

GUIA TECNOPYME. Fase II.
1- HERRAMIENTAS DE DISEÑO E
INGENIERÍA

CAP1.INF

Autor: _____
Ana Bonilla

Revisado: _____
Laura Martínez

Aprobado: _____
Ana Bonilla

Copia de: _____

Versión: 1

Revisión: 0

Zamudio, enero 2003

GUIA TECNOPYME

1- HERRAMIENTAS DE DISEÑO E INGENIERÍA

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. HERRAMIENTAS DE DISEÑO ASISTIDO POR ORDENADOR: CAD	2
2.1. Puntos clave en la elección de un software de CAD	3
2.2. Tipos de software de CAD.....	4
2.3. Campos de aplicación	5
2.4. Ventajas	6
3. HERRAMIENTAS DE PRODUCCIÓN: CAM	7
3.1. Bases y aplicaciones del CAM	7
3.2. Ventajas	8
4. HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA: CAE	8
4.1. Método de Elementos Finitos (MEF)	8
4.2. Simulación.....	10
4.3. Ventajas	11
5. INGENIERÍA CONCURRENTE	11
5.1. Ventajas	13
6. CONCLUSIONES	15
7. REFERENCIAS	16

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día el diseño y desarrollo de nuevos productos o la modificación de los existentes se ha convertido en un elemento clave y fundamental para la mejora de la capacidad de innovación y competitividad de las empresas industriales.

Cada vez más el “diseño” de los productos es el único elemento que diferencia a un producto innovador de otro que no lo es. Hasta hace poco tiempo, el proveedor fabricaba bajo plano para sus clientes, por ejemplo en sectores tales como automoción o aeronáutica, mientras que en la actualidad, son más comunes los casos en los que el proveedor debe responsabilizarse del diseño e ingeniería de conjuntos completos y módulos que agrupan diferentes funciones.

Dado que actualmente resulta necesario ofrecer productos de mayor valor añadido, es prácticamente imprescindible adquirir, desarrollar y aplicar eficazmente tecnologías de apoyo a la función de diseño e ingeniería.

El concepto de “**Herramientas de diseño e ingeniería**” hace referencia a términos tan conocidos y empleados hoy en día como CAD, CAM, CAE, etc. Todas las ciencias han incorporado términos, a veces innombrables, que no son más que conceptos o frases comprimidas en una única palabra. Por tanto, conviene repasar una serie de términos que aparecerán a lo largo de este capítulo, así como las relaciones que existen entre ellos:

CAD	Computer Aided Design	Diseño asistido por ordenador
CAE	Computer Aided Engineer	Ingeniería asistida por ordenador
CAM	Computer Aided Manufacturing	Fabricación asistida por ordenador
CNC	Computer Numeric Control	Control numérico por ordenador
CAI	Computer Aided Inspection	Verificación asistida por ordenador
CIM	Computer Integrated Manufacturing	Fabricación integrada por ordenador

- El CAD es la parte que se encarga del diseño del producto.

- Mediante el CAE se verifica que el elemento diseñado mediante los programas de CAD satisface todas las solicitudes a las que se verá sometido. También se puede incluir el control y la planificación de proyectos.
- En el CAM se estudian los medios con los que se va a fabricar el producto, los tiempos, y métodos de fabricación. Este proceso se realiza por medio de un software de simulación del mecanizado.
- CNC es el lenguaje que nos permite controlar los movimientos de un robot, o una máquina-herramienta de control numérico.
- El CAI se encarga del proceso de verificación y control de la calidad, en el que el ordenador asegura una total uniformidad en la producción.
- En el CIM se integra a todos los anteriores y es el fin que pretenden alcanzar muchas empresas: Diseñar -- Calcular -- Fabricar -- Inspeccionar utilizando ordenadores. Hace unos años esto era una utopía, pero hoy en día ya es realidad.

En el presente capítulo, nos centraremos únicamente en los tres primeros: CAD, CAM y CAE, a los cuáles ya se hizo alusión en el módulo 5 de la Guía Tecnopyme Fase I: “*Aplicación de las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones en la Industria*”. Se ha considerado que dada su importancia e interés son merecedoras de un módulo independiente en el que se profundice más sobre ellas.

