden incluir en el modelo. La animación de la simulación permite ver como caminan los operarios con el material, como están trabajando, el movimiento de las grúas, el traslado del producto por medio de cintas transportadoras, la llegada de los camiones o el uso de



montacargas. Así mismo, se puede verificar en tiempo real de simulación por medio de gráficas y valores, el inventario en proceso, el nivel de los almacenes, porcentaje y número de piezas defectuosas, si las máquinas están operando, en espera o averiadas, porcentajes de utilización de las máquinas y equipos, tiempos de traslados de materiales, los costes de producción y cualquier información que se necesite.

Consensuar las soluciones...

El uso de las herramientas de simulación para presentar cambios o modificaciones de cualquier presentar resultados clase permite los conclusiones de una forma objetiva. Las gráficas y el respaldo estadístico permiten respaldar las ideas y recomendaciones y tener seguridad en los resultados que se lograrán con la implementación. Se podrán seleccionar aquellos proyectos o cambios que realmente den los resultados más convenientes, ya sea el incremento de la producción, mantener otro nivel de inventario o la reducción del tiempo de espera para un servicio.



Preparación para el cambio...

Todos sabemos que el futuro trae cambios. Tener la respuesta a las preguntas como "¿Qué pasa si?" es sumamente útil, tanto para el diseño de nuevos sistemas como para el rediseño de los existentes. ¿Qué pasa si este CNC está fuera de servicio por cierto periodo de tiempo? ¿Qué pasa si la demanda del servicio se incrementa en un 10%? ¿Qué pasa si...? Las opciones son ilimitadas.

Mejora continua del equipo de trabajo...

Los modelos de simulación pueden proveer de una mejora continua excelente cuando son diseñados con esta finalidad. Es decir, el equipo de trabajo introduce los factores de decisión en el modelo. Los analistas pueden ver los resultados de sus decisiones para trabajar mejor. Esto es mucho menos costoso y más rápido que si se aprende experimentando sobre el proceso real.



Especificar requerimientos...

Un modelo puede ser utilizado para determinar las especificaciones de diseño de un sistema con el fin de alcanzar un determinado objetivo, por ejemplo, en una sección para la que no conocemos las especificaciones necesarias para un tipo particular de máquina. Mediante la simulación de diferentes capacidades para dicha máquina, de una forma rápida y sencilla podemos establecer sus especificaciones o requerimientos necesarios.

Optimizando...

Los softwares de simulación cuentan con un módulo de Optimización en el que se realizan las pruebas de diferentes alternativas sin tener que estar probando en el modelo. El módulo origina las diversas alternativas y presenta exactamente que alternativa es la más conveniente junto con sus resultados.

Para toda la empresa...

La simulación tiene aplicación en todas las áreas de la empresa.

Algunas aplicaciones pueden ser: programación de la producción, evaluación de inversión en equipo, reducción de inventario en proceso, políticas de mantenimiento, manejo de materiales, definir el layout de la planta, Just in Time, planificación de capacidad, retrabajos, programación de centros de trabajo, balanceo de líneas, evaluación de tecnología, asignación de recursos, reducción del tiempo ciclo, administración de inventario y material, distribución y almacenamiento,



distribución del transporte, asignación de rutas, proceso de órdenes, embalaje, control de Calidad, niveles de servicio a clientes, fiabilidad y disponibilidad, soporte de producto y costes,...



FASES DE UN PROYECTO

FASES DE UN PROYECTO

PLANTEAMIENTO DE UN PROYECTO DE SIMULACIÓN

La **Simulación** es una herramienta de ingeniería enfocada a optimizar la toma de decisiones empresariales, la evaluación de inversiones en tecnología, personal e instalaciones, así como para planificar, analizar y mejorar los procesos de la empresa.

Para llevar a cabo un proyecto de simulación es necesaria la construcción de un modelo que represente el funcionamiento de los procesos existentes o propuestos de la empresa. Posteriormente se realizarán pruebas y se analizaran, con el Modelo construido previamente, los resultados de las diferentes alternativas, sin interferir en la operativa y actividad diaria de la empresa.

Necesitamos una metodología clara y concisa que sirva de guía durante el tiempo de vida del proyecto y contribuya desde el principio a asegurar la consecución de los objetivos iniciales del proyecto de simulación. Previamente al inicio, es conveniente tener una serie de conceptos y nociones sobre proyectos de ingeniería en general y simulación en particular bastante claros, como son:

Determinación de los objetivos del proyecto.

El primer y más importante paso de la simulación de procesos es determinar los objetivos a conseguir. El diseño del modelo y las conclusiones y recomendaciones que se deriven del proyecto dependerán de los objetivos de partida elegidos.

- ¿Qué preguntas queremos responder al finalizar el proyecto?
- ¿cuántas piezas se pueden hacer por hora?
- ¿Cuáles son los problemas específicos que deseamos solucionar?
- ¿Cuál es el tamaño de los lotes óptimos de fabricación?
- ¿Necesidad de "demostrar y enseñar" el modelo para el cliente?
- ...

Descripción y datos necesarios del modelo.

Una descripción exacta del proceso o procesos a estudiar nos ayudará a determinar los objetos (maquinas, operarios, productos,...) y flujos de trabajo y materiales que son necesarios para construir el modelo.

Se debe crear un modelo con solamente el **detalle** que necesitamos para satisfacer nuestros objetivos. El exceso de detalles en el modelo retardará el tiempo de ejecución del modelo e incluso podría enmascarar nuestros resultados.

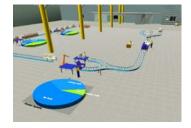
El siguiente paso será la descripción del **flujo del proceso**. No es necesario una descripción del proceso físico. También ayudará a mejorar el modelo un detalle del organigrama de la empresa. Habrá que tener en cuenta cualquier requisito especifico de la fabricación del producto como pueden ser la elaboración por lotes, reglas de prioridades, clasificaciones lógicas, ...



Una importante ayuda para la realización del modelo será tener la disposición física de la nave mediante un **plano CAD** para así facilitar la colocación de los objetos y sus flujos. Además, estamos mejorando la visualización del modelo.

El siguiente punto es definir el **punto de inicio y el final del modelo**. Por ejemplo definiremos si se empieza por el muelle de recepción o se quiere simular solo el cuello de botella de un proceso en cuestión o por ejemplo se centrará el modelo en la simulación de la zona de expedición y su sistema de logística.

Una parte importante de la descripción del proceso será el detalle de las **llegadas de los productos**. Se podrán definir diferentes reglas de llegada como por ejemplo según una programación de llegadas, según una distribución estadística o simplemente por una determinada secuencia.



Aunque los **tiempos de proceso** son una parte importante del modelo, se pueden cambiar fácilmente a través de nuevas tomas de datos. Por lo tanto comenzaremos a modelar con unos valores de estimación de tiempos y así podremos comenzar con el estudio del modelo mientras que se realizan unos tiempos reales. Es importante tener buena información del tiempo de los procesos.

Por último para tener una adecuada descripción del modelo será necesario la determinación de las **variables** que intervienen en el proceso, por ejemplo, nº de operarios, volumen de pedidos, logística interna ...

Resultados

El tipo de información que se quiera recoger de la simulación del modelo determinará considerablemente el diseño y la profundidad del modelo.



¿Qué información del modelo será importante?

¿Cuáles serán los criterios para evaluar el funcionamiento del modelo? Es decir, determinar los cuellos de botella, el mantenimiento del sistema, la clasificación de la producción, los tiempos de ciclo,...

Implicación

En este tipo de proyectos se puede conseguir tanto como quiera la empresa. Dependerá del nivel de implicación en todas las fases del proyecto. También será fundamental la implicación de gerencia.



Preguntas típicas formuladas en la implicación en los proyectos:

- ¿Recolección de los datos?
- ¿Validación del modelo?
- ¿Elección de los escenarios?
- ¿Análisis de los resultados?
- ¿Presentación a la gerencia de los resultados obtenidos?
- •

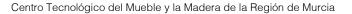
FASES PARA UN ESTUDIO DE SIMULACIÓN

En la ejecución de un proyecto de modelado, simulación y optimización de procesos habitualmente se siguen **Nueve Fases** como parte de una metodología que facilite el éxito del trabajo.

- 1. Definición del problema.
- 2. Formulación de un objetivo y definición de las medidas de acción del sistema.
- 3. Descripción del sistema y establecimiento de todas las suposiciones posibles.
- 4. Enumeración de las posibles soluciones alternativas.
- 5. Recopilación de datos e información necesaria.
- 6. Diseño del modelo en el ordenador.
- 7. Verificación y validación del modelo.
- 8. Experimentación de alternativas: simulación propiamente dicha de posibilidades y búsqueda de la solución óptima.
- 9. Análisis de las diferentes soluciones.

Un estudio de simulación no es una secuencia simple de pasos. En algunos proyectos se pueden dar casos en los que sea necesario retroceder en el proyecto para obtener una mejor comprensión del sistema. Los pasos de verificación y validación pueden ser aplicados tras cada fase del proyecto.

A continuación se explica cada una de las fases más detalladamente.



1. Definir el problema.

La representación completa de un sistema que explique todos los aspectos de realidad podría ser muy compleja, además de conllevar un precio muy caro. Igualmente podría ser muy difícil de entender. Por consiguiente, es aconsejable, primero, definir un problema y formular un objetivo acorde con dicho problema y, luego, crear un modelo 100 % diseñado para solucionar el problema. Se debe tener cuidado para no hacer una suposición errónea en el momento de definir el problema. Por ejemplo, en vez del enfoque de falta de muelles de carga, se podría formular que el camión tiene un tiempo de espera en el muelle muy largo.



Como una idea a seguir, se formula una descripción del problema tan general o genérica como sea posible, entonces, se piensa en posibles soluciones para dicho problema y, luego, si es posible, se perfecciona el modelo introduciéndole más detalles, mejorándolo.

2. Formular un objetivo y definir las medidas de acción al sistema.

El objetivo u objetivos son una guía para cada fase del proyecto. Un estudio de simulación sin un objetivo claro no tiene utilidad alguna. La descripción del sistema se irá definiendo en base al objetivo perseguido con el proyecto. El objetivo determina qué suposiciones pueden ser hechas, qué tipo de información y qué cantidad de datos deben ser recopilados. El modelo está basado y es validado específicamente para cumplir con dichos objetivos. Y, por supuesto, los resultados obtenidos en la ejecución de la simulación serán para satisfacer los objetivos. El objetivo debe ser claro, inequívoco y factible. Los objetivos, a menudo, pueden estar expresados como preguntas tales como "¿qué es más rentable para aumentar la productividad, añadir más o mejor maquinaria o trabajar un tiempo extra?"

Al definir el objetivo hay que especificar las medidas de funcionamiento que se usarán para configurar la simulación. El coste de producción por hora, la fabricación por parte del operario, los promedios de los tiempos y el tamaño de lote de producción son medidas típicas de funcionamiento. Por lo tanto, en esta etapa se definen los límites del sistema y los objetivos del estudio, chequeando que éstos no cambien durante el desarrollo del mismo

Finalmente, se enumeran cualesquiera de las condiciones previas para los resultados de simulación. Por ejemplo, el objetivo debe ser realizado usando los componentes del modelo existente, o la cantidad máxima de la inversión no puede exceder de una cantidad prefijada, o el plazo de entrega de producto no puede aumentar.

3. Describir el sistema y editar cualquier suposición.

Tanto si el modelo es un sistema de logística, una planta de producción o es una operación de servicio, hay que definir claramente los elementos que componen el modelo: los recursos, los productos de flujo (los tipos de productos, los clientes o la información), las rutas de procesos, las transformaciones del producto, el control del flujo, las veces de proceso,...

Existen cuatro tipos básicos de recursos: los procesadores, las colas, los transportes internos y los recursos compartidos como los operarios. La llegada y las características específicas que recargan a los flujos de los procesos deben ser definidas en términos de veces de llegada, el tipo de llegada, así como los tipos de productos que intervienen.



Las definiciones de las rutas de flujos requieren descripciones detalladas en el caso de existir combinaciones o separaciones de productos. Las transformaciones de los productos incluyen los cambios de atributos, operaciones de ensamblaje (la combinación de artículos) y operaciones de desmontaje (la división de artículos).

A menudo existirá la necesidad de controlar el flujo de artículos en el modelo. Por ejemplo, se puede forzar un artículo a pararse hasta que se dé una determinada condición o transcurra un determinado tiempo, y luego vuelvan a seguir su curso dependiendo de otro tipo de funciones. Todas las funciones del proceso pueden ser definidas; incluso cuando son dependientes del operario y además sean automáticas. La duración de los recursos puede ser planificada e incluso sus demoras o tiempos de parada, como pueden ser los almuerzos, roturas o el mantenimiento preventivo. Por lo tanto, para el caso de la rotura y su posterior reparación se podrán especificar con un tiempo siguiendo una distribución estadística ya que, en la realidad, estos tiempos vienen definidos por una tolerancia de error de los recursos.

Por lo tanto, la correcta representación del sistema en un modelo siempre nos dará una adecuada interpretación de realidad. Además, será necesario especificar algunas de las suposiciones que son realizadas en la representación del sistema. De hecho, una buena idea es la de mantener una lista con las suposiciones realizadas y disponibles durante el estudio de simulación para seguir introduciendo las futuras suposiciones.

Si esta fase de describir el sistema se realiza correctamente, la fase de diseñar el modelo en 3D con la aplicación informática correspondiente se simplifica enormemente.

