

**GUIA TECNOPYME. Fase II.**  
**6- HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN**

CAP6.INF

**Autor:** \_\_\_\_\_  
Ana Bonilla

**Revisado:** \_\_\_\_\_  
Laura Martínez

**Aprobado:** \_\_\_\_\_  
Ana Bonilla

**Copia de:** \_\_\_\_\_

**Versión:** 1

**Revisión:** 0

Zamudio, junio 2003

# GUIA TECNOPYME

## 6. HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN

### ÍNDICE

|                                                                                                       | pág.      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>                                                                          | <b>1</b>  |
| <b>2. PROTOTIPADO RÁPIDO Y VIRTUAL.....</b>                                                           | <b>1</b>  |
| <b>2.1. Prototipado rápido .....</b>                                                                  | <b>1</b>  |
| 2.1.1 En qué consiste.....                                                                            | 1         |
| 2.1.2 Procedimiento .....                                                                             | 2         |
| 2.1.3 El prototipado rápido en las estrategias de producto .....                                      | 2         |
| 2.1.4 Ventajas .....                                                                                  | 4         |
| 2.1.5 Limitaciones .....                                                                              | 4         |
| <b>2.2. Prototipado virtual .....</b>                                                                 | <b>5</b>  |
| 2.2.1 Definición .....                                                                                | 5         |
| 2.2.2 Aspectos clave a tener en cuenta en la elección de una<br>solución de prototipado virtual ..... | 6         |
| 2.2.3 Etapas del proceso de prototipado virtual .....                                                 | 7         |
| 2.2.4 Condiciones de uso del prototipado virtual .....                                                | 9         |
| <b>3. PRUEBAS DE VALIDACIÓN Y FIABILIDAD DE PRODUCTO .....</b>                                        | <b>10</b> |
| <b>3.1. Pruebas de validación .....</b>                                                               | <b>10</b> |
| 3.1.1 Tipos de validación .....                                                                       | 10        |
| 3.1.2 Enfoques para la validación .....                                                               | 11        |
| <b>3.2. Fiabilidad de producto.....</b>                                                               | <b>12</b> |
| 3.2.1 Tipos de fallos .....                                                                           | 13        |
| 3.2.2 Factores origen de fallos .....                                                                 | 13        |
| 3.2.3 Posibles efectos de la falta de fiabilidad .....                                                | 14        |
| <b>4. SIMULACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS.....</b>                                                     | <b>14</b> |
| <b>4.1. Etapas en la creación de un modelo .....</b>                                                  | <b>16</b> |
| <b>4.2. Aplicaciones de la simulación .....</b>                                                       | <b>17</b> |

|                                             |           |
|---------------------------------------------|-----------|
| <b>4.3. Ventajas de la simulación .....</b> | <b>18</b> |
| <b>5. CONCLUSIONES .....</b>                | <b>19</b> |
| <b>6. REFERENCIAS .....</b>                 | <b>20</b> |

## 1. INTRODUCCIÓN

La alta competitividad del mercado obliga a adaptar al máximo las prestaciones de los productos a las expectativas de los clientes. Prestaciones tanto por encima como por debajo de dichas expectativas pueden suponer un sobrecoste no deseado. La única solución para ser competitivos es vender los excedentes de prestaciones a un precio mayor o, si ello no es posible, eliminarlos para conseguir una reducción de costes.

En este sentido, las prestaciones del producto deben adaptarse al uso previsto del mismo. Las técnicas clásicas de validación a través de experimentos y pruebas están por tanto obsoletas. La solución pasa, hoy en día, por el prototipado rápido y virtual, las pruebas de validación y fiabilidad de producto y por las técnicas de simulación de procesos productivos, que constituyen los apartados del presente capítulo.

## 2. PROTOTIPADO RÁPIDO Y VIRTUAL

### 2.1. Prototipado rápido

El prototipado rápido ha transformado la forma de observar el desarrollo de productos. Se puede ver en él una mina de oro, pero no hay que perder de vista que el oro tiene más valor cuanto más depurado y detallado es su trabajo. Lo que esto quiere decir, es que los resultados que se pueden obtener por el prototipado rápido son muy valiosos, y que sólo las empresas y las áreas de desarrollo de producto deberán concentrar sus esfuerzos en “pulir” los resultados.

#### 2.1.1 *En qué consiste*

El prototipado rápido, o *rapid prototyping*, está asociado a la idea de desarrollar diferentes conceptos mediante prototipos que se evalúan posteriormente. El desarrollo del prototipado del sistema futuro puede ser de gran ayuda, permitiendo a los usuarios visualizar el sistema e informar sobre el mismo.

