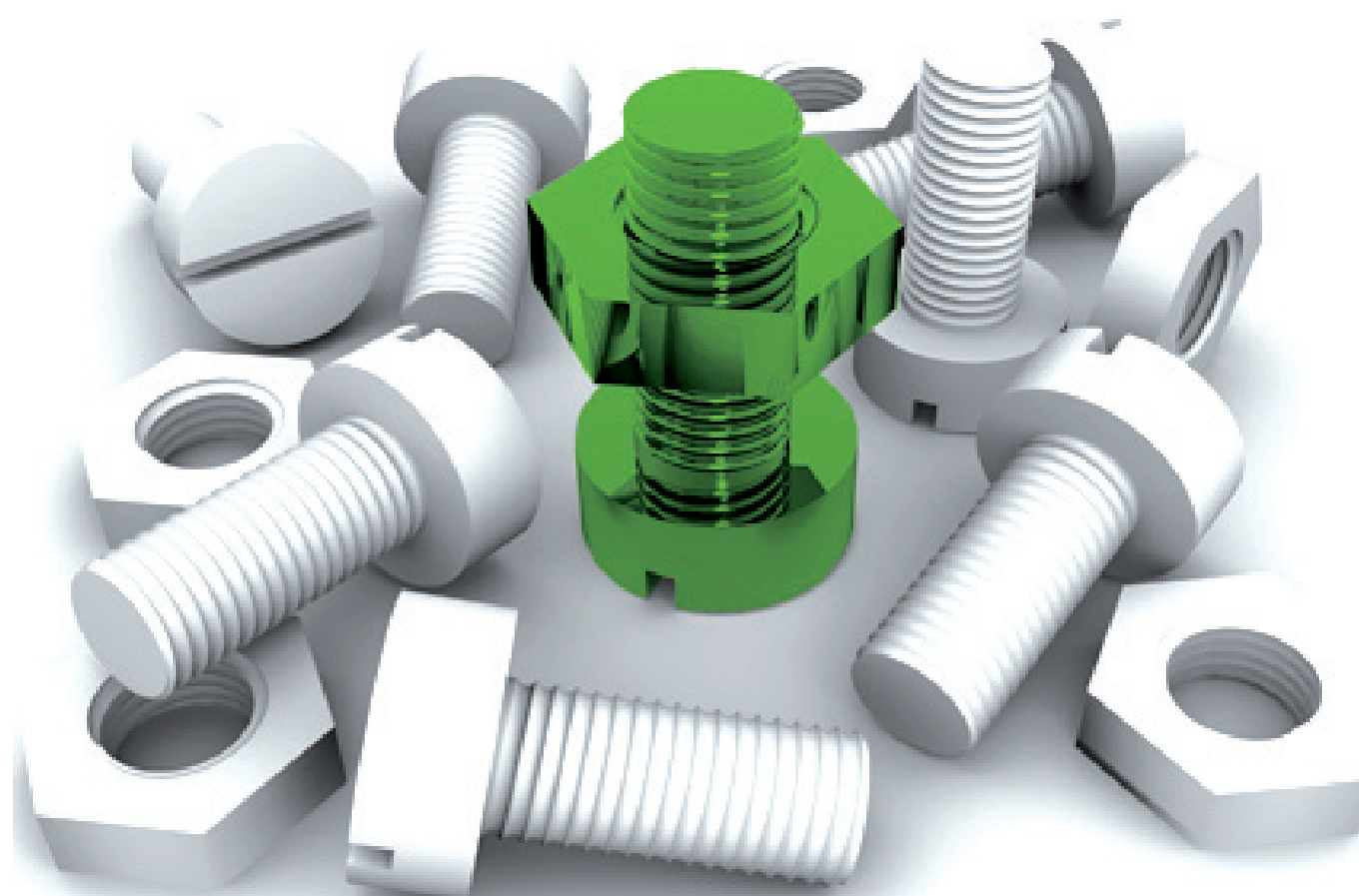


# las tecnologías de la información en el **diseño de producto**



# CRÉDITOS

## DIRECCIÓN DEL PROYECTO

Eduardo Lizarralde  
*Director de Conocimiento*

Área de Investigación OPTI  
Escuela de Organización Industrial

## AUTOR

Betegón y Cuesta Asociados S.L.

## PROYECTO GRÁFICO

base 12 diseño y comunicación, s.l.

© **Fundación EOI, 2013**

[www.eoi.es](http://www.eoi.es)

Madrid, 2013

Esta publicación ha contado con la cofinanciación del Fondo Social Europeo a través del Programa Operativo Plurirregional de Adaptabilidad y Empleo 2007-2013.



“Cuidamos el papel que utilizamos  
para imprimir este libro”

Fibras procedentes de bosques sostenibles  
certificados por el *Forest Stewardship Council*  
(FSC).



Esta publicación está bajo licencia *Creative Commons* Reconocimiento, No comercial, Compartir igual, (by-nc-sa). Usted puede usar, copiar y difundir este documento o parte del mismo siempre y cuando se mencione su origen, no se use de forma comercial y no se modifique su licencia. Más información: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>



# ÍNDICE

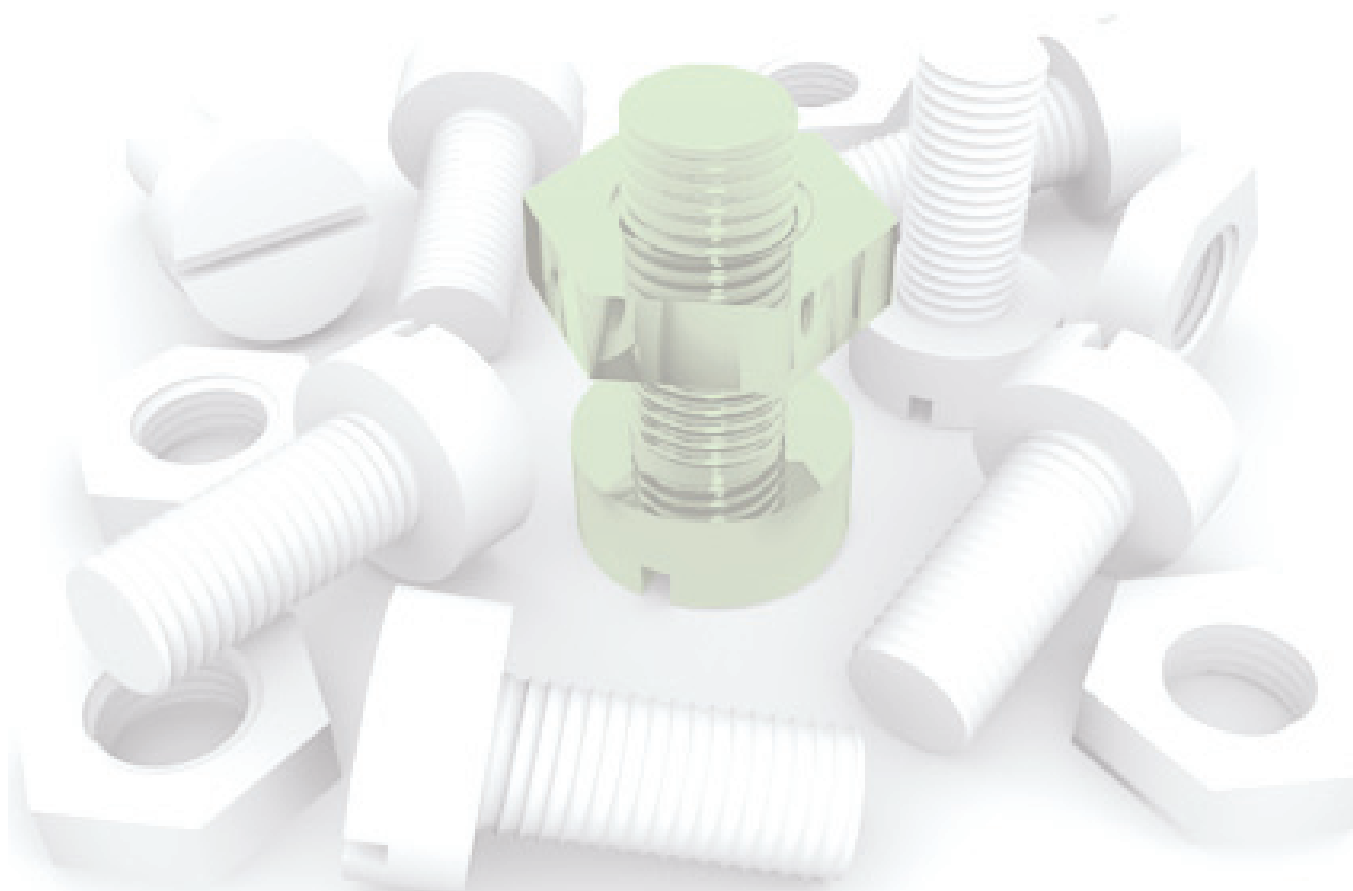
Capítulo 1		
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	5	
Capítulo 2		
<b>LA GESTIÓN DEL CICLO DE VIDA DE PRODUCTO</b> .....	11	
1. Introducción .....	12	
2. Diseño.....	13	
3. Industrialización .....	17	
4. Producción.....	20	
5. Mantenimiento y postventa.....	23	
Capítulo 3		
<b>LOS SISTEMAS PLM (PRODUCT LIFECYCLE MANAGEMENT)</b> .....	27	
1. Introducción .....	28	
2. Sistemas para el diseño gráfico (CAD) .....	29	
3. Sistemas fabricación asistida por ordenados (CAM).....	32	
4. Sistemas ingeniería asistida por ordenador (CAE) .....	34	
5. Sistemas gestión de datos de producto (PDM) .....	36	
6. Sistemas fabricación digital (PMP).....	39	
7. Sistemas gestión de proyectos (PM) .....	42	
8. Sistemas gestión de requisitos .....	43	
9. Otras funcionalidades de los sistemas PLM.....	46	
10. ¿Cuál es la evolución de los sistemas PLM? .....	47	
11. ¿Quién puede utilizar los sistemas PLM? .....	47	
Capítulo 4		
<b>IMPLANTACIÓN DE LOS SISTEMAS PLM EN ESPAÑA</b> .....	53	
1. Introducción .....	54	
2. La visión de los suministradores de sistemas.....	54	
3. La visión del autor .....	55	
4. Conclusiones preliminares .....	56	