Recuerde que es necesario que el modelo contenga los mínimos detalles para cumplir los objetivos marcados al inicio del proyecto, es decir, el modelo debe representar lo esencial del sistema, no es necesario tener una representación exacta entre los elementos del modelo y los del sistema.

4. Enumerar las posibles soluciones alternativas.

Es importante determinar al principio del estudio de simulación las posibles soluciones alternativas que se presenten para que el modelo comience a funcionar. Esto tendrá una influencia en cómo se diseña el modelo. Al tomar alternativas al principio de la simulación, el modelo puede ser diseñado de tal modo que fácilmente puede ser transformado en otro sistema alternativo.



5. Recopilación de datos e información necesaria.

Además de recoger los datos e información necesaria para introducir los parámetros de entrada al modelo, es preciso validarlo y poder comparar datos reales con los resultados de aplicar el modelo.



Es recomendable combinar los datos de los registros históricos, informes, estadísticas,... Estos datos ayudan a identificar aquellos parámetros de entrada que se requieren para recopilar posteriormente un conjunto de datos más exactos.

Las fuentes existentes de datos no están siempre disponibles, y la recopilación de datos por medidas puede tener un coste excesivo además del tiempo consumido. Por lo tanto, en el momento de comenzar a recoger los datos sobre cada parámetro de entrada del sistema, será más rentable usar estimaciones hasta que un análisis más sensible pueda ser realizado sobre el modelo para señalar aquellos parámetros que requieren unos datos más fiables.

Las estimaciones pueden ser obtenidas de unas medidas rápidas o consultando con los técnicos de sistema que tienen la experiencia sobre el terreno o la buena familiaridad con el sistema.

Incluso usando datos estimados, lo mejor, al menos, es definir una distribución triangular basada en un mínimo, el máximo y el valor más probable en vez de, simplemente, el uso de un valor medio. A veces las estimaciones pueden ser suficientes para encontrar el objetivo del estudio de simulación. Como ejemplo, la simulación se puede utilizar simplemente para educar a personal en ciertas

relaciones de causas y efectos dentro del sistema. En este caso, una estimación es todo lo que se necesita.

Cuando son necesarios datos fiables hay que recoger una cantidad estadísticamente significativa de datos sobre una cantidad representativa de tiempo para definir una distribución de probabilidad que represente la realidad exactamente. El número de datos requeridos depende de la varianza pero, por regla general, es necesario como mínimo un centenar de datos. Si el parámetro de entrada corresponde a un período donde se producen paradas en el trabajo, puede ser necesario recoger más datos durante un período más amplio de tiempo para que los resultados sean significativos.

6. Diseño del modelo en el ordenador

El modelo de simulación se diseña teniendo principalmente los objetivos de partida en mente. Se construye por fases, comprobando cada una de ellas para trabajar correctamente antes de proceder a la siguiente. Ejecutando y controlado el ajuste de cada fase, podremos hacer varios modelos del mismo sistema, así, por lo tanto,



se podrán contemplar diferentes niveles de pruebas con el modelo. Los modelos abstractos ayudarán a definir las partes importantes del sistema y dirigir el esfuerzo de recopilación de datos para modelos subsiguientes con más detalle.

7. Verificación y validación del modelo

La *verificación* determina si el modelo funciona como queremos. ¿Coincide el modelo con el modelo que se quería diseñar? ¿Están siendo procesados los productos en el espacio de tiempo correcto, siguen el flujo de proceso correcto,...?

La *validación* es más extensa. Implica la determinación de si el modelo es una representación correcta de realidad y la determinación del nivel de confianza que puede ser establecida en los resultados del modelo.



Existen diferentes técnicas que pueden ser usadas para verificar un modelo de simulación La primera parte, y la más valiosa, es observar la animación y el reloj de simulación simultáneamente al ejecutar el modelo con una velocidad lenta de simulación. Aquí se debería señalar o indicar cualquier discrepancia en rutas de flujo o el sistema de procesado de los productos.

Otra técnica de verificación es comprobar los estados y las cualidades de los recursos y de los artículos del flujo en el modelo mostrando los informes y gráficos dinámicos en la pantalla de visualización mientras que el modelo está funcionando.

Hacer funcionar el modelo en modo "paso a paso" y ver el informe que genera, pueden ayudar dinámicamente a eliminar errores del mismo. Es una buena idea controlar la simulación bajo una variedad de ajustes para que los parámetros y la comprobación de entrada puedan ver que la salida es razonable. En algunos casos, ciertas medidas simples del funcionamiento se pueden calcular a mano y utilizarlas para una comparación directa. Los costes de instalaciones y de producción son, generalmente, fáciles de calcular para las áreas definidas en el modelo

Al depurar un problema en el modelo, es recomendable que la misma entrada de datos aleatorios se use para cada prueba controlada de modo que los cambios observados correctamente sean atribuidos a las modificaciones hechas en el modelo y no a un cambio de la entrada de datos.

La validación del modelo establecerá la credibilidad del mismo. Sin embargo, no hay técnicas de validación que den la certeza del 100 % en los resultados de un modelo. Pocas veces se puede probar que el comportamiento del modelo es una descripción exacta de realidad. Si se pudiera, no habría necesidad en primer lugar de simular un modelo. En la mayoría de los casos se puede asegurar que los hechos no contradicen el comportamiento del modelo.



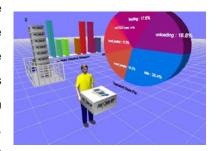
Con la validación se trata de determinar el grado en el cual el modelo es bueno. Un modelo es bueno si cumple con el objetivo marcado y ofrece información relativamente precisa. El modelo sólo debe ser tan válido como sea necesario según los objetivos iniciales. Hay siempre una relación directa entre la exactitud de los resultados y el coste de obtención de los mismos.

ldeas en la valoración de la validez de un modelo:

- Las medidas del modelo de funcionamiento se relacionan con las medidas reales del funcionamiento del sistema real.
- Si no hay un sistema real con el que compararse, entonces se harán comparaciones con los resultados relevantes de los modelos de simulación similares de sistemas reales.
- Usar la experiencia o la intuición de los técnicos del sistema para estimar los componentes específicos de un sistema complejo.
- Realizar una "revisión" estructurada del modelo antes de una presentación a todas las personas implicadas en el proyecto para asegurar que las entradas del modelo y las suposiciones son correctas, y que las medidas de trabajo sean realistas. El conocimiento del equipo completo contribuye a la validez del modelo.
- Determinar el máximo y mínimo teórico de los resultados y comprobar si los resultados están dentro de este intervalo.
- Variar los parámetros de entrada de los cuales conocemos su efecto sobre una medida de funcionamiento particular, y se comprueba su comportamiento.
- ¿El modelo es capaz de predecir resultados con exactitud?

8. Experimentación de alternativas

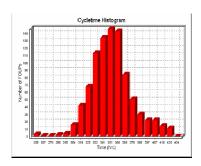
Cuando se realizan simulaciones múltiples siempre se requiere el uso de estadísticas, por lo tanto, los intervalos de confianza se deben calcular para cada una de las medidas de funcionamiento definidas en el paso 2, si es posible. Los escenarios alternativos pueden ser establecidos bien individualmente y simulados usando el módulo experimental, de forma manual, o bien realizando simulaciones automáticas ejecutadas utilizando el módulo de optimización.



El módulo de optimización

Para ejecutar una optimización se tiene que definir una variable objetivo para ser maximizada o minimizada y tantas variables de decisión como se quiera experimentar, con todas las exigencias e imposiciones que sea necesarias para cumplir los objetivos iniciales.

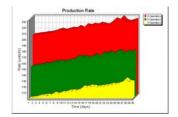
Además, hay que especificar el intervalo de confianza deseado para la variable objetiva, y luego se encargará el propio optimizador de controlar el modelo para ejecutarlo el número de escenarios necesarios con el fin de encontrar el intervalo de confianza de cada experimento; y después, en última instancia, encuentra la solución óptima de variables para la decisión de maximizar o reducir al mínimo la variable objetiva.



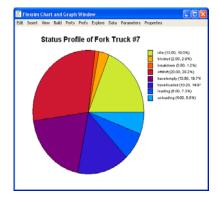
En el momento de determinar la duración del tiempo de simulación es importante considerar tiempos de preparación, posibles tiempos de pérdidas en los recursos, paradas estacionales o diarias, o cualquier otra característica de sistema que requeriría un tiempo de simulación mayor para interpretar el efecto.

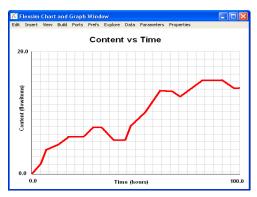
9. Analizar las diferentes soluciones.

Toda la información recogida procedente de los informes, las gráficas y los argumentos de los intervalos de confianza, formarán parte del análisis de datos de salida del modelo.



Las técnicas estadísticas se usan para analizar los datos de salida de cada una de las simulaciones alternativas del escenario. Al analizar resultados y conclusiones del modelo, se interpretan los resultados relacionándolos con los objetivos iniciales. Una utilidad de ayuda es generar una matriz de resultados y alternativas para facilitar la comprensión de los datos de salida.





Graficas obtenidas en la simulación de modelos.



HERRAMIENTAS PARA LA SIMULACIÓN

HERRAMIENTAS PARA LA SIMULACIÓN

Presentamos en ésta guía una serie de herramientas y aplicaciones informáticas de apoyo en los proyectos de simulación de procesos. Los medios y canales utilizados para encontrar éste tipo de aplicaciones han sido la búsqueda de referencias en revistas especializadas y en Internet, y el contacto con proveedores de las mismas. Los comentarios acerca de cada solución corresponden a un extracto de la información comercial de cada una de ellas encontrada en los medios comentados anteriormente.

FLEXSIM

Flexsim es un poderoso programa de simulación que permite visualizar y probar cambios en las operaciones y los procesos de logística, manejo de materiales y manufactura de la manera más rápida y sencilla evitando los



altos costos, riesgos y extensos tiempos que conllevan el experimentar con cambios en el mundo real y su análisis por prueba y error.

Flexsim es un software de simulación verdaderamente orientado a objetos que sirve para construir modelos que te ayudan a visualizar el flujo de los procesos, optimizarlos y generar ahorros. Permite analizar diferentes escenarios y condiciones, encontrando la solución más conveniente, todo esto en un ambiente gráfico en tres dimensiones (3D), con los últimos avances en tecnología que facilita la comunicación y comprensión de las ideas para una acertada toma de decisiones.

Adicionalmente un profundo análisis estadístico del desempeño del proceso, cuellos de botella y de troughput (flujo) está disponible. Gráficas, reportes y estadísticas presentan los resultados del modelo de simulación de una manera clara y precisa.

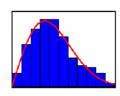


Flexsim representa la mayor innovación en software de simulación de los últimos 10 años, al ofrecer todo el poder, flexibilidad y conectividad. Es la más avanzada tecnología de simulación. Flexsim presenta una extraordinaria facilidad de uso. Permite construir modelos simples y complejos de la forma más rápida y sencilla posible, sin necesidad de conocimientos de programación.

Software de Ajuste de Curvas ExpertFit.

La simulación permite manejar valores promedio en los modelos en datos referentes a tiempos de producción, número de productos a surtir por orden, camiones por día a recibir, tiempos de mantenimiento o cualquiera que se desee. La desventaja de utilizar promedios es que no contemplan un efecto muy importante, el de la aleatoriedad y variabilidad.

Sabemos que el tiempo de una operación no siempre es exactamente el mismo, así como el tiempo de preparación de una máquina o el que se lleva el revisar la documentación de cierto camión o bien la cantidad de productos que este lleva, por mencionar un ejemplo.



Mediante distribuciones de probabilidad se puede representar con gran precisión las variaciones en cantidades y tiempos de los procesos y omitir los errores en la determinación de capacidades, programas de producción, fechas de entrega, balanceo de líneas, identificación de cuellos de botella o diseños de layout debido al uso de valores promedio, lo que permite que el modelo de simulación represente fielmente la realidad.

ExpertFit es un módulo de ajuste de curvas al que se le introducen los tiempos o valores que se quieren analizar para que en lugar de promedios, determine cual es la distribución de probabilidad que mejor se ajusta, como podría ser una distribución normal indicando los valores de la media y su desviación estándar o bien una exponencial por mencionar unos ejemplos. Todo el análisis de



datos lo hace automáticamente y muestra el resultado en segundos. ExpertFit viene incluido en cada licencia del simulador Flexsim.

Optimizador

El módulo de optimización y diseño de experimentos para los modelos de simulación automáticamente crea diferentes escenarios a partir de los modelos creados en Flexsim variando las distintas condiciones que se le especifiquen tales como el número de personas, montacargas, inventario, capacidades de las máquinas, velocidades de las bandas transportadoras, personal de mantenimiento, turnos, demandas o cualquier variable que se desee.

Estos escenarios son simulados en Flexsim de forma automática. Utilizando potentes algoritmos se evalúa toda una gama de escenarios y encuentra automáticamente la solución óptima. Los criterios para encontrar esta solución óptima los define el usuario y pueden ser cualquiera de los objetivos que se deseen.

Ejemplos de los objetivos son maximizar utilidades, minimizar tiempos de surtido, minimizar los tiempos de espera, maximizar piezas producidas, maximizar el nivel de servicio o cualquier otro objetivo que se desee.

+ Información: www.flexsim.com

OPTQUEST OPTIMIZER

OptQuest es una aplicación para la optimización de simulaciones previamente realizadas por otros herramientas de simulación de procesos. Está desarrollada por la empresa OptTek.