Se describe como un método basado en ordenador que pretende reducir el ciclo iterativo de desarrollo. Los prototipos iterativos desarrollados podrán ser

rápidamente reemplazados o modificados según informes de diversas procedencias, como experiencias previas de usuarios o de diseñadores veteranos, a medida que se evoluciona en el desarrollo de las tareas a realizar.

Actualmente, existen muchas herramientas para la generación de prototipos rápidos, siendo las más habituales la secuencia de imágenes en Microsoft PowerPoint o Visual Basic.

### **2.1.2 Procedimiento**

A continuación se indica cuál es el procedimiento general para adoptar el método de prototipado rápido:

- En primer lugar, va a ser preciso disponer, con antelación, del tiempo suficiente para crear el prototipo, diseñar algunas tareas, reunir usuarios, conducir la evaluación del prototipo e informar de los resultados
- Por otra parte, habrá que seleccionar a los usuarios apropiados para probar el prototipo, intentando cubrir un amplio rango de usuarios dentro de la población objetivo y se prepararán tareas realistas en las que se ocupará a los usuarios mientras trabajen con el prototipo
- Para saber si el prototipo puede ser utilizado para la realización de las tareas, habrá que asegurarse mediante una sesión piloto previa. Se alecciona al usuario para trabajar a través de las tareas seleccionadas, interactuando y respondiendo al sistema de forma apropiada. Si se requiere, se puede obtener información adicional entrevistando a los usuarios inmediatamente después a su interacción con el prototipo
- Una vez que se ha analizado, resumido y evaluado la información reunida y las observaciones realizadas se determinará la severidad de los problemas identificados y se resumirán las implicaciones de diseño y las recomendaciones para las mejoras e informar al equipo de diseño. Puede ser preciso refinar el prototipo donde sea necesario y repetir el proceso anterior

### **2.1.3 El prototipado rápido en las estrategias de producto**

Hoy en día la innovación y la diferenciación por base tecnológica en algunos casos ya no es tan perceptible. No todas las tecnologías son iguales, pero sus objetivos y

sus alcances parten de las mismas premisas: la optimización de tiempos y resultados.

Actualmente se está produciendo un desarrollo cada vez mayor en el área del prototipado rápido, observándose que los tiempos en que se ha reducido la elaboración de un prototipo contribuyen a un alto rendimiento de las inversiones en diseño y desarrollo de productos. Así mismo, la forma en que los equipos de desarrollo trabajan se ven optimizados por esta tecnología. Las decisiones que toma la gerencia son cada vez más objetivas, y cuentan con mayor seguridad y rapidez, gracias a los resultados concretos y palpables, al basarse en referencias físicas de lo que será el producto.

Algo que las PYMEs no deben perder de vista, es que el diseño debe responder a una gestión adecuada, si bien el hecho de contar con tecnologías como el prototipado rápido da una velocidad de respuesta que antes no existía, pero no conviene dejarse deslumbrar con el factor rapidez si las carencias del proceso vienen determinadas por otras causas.

Por otro lado, conviene señalar que la falta de aceptación en el mercado puede convertir en intangible esta capacidad de inserción de productos. No hay que olvidar en la tecnología del prototipado rápido, que no importa qué evolucionados sean los recursos del prototipo en cuanto a su calidad y tiempos, la gestión de estos resultados no debe perderse de vista.

Compañías que hoy ven en el prototipado rápido la posibilidad de insertar productos de una manera más rápida y dilatar los ciclos de vida de sus productos deben trabajar estratégicamente en su mercado, deben prepararlo para estos cambios.

Esto demuestra que la solución de los problemas del desarrollo de productos, no solo está en la toma rápida de decisiones frente a la posibilidad de obtener prototipos más rápidos, sino en la de encontrar la forma de administrar estas ventajas. Al tener el tiempo de nuestro lado, se puede dedicar un poco más de tiempo a otras tareas a las que en el pasado se les asignaba menos.

Las empresas deberán aprovechar este tiempo ganado en trabajar sobre estrategias globales de forma interdisciplinar. La dilatación de los ciclos de vida de un producto seguirá siendo más fácil para aquellas empresas que logren posicionar

sus productos con mayor calidad y cualidad, dentro de los rangos de reacción de su mercado.

Así como los programas de diseño asistido por ordenador han facilitado la labor, optimizado los resultados, y colocado al diseño dentro de una plataforma más sólida, el prototipado rápido permite llegar más lejos, tanto a los que intervienen en la gestión del diseño y el desarrollo de productos, como a las empresas que ven de una forma más concreta alcanzados sus objetivos, como quizá no se había pensado hace sólo una década.