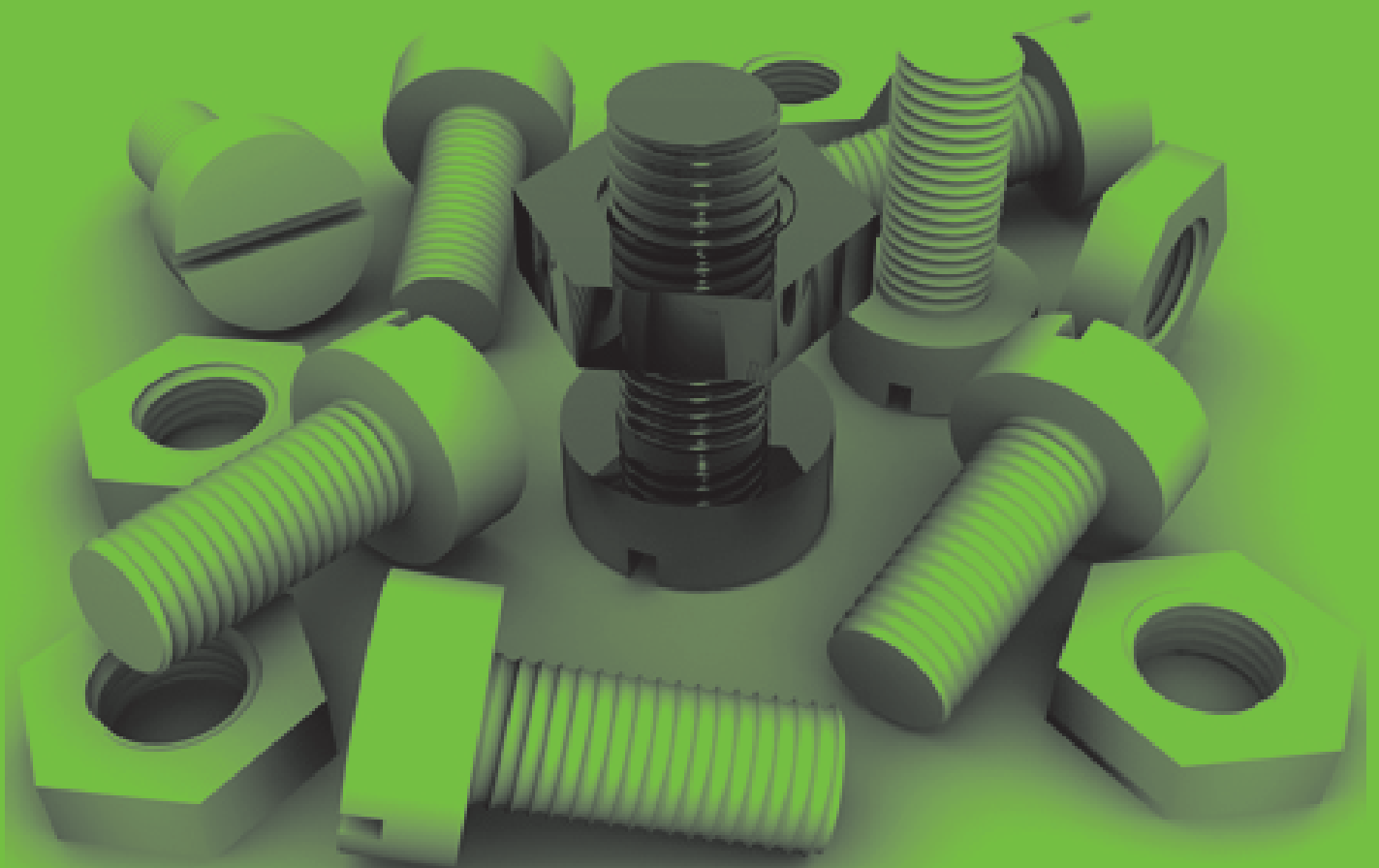
Capítulo 5

<b>CASOS DE ÉXITO</b> .....	59
1. Introducción .....	60
2. Construcción y Auxiliar de Ferrocarriles .....	60
2.1. Historia.....	60
2.2. Antecedentes.....	66
2.3. Evolución y principales hitos.....	67
2.4. Sigüientes pasos .....	70
2.5. Conclusiones .....	71





## INTRODUCCIÓN





Demasiado a menudo se ha asociado, casi exclusivamente la competitividad del sector industrial con la eficiencia y bajos costes de las actividades de fabricación. Como la experiencia ha demostrado, esta es una visión restringida de la realidad, que siendo importante no es la única, ni posiblemente la más importante, para conseguir que un país desarrolle empresas competitivas que aseguren la contribución de la industria al conjunto de la economía, y a la creación de un modelo de economía equilibrado, de alto valor, y sostenible a largo plazo.

Evidentemente la capacidad de realizar actividades de fabricación a un coste competitivo ha sido y es un factor determinante para atraer a las empresas hacia un determinado país y permitir el desarrollo en el mismo de una industria auxiliar que han permitido el desarrollo del sector industrial, y por tanto la creación de una base industrial sobre la que sentar las bases del desarrollo económico. La historia del desarrollo industrial en España es una buena muestra de ello.

Sin embargo esta única base no es sostenible a largo plazo, ya que la aparición de nuevos países con costes de producción más competitivos y en muchos casos con mercados potenciales mucho mayores provocan la deslocalización de las actividades de fabricación hacia dichos países.

Las bases reales de la competitividad de la industria son más amplias que la simple actividad de fabricación. Especialmente relevantes son la capacidad de desarrollo e innovación de producto propio y la capacidad de operar en mercados globales, a través del dominio de los canales de comercialización y la creación de una imagen de marca reconocida internacionalmente

Las empresas industriales españolas de más éxito se han basado en estas palancas y han demostrado su capacidad aún en sectores donde la competencia en costes de fabricación y la deslocalización de la producción son factores críticos, y que han vivido procesos de reconversión muy importantes en nuestro país.

Dentro de la actividad de desarrollo de producto, además de la capacidad y dominio de las tecnologías, la capacidad de innovación y la capacidad financiera, juega un papel muy importante la capacidad de desarrollar e industrializar productos de forma competitiva en costes y sobre todo en plazos.

En las últimas décadas se han producido una serie de factores que han supuesto un reto añadido a la capacidad de innovación y desarrollo de las empresas:

1. Reducción del ciclo de vida de los productos que ha disminuido drásticamente y exigen un esfuerzo continuo de renovación y mejora de los productos de la empresa
2. Competencia global que elimina las barreras geográficas y obliga a una competencia mundial tanto en calidad y prestaciones como en costes
3. Exigencia de los clientes que fuerza a un elevado nivel de personalización y adaptación de los productos manteniendo los costes
4. Necesidad de competir en distintos mercados con diferentes exigencias normativas técnicas y legales que aumenta la complejidad y esfuerzo en los desarrollo
5. Renovación tecnológica que obliga a la incorporación de nuevas tecnologías a los productos y fuerza a las empresas a adquirir nuevas competencias.



La capacidad de una empresa para desarrollar y comercializar productos implica la capacidad de gestionar el ciclo completo de la vida de los productos, entendiendo por tal las actividades necesarias para introducir y mantener en el mercado un producto desde la fase más inicial, de la concepción y diseño, pasando por el proceso de industrialización, la producción y distribución del mismo y su mantenimiento y servicio postventa en su caso.

Cada una de estas fases requiere capacidades diferentes en las empresas, aunque en todas ellas es necesario implicar a diferentes áreas de la misma para asegurar el éxito en el proceso global para conseguir los objetivos de:

- **Adecuación del producto** a las necesidades identificadas del cliente y diferenciación de la competencia
- **Costes globales acordes** a los objetivos de mercado
- **Plazos de desarrollo reducidos** que permitan obtener ventajas competitivas y alarguen la vida útil del producto en el mercado y por tanto su rentabilidad
- **Industrialización (producción y logística)** eficientes que permitan alcanzar los objetivos de inversión, costes y servicio fijados;
- **Servicio postventa eficaz y rentable** que optimice la rentabilidad de este servicio y contribuya a la fidelización y satisfacción de los clientes

Un aspecto crítico en la gestión del **ciclo de vida** del producto en los productos industriales es el concepto de **control de la configuración**. Podemos entender este concepto como la gestión de la información relativa al producto, en cada momento de su ciclo de vida, que es necesaria para realizar de forma eficiente las actividades de gestión. Esta información evoluciona a lo largo de la vida del producto y debe ser actualizada y accesible a distintos usuarios tanto internos como externos a la empresa, que participan en el proceso de desarrollo producción y mantenimiento de un producto.

La complejidad del proceso de desarrollo de un producto, y el esfuerzo asociado al mantenimiento de la información necesaria varía con la complejidad del producto y el sector industrial del que se trate. Pero en cualquier caso es una parte importante que condiciona los costes totales de desarrollo, y los plazos de puesta en el mercado de los mismos.