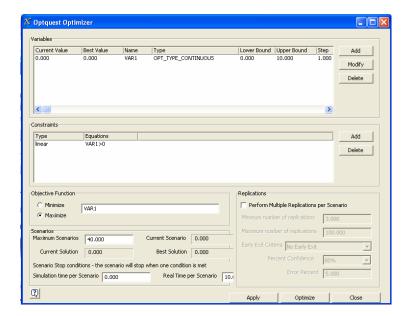


Esta herramienta sirve de apoyo a la hora de valorar y determinar la solución óptima de las distintas alternativas obtenidas como resultado de aplicar la simulación de procesos para analizar un determinado problema o suceso. De esta forma esta aplicación determina la solución o soluciones óptimas y sirve de gran ayuda para la correcta toma de decisiones.

Cuando se utiliza la simulación de procesos, intentamos obtener respuesta a preguntas como:

- ¿Cuál es la distribución más eficaz de la fábrica?
- ¿Cuál es la política más rentable para reemplazar los equipos y maquinaria utilizada?
- ¿Cuál es la política más adecuada y rentable de gestión de inventarios?
- ¿Cuál es la mejor asignación de puestos de trabajo y mano de obra?
- ¿Cuál es el horario de funcionamiento más eficaz?
- ¿Cuál es la inversión mas rentable de una serie de alternativas?

Las respuestas a estas preguntas requieren un examen cuidadoso de los escenarios múltiples generados por la simulación de procesos. Para ello, cada escenario alternativo necesita la puesta en práctica de una simulación apropiada para determinar así las consecuencias de los costes, los beneficios y los riesgos. Se debe decidir qué escenarios de decisión son los que deben ser examinados con el fin de identificar los mejores. OPTQUEST está diseñado para analizar y encontrar automáticamente las decisiones óptimas; de manera que es una herramienta complementaria al software de simulación para satisfacer esta función crítica.



OptQuest permite especificar una variedad de criterios para controlar la determinación de las decisiones óptimas, como son:

- Definición de parámetros específicos.
- Establecimiento de limitaciones del presupuesto.
- Establecimiento de capacidades de la máquina.
- Establecimiento de tamaños mínimos y máximos de los pedidos y lotes.
- Asignación de límites de horas trabajadas.
- Acoplamientos y relaciones entre los distintos recursos de la planta de producción.
- + Información: www.optquest.com

PROMODEL

Es un Software de Simulación y Optimización para el Proceso de Manufactura, Logística, Ensamble, Balanceo de Líneas, Justificación de Inversión de Capital, entre otras aplicaciones.



Se trata de una herramienta sencilla de utilizar que permite diseñar en un ordenador una representación gráfica del sistema y probarlo en una variedad de escenarios mostrando la mejor solución que incremente valor a su organización.

La representación gráfica del modelo, la animación y los informes gráficos son herramientas potentes para ver, entender, comunicar y mejorar el sistema.



Algunos ejemplos de aplicaciones típicas incluyen:

- Optimizar el proceso de producción.
- Reducir el tiempo de ciclo del sistema.
- Justificar decisiones de inversión en equipo.
- Analizar y mejorar la capacidad de producción.
- Identificar y minimizar cuellos de botella y restricciones.
- Optimizar la asignación de recursos.

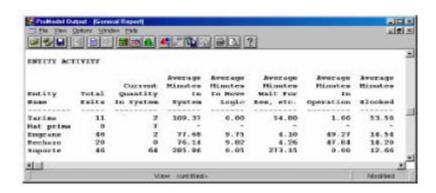
El Software ProModel es usado con éxito por muchas empresas líderes en el Mundo, tales como: General Electric, DuPont, Ford, Michelin, 3M, Boeing, IBM, Coca Cola, Dell Computer, Siemens, Allied Signal, Nokia, Whirlpool, Motorola, Lockheed Martin y muchas más.

Funciones del Sistema:

Construir modelos de forma rápida por medio de una interfaz gráfica sencilla de utilizar.

Explorar escenarios "Que pasa si..." de forma rápida, sencilla y libre de riesgos.

Permite manipular y analizar la información de forma sencilla con la posibilidad de exportarla a Microsoft Excel.



Construir modelos del sistema a medida con representación gráfica (Manufactura, Almacén, Transporte, etc)

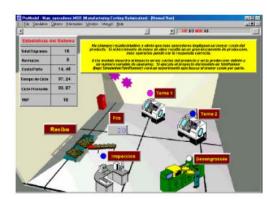
Modelación exacta de todo el sistema, incluyendo máquinas, operadores, montacargas, líneas de producción, tanques, áreas de almacenamiento.

Simular la aleatoriedad y variabilidad del sistema mediante mas de 20 tipos de funciones de distribución estadística, o directamente importando sus propios datos.

Paquete de Optimización:

El paquete de Simulación incluye, además del Software ProModel, una serie de herramientas adicionales y servicios para el garantizar el éxito en la implantación del mismo:

- SimRunner
- Stat:Fit



+ Información: www.promodel.com

SIMPROCESSS

Es una herramienta de simulación de negocios orientada a procesos, que combina el mapeado de los flujos de trabajo de la planta de producción con la simulación de eventos discretos y el sistema de costes basado en actividades. El modelo se

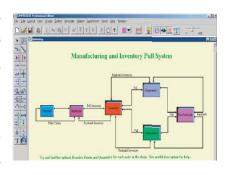


construye gráficamente y está diseñado para organizaciones que necesitan analizar una variedad de escenarios de operación. Utiliza tecnología Java y XML.

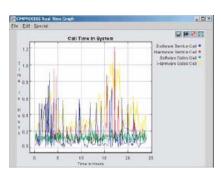
Los modelos de SIMPROCESS contienen los siguientes componentes:

- Procesos y subprocesos alternativos.
- Actividades.
- Entidades.
- Recursos.
- Conectores.

La visión por procesos de la empresa representa las operaciones que en ella se ejecutan a un nivel muy alto, desde el que solamente se aprecia el contorno general del negocio. La descomposición de cada proceso en actividades permite llegar al máximo detalle en cada operación de la empresa. De ésta forma, la visión de los procesos y actividades posibilitan el análisis de cada proceso por sucesivas capas que van desde lo mas general, hacia el máximo grado de detalle en cada actividad.



SIMPROCESS permite representar el comportamiento del mundo real de actividades tales como corte, cosido, montaje, transformación, fabricación por lotes, etc. Estas actividades se pueden conectar o encajar en procesos más generales. Estos bloques incorporados de actividades son utilizados para representar las características operacionales de los propios procesos del negocio.



SIMPROCESS contiene una librería, que refleja cada tipo de acción.

+ Información: www.simprocess.com

SIMUL8

Es un paquete integrado de herramientas de simulación y optimización para realizar modelos de la simulación flexibles y robustos. El producto SIMUL8 profesional incluye además los módulos de análisis estadístico Stat:Fit y el módulo de optimización OptQuest.



SIMUL8 incluye las siguientes características:

- Realidad virtual. Representa el modelo de simulación en un ambiente realista 3D.
- Diversas herramientas de análisis como, por ejemplo, hojas de balance.
- Edición de propios eventos.
- Análisis ABC.
- Analizadores de velocidades.
- Objetos adicionales.

- ...

Además permite la comunicación con otros software a través del puerto COM, que se utiliza para comunicarse con otros sistemas como, VBA, VB, C++, Delphi y cualquier otro software de soporte de ActiveX/COM.

Por otra parte SIMUL8 SQL permite la conexión con cualquier fuente de datos que se apoye en SQL. De esta forma, contempla el enlace con la fuente de datos, lectura de la misma, escribir y preguntar.

+ Información: www.simul8.com



WITNESS

WITNESS posee una interfaz gráfica que permite comprender y mejorar los procesos. Es un programa para ver la evaluación de alternativas, apoyarse en importantes iniciativas estratégicas y



mejoras continuas. Su enfoque se basa en la creación de representaciones visuales de los sistemas de la vida real que, a través de modelos dinámicos, consiguen transformar simples datos en medidas productivas al mismo tiempo que fomentan el trabajo en equipo y la creatividad.

Entre sus prestaciones, destaca:

- Dibujo del proceso de su negocio.
- Técnicas y métodos de optimización.
- Visualización en 3D.
- Recopilación y análisis de datos.
- Predicciones y planificación.

ÁREAS DE APLICACIÓN

Por áreas de aplicación se identifican los siguientes campos:

- Industria del Automóvil y Aeroespacial.
- Industria Financiera.
- Industria Alimentaría.
- Industria del Petróleo y el Gas.
- Industria Electrónica.
- Industria Farmacéutica.

LIBRERIAS Y/O HERRAMIENTAS COMPLEMENTARIAS

WITNESS dispone de un conjunto de módulos específicos, todos ellos desarrolladas por el propio fabricante. Vea su información detallada a través del link en la parte inferior de esta página.

+ Información: www.addlink.es



APLICACIONES REALES A CASOS REALES

APLICACIONES A CASOS REALES

INTRODUCCIÓN.

Presentamos a continuación una aplicación práctica de construcción y análisis de un modelo de simulación de procesos productivos. Para este caso en concreto, nos centramos en una empresa dedicada a la fabricación de sillas.

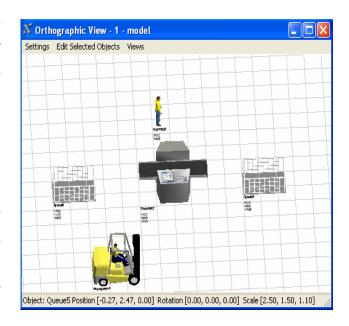
En primer lugar se mostrará el estado actual del proceso productivo y a continuación nos fijaremos en los problemas surgidos en la simulación del proceso productivo tales como cuellos de botella, excesos de recorrido, problemas de almacenamiento, etc.

Para la demostración del caso práctico se ha utilizado la aplicación del programa de simulación de procesos industriales denominado **Flexsim v3.0**.

Flexsim Software Products, Inc. es un software que se basa en tres principios: modelar, simular y visualizar, para cualquier proceso de negocio, fabricación, logística o administración, etc.

Modelar...

La aplicación utiliza objetos altamente desarrollados que representan actividades y colas de proceso. Cada objeto puede tener una localización (x, y, z), una velocidad (x, y, z), rotación y un comportamiento dinámico (tiempo). Los objetos se pueden crear, mover y borrar sin problemas. Pueden tener su propia funcionalidad o heredarla de otros objetos. Estos objetos dan resultado distintos como parámetros características dominantes que ayudan modelar fácil y eficazmente cualquier proceso de fabricación, constricción de material o proceso de la empresa.



Además nos permite modelar los objetos físicos que existan. Las máquinas (seccionadoras, tupís, CNC ,etc) los operarios, los transportes internos (cintas transportadoras, carretillas), los almacenes, silos, los flujos del proceso y los tipos de productos se pueden modelar fácilmente usando las bibliotecas.



Cada aspecto del software está abierto para que el usuario modifique unos requisitos especiales. Los objetos, vistas, menús, características y parámetros del objeto, por enumerar algunos, son todos accesibles al diseñador del modelo. Se puede agregar una propia lógica a los objetos, cambiar código existente o quitar el código que no se necesita. Incluso se puede construir objetos totalmente nuevos. Todos los objetos que se modifican para utilizar requisitos particulares o que se crean nuevos pueden ser agregados a la biblioteca para la reutilización en otros modelos. Los objetos se pueden crear y modificar usando lenguaje de C++, controlando el comportamiento del objeto.



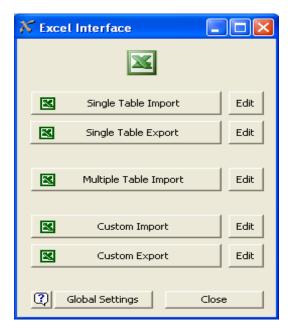
Debido a que los objetos de Flexsim están abiertos al diseñador del modelo, los objetos, bibliotecas y modelos se pueden intercambiar entre otros usuarios. Esto, mezclado con el hecho de que los objetos pueden ser modificados completamente para condiciones particulares y la posibilidad de intercambiar objetos, disminuye el tiempo de creación de modelos sensiblemente. Para que los objetos modificados para requisitos particulares se puedan agregar a la biblioteca basta con arrastrar y pegar, y no es necesario reconstruirlos nuevamente para cada nuevo modelo. Las modificaciones para requisitos particulares y la posibilidad de intercambiar objetos amplían el ciclo de vida de objetos y de modelos.

Simular...

La aplicación contiene un motor extremadamente rápido para que ejecute grandes cantidades de eventos en un mínimo de tiempo. El motor dirige la simulación y la visión del modelo (visualización), pero la visión del modelo se puede cerrar para acelerar la simulación aún más. La estructura especial del motor de la simulación y el **lenguaje del flexscript** deja cambiar las partes de los modelos mientras la simulación está funcionando.

La aplicación está equipada con una opción para simular escenarios preestablecidos (experimental) ¿Qué pasa si...? Los escenarios pueden ser ejecutados automáticamente y se almacenan sus resultados en informes, tablas y gráficos. Permite analizar el funcionamiento de cada escenario con un número de indicadores predefinidos y definidos por el usuario tales como utilización, rendimiento de procesamiento, tiempos y costos.

Los resultados son exportados a otras aplicaciones como Word y Excel de Microsoft. Los datos de entrada de la simulación se pueden importar directamente usando ODBC o conexiones dinámicas de datos.