#### **2.1.4 Ventajas**

Entre las innumerables ventajas del prototipado rápido, destacan:

- el rápido desarrollo de prototipos de software interactivos
- los prototipos creados por este método tienen una alta fidelidad con respecto al producto final
- los prototipos permiten evaluaciones cuantitativas
- es una técnica sustitutiva de las labores artesanales
- tiene conexión directa con sistemas de CAD/CAE
- supone una reducción drástica del tiempo de lanzamiento al mercado

#### **2.1.5 Limitaciones**

Sin embargo, también es posible indicar algunas limitaciones que presenta el prototipado rápido:

- el método requiere capacidad para hacer desarrollo de software
- aunque rápido, el método consume más tiempo que otro tipo de aproximaciones / enfoques
- los recursos requeridos son mayores debido principalmente a las necesidades de software y hardware

## **2.2. Prototipado virtual**

Entre los principales desafíos con los que se encuentran los equipos de ingeniería hoy en día a nivel mundial, se pueden señalar:

- Reducción de costes
- Disminución del tiempo de desarrollo
- Aumento de la calidad
- Entrega rápida de los nuevos diseños
- Obtención de la satisfacción de los clientes

¿Cómo se pueden convertir estos desafíos en oportunidades, y utilizarlos para obtener una ventaja competitiva en el mercado? La respuesta está en el uso del prototipado virtual, dejando que éste ayude a romper el cuello de botella que hasta ahora supone la dependencia del prototipado material.

El propósito que se persigue con la utilización de herramientas de apoyo al diseño e ingeniería de producto es definir electrónicamente el producto, de tal modo que su evaluación y subsiguientes modificaciones sean realizadas sobre un prototipo virtual del producto. Con todo ello, se logra una reducción tanto del papel necesario para realizar el diseño e ingeniería de producto, como de los prototipos físicos y materiales necesarios para la validación del diseño y su puesta en fabricación.

Estos prototipos virtuales del producto pueden ser modificados y sometidos a diferentes análisis por ordenador, realizando sobre él los ajustes necesarios a un coste mucho más reducido que si se tratase de prototipos físicos y con la ventaja añadida de una importante reducción en el tiempo total necesario para realizar las tareas de diseño.

### **2.2.1 Definición**

Se puede definir el prototipado virtual como una disciplina de ingeniería basada en un software, que supone modelar un sistema mecánico, simulando y visualizando sus movimientos en 3D bajo condiciones reales de comportamiento, y perfeccionar / optimizar el diseño a través de estudios de diseño iterativos, antes de construir el primer prototipo físico.

Conviene señalar que el prototipado virtual no es como el CAD/CAM, más bien son complementarios. Los productos CAD/CAM se centran en la representación de la geometría de las distintas partes y las uniones estáticas de los componentes, mientras que el prototipado virtual permite simular cómo se mueven las distintas piezas unas respecto a las otras.

### **2.2.2 Aspectos clave a tener en cuenta en la elección de una solución de prototipado virtual**

Hay muchos factores que se deben considerar a la hora de decidir qué solución de prototipado virtual implantar, entre los que destacan los siguientes:

- **Integración:** la herramienta deberá poder integrarse con el entorno de CAD existente en la empresa para modelar sistemas mecánicos y ejecutar estudios de movimiento sencillos; deberá ser capaz de transferir de un modo sencillo la geometría entre el sistema de CAD y el prototipado virtual; podrá transferir datos del prototipado virtual a MEF (Método de Elementos Finitos) y viceversa
- **Adaptación a las necesidades del cliente:** deberá ser adaptable fácilmente, permitiendo construir modelos estándar y plantillas propias que permitan a diseñadores o ingenieros sin experiencia probar diferentes variaciones, y realizar “pruebas virtuales” estándar en cada alternativa de diseño, con objeto de identificar el diseño óptimo
- **Parametrización:** permitirá a los usuarios construir modelos paramétricos de sistemas mecánicos de forma sencilla, de modo que al hacer cambios de diseño se actualicen en el modelo
- **Optimización:** permitirá a los usuarios hacer diferentes estudios de diseños de pruebas, para comprobar con exactitud la sensibilidad y alcance del diseño, y podrá automáticamente encontrar una configuración óptima del diseño
- **Visualización:** tendrá la posibilidad de visualizar rápidamente los efectos de un cambio en el prototipado virtual, gracias al uso de una rápida interpretación, grabación de movimiento en tiempo real y técnicas sofisticadas de visualización (múltiples cámaras y fuentes de luz, transparencias, diferentes texturas, controles sencillos de representación). Estas características son muy importantes tanto desde el punto de vista de interpretación para los ingenieros, como para los revisores del diseño.