2. HERRAMIENTAS DE DISEÑO ASISTIDO POR ORDENADOR: CAD

El término CAD (*Computer Aided Design o Diseño Asistido por Ordenador*) hace referencia a una herramienta software que, mediante el uso del ordenador, permite crear, modificar, analizar y optimizar planos y modelos en dos y tres dimensiones, y manipular de una manera fácil elementos geométricos sencillos. Se trata de herramientas que van más allá del concepto de “dibujo” o representación gráfica. De hecho, hoy en día se encuentran totalmente integrado con aplicaciones CAM y CAE.

El concepto de Dibujo Asistido por Ordenador nace en los años 50 cuando el ejército de Estados Unidos desarrolla los primeros trazadores gráficos, los cuáles podían representar dibujos realizados con un ordenador. Paralelamente, el MIT (Massachusetts Institute of Technology) presentaba lo que sería el primer software de CAD, que permitía dibujar mediante puntos en un ordenador.



Hubo que esperar hasta la mitad de la década de los 60 para ver el CAD implantado, de manera masiva, en las industrias (General Motors, Bell Telephones). Su evolución ha sido ininterrumpida, y la implantación definitiva llegaría en los años 70, en parte debido al aumento de la velocidad y al abaratamiento de los ordenadores personales y a la miniaturización de los equipos.

Fig. 1: CAD, de la mesa de dibujo a la pantalla de ordenador.

Centrándose en la situación actual, los cambios continuos que tienen lugar durante el proceso de diseño, desde la primera idea hasta el producto final, hacen necesaria una herramienta que de un modo sencillo y rápido, permita realizar cambios tanto en los planos, como en los modelos, bases de datos de materiales y utillaje, etc.

2.1. Puntos clave en la elección de un software de CAD

Actualmente, es posible encontrar en el mercado una gran variedad de productos, cubriendo cada uno de ellos un determinado tipo de necesidad. Es importante analizar profundamente los requisitos necesarios y posteriormente seleccionar el producto que más se adapte a ellos.

A continuación, se enumeran algunas de las consideraciones a tener en cuenta a la hora de decidirse por un software u otro:

- Evaluación de nuestras necesidades
- Evaluación de las necesidades de nuestros proveedores
- Evaluación de las necesidades de nuestros clientes
- Buena comunicación con otros programas de CAD, CAM CAE
- Tipo de asistencia técnica (cursos de formación, actualización de nuevas versiones, etc.)
- Situación actual de este software en el mercado (ver si es muy utilizado o por el contrario se encuentra poco extendido)
- Tipos de módulos que posee

2.2. Tipos de software de CAD

Dada la gran variedad de programas de CAD existentes en el mercado, es posible agruparlos en las siguientes categorías:

- 2D
- 2D / 3D
- 3D gama media
- 3D gama alta

↪ En el primero de los grupos se encuentran los programas pensados para trabajar únicamente en dos dimensiones, razón por la cual son los más sencillos de utilizar, pero también los de menores prestaciones. Su función es facilitar el trabajo manual aportando herramientas de dibujo bajo un soporte informático.

↪ El siguiente nivel es el que se corresponde con los programas 2D / 3D. Están pensados para trabajar habitualmente en dos dimensiones, aunque presentan la posibilidad del paso a 3D. Al no estar pensados para trabajar inicialmente en 3D, el dibujo en tres dimensiones se ve penalizado con respecto a otros programas de gama más alta.

↪ El conjunto de programas CAD 3D de gama media está formado por aplicaciones diseñadas para dibujar directamente en tres dimensiones bajo el interfaz de Windows, lo que hace que el entorno de trabajo sea más familiar

para el usuario. Normalmente son programas muy intuitivos y fáciles de manejar.

- ↪ Por último, cabe mencionar los programas 3D avanzados, con aplicaciones más potentes que los anteriores. La mayoría de ellos funcionan en estaciones de trabajo (ordenadores con una capacidad de cálculo superior a la de un ordenador personal, y mayor velocidad), aunque en algunos casos y en las versiones más recientes pueden funcionar bajo Windows en un PC.

Con ellos es posible trabajar superficies avanzadas y sólidos complejos con herramientas y opciones que no poseen los CAD de gama media. Disponen además de gran cantidad de módulos CAE integrados. Son sin duda los programas más potentes y completos, pero por otro lado cabe indicar que su facilidad de manejo es menor que la de los programas 3D medios.