Visualizar

Si una imagen dice más que mil palabras, la animación en realidad virtual habla por volúmenes. Se importan objetos desde 3DS (3D Studio), VRML, 3D DXF y STL.

Con las vistas incorporadas de presentación se permite agregar fuentes de luz, niebla, etc. Se definen "Fly -Throughs" (puntos fijos en el espacio) para dar un desplazamiento a las cámaras para visualizar el modelo en la presentación, por lo tanto se generarán unos archivos de tipo AVI que se pueden generar rápidamente usando un grabador de video. Cualquier modelo se puede guardar, copiar en un CD/DVD o enviar por email para la visión inmediata.



Los informes, los gráficos, los histogramas y los textos 3D hacen que la presentación de la información del modelo sea muy vistosa.

Se pueden generar informes en cualquier momento de la simulación. La arquitectura abierta permite que el usuario se conecte a cualquier base de datos OBDC para la lectura o la escritura de los datos necesarios del modelo. Desde Excel o Word se pueden conectar los archivos para situar el modelo en tiempo real para la presentación de datos.





TERMINOLOGÍA BÁSICA. SOFTWARE DE SIMULACIÓN

Antes de comenzar a crear el primer modelo es muy útil entender algunas de las terminologías básicas del software. Vamos a presentar los términos mas frecuentes para poder familiarizarse con las variables que se presentan en las simulaciones como pueden ser objetos, puertos, flujos, etc.

Objetos

Los objetos se encuentran la Biblioteca de Objetos. Incluyen entre otros:

- "Source" (fuente de entrada),
- "Queu" (almacén o buffer de acumulación),
- "Processor" (proceso o máquina),
- "Sink" (fuente de salida),
- "SplineConveyor", "Conveyor" (transportador o banda transportadora), "NetworkNode" (nodo de red de caminos),
- "Grane" (grúa),
- "ASRSvehicle" (Automated Storage and Retrieval System (ASRS) es un vehículo robotizado que traslada y posiciona objetos),
- "VisualObject" (objeto visual),
- "VisualText" (texto visual).

Standard Objects Source Queue Processor Sink Combiner Separator Conveyor Rack Dispatcher Operator Transporter NetworkNode

Flowitems

Son los objetos que se mueven a través de un modelo. Los flowitem o tipos de producto pueden ser sillones, sofás, tableros, maderas, módulos de muebles o cualquier cosa que fluya a través del proceso. La mayoría de los Flowitems pasan por operaciones del proceso o son trasladados por el modelo mediante recursos de manejo de materiales.



Éstos se pueden definir globalmente o parcialmente.

Itemtype

Es una **"etiqueta"** que tiene el flowitem que contiene cierta información como puede ser el número del código de barras, tipo de producto, peso, destino, coste o un número de parte, por nombrar algunos ejemplos.

Labels	
ID producto	1125.000

El software estará preparado para tomar decisiones en base al Itemtype (etiqueta) como puede ser definir la ruta según el valor del Itemtype. El flowitem (tipo de producto) define en general el producto o parte, mientras que el itemtype (etiqueta) define la característica individual.

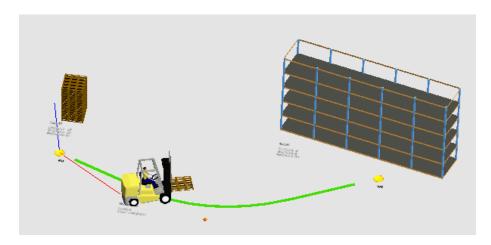
Ports.

Cada objeto tiene un número ilimitado de puertos a través de los cuales se comunican con otros objetos.

Existen tres tipos de puertos: de entrada (input), de salida (output) y central (central).



Los puertos de input y output se usan para introducir el sentido de proceso de los flowitems o bien para crear redes de caminos de tránsito (network paths) para que los sigan los recursos móviles usando los nodos de la red (NetworkNodes). Los puertos centrales son usados para crear referencias de un objeto a otro. Un uso común de los puertos centrales es para referenciar a los objetos móviles (operators, transporters, cranes y ASRSvehicles) en lugar de los recursos fijos (processor, queues, o conveyors).

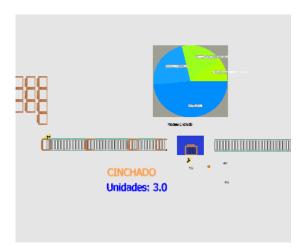


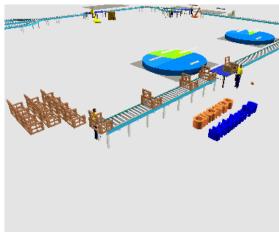
Ejemplo de camino de tránsito.



Se obtiene un ambiente de modelado en realidad 3D.

La vista más común para construir modelos es en plano X-Y denominado vista ortogonal (VO). Además se incluye otra vista en el plano X-Y-Z denominada vista perspectiva (VR). Generalmente es más fácil empezar a desarrollar el layout con la vista ortogonal, pero se puede escoger cualquier opción de vista para construir o ejecutar el modelo. Las vistas en perspectiva ofrecen las mejores vistas para una presentación del modelo.





Vista Ortografica

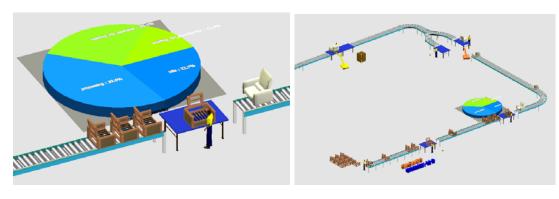
Vista Pespectiva

DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS

Descripción

Cuando se describe un modelo se comienza identificando todos los tipos de productos que intervienen en el proceso de fabricación. Asociaremos valores a cada uno de los tipos de productos (itemtype). Como, por ejemplo, en nuestro caso, un tipo de producto es la materia prima que llega intermitentemente desde otro lugar de la fábrica.

También se identifican las diferentes máquinas pertenecientes al proceso productivo. Cada máquina puede procesar diferentes tipos específicos de productos. Por lo tanto, para facilitar la simulación, se comenzará procesando cada tipo de producto en sus respectivas máquinas, es decir, los tipos de productos se deben probar en un solo **modelo de prueba** para facilitar las posibles correcciones. Si se han simulado correctamente, ya pueden ser utilizados en el modelo general; si fueran simulados incorrectamente, deberemos volver a reprocesar los productos en ese modelo de prueba hasta conseguir su corrección.



Modelo de prueba

Modelo en el proceso general

Una de las metas principales de la simulación es encontrar donde se encuentran los posibles cuellos de la botella. Una vez identificados se comenzará a encontrar las posibles soluciones.

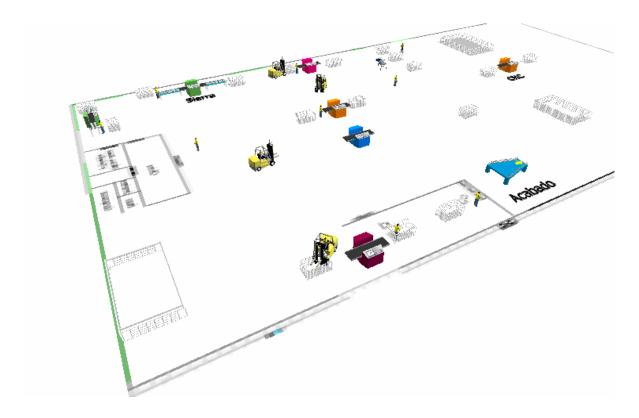
CONSTRUCCIÓN DE MODELOS.

A continuación, comenzaremos a construir el modelo descrito en el principio del capítulo, basado en una empresa del sector del mueble dedicada a la fabricación de sillas.

Como resultado de la aplicación de las fases previas a la construcción del modelo, como son la definición de la empresa, y objetivos a conseguir, estudio de operaciones productivas, diagramas analíticos, gráficos de recorrido, podemos plantear el diseño del modelo de planta actual.

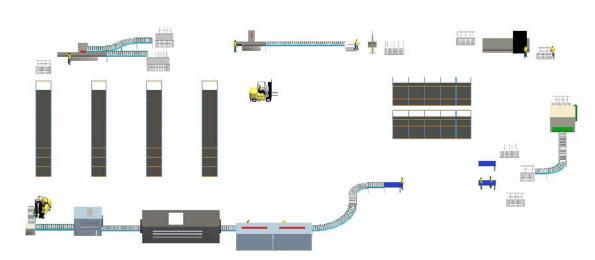
Por lo tanto, deberemos contar con la descripción del modelo de distribución en planta, y flujos de trabajo actual. En el sistema productivo de la empresa de ejemplo contamos con siguientes procesos: seccionado, tronzado y optimizado, mecanizado, lijado, montaje, acabado, túnel de secado, embalaje mediante empaquetadora y almacenamiento del producto final.

Estos procesos se corresponden con la siguiente disposición de las máquinas sobre el plano de la nave. A partir de la misma comenzaremos a construir el modelo de simulación añadiendo objetos (máquinas, almacenes, operarios, materiales,...) que encontramos predefinidos en la librería de la aplicación informática utilizada. Para facilitar la disposición de dichos objetos se puede establecer su situación sobre un plano de la nave (este puede ser un bitmap o un plano del tipo dxf).



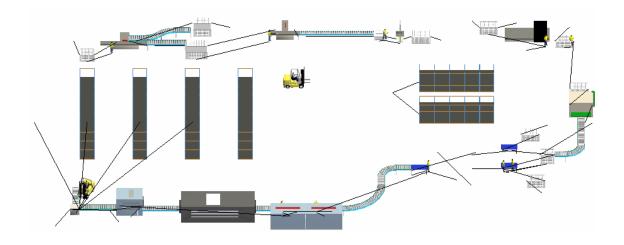
Vista inicial del modelo bajo un plano "dxf" de Autocad.

Se finalizará de completar el diseño del proceso productivo con la incorporación de los objetos 3D, personalizando el modelo.



Vista aérea del proceso productivo.

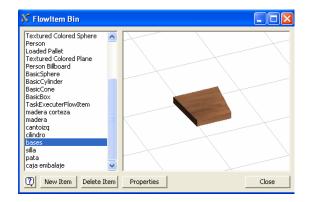
Una vez situadas todas las máquinas, almacenes, operarios así como los espacios reservados para el almacenamiento, se comenzará a detallar las características del proceso, tipos de producto, así como todas las características y parámetros de los procesos.



Vista general de las conexiones de los objetos del modelo.

Por lo tanto, una vez enlazado y preparado todo el flujo de trabajo, seguiremos con la descripción de los productos y sus respectivos tipos.

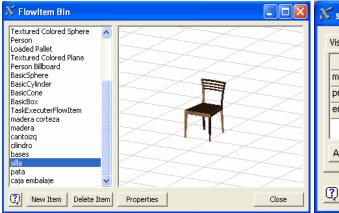
A continuación comenzaremos por la definición del producto en 3D y sus respectivas características tanto dimensionales, como sus "etiquetas", que nos permitirán después identificarlo.





Objeto 3d: Base del asiento.

Características espaciales del producto.





Objeto 3d: Silla.

Parámetros del producto: "etiquetas".

A continuación se muestran algunos de los restantes productos:

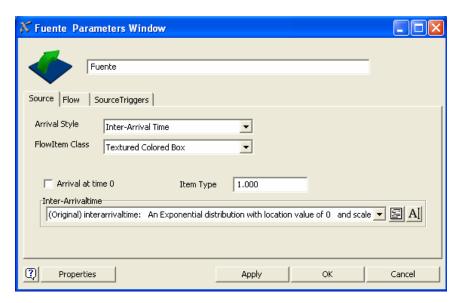


Una vez declarados todos los productos y sus tipos, el siguiente paso será comenzar a detallar las características del flujo productivo, introduciendo los parámetros que caractericen a cada una de las fuentes, las maquinas, los almacenes, los transportes internos y externos, etc.

Cada objeto tiene su propia ventana de parámetros a través de los cuales se introducen los datos al modelo. Estos datos son los referidos, por ejemplo, a tiempos de proceso, tipos de operaciones, capacidades, tipos de eventos que se produzcan dependiendo la operación, nº de operarios de la operación o transporte, etc.

A continuación se muestran algunas de estas ventanas de configuración.

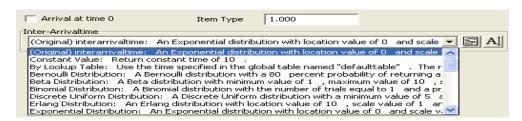
Configuración de las Fuentes.



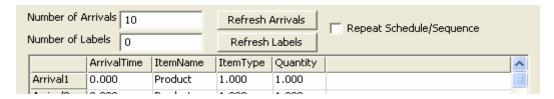
Configuración de la Fuente.

Para la configuración de la fuente disponemos de 3 tipos de salida de los productos predefinidas por el software:

Tiempo de salida: Para poder comenzar a utilizar el modelo de simulación, estableceremos el intervalo de tiempo en que la fuente crea un nuevo flowitem (producto, normalmente materias primas, o productos que vienen a la empresa ya semielaborados) y lo lanza a los procesos productivos de la empresa. Esto repite hasta que el modelo sea parado.



Lista de salida: la fuente sigue una tabla que define cuándo el producto es creado, cuántos hay así como el tipo de producto que existe.