- **Desarrollo:** la empresa proveedora deberá ser una compañía que no sólo sea líder en la tecnología de software, sino que tenga una consolidada reputación como socio, no únicamente proveedor, de sus clientes. Esto implica que la compañía deberá contar con las habilidades profesionales necesarias para poder asesorar sobre posibles mejoras en los procesos de ingeniería y desarrollo de nuevos productos. También será capaz de dar asistencia durante la implantación de la solución de prototipado virtual, incluyendo formación in-situ, modelado inicial, integración con CAD y otras herramientas, adaptación y desarrollo del software del cliente, y asistencia continua a la ingeniería y simulación de diseños.

### 2.2.3 *Etapas del proceso de prototipado virtual*

Vistos en el apartado anterior los aspectos clave a la hora de elegir la herramienta más adecuada para llevar a cabo el prototipado virtual, en este punto se analizan las distintas fases en las que puede desglosarse:

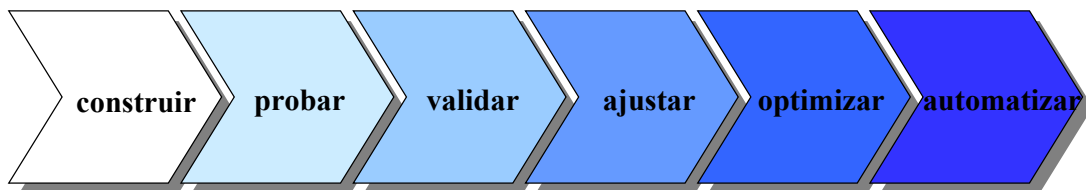
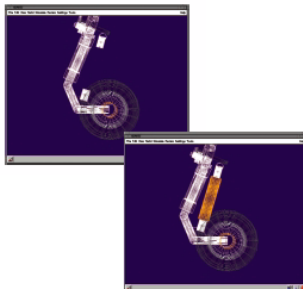
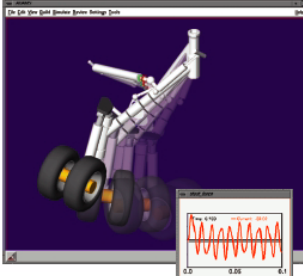
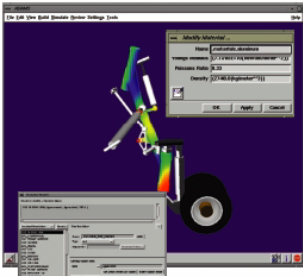
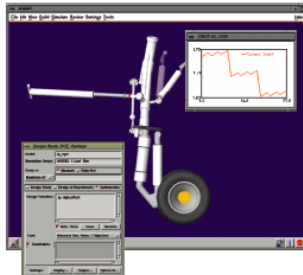
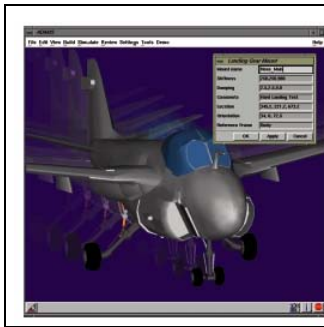


*Fig. 1: Etapas del proceso de prototipado virtual.*

|                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <p><b>CONSTRUIR:</b> El prototipo virtual se construye de la misma forma que un sistema físico, creando y uniendo partes, conectándolas mediante uniones, y manipulándolas con generadores de movimiento. También se pueden definir fuerzas, y aplicarlas en los distintos elementos o uniones de los mismos.</p>                                                                                                                                   |
|    | <p><b>PROBAR:</b> Terminada la fase de modelado del sistema mecánico y una vez preparado para la simulación, el software chequea el modelo y automáticamente formula y resuelve los cálculos de movimiento.</p> <p>Normalmente, no es necesario esperar hasta que se terminen los cálculos para ver los resultados de la simulación. Se pueden ver las animaciones y gráficos incluso durante las simulaciones, ahorrando tiempo de esta forma.</p> |
|  | <p><b>VALIDAR:</b> ¿Los resultados obtenidos a partir de un prototipado virtual son tan fidedignos como los que se obtendrían de un ensayo físico? ¿Qué sentido tiene reducir tiempo y coste de diseño si los resultados de la simulación no se ajustan a la realidad?</p>                                                                                                                                                                          |
|  | <p><b>AJUSTAR:</b> Para "afinar" el modelo, se puede incluir flexibilidad a las piezas, sistemas de control, roces de las uniones, actuadores hidráulicos y neumáticos, etc., con lo que se pueden simular diferentes situaciones para ver el comportamiento del sistema completo. Es aquí donde la parametrización resulta especialmente valiosa.</p>                                                                                              |
|  | <p><b>OPTIMIZAR:</b> Se definen las variables que se quieren probar, y se ejecutan, de manera aleatoria, una serie de simulaciones necesarias para un experimento completo, pudiéndose representar los resultados gráficamente para una posterior comparativa. Definidos los objetivos, variables, y restricciones, el software realiza iteraciones automáticamente, hasta obtener el que es el mejor comportamiento del sistema.</p>               |



**AUTOMATIZAR:** Es posible adaptar la herramienta o software de prototipado virtual a las necesidades particulares de cada industria, organización o equipo de ingeniería.