Los costes y recursos implicados en el desarrollo de los productos industriales pueden convertirse en el principal factor limitativo para las empresas de tamaño medio en cuanto a su capacidad de crecimiento y competitividad a medio plazo

Por ello la adopción de herramientas de desarrollo que incrementen la productividad y acorten el plazo de desarrollo e industrialización se convierte en un factor competitivo decisivo para las empresas industriales que aspiren a desarrollar una estrategia competitiva basada en la innovación en el producto. Estas herramientas englobadas bajo el acrónimo PLM (Product Lifecycle Management) están concebidas para:

- Facilitar el diseño de los nuevos productos y permitir la reutilización efectiva de los diseños existentes, lo que impacta en los costes y plazos de diseño, así como en la simplificación de los procesos logísticos



y de fabricación, favoreciendo la utilización de componentes y procesos productivos existentes, con el consiguiente ahorro en materiales y costes de producción

- Permitir la actualización permanente de la documentación del producto, disminuyendo los costes de gestión, y mejorando la calidad de los productos fabricados y facilitando la trazabilidad de las diferentes versiones y la gestión del servicio postventa.
- Mejorar la productividad de los equipos de diseño a través de herramientas especializadas
- Permitir la colaboración entre todas las partes implicadas, tanto de la propia empresa como de terceros, facilitando el concepto de ingeniería simultánea y diseño colaborativo, lo que permite tanto una reducción de los plazos como la integración eficaz de tecnologías ajenas a la empresa, aumentando la capacidad de creación de nuevos productos y la calidad e innovación de los mismos sin necesidad de disponer de una estructura que la mayoría de las empresas de tamaño medio o pequeño no podrían soportar y centrando sus recursos en las competencias clave de la empresa.

El estudio que se desarrolla a lo largo de este documento tiene como objetivo principal el poder evaluar el grado de conocimiento y utilización por las empresas industriales españolas en las que aplique, de tecnologías de la información que permitan optimizar sus procesos de desarrollo e industrialización de producto y en consecuencia mejorar su posición competitiva tal y como se describe en los párrafos anteriores.

La estructura del estudio tiene cuatro partes diferenciadas. En la primera parte se realiza una descripción conceptual de los procesos y sistemas asociados a la gestión de la configuración de producto (**Product Lifecycle Management**) a lo largo de su ciclo de vida, en concreto se presenta:

- **La gestión de la configuración de producto a lo largo de su ciclo de vida** realizando su particularización en las cuatro etapas que componen el ciclo de vida (diseño, industrialización, producción y mantenimiento). Para cada etapa se describen cuáles son los factores de complejidad y se establecen tres grupos de complejidad (baja, media y alta) identificando sectores y requerimientos funcionales asociados. Ello permitirá entender el peso que pueden jugar los sistemas PLM en los distintos sectores industriales.
- **Los sistemas de información en el ciclo de desarrollo e industrialización de producto.** En este punto se describirán los distintos sistemas (CAD, CAE, PDM, PMP, Gestión de Requisitos, etc.) que en la actualidad pueden utilizar las empresas industriales para la gestión del ciclo de vida de producto. Para cada sistema se indicará su importancia en función del sector industrial donde se ubique la empresa que lo utilice o vaya a utilizar, así como las ventajas competitivas que teóricamente le aportará. Y cuáles son las principales problemáticas identificadas para la implantación de estos sistemas en las empresas.

En la segunda parte se presentarán los resultados obtenidos de las encuestas y entrevistas realizadas a un conjunto de empresas previamente seleccionadas. Esta información junto con la información obtenida de los principales suministradores de sistemas permitirá tener una visión de:

- El grado de conocimiento que tienen las empresas españolas (en especial sus directivos) de las nuevas metodologías para el desarrollo e industrialización de productos así como de los sistemas de información asociados.





- Cuáles son las principales barreras (formación, conocimiento, costes, cultura, etc.) que se han encontrado las empresas para aplicar nuevos procesos y sistemas para el desarrollo e industrialización de producto.
- Cuáles son las medidas que consideran necesarias (tanto de carácter público como de carácter privado) para que las empresas acometan los proyectos necesarios para incrementar su competitividad mediante la mejora de sus procesos de desarrollo e industrialización de producto.
- La necesidad de utilizar recursos externos para abordar los proyectos de implantación de las nuevas metodologías y sistemas para el desarrollo e industrialización de producto

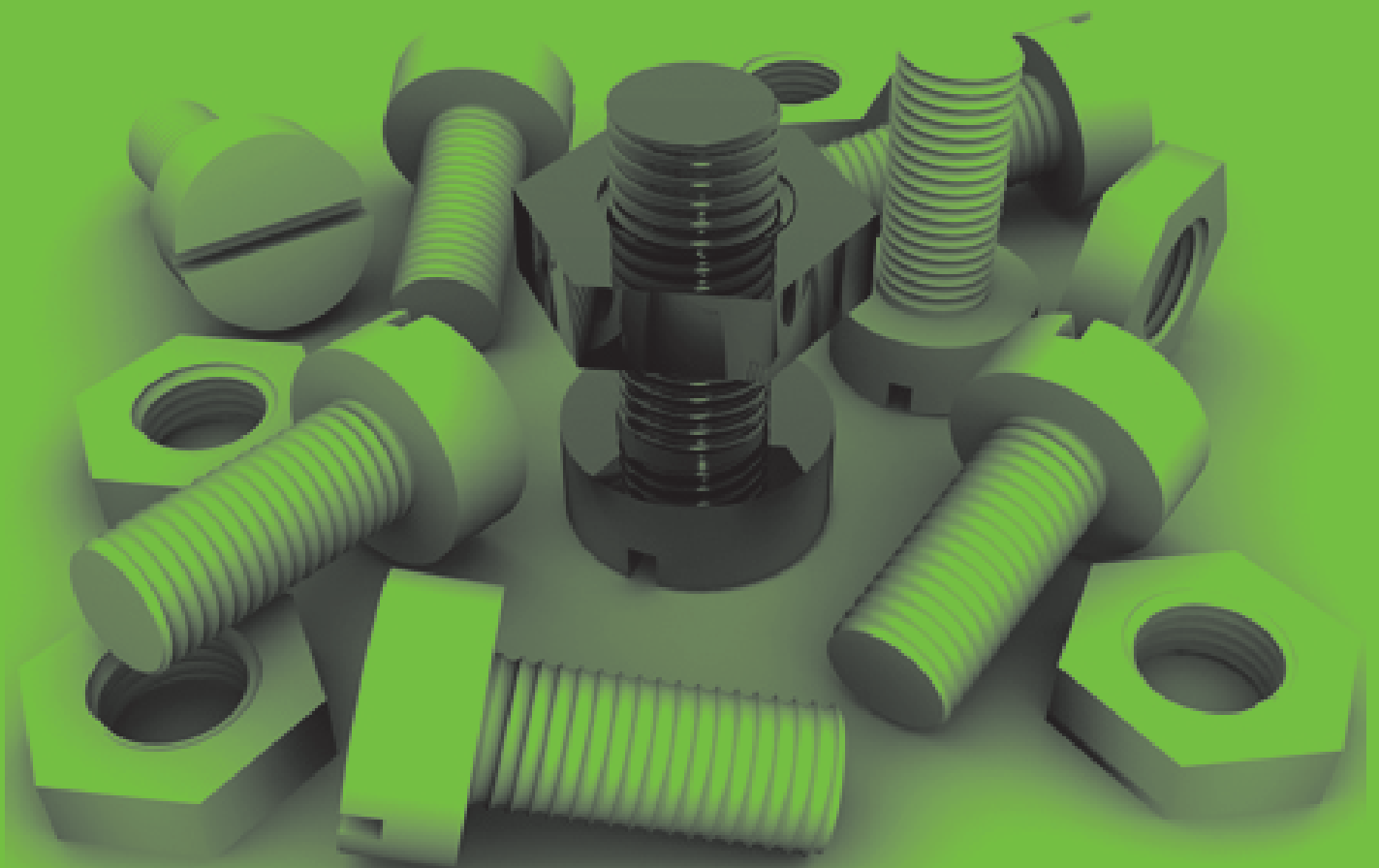
En la tercera parte se presentarán casos de éxito de empresas españolas que han conseguido ser un referente en su sector, donde se explicará cómo han conseguido una mejora de su posición competitiva mediante la optimización de sus procesos de desarrollo e industrialización de producto y el papel que han jugado en dicha mejora las tecnologías de la información.

Por último en la cuarta parte se presentarán nuestras conclusiones respecto a la implantación y utilización de los sistemas PLM en las empresas industriales españolas. Así mismo se apuntarán posibles recomendaciones para mejorar la utilización de estos sistemas con el objetivo de incrementar la competitividad de las empresas españolas.



# 2

## LA GESTIÓN DEL CICLO DE VIDA DE PRODUCTO





## 1. Introducción

Como gestión de la configuración a lo largo del ciclo de vida del producto podemos entender la gestión del conjunto de información relativa a un producto y que es necesaria para cualquier aspecto relativo a su gestión desde su concepción hasta el final de su vida.

Esta información es evidentemente muy variada, dependiente del tipo de producto, y del momento de la vida del producto de que se trate.

En primer lugar si consideramos el tipo de producto podemos tener casos tan diferentes como el de un producto simple, por ejemplo una pieza sencilla de fundición para el automóvil, a uno especialmente complejo como una planta de proceso p.ej. para una industria farmacéutica.

En el primer caso la información asociada al producto es relativamente simple, aunque más compleja de lo que pudiera parecer a simple vista, por ejemplo:

- Cálculos y planos utilizados en la fase de diseño.
- Aprobaciones y certificados de diseño
- Resultado de los ensayos de prototipos
- Especificaciones y documentos de utillajes y procesos de producción
- Estructuras y rutas de fabricación
- Información de calidad por lotes
- Trazabilidad de uso por lotes
- Documentación de modificaciones de diseño, control de versiones
- Documentación de fallos y reclamaciones durante periodos de garantía

Esta información es usada y compartida, a lo largo del ciclo de vida por diferentes partes interesadas

- **Durante la fase del diseño:** Ingeniería del cliente y compras del cliente, ingeniería, compras, producción y calidad del fabricante, ingeniería del suministrador de máquinas y utillajes para la producción, fabricantes de otras piezas relacionadas.
- **En la etapa de industrialización y producción en serie:** Compras, calidad y logística del cliente, compras, producción y logística del fabricante, logística de los suministradores etc.
- **Durante el mantenimiento y servicio post-venta:** Logística, calidad y producción del fabricante, logística calidad y servicio post-venta del cliente, red de talleres y concesionarios.