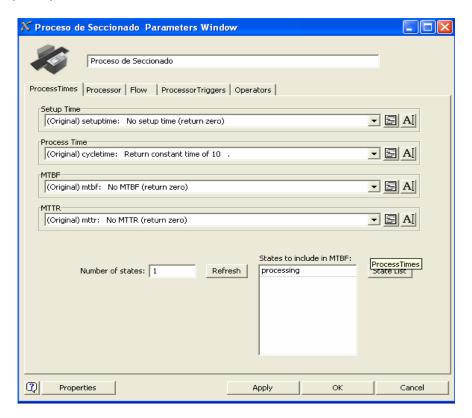


Secuencia de llegada - La fuente sigue una tabla que define en qué orden el producto es creado, el tipo de producto y la cantidad del mismo.



Configuración de la operación del proceso o detalles de la máquina:

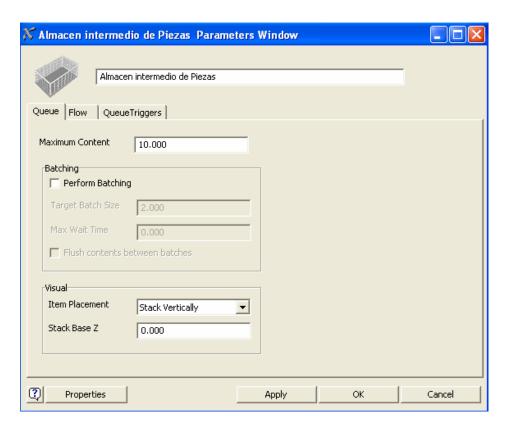
A continuación se describe la configuración de las características del proceso, siendo éstos el tiempo de proceso, los datos de máquina, los flujos, declaración de eventos propios y los operarios participantes.



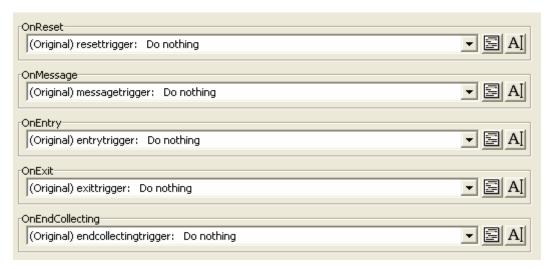
Configuración del Proceso.

Configuración del Almacén o buffer:

Se configurará las dimensiones del espacio disponible para almacenes, los flujos así como se determinarán eventos propios del almacén.



Configuración del Almacén.



Configuración de los eventos propios del Almacén

Finalmente, ya tenemos configurado nuestro "layout". Ahora ya podemos ejecutar nuestro modelo para comprobar conexiones, flujos y cambios de los productos, etc.

Visualización

En este punto de la simulación obtendremos un ambiente de modelado en realidad virtual 3D.

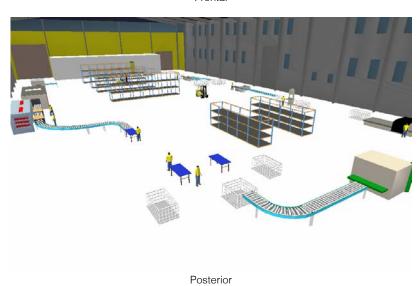
Comenzaremos a sustituir los aspectos visuales de los objetos del modelo por nuestros objetos 3D (archivos .3DS)

A continuación se muestran algunos de los objetos y la planta final del modelo:

Vistas Generales del modelo.



Frontal



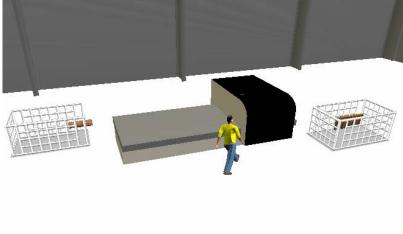
Vistas de los procesos:



Proceso: Sierra circular.



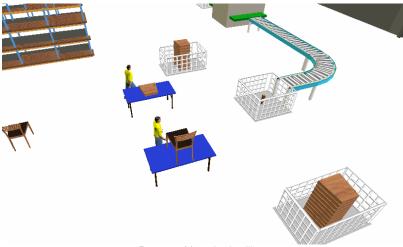
Proceso: Cierra de cinta



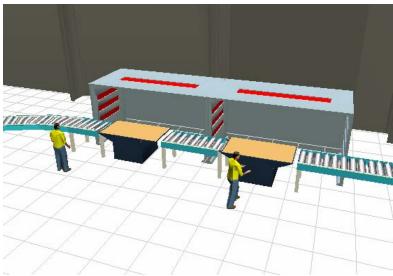
Proceso: Control numérico - CNC



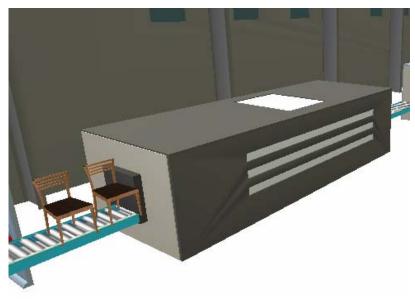
Proceso: Lijadora de bandas.



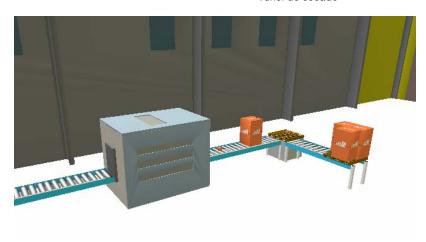
Proceso: Montaje de sillas.



Proceso de acabado: Cabinas de Barnizado.



Túnel de secado



Empaquetadora



Almacén de producto acabado.

Visualización exterior de la fábrica:

Además, podemos simular, también, nuestro sistema de logística, es decir, nuestra flota de camiones e incluso nuestro flujo de visitas de clientes.



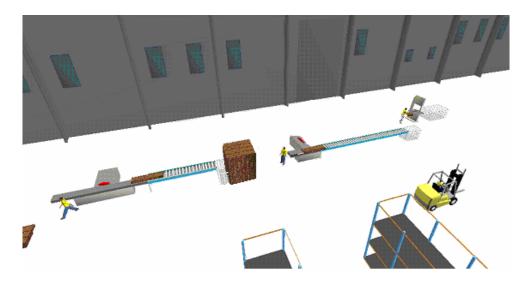


Imagen exterior fabrica.

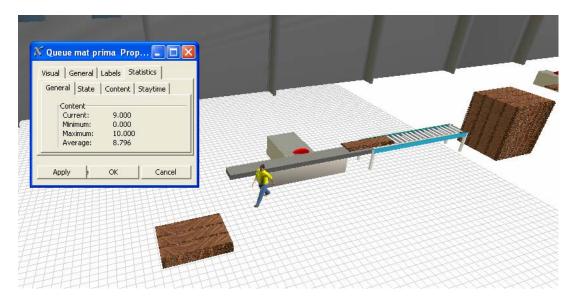
ENSAYOS CON EL MODELO

DETECCIÓN DE LOS "CUELLOS DE BOTELLA"

En la descripción modelo, uno de los objetivos es que deseamos saber dónde está el cuello de botella en el sistema. Hay varias maneras de determinar esto. Primero, se puede examinar simplemente el tamaño visual de cada cola o almacén al final de cada máquina o proceso. Si una cola del modelo tiene constantemente muchos productos sostenidos en ella, entonces, eso es una buena indicación de que el proceso al que alimenta (proceso o máquina siguiente) le está causando un cuello de botella en el sistema.

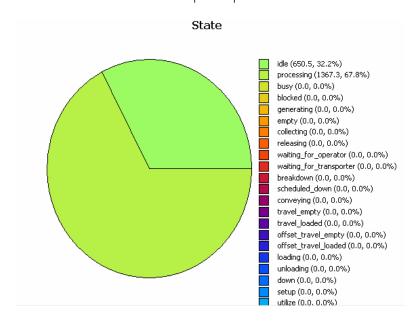


En el funcionamiento de este modelo podemos notar que la cola o almacén de semi-elaborado después de la tronzadora, tiene muchos productos que esperan para ser procesados (por la operación siguiente), mientras que si observamos el contenido de la primera cola, o del primer almacén de materia prima (tablones), obtenemos una media ponderada de aproximadamente 8 elementos, como podemos ver en la figura a continuación mostrada:



Otra manera de encontrar la localización de un cuello de botella consiste en observar la estadística del estado de cada uno de los procesadores.

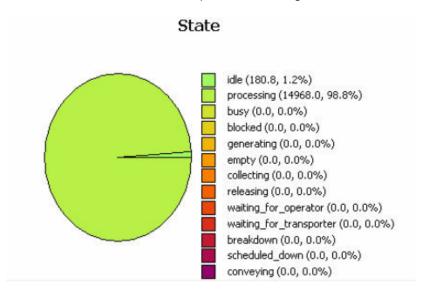
Simulamos el proceso por encima de 50.000 segundos. A continuación paramos el modelo y abrimos las ventanas de las características del primer proceso.



Porcentaje de tiempos de los estados.

El gráfico demuestra que el primer proceso está ocioso en un 32.2% del tiempo de la simulación y procesando en un 67.7% del tiempo de la simulación.

Si este proceso lo realizamos en un modelo independiente conseguimos estos resultados

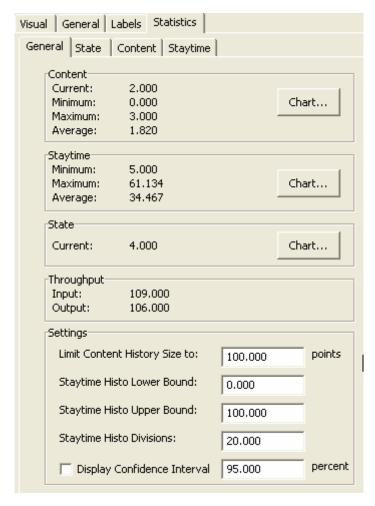


Podemos ver que el 98.8% del tiempo el proceso 1 está procesando (durante el funcionamiento de simulación de este proceso independientemente de los demás). En base a esta comparativa, teniendo en cuenta las diferencias entre estos dos diagramas de estado, es evidente que el cuello de botella está el segundo proceso y no en el primero.

Ahora que hemos encontrado donde está el cuello de botella, la pregunta es, ¿qué acciones debemos emprender para eliminar o minimizar el impacto del cuello de botella? Esto depende de varios factores como el coste de cada una de las acciones, los objetivos y expectativas de la empresa, la tecnología disponible,...

En nuestro modelo, suponemos una entrada de materia prima (al primer proceso), en promedio de cada cinco segundos, mientras que el primer proceso envía un producto al siguiente alrededor de una vez cada 10 segundos en promedio. Así, en un cierto plazo de tiempo, la capacidad total de nuestro modelo se irá desnivelando. Si no realizamos ningún cambio en los procesos nuestro modelo seguirá acumulando continuamente más y más piezas, y el contenido de las colas continuaría aumentando hasta que no quede sitio en el almacén. Para fijar esto, tendríamos que agregar una segunda máquina para el segundo proceso, puesto que es donde está el cuello de botella del modelo.

Otra forma de detectar un cuellos de botella es comprobando sus características, es decir examinar las estadísticas generadas por el almacén del producto semielaborado entre los dos procesos.

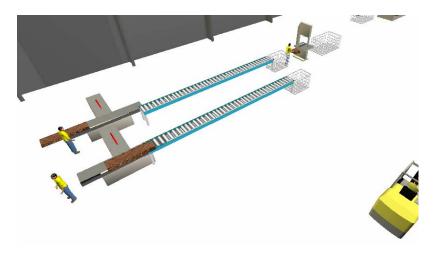


Características obtenidas del almacén.

Por lo tanto, si nos fijamos en el contenido y los valores medios del staytime (el staytime se refiere a la cantidad de flowitems (tipos de producto) que está en la cola por unidad de tiempo), al principio de la simulación, el contenido medio de la cola es generalmente bajo, pero conforme la simulación avanza, llega a alcanzar unos valores altos entre 250 y 300. Es decir, para un tamaño medio de la cola de 250, este valor es inaceptable, se debe agregar un segundo proceso paralelo, para eliminar la formación de la cola.

MEJORAR EL RENDIMIENTO

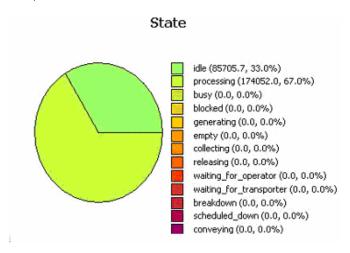
Ahora supongamos que queremos aumentar el rendimiento de este sistema en un 15%. Para ello se realiza un cambio de los tiempos de salida de la fuente de la materia prima de los 5 segundos iniciales a 4.25 segundos. Puesto que el cuello de botella (segundo proceso) ya estaba al 100 % de utilización, necesitaremos agregar una máquina adicional al segundo proceso del sistema. Realicemos este cambio. Una vez realizados los cambios podemos compilar, reajustar y poner a funcionar el modelo otra vez.



EVALUACIÓN DE LA NUEVA CONFIGURACIÓN

Ejecutamos el modelo otros 50.000 segundos. Podemos notar, primero, que la cola del primer proceso está casi siempre vacía, mientras el almacén de materias primas que alimenta el primer proceso se mantiene.

Ahora miremos las estadísticas del primer proceso: está solamente ocupado cerca del 67% del tiempo.

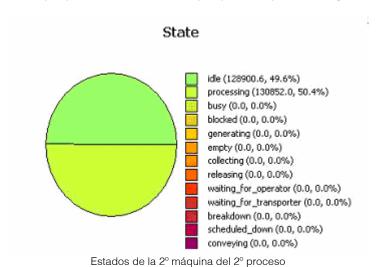


Estados del 1º proceso

Si comprobamos las estadísticas de la primera máquina del segundo proceso podemos ver como ahora su rendimiento es de un 90%.