2.3. Campos de aplicación

Los sistemas CAD actúan en los campos de diseño mecánico, estructural, arquitectura e ingeniería civil, sistemas de información cartográfica y geográfica, industrial, de instalaciones, etc. Los tres campos clásicos de aplicación son los siguientes:

- **Diseño industrial:** El diseño industrial es el campo típico de aplicación, y en el que se comercializan más aplicaciones. Se utilizan modelos tridimensionales, con los que se realizan cálculos y simulaciones mecánicas. La naturaleza de las simulaciones depende del tipo de elemento a diseñar. En el diseño de vehículos es normal simular el comportamiento aerodinámico; en el diseño de piezas mecánicas se puede estudiar su flexión, o la colisión entre dos partes móviles. Entre las aplicaciones comerciales de tipo general cabe destacar CATIA (IBM), I-DEAS (SDRC) y PRO/ENGINEER (PTC).
- **Ingeniería civil:** En ingeniería civil podemos encontrar aplicaciones 2D, especialmente en arquitectura, y aplicaciones 3D. Las simulaciones realizadas suelen estar relacionadas con el estudio de la resistencia y la carga del elemento.

- **Diseño de hardware:** En diseño de hardware podemos encontrar desde aplicaciones para el diseño de placas de circuitos impresos hasta aplicaciones para el diseño de circuitos, incluyendo circuitos integrados. Este último campo es fundamental para la realización de simulaciones del comportamiento eléctrico del circuito que se está diseñando. Muchas de estas aplicaciones son 2D, e incluyen conexión con un sistema CAM.

Es posible encontrar en el mercado aplicaciones específicas para un campo concreto junto con aplicaciones de tipo general. Se trata básicamente de editores de modelos geométricos, sobre los que se pueden acoplar módulos de simulación o cálculo específicos para un campo concreto. Este último es el caso de AUTOCAD, 3D-Studio y MICROSTATION.

2.4. Ventajas

Como se ha visto, los sistemas CAD aportan soluciones que mejoran el proceso de diseño, dotándolo de grandes beneficios, entre los que se puede citar:

- Posibilidad de corregir errores en fase de diseño
- Ahorro de tiempo y aumento de la productividad ante las posibles modificaciones de mejora de la pieza
- Facilidad de uso de la herramienta, respecto a los sistemas de dibujo tradicionales
- Mayor calidad y precisión en los productos, mejorando la imagen de la empresa y aumentando la cartera de clientes
- Mejora de la comunicación con el equipo de trabajo y con los clientes y la presentación del producto
- Disminución de costes y elevado retorno de la inversión

Además de todos estos beneficios, existen numerosas razones por las que utilizar herramientas CAD para el diseño, es decir, para pasar de la mesa de dibujo (trabajo manual) a la pantalla de un ordenador. Entre ellos, se puede citar:

- Velocidad: dibujar planos se hace más rápido por ordenador
- No repetición: partes del diseño pueden ser copiadas, movidas o reflejadas en otra localización

- Gran precisión: detalles en miniatura pueden ser dibujados
- Facilidad para borrar o modificar partes del diseño
- Acotado rápido y preciso
- Los planos pueden ser imprimidos en cualquier escala
- El texto se introduce mejor
- Escenas reales pueden ser representadas en 3D

3. HERRAMIENTAS DE PRODUCCIÓN: CAM

La introducción en la industria de la máquina-herramienta de control numérico, los robots, los almacenes automáticos, etc., está provocando importantes ventajas sobre los métodos de producción tradicionales.

3.1. Bases y aplicaciones del CAM

Las herramientas CAM (Computed Aided Manufacturing) son sistemas informáticos que permiten fabricar las piezas en máquinas de Control Numérico por Ordenador, calculando las trayectorias de la herramienta para conseguir el mecanizado correcto, basándose en:

- la información de la geometría de la pieza (obtenida a partir del dibujo de la pieza, realizado en 2D o 3D mediante un sistema CAD)
- el tipo de operación deseada
- la herramienta elegida
- y las condiciones de corte definidas

Pero esta no es su única aplicación. Con ellas también es posible realizar:

- la programación fuera de línea de los robots, tomando como base el modelo matemático del robot y de su entorno de trabajo
- el diseño y construcción de moldes para la fabricación en serie de componentes para la industria del automóvil, electrodomésticos y equipos eléctricos principalmente.