Se puede llegar a reflejar y automatizar los procesos estándar, integrando la herramienta de prototipado virtual con las labores cotidianas.

#### **2.2.4 Condiciones de uso del prototipado virtual**

A la hora de definir dónde y en qué condiciones se puede usar el prototipado virtual más eficientemente, hay que tener en cuenta una serie de factores:

- el tiempo y el coste necesario en la construcción de un prototipo físico
- el posible riesgo o responsabilidad asociada a ese producto
- y el nivel de innovación que lleva incorporado

Cuanto más tiempo y más dinero cueste construir el prototipado físico, y cuanto mayor sea el coste de fallo asociado al mal funcionamiento del producto, mayor serán los beneficios obtenidos de llevar a cabo el prototipado virtual. Es decir, que el beneficio no será el mismo para alguien que diseñe una mesa o una silla, que para aquél que diseñe un mecanismo mucho más complicado.

Otro aspecto que conviene comentar es la experiencia necesaria para poder llevar a cabo un prototipado rápido. Se considera que un diseñador experimentado con conocimientos de mecánica es capaz de hacer estudios del estilo “*qué pasa si???*” y obtener resultados de calidad. Un buen ingeniero podrá, muy posiblemente, obtener mejores resultados del ensayo, sin embargo, se está pensando en ingenieros de diseño y analistas que trabajen con ingenieros de pruebas para conseguir modelos válidos que puedan ser entregados a los diseñadores, para que éstos los prueben ante distintos comportamientos.

Es importante aclarar que el prototipado virtual no suprime o elimina el prototipado físico. De hecho, la mejor manera de utilizar el prototipado virtual es hacerlo conjuntamente con las pruebas físicas, pero entendiendo las pruebas desde otro punto de vista. Los prototipos se solían construir para verificar el comportamiento de un producto antes de que éste fuese lanzado, pero este aspecto está

cambiando. Un prototipado virtual puede “soportar” múltiples simulaciones diferentes. La labor de las pruebas físicas, pues, consistirá en verificar el prototipado virtual.

### 3. PRUEBAS DE VALIDACIÓN Y FIABILIDAD DE PRODUCTO

#### 3.1. Pruebas de validación

La fiabilidad es un aspecto clave en el diseño de un producto. Ésta puede definirse como la probabilidad de que una máquina, un aparato, un dispositivo, etc., cumpla una determinada función bajo ciertas condiciones durante un determinado tiempo.

Esto hace que en muchos casos se dediquen más recursos a la validación que al desarrollo del propio sistema o producto, resultando conveniente incluir lo antes posible la validación en el proceso de diseño.

##### 3.1.1 Tipos de validación

Son varios los enfoques o puntos de vista desde los que se puede ver la validación, nombrándose a continuación dos de ellos:

- **Validación a posteriori:** Partiendo de los requisitos, se realiza el diseño y a continuación se hace la validación de dicho diseño, obteniéndose finalmente el resultado.



Fig. 2: Validación a posteriori

- **Validación por etapas:** En este caso, la validación se hace de cada una de las etapas en las que puede descomponerse el diseño, pasándose posteriormente y una vez validado a la siguiente etapa del proceso de diseño.

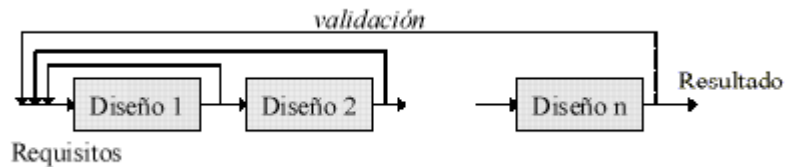


Fig. 3: Validación por etapas

### 3.1.2 Enfoques para la validación

A la hora de validar un producto y/o un proceso, hay varios modos de hacerlo, nombrándose a continuación algunos de ellos:

#### 3.1.2.1 Simulación

Se hablará con más detalle de la simulación en el apartado 4 del presente informe, pero puede adelantarse en este punto que la simulación se basa en un modelo del sistema cuyo comportamiento se quiere conocer, el cuál se ejecutará en distintos escenarios o situaciones para conocer su comportamiento.