Ahora comprobamos las estadísticas de la segunda máquina del segundo proceso. Está solamente ocupada el 50% del tiempo, por lo tanto menos tiempo que en el proceso original.



RESULTADOS

Por lo tanto, hemos reducido con **eficacia** el cuello de botella del sistema que estaba en el segundo proceso. También, aumentando el rendimiento en un 15% y por lo tanto agregando otra máquina, hemos disminuido visiblemente la utilización de la máquina original del segundo proceso. Si ésta es una buena decisión o no, depende mucho del coste que tendría agregar una segunda máquina.

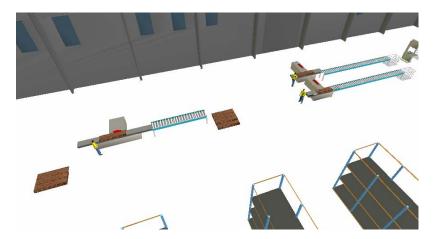


Imagen de la solución propuesta.

Creando un modelo que simula nuestro sistema hemos determinado claramente qué efecto tendrán ciertas decisiones en el mismo. De esta forma hemos utilizado la información que hemos obtenido de la simulación para mejorar la toma de decisiones acerca del futuro de la planta de producción.

Además podemos observar como la simulación nos da una replica similar a la vida real. Es mucho más fácil **convencer** a un equipo directivo acerca de una decisión si ellos pueden ver los efectos de esa decisión en un modelo que simule la realidad en 3D.

OPTIMIZACIÓN DEL MODELO

¿Qué es Optimización de procesos?

La optimización es fundamentalmente el resultado óptimo en cualquier proceso. Las aplicaciones de optimización, por lo tanto, permiten buscar la mejor solución a un problema concreto teniendo en cuenta todas las variables que le afectan.

Optimización es el análisis automático de diferentes escenarios a partir de los modelos de simulación creados, teniendo en cuenta las distintas condiciones, restricciones y variables clave que afectan al sistema para encontrar la Solución Óptima.

Las variables a tener en cuenta para un estudio de optimización de procesos pueden ser el número de personas, montacargas, inventario, capacidades de las máquinas, tamaños de lote, velocidades de las bandas transportadoras, personal de mantenimiento, demandas y cualquier otra variable que tenga una incidencia significativa en los resultados del sistema.

El criterio para optimizar es definido por el usuario según el problema que se quiera resolver.

Los objetivos son los siguientes:

- Aumentar los beneficios.
- Minimizar tiempos de flujos.
- Maximizar la producción minimizando inventario en proceso.
- Reducir el tiempo de servicio al cliente.
- Cualquier otro objetivo que tenga declaradas unas variables y unos rangos de actuación.

Pueden combinarse varios objetivos como una sola meta y darle una importancia diferente a cada uno de ellos.

Utilizando algoritmos de cálculo las herramientas de optimización evalúan cientos de escenarios de forma automática y encuentran soluciones óptimas o aproximadas, realizando un análisis exhaustivo mediante simulaciones aceleradas que sería imposible de igualar en precisión y tiempo si se realizaran de forma manual.

Ámbito de utilización de Optimización.

En cualquier proceso industrial e incluso de ámbito cotidiano puede ser aplicado un procedimiento de optimización. Un ejemplo claro es la mejor distribución de tareas para la preparación del desayuno; la mayoría de las personas procuran optimizarlo cada mañana para tardar lo menos posible.

Optimizar recursos y procesos permite a las empresas tomar mejores decisiones sobre cómo asignar elementos valiosos tales como equipamiento, capital, personal, vehículos, materias primas, tiempo e instalaciones.

Su aplicación es tan amplia como la resolución y optimización de problemas complejos; desde la distribución de una cadena de montaje a la planificación de la agenda de un hospital, pasando por la distribución de los turnos de trabajo de una línea de tren hasta la definición de una ruta de reparto o el almacenamiento de datos en un ERP.

Soluciones.

Las herramientas de optimización disponen de tres componentes principales:

- Base de Datos.- Dónde tomar los datos de partida y dónde dejar la solución.
- Motor de cálculo.- Encargado de realizar todos los cálculos matemáticos para buscar la solución más óptima.
- Ingeniería.- Traslación del problema a términos matemáticos.

Beneficios que aporta la Optimización:

- Mejora del rendimiento.
- Obtención rápida de soluciones adecuadas a unos datos de partida que pueden ser cambiantes.
- Aprovechamiento óptimo de los recursos humanos y materiales.
- Selección contrastada de la mejor solución entre un conjunto de soluciones válidas.
- Los conocimientos de los elementos críticos y su margen de variabilidad contribuyen a la correcta toma de decisiones.

CASO PRÁCTICO DE OPTIMIZACIÓN.

Una pregunta que nos podemos formular a la hora de querer optimizar un proceso es la siguiente: ¿Cuántas máquinas necesito de cada tipo para obtener el mayor beneficio posible?

A continuación se muestra la solución a esta pregunta con el siguiente ejemplo.

El sistema de producción utilizado para la comprensión de la optimización de procesos se comprende de dos subprocesos.

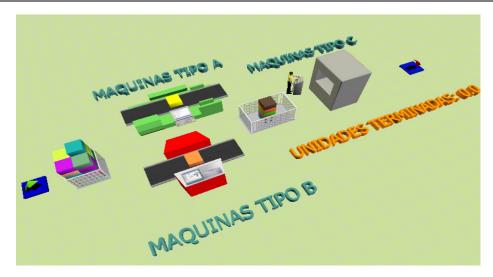
El proceso inicial puede ser realizado por 2 diferentes tipos de máquinas, cada una con una velocidad de producción diferente y también un costo de operación diferente. El tipo de máquina más rápido es también más caro.

En el proceso final se evalúa un solo tipo de máquina. El inventario entre el primer proceso y el último no puede ser mayor a 30 unidades por restricciones de espacio.

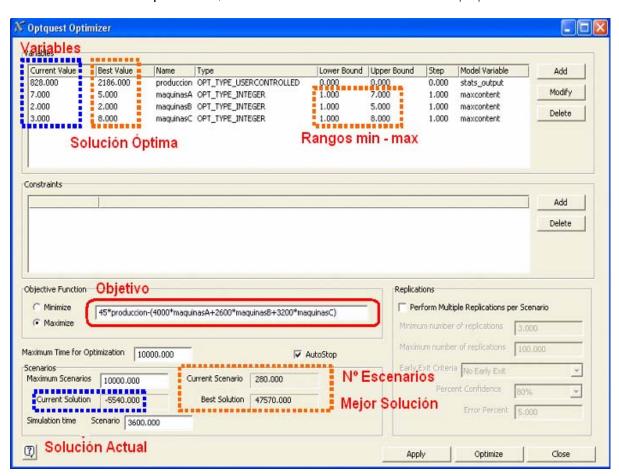
Nuestro Proceso a Optimizar...

Datos de partida:

	Máquina Tipo A	Máquina Tipo B	Máquina Tipo C
Tiempo producción	10 seg.	18 seg.	13 seg.
Coste operación / hora	4.000 €	2.600 €	3.200 €
Cantidad de máquinas	1 – 7	1 - 5	1 – 8
Coste Venta por unidad = 45 €			



Imágen del modelo.



Utilizando el módulo de optimización, a continuación les mostramos la solución propuesta.

Imágen de la ventana del Optquest

Comenzaremos por introducir las *variables* a tener en cuenta. En nuestro caso se tienen 4 variables: la producción, la máquina A, la máquina B y la máquina C. Introduciremos los datos obtenidos en el último escenario simulado para estas variables.

Los rangos mínimos y máximos de la cantidad de máquinas que se quieren evaluar estarán entre 1 y 7 para la máquina A, entre 1 y 5 para la máquina B y entre 1 y 8 para la máquina C.

El objetivo es maximizar el beneficio, siendo éste igual a los Ingresos menos los Costes de Operación.

Precio de Venta por unidad = 45,00 €

Costes de Operación:

Máq. Tipo A = 4.000 €

Máq. Tipo B = 2.600 €

Máq. Tipo C = 3.200 €

Otro dato a tener en cuenta es el *balance final del último escenario*, el cual tuvo una pérdida de 5.540 €

Solución:

La evaluación se realiza en segundos para una cantidad de 280 escenarios, con el fin de poder encontrar la utilidad más alta, que ha sido de 47.570€. Por lo tanto, ésta es nuestra Solución Óptima.

Una vez encontrada la *Solución Optima* obtendremos los nuevos valores para nuestras variables, siendo los siguientes:

Utilizar 5 máquinas tipo A, 2 tipo B y 8 del tipo C para obtener una producción de 2.186 unidades con una utilidad de 47.570 €



ARTICULOS DE INTERÉS

ARTICULOS DE INTERÉS

A continuación se exponen varios de artículos de interés relacionados con la simulación de Procesos Industriales, los cuales han sido publicados en revistas y libros especializados.

LA PRODUCCIÓN Y LOS PROBLEMAS LOGÍSTICOS SON PROBLEMAS DEL TIEMPO DE ESPERA.

Autor: Extracto y traducción del artículo de Bill Nordgren, President of Flexsim Software Products.

MODELADO DE LOGÍSTICA Y ALMACENAJE.

Autor: Saker Solutions.

SIMULACIÓN DE LÍNEAS DE EMBALAJE/ENVASADO.

Autor: Saker Solutions.

LISTA DE VERIFIACIÓN DE REQUERIMIENTOS PARA EL MODELADO Y SIMULACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.

Autor: Saker Solutions.

"LA PRODUCCIÓN Y LOS PROBLEMAS LOGÍSTICOS SON PROBLEMAS DEL TIEMPO DE ESPERA."

Autor: Extracto y traducción del artículo de Bill Nordgren, President of Flexsim Software Products.

Este artículo trata sobre la consecuencia de la reducción del tiempo de espera, la relación entre éstos y la utilización del sistema.

Hasta ahora, la producción industrial ha estado influida por teorías de administración y gestión de la producción tales como OPT, JIT, Kanban, re-ingeniería de procesos, etc. Muchas industrias han implantado sistemas de este tipo. Sin embargo, el factor más importante que siempre debería ser considerado como meta, los resultados globales de la empresa, son muchas veces dejados en segundo plano primando los criterios técnicos.

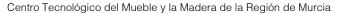
Todos los conceptos precedentes tienen básicamente una meta: reducir tiempos de espera. Éstos se pueden categorizar en tres tipos: tiempos de espera del cliente, tiempos de espera del producto y tiempos de espera de la maquinaria. El ahorro se produce cuando se reduce uno o más de estos tiempos.

¿Dónde comienza una cola?

Analizando cualquier proceso de producción industrial vemos que, entre cada proceso de transformación, los materiales han de esperar cierto tiempo. En la mayoría de los casos los tiempos y las colas de espera son un mal que se repite. El hecho de que el tiempo de espera pueda llegar a abarcar el 90% del tiempo total del rendimiento en procesos de producción indica la seriedad del problema.

En muchos casos, la creación de un modelo que reproduzca la situación real en la planta de fabricación facilita enormemente el análisis de los cuellos de botella en producción. En otros casos, la relación no es tan evidente como pueden ser la fiabilidad de la entrega a los clientes o la capacidad no usada de las máquinas (tiempo de espera de las máquinas). Cada sistema contiene tres tipos de tiempos de espera: recursos, productos y clientes. Al optimizar el sistema tratamos de encontrar el mínimo tiempo de espera total medido. Un factor muy importante de costes es el relacionado con el coste global de los tiempos de espera.

Al evaluar el coste para los tres tipos de tiempos de espera encontramos que el más elevado es el relativo al tiempo de espera del cliente. El segundo más costoso es el de tiempo de espera del producto (finalizado o en proceso). El tiempo de espera menos costoso es el de máquinas. Presentamos algunos ejemplos de por qué los costes se alinean en este orden y demostración de los resultados que podemos obtener cuando uno o más de los tiempos de espera se reduce.



Ejemplo 1: Los costes derivados de tiempos de espera de clientes son muy altos debido al hecho de que un cliente que tiene que esperar demasiado tiempo comprará en un competidor. Si se intenta rebajar el tiempo de espera del cliente el inventario de mercancías acabadas necesario para atender cualquier pedido de forma inmediata aumentará de forma considerable. Como resultado de las necesidades de almacenamiento, los tiempos de espera para los clientes disminuirán y los tiempos de espera para los productos aumentarán.

Ejemplo 2: Para justificar la compra de un nuevo equipo se considera como mínimo aceptable una utilización del 95% para alcanzar el ROI esperado de la inversión. Como resultado de conseguir tiempos de espera mínimos de la máquina se crea una cola grande delante de la misma que puede causar un cuello de botella severo en la producción y un aumento de los costes de trabajo de proceso. Como resultado el tiempo de espera para la máquina disminuirá y los tiempos de espera para los productos y los clientes aumentarán.

Ejemplo 3: En una tentativa de reducir tiempo de espera del producto se adopta una filosofía JIT (justo a tiempo). Debido a factores (incontrolables) externos, ciertas materias primas son las últimas en ser entregadas. Como resultado, el tiempo de espera para los productos disminuirá y los tiempos de espera para las máquinas y los clientes aumentarán. Esencialmente, cada problema logístico se puede considerar como problema de distribución de los tiempos de espera donde la minimización de los costes es una parte importante. Sin embargo, las condiciones de limitación tales como calidad o confiabilidad de la entrega pueden tener gran influencia en la distribución final. Estos factores se pueden incorporar en los costes relacionados con la espera.