Como puede comprobarse aún en el caso de un producto sencillo, la gestión de la configuración del producto a lo largo de su ciclo de vida es un proceso que afecta a todas las áreas operativas de la empresa, y a las relaciones con clientes, suministradores tanto de materiales como de servicios, usuarios finales y talleres de mantenimiento.

Una complejidad adicional en el proceso de gestión de la configuración son los múltiples formatos de soporte de información que se manejan:



- Planos de diseño y fabricación tanto en 2 como en 3 dimensiones
- Normativas de aplicación
- Cálculos y especificaciones
- Documentos de homologación
- Listas y estructuras de materiales, tanto de ingeniería como de producción
- Rutas de fabricación
- Instrucciones de fabricación
- Datos de trazabilidad de lotes tanto en fabricación como en comercialización
- Imágenes y catálogos
- Documentación de uso y mantenimiento
- ...

Evidentemente, la complejidad del proceso de gestión de la configuración a lo largo del ciclo de vida del producto puede ser muy diferente dependiendo del tipo del producto, el sector, y la fase de vida del producto.

Igualmente la importancia y criticidad para el desarrollo del negocio son diferentes en función del sector que se considere, las condiciones de competencia del mismo y de las exigencias que impongan el entorno legal y comercial.

En función de los parámetros anteriores (fase de la vida del producto, complejidad del producto y tipología de sectores) las prioridades y complejidad del proceso de gestión de la configuración a lo largo del ciclo de vida de producto son diferentes y exigen, por tanto, de las herramientas de soporte al proceso requisitos diferentes.

En los puntos siguientes analizaremos las distintas fases del ciclo de vida del producto, las actividades que se desarrollan, la complejidad del proceso en función del tipo de producto y los sectores tipo afectados. En función de ello se identificarán las prioridades del negocio y el tipo de herramientas que pueden ayudar a que el proceso de gestión de la configuración se alinee con las prioridades del negocio.

## 2. Diseño

**Definición y alcance de la etapa.** A los efectos de este estudio consideramos en esta fase el conjunto de actividades que comienzan con la definición de requisitos funcionales de un producto y terminan con el proceso de industrialización.

Excluiremos aquellos casos en los que se produce un proceso de *INVESTIGACIÓN para el descubrimiento de nuevo producto* (P ej. *Un nuevo producto farmacéutico*) o *una nueva tecnología*.

La actividad principal en esta fase es el desarrollo de la ingeniería de producto. La complejidad desde el punto de vista de gestión de la información durante el proceso, está asociado a varios factores la complejidad del producto, a la variedad y complejidad de las tecnologías a integrar en el producto, al número



de personas y organizaciones involucradas en el desarrollo, las variantes y adaptaciones a mercados diferentes.

**Complejidad del producto:** El desarrollo de un producto puede ir desde un único producto-componente (p.ej. una única pieza) hasta un producto complejo que incluye sistemas diferentes, cada uno con componentes diferentes y que tienen que integrarse en el producto final (p.ej el diseño de un tren).

Cuando un producto es sencillo el número de personas involucradas es pequeño, la información generada es limitada, y la comunicación y actualización de la misma es fácil.

En un producto complejo, donde es necesario el diseño de múltiples elementos interrelacionados, interviene un gran número de personas, con frecuencia de organizaciones distintas; la información generada por los distintos equipos de trabajo, es necesaria para el trabajo del resto y la disponibilidad de información actualizada es básica para la correcta coordinación de los equipos, y por tanto para evitar retrasos, re trabajos y errores en el diseño

**Variación de tecnologías integradas.** Un producto sencillo, normalmente necesita del dominio de una única tecnología que suele ser del dominio de la empresa que desarrolla y posteriormente fabrica el producto (p.ej. el desarrollo de piezas metálicas de forja, involucra un conocimiento tecnológico especializado y concreto y que normalmente es dominado por la propia empresa que va a producir la pieza). Desde este punto de vista existe una interacción reducida entre equipos de diseño y una menor necesidad de coordinación.

A medida que el producto crece en complejidad, integra diversas tecnologías parte de las cuales no son del dominio de la empresa propietaria del producto, (p.ej. el diseño de una carretilla elevadora implica la convergencia de varias tecnologías: mecánica, eléctrica, hidráulica, electrónica...). Este hecho implica la necesidad de coordinación e intercambio de información, entre equipos de especialidades diferentes, y a menudo de organizaciones diferentes. La no disponibilidad de información actualizada puede originar errores importantes en el trabajo de los equipos que solo se corrigen después de tiempos y costes considerables.

**El número de organizaciones implicadas en el diseño.** Tanto por razones de especialización tecnológica, como de limitaciones de capacidad, y de ahorro de costes, es cada vez más habitual la externalización de trabajos en el diseño. Evidentemente esta situación es más común cuanto más complejo es el producto y mayor el esfuerzo de diseño. En cualquier caso esta situación implica que equipos en diferentes lugares, con diferentes especializaciones y a menudo de diferentes culturas estén interactuando de forma simultánea y concurrente en el mismo proyecto. Una gestión eficaz de esta situación exige que, dentro de lo posible todos los equipos trabajen contra información unificada y actualizada. Las herramientas de gestión de la configuración deben aportar, en esta fase la capacidad de ofrecer un repositorio común de información para los diferentes equipos y la capacidad de gestionar el proyecto como un todo, unificando la gestión de recursos y plazos.

**Número y variedad de mercados a los que va destinado el producto.** A menudo, cuando un producto se dirige a varios países es necesario adaptarlos a las características específicas de dicho mercado. Dichas características pueden ser de carácter comercial (requisitos diferenciados del cliente), o legal (normati-



vas o procesos de homologación diferenciadas), en cualquier caso suponen una complejidad añadida al proceso de diseño, y que desde el punto de vista gestión de la información implica:

- Necesidad de adaptar los diseños para cumplir con las diferentes especificaciones introduciendo el mínimo número de cambios en el resto del producto
- Necesidad de mayor interacción con diferentes interlocutores (comerciales, calidad, homologaciones...).

Tomando en consideración estos criterios de complejidad se pueden establecer tres grupos de complejidad, identificando los sectores que se podrían asociar de forma genérica a estos grupos y, además se pueden establecer los principales requerimientos funcionales de cada grupo con respecto a los distintos componentes de los denominados sistemas PLM.

### Grupo 1 Complejidad baja

#### Indicadores de complejidad en el proceso de Diseño

- **Complejidad del producto:** Baja, número limitado de componentes, la mayoría de los mismos está desarrollado por el mismo equipo.
- **Variedad de tecnologías integradas:** Una o dos tecnologías básicas. El equipo propio domina completamente el proceso
- **El número de organizaciones implicadas en el diseño:** Equipo propio de la empresa, colaboraciones puntuales de especialistas externos.

#### Sectores Tipo

- Textil
- Envases
- Fundición, forja y mecanizado
- Estructuras metálicas
- Muebles
- Productos elaborados de alimentación
- Perfumería y cosmética
- ...

#### Funcionalidades requeridas

- Sistemas CAD especializados o generales. Sistemas de cálculo y ayuda a la ingeniería. Sistemas CAM y de ayuda a la industrialización (Mecanizado, Corte, Patronaje, Moldeo...)
- Bibliotecas de piezas y diseños



## Grupo 2 Complejidad media

### Indicadores de complejidad en el proceso de Diseño

- **Complejidad del producto:** Media. Integración de componentes fabricados, con otros comerciales o fabricados bajo especificación.
- **Variedad de tecnologías integradas:** Integra varias tecnologías. La mayoría del ámbito de capacitación de la propia empresa.
- **El número de organizaciones implicadas en el diseño:** El diseño se realiza casi íntegramente por el equipo de la empresa, pudiendo realizarse subcontrataciones o colaboraciones puntuales. Suministradores de piezas, conjuntos y equipos de diseño específico para el producto

### Sectores Tipo

- Electrodomésticos
- Pequeña maquinaria de obras publicas
- Maquinaria y equipos de ingeniería
- Ascensores
- Carroceros
- ....

### Funcionalidades requeridas

- Sistemas CAD 3D con capacidad de desarrollo de modelos o prototipos virtuales, con integración de sistemas especializados (piping, eléctricos, neumáticos), según tecnologías involucradas
- Capacidad de configuración de producto
- Sistemas de generación y actualización de documentos (manuales de usuario, manuales de mantenimiento...)
- Control de listas de ingeniería y versiones
- PDM, integración con sistemas de gestión de producción
- Capacidades básicas de gestión colaborativa (acceso unificado a la información)

## Grupo 3 Complejidad Alta

### Indicadores de complejidad en el proceso de Diseño

- **Complejidad del producto:** Alta o muy alta. Integración de sistemas y componentes complejos, muchos de ellos desarrollados específicamente para ese nuevo producto. Gran nº de interacciones e interferencias posibles entre sistemas. Procesos de prueba y homologación complejos.
- **Variedad de tecnologías integradas:** Integración de muchas tecnologías diferentes. Solo algunas de ellas son dominadas por el propietario del producto. En algunos casos el conocimiento tecnológico





se sitúa fuera del control directo del propietario del producto, siendo aportado por el “suministrador de la tecnología”

- **El número de organizaciones implicadas en el diseño:** Participación de organizaciones diferentes que actúan como suministradores de tecnología (ingenierías), tecnología y producto (proveedores responsables de desarrollo y fabricación de componentes y sistemas). Estructura internacional de los participantes, lo que implica: Idiomas diferentes, estándares de trabajo y normativas diferentes etc. En algunos casos participación estructurada en niveles (Tier1, Tier2,...)

#### Sectores Tipo

- Ferrocarril
- Automóvil
- Naval
- Aeronáutico
- Defensa
- ...