Este sistema resulta muy útil para un primer análisis de viabilidad del sistema, aunque también hay que indicar que muchas veces resulta bastante complicado poder modelar todas las situaciones relevantes.

#### 3.1.2.2 Paso de pruebas

Consiste en la estimulación del sistema real con una serie de variables seleccionadas, observándose los resultados correspondientes. El enfoque es bastante parecido al de la simulación, con la diferencia de que en este caso se actúa sobre el sistema real, no con un modelo del mismo.

Con este método sólo se puede probar la presencia de errores, no su ausencia, y es especialmente útil cuanto:

- No es posible construir un modelo del sistema
- Hay partes que no son modelables

A continuación se muestran las distintas fases del paso de pruebas:



Fig. 4: Fases del paso de pruebas

### 3.1.2.3 Verificación formal

Este tercer método consiste en demostrar que un sistema funciona correctamente. Para ello, se construye un modelo formal (matemático) del sistema, que representa todos los posibles comportamientos del mismo. A continuación se elabora una especificación formal de los requisitos, que recoge el comportamiento deseado del sistema. Finalmente, se demuestra matemáticamente, que ambas especificaciones formales tienen coherencia.

### 3.1.2.4 Model checking

Se basa en el uso de algoritmos, ejecutados por ordenador, para verificar la corrección de los sistemas. El usuario proporciona una descripción del sistema, una descripción de los requisitos, y deja que los algoritmos del *model checking* decidan si el sistema es correcto. En el caso de que haya algún error, el sistema proporciona un contraejemplo.

Los contraejemplos muestran las circunstancias bajo las cuales se produce el error, es decir, se corresponden con aquellas situaciones en las cuales el modelo no se comporta de un modo deseado, proporcionando evidencias de que el modelo necesita ser revisado.

## 3.2. Fiabilidad de producto

Puede definirse la ingeniería de fiabilidad como el estudio de la duración y el fallo de los equipos. Para investigar las causas de los posibles fallos y/o errores se aplican principios científicos y matemáticos. El objetivo que se persigue con esta investigación es conocer el origen de los fallos, de modo que se puedan establecer las mejoras a introducir en los diseños de los productos para aumentar su vida o al menos disminuir las consecuencias adversas de los errores. Es decir, se da mucha

importancia tanto al diseño como al rediseño de los productos, con anterioridad a la fabricación o a la venta.

### **3.2.1 Tipos de fallos**

Resulta bastante lógico admitir que los artículos manufacturados tienen vidas finitas, y que un mejor diseño suele implicar una vida más larga del producto. Asimismo, mucha gente es consciente de algunos de los ejemplos catastróficos de fallos de equipos:

- fallos de fatiga en el fuselaje de un avión
- pérdida del motor de un avión comercial
- accidentes de los reactores nucleares de Three Mile Island y Chernobil
- accidentes de los transbordadores espaciales Challenger

Son algunos ejemplos muy conocidos de fallos catastróficos. Por otro lado, todo el mundo ha experimentado fallos de sistemas a menor escala, como el de un electrodoméstico, el desgaste de una batería, o el fallo de una bombilla. Muchos han experimentado ejemplos potencialmente graves, como el fallo de los neumáticos de un coche.

Todos estos ejemplos tienen algunas características comunes, aunque es evidente que también existen diferencias entre ellos. Algunas de las características comunes son:

- los fallos de los sistemas son lo suficientemente importantes como para requerir un esfuerzo de ingeniería con el fin de intentar comprenderlos y controlarlos
- el diseño de los sistemas es complicado por lo que las causas y las consecuencias de los fallos no son obvias

### **3.2.2 Factores origen de fallos**

Muchos productos y sistemas basan su funcionamiento operativo en la efectividad conjunta de algunos de los factores siguientes:

- el equipo físico
- los operadores humanos

- el software
- los protocolos de gestión

Existen métodos analíticos para conocer los efectos de las personas y del software sobre la fiabilidad de los sistemas. Esto es debido a que se cree que los individuos causan más fallos de sistemas que los equipos.

### **3.2.3 Posibles efectos de la falta de fiabilidad**

El diseño de un producto tiene mucho que decir a la hora de determinar su duración en el mercado. Los métodos de diseño actuales están basados generalmente en descripciones científicas y sobre todo matemáticas de los requerimientos y del rendimiento. La fiabilidad es una de las características del rendimiento de un sistema que se trata analíticamente en el proceso de diseño. La precisión en la evaluación de la fiabilidad de un diseño propuesto depende del conocimiento relativo al proceso de los fallos del producto.

La precisión en la predicción de la fiabilidad es también crucial desde el punto de vista económico, ya que la fiabilidad de un producto determina la productividad operativa del mismo, así como los gastos de reparación y mantenimiento. Puede asimismo determinar el intervalo en que se distribuyen los costes operativos, y en el que se obtienen ingresos o servicios. Por tanto, la fiabilidad es un factor central para determinar el coste del ciclo de vida de un producto.