LEY 1: Cada problema logístico se puede considerar como problema de la distribución de los tiempos de espera. Los tres tipos de tiempos de espera, siguiendo un criterio de coste, son la espera del cliente, la espera del producto y el tiempo de espera de la máquina.

¿Cómo comienzan las colas?

Las colas comienzan en el momento en que el almacén de productos (materias primas, semiterminados o producto final) o la demanda de clientes es mayor que la capacidad de los procesos. Esto provoca una situación inestable y la cola aumentará teóricamente hacia el infinito conforme la utilización de los recursos del sistema llega al 100%. Las colas se producirán cuando la producción del proceso precedente excede la capacidad de producción del siguiente, y desaparecerán cuando se invierte. Otro factor que puede influenciar la cola son las fluctuaciones o la variación en el tiempo de transformación. Cuando el promedio de la utilización está más bajo de 100% (medido sobre un período del tiempo largo) un sistema puede desarrollar cuellos de botellas durante ciertos períodos y ser abierto para las piezas en otros. Éste es un buen ejemplo de un

sistema de estado constante. Sin embargo, en las situaciones de crecimiento, la fuente (la entrada de productos o materiales al sistema) puede aumentar de una manera tal que se requiera más capacidad para hacer frente al aumento de las colas.

Un alto grado de variabilidad en el proceso o en la fuente (entrada de productos o materiales) no es causa suficiente para que se desarrollen colas. La utilización de un recurso o de un sistema desempeña un papel importante. Si la utilización es baja (más baja del 50%) se sirve a los clientes rápidamente y hay suficiente capacidad (o capacidad excesiva) para trabajar rápidamente. Cuando la utilización está sobre el 70% puede producirse una cola y solamente se podrá eliminar con mucho esfuerzo.

El grado de variabilidad se determina con el coeficiente de variación. Se define este factor como la desviación estándar dividida por la media. Un proceso constante de llegada tiene coeficiente cero de variación, en cambio, un proceso independiente de llegada (proceso Poisson) tiene coeficiente uno: la desviación de estándar es, en este caso, igual a la media del proceso de llegada. Hay solamente un pequeño número de casos en los cuales se producen tiempos de espera largos. Son los casos en que se combinan una alta utilización de recursos y un alto grado de variabilidad en llegada a los procesos de trabajo. Cuando se combinan ambos factores pueden producirse grandes colas. Reduciendo uno o ambos factores se puede reducir el tiempo de espera del cliente o del producto. Sin embargo, solamente al reducir la utilización de los recursos se reduce el tiempo de espera de la máquina. La reducción de la utilización de los recursos puede ser lograda bien agregando más recursos, o bien reduciendo el tiempo de proceso necesario para terminar una operación. Esto puede no ser factible aunque, en algunos casos, se pueden producir resultados sorprendentes. En los sistemas donde los procesos tienen un alto grado de variabilidad el aumento de la capacidad es la única manera de reducir la utilización y la cola.

En muchos sistemas las llegadas o los tiempos de transformación tienen una distribución exponencial negativa (según el proceso Poisson). Algunos ejemplos incluyen llegadas de clientes en un supermercado, la llegada de órdenes en un centro de fabricación o la llegada de carros en un centro de distribución. Las interrupciones, las pausas, los reajustes, los residuos,..., y las nuevas piezas almacenadas en espera provocan un proceso de producción constante extremadamente variable. Sobre una base semanal el proceso parece constante pero, sobre una base por cada hora o diaria, la producción resulta tener una naturaleza estocástica. Con todas estas incertidumbres se puede asumir un coeficiente de covariación de uno, es decir, un proceso Poison.

Podemos encontrar un grado óptimo en el tiempo de espera total. Se encuentra un mínimo en costes calculando los factores importantes relacionados con el tiempo de espera. La forma

exponencial del gráfico del tiempo de espera confina a menudo el grado óptimo al área con la utilización entre el 75 y el 90%.

LEY 2: Cuanta más alta es la utilización de un recurso o de un sistema el tiempo de espera aumenta exponencialmente. Los resultados son cuellos de botella en producción y costes de espera crecientes.

De la misma forma que lo descrito arriba los problemas se convierten en colas con la combinación de dos factores: alta utilización del sistema y alta variabilidad en llegada o proceso de trabajo. Para contemplar todos los motivos hay un tercer factor que puede causar cola. Este factor es el procesamiento por lotes. La producción por lotes aumenta el tiempo de rendimiento de procesamiento. El primer producto de cada lote debe esperar hasta que está listo el lote (hornada) completo. Después la hornada entera se mueve, a continuación, al siguiente proceso de producción. Los dos criterios más importantes a tener en cuenta a la hora de producir son la reducción de los transportes entre los diversos pasos o procesos y la reducción de los tiempos de reajuste al mínimo. La industria automovilística japonesa ha tenido un éxito en la consecución de reducciones a partir de varias horas hasta varios minutos. Esta ayuda solucionó el problema del tamaño de lote y también disminuyó la variabilidad en el proceso de producción, teniendo en cuenta un flujo más continuo. Hay una noción persistente que es la reducción de tiempos de transformación que no tiene ninguna influencia significativa en la reducción del tiempo del rendimiento de procesamiento. El razonamiento detrás de esto es que el tiempo de transformación toma a menudo solamente del 5 al 10% del tiempo total del rendimiento de procesamiento. De forma que, reduciendo el tiempo de transformación, por ejemplo, en un 10%, no resultaría ninguna reducción significativa del tiempo de espera. Sin embargo, y a pesar de lo expuesto, no se termina de incidir y utilizar en la industria la relación entre la utilización y el desarrollo de colas.

La reducción al mínimo de la naturaleza estocástica o la variabilidad de un proceso o de una llegada de productos a un proceso es una segunda manera de reducir al mínimo las colas. Esto puede ser difícil porque el proceso puede ser dependiente de factores externos. Un ejemplo es la llegada de clientes en un supermercado. Es imposible traer consistencia a este proceso. Una situación similar ocurre en un centro de distribución. La llegada de los carros de entrega es generalmente irregular. Una medida para reducir variabilidad es el uso de los límites de tiempo. El problema de llegadas irregulares sigue siendo evidente, aunque a un bajo grado. Dentro de un intervalo del tiempo podría suceder que un número de carros llegan al mismo tiempo. Es extremadamente difícil, o imposible, hacer declaraciones cuantitativas sobre la reducción de la cola sin la ayuda de la simulación discreta del acontecimiento. Este instrumento (simulación de procesos) es especialmente conveniente para los problemas de cuantificación del tiempo de espera causados por comportamiento estocástico.

La reducción al mínimo en tiempos de la llegada y del proceso requiere a menudo cierta cantidad de creatividad. No hay método o solución estándar porque cada proceso tiene sus propias condiciones y limitaciones. A menudo, herramientas de planificación avanzadas tales como optimización o la programación a capacidad finita se utilizan para predecir el rendimiento de procesamiento del sistema. Tal acercamiento puede tener el resultado deseado, pero no se hace caso de la variabilidad del proceso. A menos que se utilice un modelo de simulación que trate y analice las relaciones estocásticas de un flujo de proceso, no podrá ser entendida la naturaleza verdadera de los cuellos de botellas. Se necesita aceptar el hecho de que las incertidumbres tienen un impacto grande en el flujo de proceso.

LEY 3: La simulación discreta de procesos o de un hecho en concreto es la única herramienta que puede predecir el comportamiento de la planta de producción, de un proceso en concreto o del flujo de trabajo. La programación de la producción a capacidad finita o la optimización, conectadas ambas con la simulación, puede proporcionar la mejor información disponible para la toma de decisiones por parte de los responsables.

Los problemas logísticos son básicamente problemas de tiempos de espera. Los clientes esperan productos, los productos esperan en los almacenes el paso de intermediarios del proceso siguiente y las máquinas esperan los productos que necesitan ser procesados. Muchos de estos tiempos de espera son resultado de una combinación de la variabilidad en la llegada de productos a los procesos de trabajo y de la alta utilización de recursos. Sin el reconocimiento de los factores que influyen en la variabilidad del desarrollo de colas cualquier acercamiento para reducir al mínimo colas está limitado en su planteamiento y puede fallar. Mejorar el proceso logístico en base a reducir al mínimo la influencia de incertidumbres tiene más oportunidades de éxito. El software de simulación es la única herramienta disponible para ayudarle a entender la naturaleza verdadera de las relaciones entre el cliente, el producto y los tiempos de espera de la máquina, y cómo afectan al funcionamiento de la empresa.

Fuente:

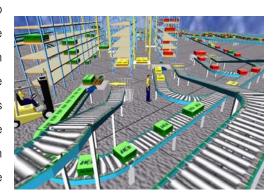
Production and Logistic Problems are Waiting Time Problems

By Bill Nordgren

President/CEO of Flexsim Software Products Corporation

MODELADO DE LOGÍSTICA Y ALMACENAJE

La simulación está considerada dentro del ámbito industrial como una valiosa tecnología con la que resolver una gran variedad de problemas que van desde la optimización de los tamaños de los lotes de fabricación, hasta la valoración del impacto que nuevos equipos o procesos podrían tener en una instalación de producción, antes incluso de realizar la inversión en dichos equipos. Otra de las grandes áreas en la que aporta mejoras significativas es el área del manejo y almacenaje de material.



Las herramientas que permiten a las empresas modelar efectivamente el impacto de los cambios del sistema de manejo de material o examinar la capacidad de almacenaje y limitaciones de carga en conjunción con el sistema de producción han sido pocas y distantes a la realidad, además de requerir una significativa habilidad de programación para generar hasta los más simples escenarios. El mercado en este área está avanzando y ahora se puede disponer de herramientas de modelado 3D y simulación como Flexim que permiten que el usuario genere modelos dinámicos de instalaciones de almacenaje de material. Estas herramientas abren la posibilidad de investigar todos los aspectos del proceso logístico incluyendo cintas transportadoras, sistemas de rodillos y carretillas, además de equipamiento de almacenaje/recuperación y estrategias de orden de picking. En cada caso los usuarios pueden modelar con exactitud las instalaciones de manejo del material y probar el funcionamiento del equipo y de las estrategias operacionales en un entorno sin riesgo.

Como ejemplo, tomemos un sistema típico de producción y distribución. Es posible modelar no solo el proceso de fabricación junto con todas sus variaciones como fallos en los equipos, cambios de turno de fabricación y patrones de cambio, sino también la entrega de materias primas, los sistemas de manejo de material, el stock final de almacén y todos los aspectos del almacenaje. Así, las empresas



pueden ahora visualizar la necesidad de cambios en el sistema productivo provocados por la imposibilidad de mover los componentes procesados, o si la actual instalación de almacenamiento se enfrentará con alguno de los cambios propuestos. Estos modelos dinámicos incluyen las máquinas, colas de producción y transportadores dentro del proceso industrial junto a elementos

como grúas superiores, ASRS y carretillas elevadoras así, como operarios humanos y racks de almacenaje.

Los modelos pueden tener un gran impacto para las empresas que los apliquen, como influir en el funcionamiento de la instalación a través de comunicar y hacer entender cómo opera la empresa en la actualidad, así como disponer de un gran potencial para examinar todos los aspectos de mejora del proceso.

Los beneficios específicos obtenidos al desarrollar estos modelos proporcionan un significativo ahorro en las inversiones de capital y mejoras en el servicio al cliente o eficiencia del proceso. Reseñar también que los proyectos de simulación abren el potencial de explorar una gran variedad de preguntas del tipo "que pasa si...". Esta posibilidad de poder predecir exactamente el efecto de cualquier cambio aumenta la confianza, reduce el riesgo y ayuda a asegurar la mejora del negocio.

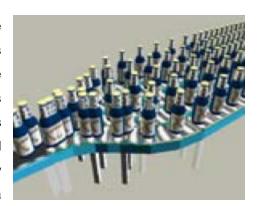


Fuente:

SakerSolutions

SIMULACIÓN DE LÍNEAS DE EMBALAJE / ENVASADO

En este ejemplo comentamos el caso de las líneas de enlatado y embotellado, los cuales son procesos extremadamente complejos. En caso de una línea que esté configurada correctamente, usando los perfiles correctos de acumulación en conjunción con las velocidades de máquina, cada tiempo de inactividad debe ser directamente atribuible a averías, cambios y asuntos de trabajo. En contraposición, si el diseño de la



línea es tal que las paradas secundarias tienen un impacto en el trabajo, entonces la eficiencia del conjunto de la instalación disminuirá apreciablemente. La dificultad de asegurar que la línea está diseñada para maximizar la producción y la eficiencia se amplía en gran medida cuando hay muchos formatos diferentes de envasado y frecuentes cambios. Con el coste de decenas de miles de euros de las líneas de envasado y la creciente competitividad del mercado del embalaje hay una clara necesidad de mejorar los márgenes, asegurándose de que el equipamiento está siendo utilizado en su totalidad para maximizar el beneficio.