3.2. Ventajas

A continuación, se enumeran una serie de ventajas que ofrece la fabricación asistida por ordenador frente a otros métodos tradicionales:

- Elimina los errores del trabajador al realizar las operaciones con la máquina-herramienta
- Reduce los costes de fabricación al reducir el desgaste y rotura de los elementos de corte
- Reduce el tiempo a la hora de programar el control numérico de la máquina-herramienta

Como resultado directo de ello se consigue fabricar series intermedias de piezas a costes comparables a los de las grandes series, además de presentar la posibilidad de utilización de nuevos enfoques en la organización de la producción.

4. HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA: CAE

La Ingeniería Asistida por Ordenador o CAE (Computer Aided Engineering) supone un paso más en los sistemas CAD tradicionales, ya que además del diseño del modelo, también permite integrar sus propiedades, condiciones a las que está sometido, materiales, etc. De esta forma, las herramientas CAE existentes permiten calcular cómo va a comportarse la pieza o la estructura en la realidad, en aspectos tan diversos como:

- deformaciones
- resistencia
- características térmicas
- vibraciones, etc.

para ello es necesario pasar de la geometría creada en un entorno CAD al sistema CAE.

4.1. Método de Elementos Finitos (MEF)

Normalmente, las herramientas CAE trabajan con el Método de Elementos Finitos, un potente método de cálculo de ayuda al diseño, pero que en ningún caso sustituye al conocimiento del funcionamiento de la pieza o sistema que se está diseñando.

El MEF consiste en sustituir la pieza por un modelo, formado por partes de geometría sencilla, denominados elementos, que forman la malla. Obteniendo las propiedades de estos elementos, se podrán entonces obtener las de la pieza que se está analizando. La solución obtenida del modelo de elementos finitos será una aproximación de la solución del sistema real, ya que se comete el denominado error de discretización al sustituir el sistema real por su modelo aproximado.

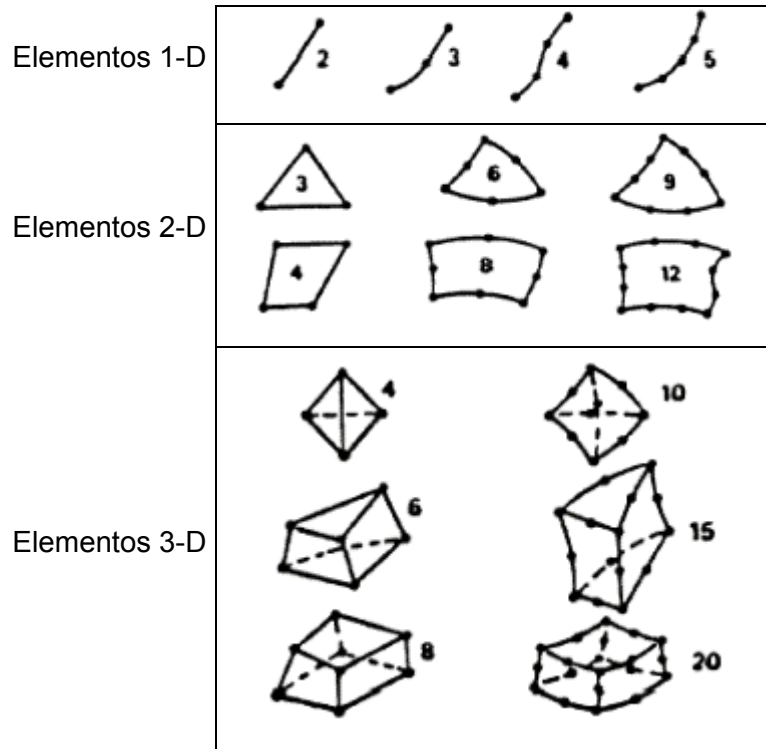


Fig. 2: Tipos de elementos utilizados en el MEF.