Además de las consideraciones relativas al coste del ciclo de vida, hay otro aspecto mucho más importante, como es la prevención de accidentes. Para lograr los objetivos de un rendimiento funcional adecuado, limitación de los costes del ciclo de vida, y seguridad, la fase del diseño es el momento en que puede lograrse una influencia importante sobre los mismos.

## **4. SIMULACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS**

La simulación es un método matemático con el cual se pueden analizar problemas complicados con modelos abstractos. La asociación alemana de ingenieros, el VDI (Verein Deutscher Ingenieure) define el concepto de simulación en la norma VDI-3633:

*Simulación es la copia de un sistema dinámico en un modelo, para obtener conocimientos, los cuales se pueden transferir a la realidad.*



*Fig. 5: Detalle de una ventana de un programa de simulación.*

Por tanto la simulación es un procedimiento mediante el cual se puede analizar la conducta de un sistema dinámico real. Dependiente de los modelos necesarios, se distingue entre:

- La simulación de flujos de fabricación permite analizar de forma gráfica e intuitiva el proceso de fabricación, pudiéndose estudiar y optimizar aspectos como el tiempo de ciclo, cuellos de botella, stocks, etc. con la ayuda del software de simulación
- En el caso de instalaciones robotizadas la simulación es especialmente útil para la comprobación y optimización del diseño. Esta verificación se realiza de forma gráfica e intuitiva obteniendo entre otras cosas los tiempos de ciclo de la instalación y los posibles problemas de accesibilidad y colisiones de robots, manipuladores y utillajes. La optimización es sencilla sobre el modelo en el ordenador y permite realizar pruebas y verificar hipótesis analizando las mejoras de productividad que éstas aportan sobre la instalación. El resultado es un diseño seguro y una instalación optimizada y por lo tanto más productiva.

Durante el estudio de la simulación se producen muchos datos, los cuales pueden analizarse usando presentaciones estáticas o dinámicas. La forma más fácil de la

presentación estática son los diagramas, por ejemplo para presentar valores medios. El desarrollo de los procesos se puede representar de forma adecuada mediante la animación. Así se pueden reconocer, por ejemplo, los cuellos de botella en la producción.

#### 4.1. Etapas en la creación de un modelo

Como se ha indicado anteriormente, la simulación consiste en la representación dinámica de un sistema real mediante un modelo en ordenador que se comporta de la misma forma que el propio sistema.

El proceso completo de creación de un modelo de simulación se puede dividir en las siguientes etapas:

- **Análisis de la instalación:** En esta fase se estudia el funcionamiento de la instalación: flujo productivo, recursos, artículos, horarios, ... Es una de las etapas más importantes ya que la implantación en simulación de una instalación exige conocer completamente el proceso productivo.
- **Elaboración de un modelo general:** Partiendo del proceso productivo se determinan los elementos que se necesitan simular, nivel de representación del modelo y elección de las variables de entrada y salida. En esta fase se define también el intervalo temporal que se usará como referencia para la implementación del modelo.
- **Obtención y filtrado de información:** Recoger toda la información necesaria sobre el estado de la instalación. Obtener de la base de datos los registros en históricos de las incidencias y averías ocurridas.
- **Implantación del modelo de simulación:** En esta fase, primero se debe seleccionar el software de simulación e implantar lo más fiel posible el modelo sobre el software seleccionado.
- **Evaluar diferentes configuraciones:** Una vez el modelo está implantado, se procede a realizar un estudio sobre el efecto que tendrán en las diferentes variables las modificaciones propuestas en la instalación. Toda salida de resultados se debe realizar de forma normalizada, y el formato será el definido por la propia empresa.

Conocidas las distintas etapas de creación de un modelo, hay que indicar que por parte del equipo en el que se vaya a instalar el software de simulación tiene que cumplir unos requisitos. Éstos serán distintos dependiendo de la herramienta utilizada. Por ejemplo, en el caso de que la decisión sea optar por WITNESS (software de simulación con una extensa implantación en gran variedad de sectores) los requerimientos son:

- Plataforma: IBM-PC 486 o Pentium, Vax, Space, HP
- Sistema operativo: Windows, VMS, SunOS, Unix
- Memoria RAM mínima
- Mínimo espacio en disco

#### **4.2. Aplicaciones de la simulación**

Como se indicaba anteriormente a la hora de definir el concepto de simulación, se decía que es *la copia de un sistema dinámico en un modelo*. Dependiendo del proceso o *sistema* que se quiera simular, se pueden obtener unos resultados u otros. A continuación se enumeran distintos ejemplos para procesos de fabricación y procesos logísticos:

- Procesos de fabricación
  - Necesidad de equipos y personas
    - N° y configuración de máquinas
    - Planificación de necesidades de personas (distribución por turnos)
    - Situación y tamaño de almacenes
    - Evaluación de cambios en volumen o mezcla
    - Evaluación de inversiones
  - Análisis de indicadores
    - Nivel de producción
    - Velocidad de fabricación
    - Producto en proceso
    - Análisis de cuellos de botella
    - Evaluación de utilizaciones de máquinas y operarios

- Definición de procesos
  - Planificación de la producción. Gestión de órdenes
  - Efecto de mantenimientos preventivos
  - Políticas de control de calidad
- Procesos logísticos
  - Modelo detallado para estudiar parámetros de compras y planificación de materiales:
    - Tiempo entre pedidos
    - Cantidades a pedir
  - Influencia en volúmenes de inventarios
  - Definición de procesos de consigna
  - Identificación de cuellos de botella
    - Proveedor con tiempos de entrega altos
    - Tiempos perdidos en recepción
    - Empaquetado
    - Preparación de pedidos
  - Almacenes. Mejora del flujo de materiales. Optimización de procesos y localizaciones
  - Aceptación de demanda

#### **4.3. Ventajas de la simulación**

Como ya se ha mencionado, son muchas y variadas las ventajas que están asociadas a la simulación. De modo general, se pueden nombrar:

- Capacidad para entender el sistema sin necesidad de construirlo o modificarlo, con lo que esto implica en cuanto a ahorro de tiempo y dinero
- Posibilidad de probar diferentes opciones rápida y fácilmente, respondiendo de una manera inmediata a respuestas del tipo “...qué pasa si...?”
- Mejorar la comunicación de ideas al resto de la Organización

Concretando más, entre las ventajas más frecuentemente expuestas por las PYMEs que tienen incorporada herramientas de simulación, se pueden destacar:

- identificación de cambios potenciales
- justificación de las inversiones de capital
- ajuste de objetivos según procesos (productividad, periodo de entrega, stocks...)
- reducción de costes
- identificación y mejora de las limitaciones del proceso:
  - análisis del diseño en planta
  - identificación de los cuellos de botella
  - reducción de los tiempos de ciclo
  - determinación de rutas
  - determinación de plantillas de turnos

## **5. CONCLUSIONES**

A modo de resumen, y recogiendo algunas de las ideas que ya se han mencionado durante el presente capítulo, se puede concluir diciendo que todas las herramientas de simulación vistas: prototipado rápido y virtual, pruebas de fiabilidad y simulación de procesos productivos son muy rentables. Además, el tiempo invertido en ellas se recupera rápidamente porque la puesta en marcha se reduce considerablemente al haber detectado todos los errores de forma prematura. Estos errores quedan solucionados en forma rápida en la etapa de diseño.

Las ventajas son claras para empresas, incluidas las PYMEs, sin embargo, en muchas ocasiones el coste de las herramientas o la formación y mantenimiento necesarios para su utilización resulta un inconveniente si se usan de forma esporádica. La solución en estos casos está en las empresas que ofrecen esos servicios, contratándolas únicamente cuando son necesarias.

En definitiva, la simulación es ya una realidad cotidiana, pero sin duda la exigencia creciente de optimizar tanto productos como procesos hará de la simulación una herramienta imprescindible en el futuro próximo.

## 6. REFERENCIAS

### Prototipado rápido:

- Centro CIM (ICT-UPC) <http://www.ictnet.es/ict/serveis/desarollo/des.htm>
- IEEE (1998): "Rapid System Prototyping (RSP' 98). 9th. International Workshop - ISBN 0-8186-8479-8
- Jacobs, P.F. (1992): "Rapid Prototyping & Manufacturing. Fundamentals of Stereolithography" - ISBN 0-07-032433-6
- Kai, Ch. y Kah Fai, L. (1997): "Rapid Prototyping: Principles and Applications in Manufacturing" - ISBN 0-471-19004-7
- Reilly, J.P. (1996): "Rapid Prototyping. Moving to Business-Centric Development"
- Internet: <http://www.rapidpro.com/files/whatis.htm>
- Internet: <http://www.pitt.edu/~roztocki/rapidpro/rapidpro.htm>
- Internet: [http://www.biba.uni-bremen.de/groups/rp/rp\\_sites.html](http://www.biba.uni-bremen.de/groups/rp/rp_sites.html)
- Internet: <http://www.protorapid.com>
- Internet: <http://www.entrelinea.com/usabilidad/nuevos/Rapido.htm>