SKU Complexity (Complejidad SKU)

Las empresas actuales de comida y bebida a menudo utilizan diferentes familias de productos o formatos, y cada familia de productos tiene una serie de procesos únicos asociados a ella. Los SKUs están hechos de combinaciones únicas de productos (variedades/sabores o calidades), formatos de envase primario y formatos de envase secundario. En el envase primario como, por ejemplo, latas y botellas, puede haber diferentes tamaños, diferentes formas y quizá necesiten la inserción de algún mecanismo. Del mismo modo, las botellas quizá requieran tapones o tapas; y las líneas de cristal nuevo y de cristal retornable a menudo se mezclan para poder compartir el equipamiento. El envase secundario puede implicar, por ejemplo, abrefácil, formato retráctil o envolvente o incluso más de una de estas opciones. Para proporcionar mayor flexibilidad los productos suelen pasar por varios módulos de envasado primario a varios módulos de envasado secundario.

Aún dentro de un módulo de envasado las operaciones que experimentan los diferentes productos pueden se diferentes. Por ejemplo, un subconjunto de SKUs puede ser retractilado después de haber sido cargado en bandejas. Además, cada operación puede ser realizada de diferentes maneras, por ejemplo, los abrefáciles pueden ser colocados alrededor de la tapa o en el centro de las latas. En cada etapa del proceso de embalaje, cualquier cambio en el SKU puede necesitar una

configuración diferente de la máquina. El desafío de optimizar la producción de un sistema de embalaje se incrementa según aumentan las combinaciones y se multiplica el número de SKUs.

Las tendencias del mercado de hoy así como la demanda de packs multi-variedad incrementan el problema y, por ello, muchas empresas están explorando las técnicas de simulación y modelado y el software de simulación para buscar claridad, mejorar su comprensión de los sistemas complejos e introducirse de lleno en mejoras de la producción.

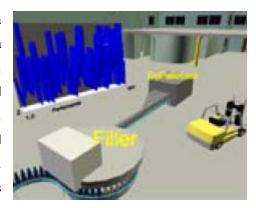
Line Design (Diseño de líneas)

El diseño de una línea de embalaje normalmente gira alrededor de la V-curve o V-profile principal (algunas empresas también lo llaman bow-tie). El concepto de la V-curve (curva V) es asegurarse de que al cuello de botella no le falta material ni está bloqueado por ninguna causa tanto hacia arriba como hacia abajo en la corriente del proceso. Por esto, se alimenta con material en una tasa mayor que aquella a la que puede enfrentarse; igualmente, el proceso corriente abajo es capaz de correr a una tasa mayor y de ahí que las latas y las botellas sean lanzadas más rápido de lo que son procesadas para prevenir el bloqueo. Este incremento en la velocidad continúa tanto corriente arriba como corriente abajo de la operación que causa el estrangulamiento en la velocidad del proceso que es, normalmente, el llenado porque, además, éste es el ítem de equipamiento más caro.

Todos los conceptos anteriormente mencionados están relacionados con la filosofía del buen diseño. Sin embargo, hay muchas cuestiones sin resolver. Por ejemplo, cuáles son las velocidades específicas a las que debe operar cada máquina de la línea y cuánta la acumulación que debería haber entre cada máquina para asegurarse de que las paradas secundarias no interfieren con las operaciones corriente arriba y corriente abajo. Por ejemplo, si se para la máquina corriente arriba entonces debería haber suficientes partidas acumuladas en el transportador entrante para continuar la producción hasta que la parada secundaria de la máquina corriente arriba sea solucionada. Del mismo modo, si se para la máquina corriente abajo debería haber el suficiente espacio en el transportador de alimentación para continuar produciendo y evitar el bloqueo. El objetivo aquí es diseñar la línea para maximizar el uso del equipo crítico principal y para maximizar la absorción de paradas secundarias.

Otros factores importantes.

El funcionamiento de una instalación de embalaje está también muy relacionado con el funcionamiento de la línea que prepara del producto para ser envasado. Por ejemplo, una incidencia corriente arriba puede retrasar el suministro de materiales para ser envasados. Igualmente, una incidencia en las líneas de embalaje puede causar el bloqueo de la instalación o incluso producir desperdicios. Esto aumenta la necesidad de validar el diseño de las instalaciones para asegurarse de que funcionarán en



concordancia con las expectativas y cualquier incidencia imprevista será localizada antes de producir un aumento en la inversión de capital necesario.

Cómo puede ayudar la simulación.

El uso de modelado y simulación se ajusta al diseño de nuevas líneas de envasado y a la determinación del potencial para mejorar el funcionamiento de las instalaciones existentes. El modelado y simulación se ha usado con éxito para validar las inversiones de capital (para que se cumplan los objetivos al mínimo coste) e investigar como aprovechar las ventajas existentes (por ejemplo hacer cambios para incrementar la eficiencia y el rendimiento).

La simulación y modelado implica la creación de un modelo por ordenador para imitar un proceso de producción o logística. El enfoque de tiempos en que se basa la simulación, en conjunción con la posibilidad de reflejar los factores que pueden variar, permite a los modelos de simulación imitar con exactitud la complejidad de una instalación real de embalaje.

Cada perfil de avería, de parada secundaria y cada cambio están reflejados con exactitud usando distribuciones estadísticas para representar las variaciones que ocurrirían naturalmente. Construir una simulación de un proceso de embalaje proporciona una vista de incalculable valor para descubrir dónde mienten las estadísticas de ineficiencias y los cuellos de botella. La simulación cuantifica el funcionamiento de un proceso de embalaje en el avance de su implementación; se hacen preguntas del tipo "y si..." para evaluar distintos escenarios. Esto permite ajustar las propuestas para explotar las oportunidades y que las partes interesadas lleguen a un consenso reforzado por una metodología probada. Se reduce así la incertidumbre y el riesgo asociados con las principales decisiones de negocios que implican los procesos complejos.

Los modelos de simulación abarcan una animación dinámica que refleja el estado de todos los aspectos del modelo. Por ejemplo, las latas y botellas se pueden ver fluyendo por los

transportadores y por varios procesos de embalaje. La pantalla animada representa los productos y equipos por medio de iconos. En los últimos software de simulación se usa alta tecnología gráfica para proporcionar exactas animaciones 3D que son inmediatamente reconocibles como exactos modelos a escala de instalaciones reales. Esto proporciona una soberbia comunicación entre todos los miembros de la plantilla implicados en diseñar la instalación y trabajar en ella.

Beneficios logrados.

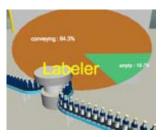
Ejemplos de beneficios que resultan del uso de la simulación en el enlatado y embotellado:

Ahorro de capital mayor (por ejemplo al abortar casos de negocio que no proporcionarían el retorno de la inversión requerido).

Incremento del rendimiento y la eficiencia (entendiendo dónde existen oportunidades para optimizar las velocidades de la máquina y el uso de acumulaciones)

Mejora de las actividades dirigidas a la mejora continua (antes de concentrarse en la máquina con el "peor funcionamiento" se deben concentrar los esfuerzos en el cuello de botella del proceso; sólo porque la máquina no esté funcionando bien aisladamente no significa que esté impactando negativamente en el funcionamiento del conjunto de la línea).

En muchos casos estos proyectos ayudan a obtener bastantes ahorros, mejorar la eficiencia e incrementar la confianza en el resultado del proyecto. La tecnología de la simulación y modelado ha sido adoptada como una herramienta de mejora continua usada tanto por las empresas productoras como por las empresas de ingeniería que proporcionan servicios de diseño y construcción.



Algunas empresas que usan servicios de simulación son: Guinness, Scottish Courage Brewing, Krones y Pepsi Cola .

Los software típicos usados en el sector son Flexim, Arena, ENPlant, Witness y Automod.

Fuente:

SakerSolutions

LISTA DE VERIFIACIÓN DE REQUERIMIENTOS PARA EL MODELADO Y SIMULACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Una buena planificación inicial es, a menudo, la clave del éxito de un proyecto. Esto es particularmente cierto cuando se trata de un modelo. La planificación del proyecto y las técnicas de administración son igualmente aplicables tanto para ayudar al proceso de modelado como para cualquier otra actividad, asegurándose de que los objetivos definidos están establecidos y que se ajustan a los



plazos del proyecto. Cuando nos centramos específicamente en la fase de modelado del proyecto de simulación el uso de un simple conjunto de guías puede ayudarnos en el proceso completo. Aunque no pretenden ser exhaustivas, estas guías intentan cubrir las áreas más importantes que se deberían considerar al recoger los datos para el proyecto. No se requiere que en cada caso concreto de construcción de un modelo individual se incluyan todas ellas.

La distribución en planta.

Se requiere, a menudo, de la distribución en planta de la instalación para producir una representación exacta y significativa de la misma. Muchas aplicaciones de modelado necesitan medidas exactas de las instalaciones, particularmente cuando se modelan líneas automatizadas y movimiento de materiales. Una vez incorporada al modelo, la distribución en planta permitirá al usuario comunicar como operará el proceso a otras partes interesadas.

Equipo de procesado.

El modelo necesitará comprender qué equipo es usado dentro de la instalación y cómo procesa sus productos. En la información en esta área debería estar incluido si el equipo procesa los productos individualmente, por series o de acuerdo a alguna otra limitación.

Equipamiento de manejo del material.

Un factor importante en muchos procesos es cómo el material en crudo, los semielaborados y los productos terminados son transportados alrededor del sistema. Es muy fácil diseñar o revisar un sistema sin investigar completamente las limitaciones impuestas por el sistema de manejo del material.

Los factores clave a considerar deberían incluir:

Transportadores: serán necesarias las longitudes, capacidades de producto y distribución en planta.

Carretillas elevadoras: AGV's, puntos de carga y descarga, capacidades.

Grúas: puntos de carga y descarga, capacidades.

Equipo de almacenamiento.

El almacenaje de materiales en crudo y bienes terminados es también un factor importante. Se debería incluir:

Racks de almacenamiento: número de bahías y capacidades.

ASRS: limitaciones de almacenaje y capacidades.

Tiempos de ciclo

Se requiere disponer de los tiempos de operación para todos los equipos del sistema, junto a cualquier variación o recorrido diferente que se pueda producir para los ítems (productos) tal como puede ser que ciertos productos, en casos especiales, requieran de operaciones manuales. A menudo estos datos dependerán del tipo de producto a procesar. Para cualquier equipo de procesamiento de material también se debe investigar y disponer de los tiempos de carga y descarga en el equipo.

Configuraciones.

Se deben identificar las reglas de configuración de los equipos, su frecuencia y duración. Esto puede incluir cambios basados en los diferentes tipos de producto o puestas a cero basadas en alguna otra limitación como el número de operaciones completadas, por ejemplo.

Buffering y paletización.

Es necesario identificar las posiciones, capacidades y control lógico para cualquier buffer de almacenaje o de almacenaje portátil como palets. Es frecuente en muchos proyectos usar el modelo para determinar esto y también si es necesario incorporar varias configuraciones alternativas de los buffers.

Recursos.

Hay que destacar los tipos de trabajo que están incluidos dentro del sistema junto con sus responsabilidades. No es necesario incluir todo el trabajo usado para hacer funcionar la instalación, por ejemplo, los operarios que están ligados a una sola operación no son considerados normalmente dentro de la simulación.

Patrones de cambio.

Es necesario identificar los patrones de cambio de cada tipo de trabajo y sección de la instalación. Esto debe incluir las averías y mostrar los tipos de operaciones que pueden continuar según qué tipos de avería.

Lógica/Dirección.

Se debe entender la forma en que los productos y materiales fluyen a través del sistema junto a las prioridades y opciones de dirección que puedan existir. Pueden existir reglas complejas de decisión que formen parte del proceso y tendrán que ser consideradas así como modeladas en algunos lugares.

Productos.

Es importante identificar los productos clave que se producen en el sistema. Se necesita incluir información importante en la que se incluirían el tamaño de los objetos, el peso y los identificadores del tipo de producto que se usan a menudo para determinar dónde se deben dirigir y almacenar los productos.

Perfiles de llegada.

Es necesario considerar el modo en que los productos y subproductos entran en el sistema. Esto puede ser mediante horarios o, quizá, por medio de algún mecanismo que provoque un acercamiento al JIT. Cada uno de éstos puede ser acomodado fácilmente, pero se deben investigar sus reglas exactas.

Averías.

Las averías son normalmente un factor clave del modelo de simulación. Es importante que la información base sea lo más exacta posible. Las dos piezas clave de la información son la frecuencia y duración de las averías. Esta información normalmente se recoge por observación en un periodo de tiempo y debería incluir lo siguiente:

El tiempo durante el cual se hicieron las observaciones.

El número de averías que ocurrieron durante ese periodo.

La duración de las averías, agrupadas por número en series de intervalos de tiempo. Un ejemplo sería: antes de 10 minutos, 10-20 minutos, 20-40 minutos, etc.

El output real logrado en ese periodo de tiempo, si es posible, y la información del intervalo entre averías así como la duración de las averías.

Evidentemente, para una instalación que aún no se ha construido la información real no está disponible. Se pueden usar como base los datos de maquinaria existente o los datos de los fabricantes. Cuando sólo se dispone de datos limitados es esencial el uso de curvas estadísticas para representar adecuadamente el comportamiento del proceso.



Fuente:

SakerSolutions





BIBLIOGRAFIA

Simulation, Modeling and Analysis. Averill Law y David Kelton

Discrete Event Systems Simulation. Dr. Jerry Banks, John Carson II, y Barry L. Nelson

Colaboraciones especiales:

Flexsim Software Products, Inc.

http://www.flexsim.com



Flexsim Software Products Mexico.

Ing. Jorge Toucet Torné.

JorgeToucet@flexsim.com.mx

http://www.flexsim.com.mx



OptTec Systems, Inc.

http://www.optquest.com



Saker Solutions Ltd

http://www.sakersolutions.com