En el mercado existe actualmente una amplia gama de programas informáticos que aplican el MEF a la resolución de diversos problemas de ingeniería, los cuáles cuentan además con las ventajas del crecimiento continuo de la potencia de cálculo de los ordenadores, así como de las notables mejoras en cuanto a visualización gráfica. Estos programas informáticos constan habitualmente de tres partes o módulos:

1. **Preprocesador:** en este módulo se realizan tareas tales como la construcción o importación de la geometría de la pieza o sistema, la discretización de la geometría en elementos finitos, así como la definición de las características del material, de las ligaduras y de la aplicación de solicitaciones. En esta fase se debe disponer

conjuntamente de un buen conocimiento del modo de funcionamiento de la pieza o sistema mecánico a analizar, así como de la teoría del MEF y de las particularidades del programa informático que se esté utilizando, puesto que de todo ello dependerá el coste y la calidad de los resultados obtenidos.

2. **Procesador:** este módulo es el encargado de construir y resolver las ecuaciones del modelo matemático construido en el módulo preprocesador.

3. **Postprocesador:** permite al usuario interpretar y manipular los resultados obtenidos en el procesador con el fin de determinar la validez del diseño y del modelo de elementos finitos utilizado, para evaluar la validez de la solución obtenida.

4.2. Simulación

Los principales tipos de simulación que se pueden realizar mediante el análisis por MEF son cálculos estáticos y dinámicos lineales, así como cálculos no lineales debidos a choques e impactos, grandes deformaciones, contacto, etc. Asimismo, mediante este método es posible analizar el comportamiento térmico, magnético y de fluidos del producto.

La simulación también se ha aplicado al cálculo de la evolución de sistemas a lo largo del tiempo, como puede ser el cálculo de elementos trabajando a fatiga o bajo cargas dinámicas. Anteriormente, esto resultaba más difícil al realizarse con prototipos, aparte de conducir a ensayos destructivos que desperdician material.

A los fabricantes les surgen preguntas como la duración de las piezas, el momento en que aparecerán grietas o cómo van a evolucionar dichas grietas. A menudo, los fallos por fatiga suelen aparecer cuando la pieza se encuentra en servicio, resultando costoso y hasta peligroso.

Los programas de simulación de fatiga ayudan a contestar estas preguntas pasando de resultados de tensiones estáticas a predicciones en la vida de las piezas. Este es el fundamento de los módulos de fatiga o durabilidad que incluyen

la mayoría de los programas de CAE como NASTRAN, ANSYS, I-DEAS, Pro/Mechanica, etc.

De esta manera, se consiguen importantes ventajas como la eliminación de pruebas innecesarias en prototipos, ahorro de tiempo y dinero, aumento en la percepción de la respuesta a la carga de fatiga del producto y optimización del diseño a fatiga.

4.3. Ventajas

La realización de las distintas actividades de un sistema CAE suponen siempre un valor añadido al diseño, puesto que detectan y eliminan posibles problemas que supondrían un retraso en el lanzamiento del producto, pero además de esto, algunos beneficios asociados a su aplicación son:

- Reducción de costes debido a que los productos son probados previamente a su fabricación
- Predicción del comportamiento de las piezas sin la necesidad de prototipos
- Posibilidad de corregir errores en la fase de diseño
- Productos con mayor calidad y precisión

5. INGENIERÍA CONCURRENTE

El proceso convencional de desarrollo de producto consiste en la realización de una serie de tareas específicas que deben ser desarrolladas habitualmente por diferentes equipos de trabajo en la empresa, y que abarcan la generación de las primeras ideas, diseño conceptual, diseño detallado, análisis, elaboración de planos y documentación técnica, fabricación, puesta en servicio y mantenimiento.

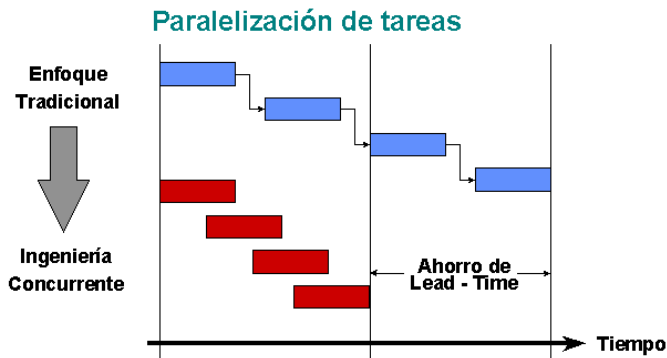


Fig. 3: Secuencia de tareas en el tiempo.