#### Funcionalidades requeridas

- Sistemas CAD capaces de integrar documentación y planos procedentes de sistemas diferentes y soportar el trabajo simultáneo de un alto número de usuarios. Compatibilidad con sistemas de diseño y cálculo especializado. Capacidad de desarrollo de modelos y prototipos virtuales de alta complejidad.
- Gran capacidad de soporte al diseño colaborativo, acceso seguro a información actualizada. Elevado nivel de seguridad y control de las autorizaciones,
- Capacidades de gestión de proyectos
- Capacidades de gestión de procesos

### 3. Industrialización

**Definición y alcance de la etapa.** A los efectos de este estudio consideramos en esta fase el conjunto de actividades necesarias para “diseñar” y poner en marcha los procesos necesarios para la fabricación del producto diseñado.

- Diseño de procesos y métodos de producción, generación de planos de producción, y planos y especificaciones de compra.
- Estructuración del producto según el proceso de producción (estructuras y rutas)
- Diseño y desarrollo de utillajes y maquinaria de producción
- Definición de la estructuras de compras
- Selección de los proveedores
- Definición de la logística de aprovisionamientos

La actividad principal en esta fase es el desarrollo de la ingeniería de fabricación.



En algunos casos (fabricación de un único producto contra proyecto), la fase de industrialización coincide con la de producción.

La complejidad desde el punto de vista de gestión de la información durante el proceso, está asociado a los siguientes factores:

**La complejidad del producto a fabricar**, que se incrementa con el número de componentes y piezas involucradas en el proceso productivo, así como del número de variantes del mismo producto base que se definan (nivel de personalización requerido). El número de componentes incrementa el número de ítems a definir y mantener en las estructuras de materiales. La definición de las listas de materiales no coincide biunívocamente con las listas de materiales de ingeniería:

- Las listas de ingeniería se agrupan normalmente por sistema (eléctrico, hidráulico, motor...), mientras que las de fabricación deben responder al proceso de fabricación y montaje (subconjuntos, piezas, materia prima...)
- Las listas de ingeniería pueden no contemplar variantes del producto (p.ej. colores) que si es necesario tener en cuenta en las listas de fabricación

Por otro lado cuando existen muchos componentes diseñados y suministrados por terceros, y que han sido validados en la fase de prototipos, es necesario en muchos casos realizar la validación de dichos productos en condiciones de producción en serie, (preseries de producción). Durante esta fase se pueden producir numerosas modificaciones al diseño que es necesario actualizar y documentar.

Cuando existe producto configurable, es decir variación de las características de un producto por sustitución, incorporación o eliminación de determinados componentes, se puede incrementar y multiplicar la complejidad, tanto de la creación y gestión de listas, como de los procesos productivos (rutas y operaciones)

**La complejidad del proceso de fabricación.** Desde el punto de vista de gestión de la información asociada, la complejidad del proceso de fabricación viene asociada a factores como:

- El nº de etapas o fases de trabajo diferentes (complejidad de las rutas), el número de materiales diferentes implicados, (complejidad de las estructuras)
- El número y complejidad de los utillajes a construir, y el número de procesos que se quiere automatizar, y por tanto el número de programas o adaptaciones de maquinaria necesarios

Tomando en consideración estos criterios de complejidad se pueden establecer tres grupos de complejidad, identificando los sectores que se podrían asociar de forma genérica a estos grupos y, además se pueden establecer los principales requerimientos funcionales de cada grupo con respecto a los distintos componentes de los denominados sistemas PLM.



## Grupo 1 Complejidad baja

### Indicadores de complejidad en el proceso de Industrialización

- **Complejidad del producto a fabricar:** Baja. Se trata de piezas o conjuntos sencillos. El número de operaciones diferentes es limitado. Las estructuras de producto son planas o casi planas. Puede haber muchas fases de fabricación automatizadas.
- **Complejidad del proceso de fabricación.** Baja o media. Normalmente hay pocas fases de fabricación, aunque puede haber un nivel elevado de automatización. Procesos con un lead-time relativamente corto, y con escasas interrupciones en el flujo de producción. Número reducido de materias primas. Los suministradores varían poco con la introducción de un nuevo producto

### Sectores Tipo

- Envases
- Fundición, forja y mecanizado
- Estructuras metálicas
- Productos elaborados de alimentación
- Perfumería y cosmética

### Funcionalidades requeridas:

- Sistemas CAM
- Funcionalidades para la gestión de versiones
- Funciones básicas para generación de estructuras y rutas de producción

## Grupo 2 Complejidad media

### Indicadores de complejidad en el proceso de Industrialización

- **Complejidad del producto a fabricar:** Media. Número medio de componentes (decenas a cientos). Estructuras de producto con un número limitado de niveles.
- **Complejidad del proceso de fabricación:** Media, media-alta. Procesos de fabricación y montaje que se deben coordinar. Procesos de montaje adaptables, se exige un estudio previo de rutas y equilibrado de operaciones pero no es un proceso crítico. Necesidad de definir políticas de aprovisionamiento y controlar a un número relativamente elevado de suministradores. Durante la industrialización se genera un número limitado de cambios de ingeniería.

### Sectores Tipo

- Textil
- Muebles
- Pequeña maquinaria de obras publicas
- Maquinaria y equipos de ingeniería
- Ascensores



- Carroceros
- Pequeño electrodoméstico

#### **Funcionalidades requeridas**

- Sistemas CAM
- Funcionalidades de control de versiones
- Sistemas análisis de procesos de producción
- Facilidades para la generación de estructuras y rutas de producción

### *Grupo 3 Complejidad alta*

#### **Indicadores de complejidad en el proceso de Industrialización**

- **Complejidad del producto a fabricar:** Alta. Número elevado de componentes (cientos o miles), pertenecientes a sistemas diferentes. Estructuras de producto con un número muy elevado de niveles.
- **Complejidad del proceso de fabricación:** Alta. Múltiples procesos de fabricación y montaje que se deben coordinar. Procesos de montaje complejos y costosos, a menudo condicionados por capacidad de instalaciones técnicas. Se exige un estudio previo de validación de rutas y equilibrado de operaciones. Necesidad de definir políticas de aprovisionamiento y controlar a un número elevado de suministradores, que en muchos casos participan en el proceso de diseño. Durante la industrialización se genera un número elevado de cambios de ingeniería.

#### **Sectores Tipo**

- Electrodomésticos de línea blanca
- Ferrocarril
- Automóvil
- Naval
- Aeronáutico
- Defensa
- ..

#### **Funcionalidades requeridas**

- Sistemas CAM, CAE
- Funcionalidades para el control de versiones
- Sistemas para el análisis de procesos de producción y para el diseño de líneas y plantas virtuales
- Facilidades para la generación de estructuras y rutas de producción

## *4. Producción*

**Definición y alcance de la etapa.** A los efectos de este estudio consideramos en esta fase el conjunto de actividades necesarias para gestionar la información necesaria del producto durante la fase de producción.



La configuración de un producto no permanece estable durante el tiempo. La estructura de un producto puede modificarse por múltiples motivos a lo largo de su vida efectiva: Particularizaciones a medida para un cliente o un mercado, adaptaciones a normativas, modificaciones de componentes de suministradores, cambios de suministrador, revisiones del diseño por motivos de mercado o coste...

Las modificaciones en la configuración acarrear a su vez actualizar toda la documentación relativa al producto: Planos afectados, ficheros de materiales, estructuras y rutas de producción, documentación de producto, manuales de usuario y mantenimiento...

Por lo tanto la complejidad de la gestión de la configuración durante la fase de producción se puede clasificar según dos conceptos:

La complejidad desde el punto de vista de gestión de la información durante el proceso, está asociado a los siguientes factores:

- La frecuencia y alcance de las modificaciones del producto
- La complejidad de la documentación asociada a la producción, entrega y mantenimiento del producto

Según estos criterios podemos analizar el grado de aplicación de las diferentes herramientas según la complejidad y problemática del proceso de producción. A título de ejemplo se propone el siguiente cuadro:

### Grupo I Complejidad baja

#### Indicadores de complejidad en el proceso de Producción

- **Frecuencia y alcance de las modificaciones de producto:** Baja. El producto una vez definido mantiene su configuración durante largos periodos, a veces durante toda la vida del producto. Los pedidos no adaptan sus características bajo petición del cliente. Los componentes se modifican en raras ocasiones. El mantenimiento de las estructuras y rutas de fabricación genera poca carga de trabajo.
- **Complejidad de la documentación asociada:** Baja. No existe documentación o si existe es genérica y no sufre modificaciones. La documentación de trazabilidad es sencilla limitándose a la traza de lotes de producción y a la de uno o pocos componentes.

#### Sectores Tipo

- Envases
- Fundición, forja y mecanizado
- Muebles
- Textil
- ....

#### Funcionalidades requeridas

- Los requisitos funcionales se soportan por las funcionalidades clásicas de los sistemas ERP



## Grupo 2 Complejidad media

### Indicadores de complejidad en el proceso de Producción

- **Frecuencia y alcance de las modificaciones de producto:** Media. El producto sufre modificaciones a lo largo de su vida. Estas modificaciones son consecuencia de evoluciones de diseño, introducción en nuevos mercados o modificaciones solicitadas por el cliente. En este último caso el número de modificaciones se limita a configuraciones preestablecidas (opcionales) o se tratan como un pedido excepcional. El mantenimiento de las estructuras y rutas de producción generan un trabajo significativo.
- **Complejidad de la documentación asociada:** Media. Se genera documentación de funcionamiento y mantenimiento que puede modificarse para recoger las modificaciones de producto. La documentación de trazabilidad es sencilla limitándose al control de lotes de producción o números de serie del producto, y al control de lotes de un número limitado de componentes.

### Sectores Tipo

- Maquinaria y equipos de ingeniería
- Carroceros
- Pequeño electrodoméstico
- Electrodomésticos de línea blanca

### Funcionalidades requeridas

- Capacidades de configuración de pedidos, estructuras y rutas
- Conexión de los sistemas de diseño y producción que permita la rápida actualización de los datos de producción desde los sistemas de diseño
- Sistemas de trazabilidad que permitan la asociación entre número de serie y la documentación de producción asociada.
- Funcionalidades de gestión y actualización documental sencillos

## Grupo 3 Complejidad alta

### Indicadores de complejidad en el proceso de Producción

- **Frecuencia y alcance de las modificaciones de producto:** Alta. El producto sufre continuas modificaciones bien como consecuencia de evoluciones de ingeniería, bien por modificaciones o adaptaciones que se producen en cada pedido de cliente (productos personalizados). Las modificaciones afectan a numerosas partes o componentes. La actualización y mantenimiento de las estructuras de producción llevan un trabajo muy considerable e inciden en el plazo de entrega de los productos. Las modificaciones pueden afectar no solo a los procesos propios, sino también a los de suministradores de piezas, conjuntos o sistemas.



- **Complejidad de la documentación asociada:** Alta. El producto lleva asociada una documentación compleja, de uso, mantenimiento y de certificación. Se exige una traza entre los números de serie y la documentación técnica, de producción y de calidad. Esta exigencia se traslada a los suministros de terceros.

#### Sectores Tipo

- Ferrocarril
- Automóvil
- Naval
- Aeronáutico
- Defensa
- Maquinaria de obras publicas
- ...

#### Funcionalidades requeridas

- Capacidad de configuración de pedidos estructuras y rutas
- Conexión de los sistemas de diseño y producción que permita la rápida actualización de los datos de producción desde los sistemas de diseño
- Sistemas de trazabilidad que permitan la asociación entre número de serie y la documentación de producción asociada.
- Sistemas complejos de generación y gestión documental
- Capacidad de integración con sistemas de terceros.

## 5. *Mantenimiento y postventa*

**Definición y alcance de la etapa.** A efectos de este estudio consideramos en esta fase el conjunto de actividades necesarias para gestionar la información del producto necesaria para el uso y mantenimiento del producto, desde su entrega al cliente o usuario final, hasta el final de la vida útil.

Una característica importante en esta fase es que la información necesaria es compartida por organizaciones diferentes. Por ejemplo la información puede ser compartida por el fabricante, el propietario o explotador y los servicios de mantenimiento.

Igualmente hay que tener en cuenta que en algunos casos las fuentes de la información pueden provenir de los suministradores de sistemas de terceros que se integran en el producto. Así por ejemplo una máquina puede incluir un motor suministrado por un fabricante. La lista de repuestos, la documentación técnica, e incluso la garantía pueden ser suministradas por el fabricante del motor.

La complejidad de los procesos de gestión de la documentación de producto en esta fase es muy variable. Existen productos de vida corta y complejidad baja que prácticamente no exigen ninguna gestión más allá del control de trazabilidad para los casos de reclamaciones o garantías. Para otros en cambio



la gestión de la configuración durante las fases de explotación y mantenimiento del producto es tanto o más compleja que durante las fases de diseño y fabricación. En este caso se puede incluir un tipo especial de “producto”: Las grandes instalaciones de servicios o de producción, como: plantas de producción de energía , grandes instalaciones de proceso industrial, instalaciones de servicios extensas o de gran complejidad como redes de metro, instalaciones aeroportuarias hospitales.

La complejidad desde el punto de vista de gestión de la información durante el proceso, está asociado a los siguientes factores:

- Complejidad del producto
- La vida en servicio de dicho producto, y a las exigencias y normativas a las que está sujeto

Según estos criterios podemos analizar el grado de aplicación de las diferentes herramientas según la complejidad y problemática del proceso de producción. A título de ejemplo se propone el siguiente cuadro:

### Grupo I Complejidad baja

#### Indicadores de complejidad en el proceso de Mantenimiento

- **Vida en servicio:** Baja. En este grupo podemos incluir aquellos productos que tienen una vida corta (consumo no duradero), o unas necesidades de mantenimiento bajo o nulo. Las necesidades de gestión se reducen prácticamente a la trazabilidad del producto durante el periodo de garantía o de consumo.

#### Sectores Tipo

- Textil
- Envases
- Fundición, forja y mecanizado
- Estructuras metálicas
- Muebles
- Productos elaborados de alimentación
- Perfumería y cosmética
- ...

#### Funcionalidades requeridas

- Los requisitos funcionales se soportan por las funcionalidades clásicas de los sistemas ERP. Centrándose en la trazabilidad producto pedido, control de fechas de garantía y caducidad y gestión e historial de reclamaciones





## Grupo 2 Complejidad media

### Indicadores de complejidad en el proceso de Mantenimiento

- **Vida en servicio:** Media. En este grupo podemos incluir productos de una complejidad media y que necesitan de un servicio de mantenimiento de forma regular a lo largo de su vida útil

### Sectores Tipo

- Maquinaria de obras publicas
- Electrodomésticos de línea blanca
- Maquinaria y equipos de ingeniería
- Ascensores
- Carroceros
- ..

### Funcionalidades requeridas

- Gestión de configuración por número de serie
- Gestión de garantías por producto, sistema, piezas...
- Seguimiento de historiales
- Actualización de listas de repuestos
- Compartición de información por toda la red de asistencia.

## Grupo 3 Complejidad alta

### Indicadores de complejidad en el proceso de Mantenimiento

- **Vida en servicio:** Alta. En este grupo se incluyen productos de alta complejidad que exigen un alto nivel de mantenimiento. Este mantenimiento puede cambiar la configuración del producto por modificaciones de ingeniería o inclusión de sistemas complementarios a los que inicialmente componían el producto o sistema. Estos productos suelen estar sujetos a una normativa de calidad muy exigente que implica un control documental exhaustivo sobre las acciones realizadas.

### Sectores Tipo

- Ferrocarril
- Automóvil
- Naval
- Aeronáutico
- Defensa
- Grandes instalaciones industriales o de servicios
- ..

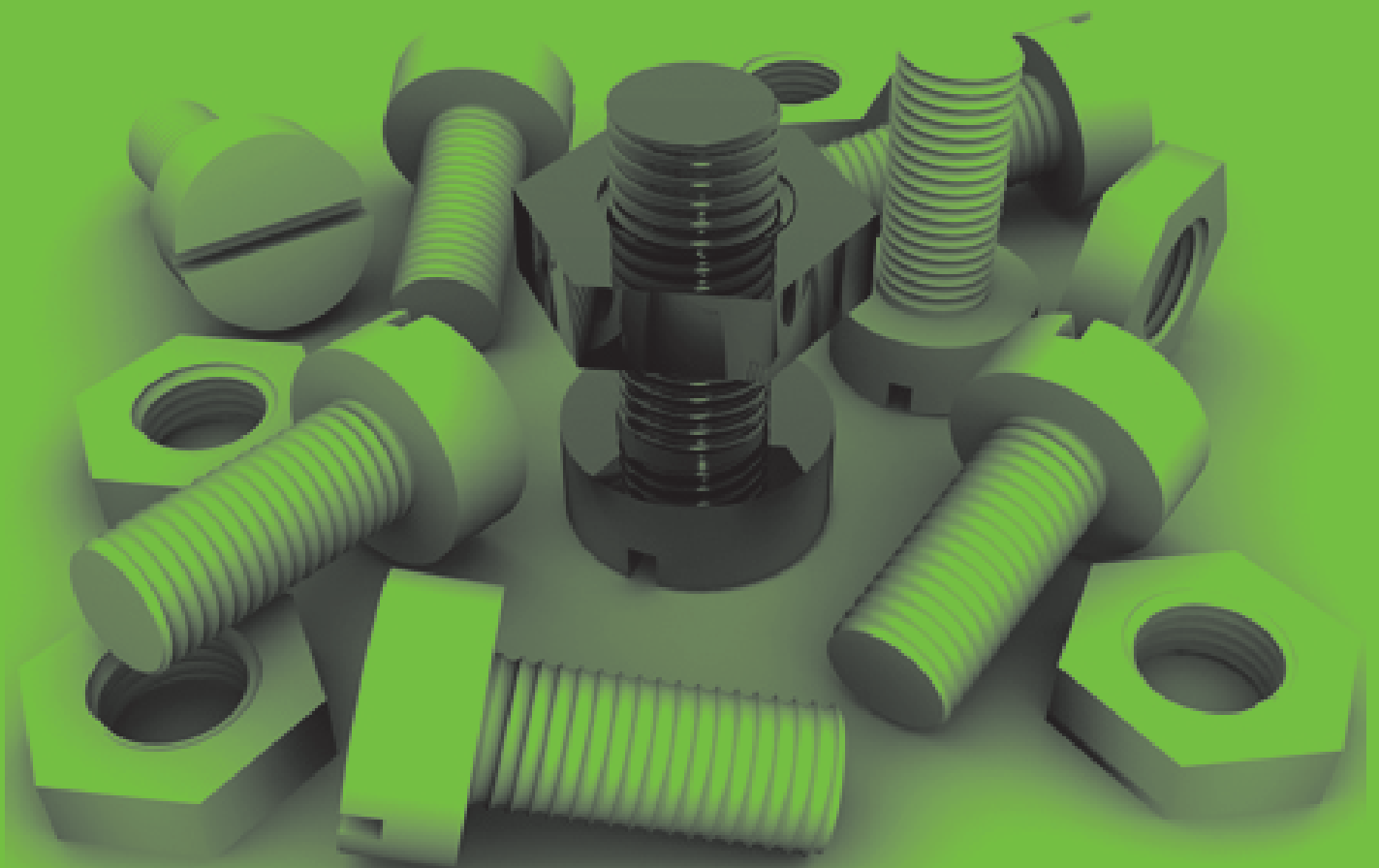


### **Funcionalidades requeridas**

- Gestión de configuración por número de serie
- Control de modificaciones y actuaciones por instalación sistema equipo
- Gestión de procesos de actuación y modificación
- Gestión de repuestos
- Capacidad de integración de equipos de trabajo simultáneos, actuando sobre la configuración de la instalación

# 3

## LOS SISTEMAS PLM (PRODUCT LIFECYCLE MANAGEMENT)





## 1. Introducción

En un mercado global y competitivo como el actual las empresas necesitan innovar para sobrevivir. Esta innovación se debe de producir en todos los ámbitos de la empresa- productos, procesos y organización-. En este contexto la Gestión del Ciclo de Vida de Producto tal y como lo define la consultora CIMData es un planteamiento estratégico del negocio consistente en la aplicación de un conjunto de soluciones (aplicaciones) enfocadas en la gestión colaborativa de todas las actividades de la empresa (clientes y proveedores incluidos) necesarias para la creación, gestión, difusión y utilización de información para la definición del producto desde su concepción hasta el final de su vida, lo que comporta la integración de personas, procesos, sistemas de negocio e información.