Por norma habitual, cada una de las fases mencionadas debe finalizar antes del comienzo de la siguiente tarea. Por ello el ciclo de vida del producto consta de una serie de etapas secuenciales independientes que van desde el diseño a la ingeniería, incluyendo el aprovisionamiento de materiales y componentes, la planificación de los procesos de fabricación, la producción en series, etc.. Además, con mucha frecuencia, todos estos procesos son llevados a cabo mediante el intercambio aislado de información entre los diferentes equipos de trabajo en ese proceso secuencial, sin que existan mecanismos de intercomunicación y de trabajo entre los distintos grupos, con lo cual se desaprovechan innumerables posibilidades de mejora y de coordinación entre los diferentes equipos de trabajo.

Con este método de trabajo aislado y secuencial, a medida que el proyecto va avanzando, los cambios en diseño e ingeniería de producto resultan cada vez más costosos en términos de coste y retraso en la salida del producto al mercado.



Fig. 4: La ingeniería concurrente como eliminación de barreras interdepartamentales.

Para resolver los problemas de ineficiencia que presenta el enfoque tradicional, la ingeniería concurrente plantea vencer las barreras existentes entre los diferentes departamentos, mediante la colaboración de las personas de diferentes departamentos, que comparten su conocimiento. Esta nueva orientación, da un gran realce al papel que juegan las personas en sus respectivos trabajos.

A continuación, se incluyen algunas definiciones de ingeniería concurrente:

“Planteamiento sistemático de integración del diseño simultáneo de productos y de sus procesos relacionados, incluyendo fabricación y servicio técnico. Este planteamiento pretende que los desarrolladores consideren todos los elementos del ciclo de vida de un producto, desde la concepción hasta su desaparición, incluyendo calidad, coste, planificación y los requisitos de usuario”.

“El proceso de formar y mantener equipos multidisciplinares que fijen los productos y los parámetros del proceso en la etapa temprana de diseño”.

“Es juntar a las personas apropiadas en el momento correcto para identificar y resolver los problemas de diseño”.

“Técnica de desarrollo de un producto consistente en realizar en paralelo la mayor parte de tareas posibles, desde la fase de diseño hasta la de comercialización”.

No hay que olvidar que para alcanzar los objetivos, la ingeniería concurrente deberá utilizarse teniendo en cuenta una serie de principios, como son la introducción de cambios culturales, organizacionales, y tecnológicos en las compañías.

5.1. Ventajas

Las ventajas más relevantes que la ingeniería concurrente genera son:

- Acorta los tiempos de desarrollo de los productos
- Menores cambios de ingeniería
- Eleva la productividad
- Aumenta la flexibilidad
- Mejor utilización de los recursos
- Productos de alta calidad
- Reducción en los costes de desarrollo de los productos
- Mejoras en calidad

El hecho de que la ingeniería concurrente se esté convirtiendo en una práctica cada vez más común en la industria, hace que sea necesario disponer de sistemas de gestión de datos de producto que permitan a los diseñadores e ingenieros acceder a la información relativa a diseño y fabricación de modo integrado. La automatización y almacenamiento de los datos de producto en formato electrónico es un paso fundamental hacia la gestión integral de la información, así como en la compartición y puesta a disposición de esa información a los usuarios.

Asimismo, resulta muy importante disponer de herramientas que permitan definir y gestionar el flujo de trabajo de una función a otra, con el fin de mejorar la calidad global del producto y reducir drásticamente tanto el tiempo de desarrollo de producto como el esfuerzo necesario para ello. Por otra parte, a medida que la información de producto se va generando, revisando, lanzando y distribuyendo durante el proceso de diseño, se necesita realizar una gestión de configuración y cambios consistente, puesto que de otro modo la integridad global de la información de producto peligraría notablemente.

Las tecnologías de apoyo a la función de diseño e ingeniería son un conjunto de herramientas (hardware y software) y procedimientos (metodología), desarrollados para recoger y canalizar las intenciones y necesidades de los diseñadores e ingenieros, de modo que permitan abordar el Diseño de un Producto de una forma eficiente y eficaz, relacionando correctamente todos los aspectos y personas que intervienen en dicho diseño y estableciendo así el primer eslabón de la Ingeniería Concurrente.

En la figura siguiente se pueden observar las diferencias que experimentan los costes de los cambios realizados al producto en función del enfoque utilizado en su proceso de diseño, destacando el hecho de que el importe de las inversiones en las etapas iniciales de diseño e ingeniería para construir prototipos virtuales y realizar análisis por ordenador de dichos prototipos virtuales, es menor que el coste de realizar modificaciones al producto en fases de desarrollo más avanzadas, siendo esta diferencia muy importante si los cambios sobre el producto se han de efectuar una vez iniciada su fabricación.

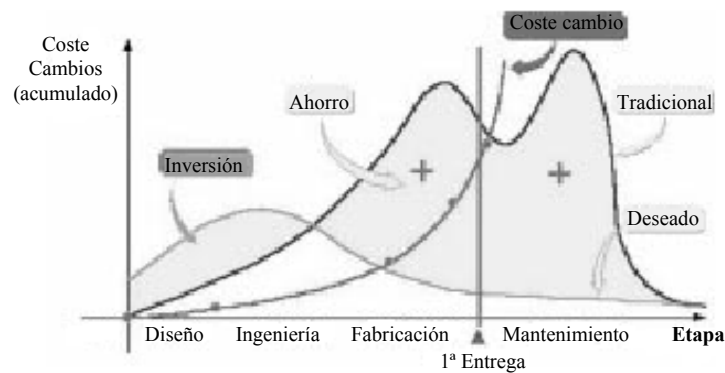


Fig. 5: Curva comparativa de costes.

6. CONCLUSIONES

Las tecnologías de diseño, modelado y simulación de producto existentes en la actualidad (respondiendo a siglas tales como CAD, CAM, CAE, CAPE, etc.) son indispensables para trabajar sobre modelos virtuales del producto en aspectos tales como diseño, fabricación, ensamblado, procesos de transformación, etc. Cada una de estas tecnologías, por su parte, ha evolucionado mucho y ha alcanzado un alto grado de madurez, no solo por el gran número de sistemas comerciales existentes en el mercado, sino también por la gran fiabilidad y calidad de los resultados que ofrecen.

Por otro lado, el equipamiento hardware necesario para trabajar con estas herramientas de diseño es un factor crítico a la hora de hacer realmente operativas estas tecnologías de diseño. Hoy en día se dispone de equipos de muy altas prestaciones, capaces de agilizar enormemente el trabajo con herramientas de diseño mediante el manejo de prototipos virtuales en tres dimensiones, que

permiten realizar en corto espacio de tiempo numerosas iteraciones del ciclo de diseño e ingeniería de producto.

Sin embargo, todo este conjunto de técnicas y herramientas de diseño debe ser coordinado e integrado adecuadamente dentro del ciclo de diseño y desarrollo de producto para lograr el objetivo último: sacar productos al mercado de mayor calidad, con menor coste y en menor plazo.

Finalmente, indicar que es necesario disponer de una adecuada metodología de trabajo para el diseño de sistemas mecánicos, integrando para ello una serie de herramientas de diseño, algunas de ellas de reciente aparición, que ayuden al diseñador en las diferentes etapas del ciclo de diseño y desarrollo de producto, tales como análisis estructural por elementos finitos, análisis de mecanismos y visualización gráfica avanzada.

7. REFERENCIAS

A continuación se incluye un listado de referencias, donde se puede consultar más información sobre el tema.

Enlaces relacionados con el sector CAD

CATIA	www.catia.com	Software de diseño 3D de sólidos y superficies con una gran implantación en sectores tan importantes como la automoción, aeronáutica, etc.
PTC	www.ptc.com/spain	Posiblemente, una de las compañías más importantes en el mercado del CAD
SOLIDWORKS	www.solidworks.com	Uno de los mejores modeladores de sólidos 3D de gama media.
SOLID-EDGE	www.solid-edge.com	Junto con SolidWorks es uno de los softwares de diseño 3D más competitivos.
AUTODESK	www.autodesk.com	Empresa líder en el desarrollo de CAD 2D, con fuerte implantación a nivel mundial tanto en 2D como en 3D.
RHINOCEROS	www.rhino3d.com	Software para el modelado de superficies NURBS bajo