Se trata, pues, de una **estrategia** encaminada a dotar de agilidad y flexibilidad al proceso de creación de producto que ayuda a las empresas a ofrecer productos y servicios de más calidad y más innovadores, además de reducir los costes y el tiempo de salida al mercado, y contribuir a mejorar las relaciones colaborativas con clientes, suministradores y socios.

A diferencia de los sistemas ERP (ampliamente conocidos e implantados en todo tipo de empresas) que gestionan los activos físicos de las empresas los sistemas PLM gestionan el capital intelectual de las empresas a lo largo del ciclo de vida de sus productos.

Por tanto la aplicación de las soluciones que se enmarcan bajo el acrónimo PLM debe permitir a las empresas:

- Incrementar sustancialmente su capacidad de desarrollo de producto mediante la aplicación de procesos y metodologías de gestión colaborativa capaces de integrar a clientes, empresas y proveedores.
- Reducir los plazos de lanzamiento de nuevos productos incrementando al mismo tiempo la calidad de los mismos.
- Responder a unos mercados que demandan productos cada vez más complejos, personalizables y que integran distintas tecnologías (software, electrónica, etc.)

Es importante resaltar que hasta hace relativamente poco tiempo (finales de los años 90) una parte importante de las tecnologías que conforman los sistemas PLM no ha estado disponible para poder ser utilizada de forma eficaz. Es por ello que su utilización solo estaba al alcance de grandes corporaciones y era de difícil aplicación al ámbito de la empresa media y pequeña.

Si hacemos un poco de historia veremos que la aparición del término “**Gestión del Ciclo de Vida de Producto**” se produce a finales de los años 80 y principios de los 90 cuando empieza a hablarse de **datos asociados a los productos** como una herramienta necesaria para poder gestionar la información gráfica utilizada en los primeros sistemas de diseño gráfico 3D. De esta forma nacía el germen de las aplicaciones que actualmente se denominan PDM (Product Data Management) y que en la actualidad son núcleo central de los sistemas PLM. Las primeras aplicaciones PDM se centraban en gestionar datos de diseño de ingeniería asociados a las aplicaciones CAD 3D y no estaban soportadas en bases de datos. La evolución de la tecnología utilizada para el desarrollo de estas aplicaciones ha permitido que en la actualidad las aplicaciones PDM puedan gestionar **toda** la información de producto independientemente de cómo sea



esa información (planos 2D, planos 3D, cálculos, especificaciones técnicas, fotos, etc.), permitan la gestión colaborativa y la gestión de flujos de trabajo conocida como BPM (**B**usiness **P**rocess **M**anagement).

Paralelamente a la evolución de las aplicaciones PDM han evolucionado las aplicaciones de diseño gráfico (CAD 3D) las aplicaciones para el diseño de utillajes y la gestión de maquinaria de control numérico (CAM) y las aplicaciones para el cálculo y simulación de los diseños realizados (CAE) de forma que todos los datos utilizados en ellas son gestionados e integrados a través de las aplicaciones PDM.

Durante la primera década del siglo XXI las anteriores aplicaciones fueron complementadas e integradas con otras nuevas que es lo que en la actualidad se denomina sistemas PLM. Entre ellas podríamos destacar:

- Las aplicaciones que permiten la **gestión de los procesos de fabricación de los productos** y que se pueden utilizar en los casos de mayor simplicidad para transformar las estructuras de diseño de los productos en estructuras de fabricación y en los casos de mayor complejidad para el diseño virtual de líneas automatizadas validando su correcto funcionamiento antes de ser construidas físicamente.
- Las aplicaciones para la **gestión de proyectos de ingeniería** que permiten aplicar las metodologías de ingeniería colaborativa integrando a través de flujos de trabajo, foros, chats, etc. a todos los participantes en los procesos de diseño y desarrollo de producto.
- Las aplicaciones para la **gestión de requisitos** que permiten trazar a lo largo de todo el proceso de diseño, desarrollo e industrialización de un producto los requisitos tanto externos como internos que sirvieron para definir el producto. La gestión de requisitos en la actualidad es básica para los procesos de homologación de producto.

En los siguientes apartados se van a describir con mayor nivel de detalle los principales componentes de un sistema PLM indicando las ventajas que aportan y también cuales han sido los principales problemas que se han identificado para que en más de un caso su implantación no haya sido exitosa. También se hace referencia a las líneas de evolución de estos sistemas y un análisis sectorial para la utilización de este tipo de sistemas.

Antes de describir los componentes de los sistemas PLM es importante resaltar que salvo los acrónimos CAD (Computer Aided Design), CAE (Computer Aided Engineering), CAM (Computer Aided Manufacturing) y PDM (Product Data Management) el resto de acrónimos que se utilizan en este estudio a otros sistemas (MPM, PM, etc.) no son de carácter universal y por tanto no son utilizados por todos los suministradores de estos sistemas.

## 2. Sistemas para el diseño gráfico (CAD)

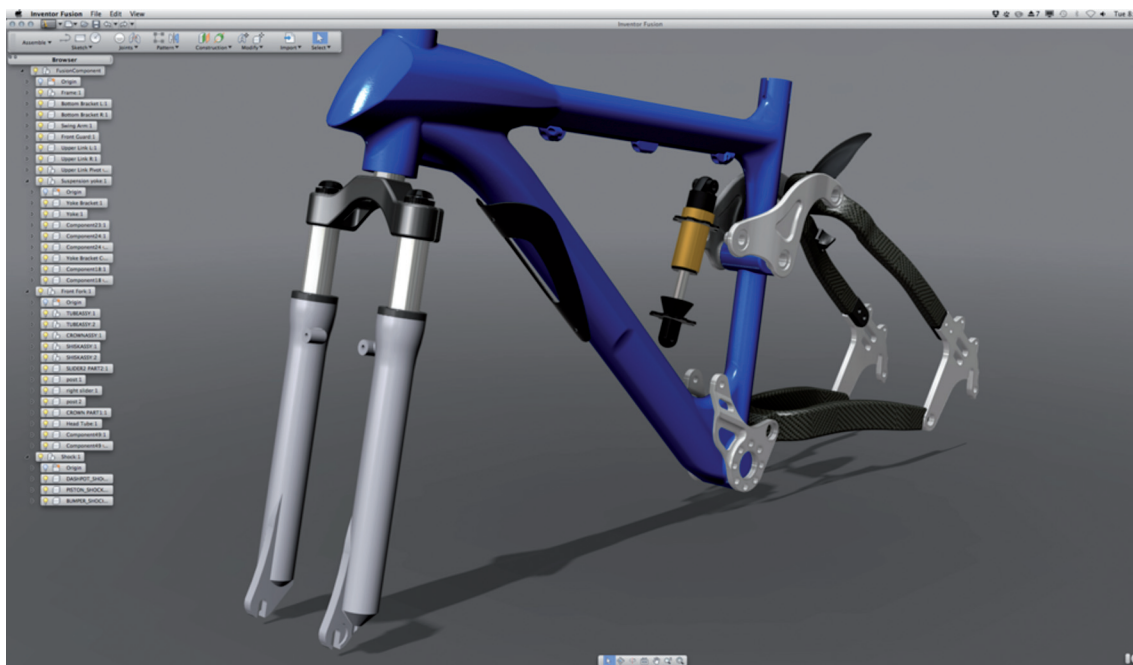
A los sistemas de diseño asistido por ordenador (**C**omputer **A**ided **D**esign) podemos considerarlos el origen de los actuales sistemas PLM ya que fueron los primeros en aparecer en el mercado a principios de los años 80 para gestionar información (aunque fuera gráfica) de producto. Inicialmente los sistemas CAD trabajaban en dos dimensiones (2D) y se utilizaban básicamente para la realización de planos constructivos de piezas o de pequeños subconjuntos y sustituían de forma muy mejorada el trabajo en



tablero de los delineantes, pero no resolvían uno de los problemas típicos del diseño de producto, que son las interferencias entre piezas o sistemas, lo que genera alargamientos en los plazos de desarrollo, incremento de costes por reproceso y pérdida de calidad de los productos.