		plataforma Windows, con una enorme proyección.
UNIGRAPHICS SOLUTIONS	www.eds.com/products/plm/unigraphics_nx	Unigraphics Solutions Inc. es probablemente uno de los proveedores de soluciones CAID/CAD/CAM/CAE más completos.
www.cad-infos.com	www.cad-infos.com	Página Inglesa basada en el software de CAD / CAM / CAE.
www.cadpo.com	www.cadpo.com	Primer abastecedor de productos y servicios de Unigraphics y Solid Edge.
www.cad.de	www.cad.de	Página Alemana muy integrada en el CAD.
www.cadvisionsl.com	www.cadvisionsl.com	Empresa dedicada a las soluciones integrales de CAD / CAM / CAE.
www.cad-news.de	www.cad-news.de	Página dedicada a noticias.
www.cadserver.co.uk	www.cadserver.co.uk	Recursos en red para la comunidad del CAD.
www.asuni.es	www.asuni.es	Fabricante y mayorista de aplicaciones CAD para arquitectura e ingeniería.

Enlaces relacionados con el sector CAM

MASTERCAM	www.mastercam.com	Mastercam es un producto de CNC Software INC. que proporciona soluciones de mecanizado para cualquier tipo de necesidad.
SURFCAM	www.surfcam.com	Software CAD/CAM desarrollado para plataformas Windows.
CIMATRON	www.cimatron.com	La solución de mecanizado CAD/CAM integral.
TEKSOFT	www.teksoft.com	Software CAD/CAM modular para todo tipo de necesidades de mecanizado.
www.topsolid.com	www.topsolid.com	Solución mecánica integrada del CAD / CAM del diseño a la fabricación.
www.auton.it	www.auton.it	Software especializado para moldes CAD / CAM.

Enlaces relacionados con el sector CAE

MOLDFLOW	www.moldflow.com	Proveedor líder de soluciones para el diseño y fabricación de componentes de plástico.
COSMOS	www.cosmosm.com	Software de análisis de elementos finitos, completo y modular desarrollado por Structural Research & Analysis Corp.
ANSYS	www.ansys.com	Uno de los proveedores líderes de soluciones CAE.
ESI GROUP	www.esi-group.com	Esi Group es pionera en el campo del "Virtual prototyping" (Pam-Crash, Pam-Safe, etc.) y del "Virtual manufacturing" (Pam-Stamp, Pam-Diemaker, etc.)
OPTRIS	www.optris.com	Producto de simulación de Dynamic Software que

		actualmente a pasado a formar parte de Esi Group.
MARC	www.marc.com	Programa de cálculo por elementos finitos de Analysis Research Corp. de fácil utilización para problemas no lineales.
ABAQUS	www.abaqus.com	Software de simulación para análisis avanzados de estructuras y cuerpos sólidos, disponible para S.O. Win NT, Unix, etc.
NASTRAN	www.nastran.com	Paquete completo para análisis por elementos finitos.
AUTOFORM ENGINEERING	www.autoform.de	Software de simulación de embutición de chapa tanto a nivel de optimización de herramientas como para evaluar la estampabilidad de las piezas susceptibles de ser producidas por estampación. Desarrollo totalmente paramétrico de matrices completamente integrado con el programa de simulación.
www.iti-cae.com	www.iti-cae.com	Empresa dedicada a las soluciones integradas para el diseño Mecánico.
CARTIF	www.cartif.es	Laboratorio dedicado al estudio del CAD / CAM / CAE.
www.caenet.com	www.caenet.com	Recurso principal para el diseño y el desarrollo de colaboración de producto.

www.protorapid.com

- Brunet P.: "Diseño gráfico y modelado geométrico". Marcombo 1986
- Mompín J. (Ed.): "Sistemas CAD / CAM / CAE. Diseño y fabricación por ordenador". Marcombo 1986
- Foley J.D.; van Dam A.; Feiner S.K.; Hughes J.F.: "Computer Graphics. Theory and Practice". Addison-Wesley 1990
- Massip R.F.: "Diseño industrial por ordenador". Marcombo 1987
- Salmon R.; Slater M.: "Computer Graphics: Systems and Concepts". Addison-Wesley 1987