Con el objetivo de dar respuesta a esa problemática a mediados de los años 80 empiezan a aparecer las primeras aplicaciones de diseño en tres dimensiones (3D) que teóricamente deberían permitir realizar maquetas digitales en 3D donde sería posible resolver el análisis de interferencias. Estas aplicaciones fueron impulsadas por la industria aeronáutica y la industria del automóvil que debido a su capacidad de inversión podían acometer los proyectos para su implantación. En cualquier caso las primeras aplicaciones de este tipo requerían hardware muy potente y aun así solo eran capaces de manejar el diseño de partes del producto relativamente pequeñas. Para principios de los años 90 la evolución del hardware así como el desarrollo de nuevos algoritmos matemáticos permitió que la capacidad de proceso de las aplicaciones aumentara exponencialmente de modo que ya era posible modelar grandes subconjuntos de los productos o productos completos sino eran excesivamente grandes. A pesar de estos avances (durante la década de los 90) las aplicaciones 3D seguían necesitando plataformas hardware muy potentes y caras y su utilización era compleja y engorrosa lo que requería inversiones importantes en la formación de usuarios y limitaba su utilización a grandes compañías. Es a partir del año 2000 cuando se puede decir que las aplicaciones para el diseño 3D alcanzan su madurez lo que se traduce en:

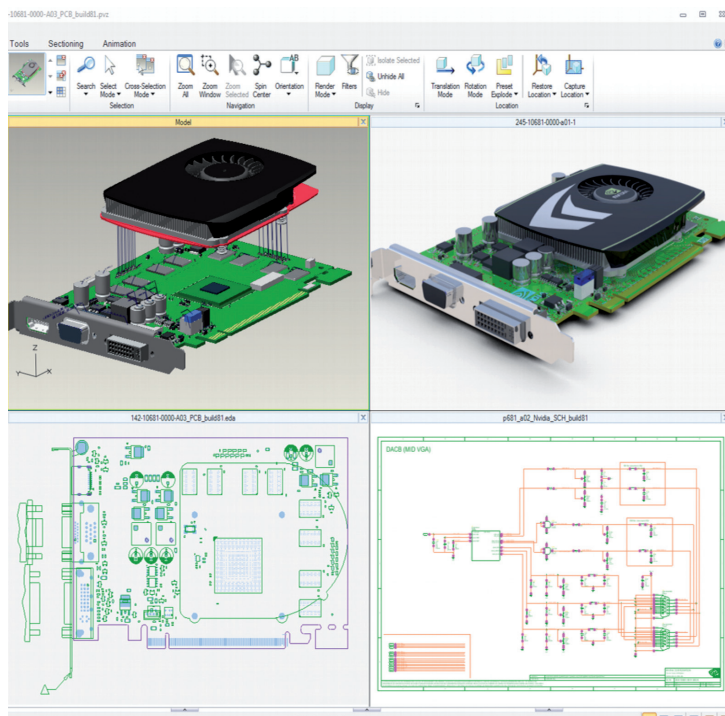
- Mejora muy importante en las interfaces de usuario (usabilidad) lo que facilita el acceso de estas aplicaciones a un mayor número de usuarios.
- Incorporación de funcionalidades para la simulación de ensamblajes en movimiento para el análisis de interferencias.



Fuente: Autodesk



- Incremento de las capacidades de las plataformas hardware simultáneamente a la disminución de su coste.
- Aparición de aplicaciones de bajo coste (enfocadas a la pyme) con menor funcionalidad pero suficiente para muchas empresas con productos no excesivamente complejos.
- Incorporación de funcionalidades muy verticalizadas para dar respuesta a las distintas tipologías de diseño (por ejemplo):
  - Diseño mecánico
  - Diseño eléctrico y electrónico
  - Diseño de tuberías (piping)



Fuente: PTC

- Diseño 3D para interiorismo
- Incorporación de capacidades para realizar diseño paramétrico, configuración gráfica de productos, etc.
- Oferta de productos muy amplia y segmentada para poder dar respuesta a todo tipo de empresas desde la pyme hasta las grandes corporaciones.

En la actualidad los sistemas de diseño 3D son ampliamente conocidos y son utilizados por una gran cantidad de empresas, independientemente de su tamaño, gracias a la gran oferta de aplicaciones existentes en el mercado. Ahora bien ello no quiere decir que los resultados que se están obteniendo por la utilización de estas aplicaciones siempre sea el deseado. Para la utilización correcta de este tipo de aplicaciones se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos:



- El diseño en 3D de un producto completo es costoso y requiere plazos elevados. Por tanto dependiendo de los plazos de los que dispongamos para realizar el diseño se deberán utilizar los procesos adecuados para poder diseñar el producto en esos plazos (básicamente mediante la estandarización).
- La metodología de trabajo a utilizar con las aplicaciones 3D debe responder a las características del producto a diseñar (no se modelan igual):
  - Producto paramétrico (por ejemplo los ascensores)
  - Producto configurable (por ejemplo un modelo de automóvil)
  - Producto estándar con variantes
  - Otras posibilidades
- Los plazos de los que disponemos para entregar nuestros productos desde que recibimos las peticiones de los clientes lo que condiciona nuestros procesos de desarrollo:
  - **Cortos.** Cuando se trabaja contra stock y los productos comercializados y fabricados están desarrollados antes de iniciarse su comercialización y fabricación.
  - **Medios.** Cuando se trabaja contra pedido y los productos comercializados y fabricados se pueden considerar estándares y configurables. Hay una parte importante del producto definida previamente y la personalización se realiza cuando se recibe el pedido.
  - **Largos.** Cuando se trabaja contra proyecto y los productos (instalaciones) comercializados y fabricados se pueden considerar desarrollados a medida. El diseño prácticamente se inicia cuando se consigue el pedido.

A modo de conclusión respecto a los sistemas de diseño 3D podríamos concluir:

- Son aplicaciones maduras, ampliamente utilizadas por todo tipo de compañías y cuya evolución tecnológica va muy ligada a la evolución de las capacidades de las plataformas hardware para facilitar el tratamiento de grandes volúmenes de información.
- La oferta de aplicaciones existente permite el acceso a las mismas desde la pyme hasta la gran corporación.
- A pesar de ofrecer funcionalidades muy amplias para diseñar cualquier tipo de producto, en muchas ocasiones las empresas no realizan una correcta utilización de estos sistemas lo que hace que las inversiones realizadas no aporten los beneficios esperados. Ello ha dado lugar a que empresas que cuentan con sistemas de diseño 3D todavía realicen gran parte de las actividades de diseño con sistemas 2D con los problemas que ello implica.

### 3. Sistemas para la fabricación asistida por ordenador (CAM)

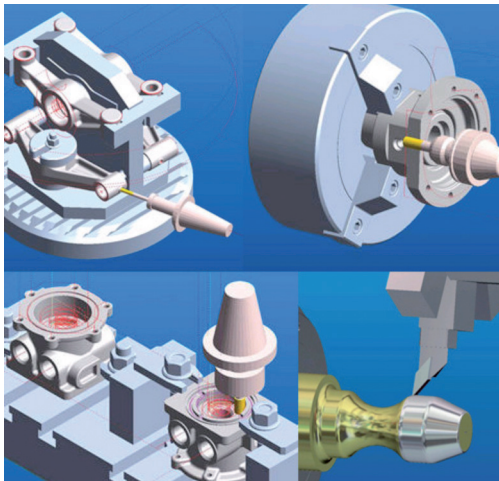
Los sistemas de fabricación asistida por ordenador (**Computer Aided Manufacturing**) nacieron de forma prácticamente simultánea a los sistemas de diseño gráfico asistido por ordenador (CAD) con el objeto de asegurar que las piezas diseñadas en los sistemas CAD se pudieran fabricar. Lo que hacen estos sistemas





es complementar la información geométrica de las piezas diseñadas con la información técnica necesaria para su fabricación. De esta forma estos sistemas permiten obtener entre otros productos:

- Planos de mecanizado
- Planos de herramientas y utillajes
- Diseño de procesos de moldeo y troqueles
- Generar programas de máquinas de control numérico



Fuente: Edge CAM

La integración entre ambos tipos de sistemas (CAD-CAM) ha permitido que los diseñadores y responsables de fabricación trabajen de forma conjunta permitiendo:

- Reducir los plazos de desarrollo, planificación y fabricación de los productos.
- Mejorar la calidad de los componentes y de los productos acabados.

La evolución de estos sistemas ha sido prácticamente idéntica a la descrita para los sistemas CAD ya que en muchos casos estas aplicaciones son desarrolladas por las mismas compañías.

Debe tenerse en cuenta que la principal ventaja que ofrecen estas aplicaciones al estar integradas con los sistemas de diseño es la generación directa de los programas de control numérico de las distintas máquinas a utilizar en la fabricación de una pieza (fresadoras, tornos, corte, etc.) sin necesidad de hacer pruebas previas. Ello reduce sustancialmente los plazos y costes al tiempo que se incrementa la calidad final obtenida.

La utilización de este tipo de aplicación estará condicionada a las características del producto y de los medios de producción existentes para su fabricación.

A modo de conclusión respecto a los sistemas de fabricación asistidos por ordenador (CAM) podríamos concluir:



- Son aplicaciones maduras, ampliamente utilizadas por todo tipo de compañías, aunque en este caso dependerá de los medios de producción de que dispongan. Su evolución tecnológica va muy ligada a la evolución de los medios de producción (sistemas de control numérico, PLC,s, etc.), de los sistemas CAD con los que se integra y de las plataformas hardware donde se utilizan.
- La oferta de aplicaciones existente actualmente en el mercado permite el acceso a las mismas desde la empresa media hasta la gran corporación.

#### 4. Sistemas para la ingeniería asistida por ordenador (CAE)

Los sistemas para la ingeniería asistida por ordenador (**Computer Aided Engineering**) al igual que los sistemas CAM descritos en el apartado anterior también aparecieron en el mercado al mismo tiempo que los sistemas CAD. El objetivo básico de estos sistemas es comprobar que los productos diseñados con los sistemas CAD responderán de forma adecuada en un entorno real. Para ello incorporan las funcionalidades necesarias para poder simular cómo se comportará el producto diseñado a las deformaciones, las vibraciones, la temperatura, etc.

Los sistemas CAE permiten que sin necesidad de fabricar un componente o pieza que se ha diseñado para un producto, se pueda validar que dicho componente o pieza cumplirá los requisitos para los que ha sido diseñado. Por ejemplo que una pieza metálica será capaz de resistir a las altas temperaturas, que un soporte no se romperá, etc.

Los sistemas CAE pueden estar o no integrados con los sistemas CAD. En el primer caso una gran parte de los datos que son necesarios para realizar los cálculos o simulaciones se obtendrán directamente del sistema CAD lo que disminuirá las cargas de trabajo en las actividades de pos procesamiento que hay que realizar en un sistema CAE. En el segundo caso es necesario transferir la información del sistema CAD al CAE mediante el uso de un formato común de información gráfica, lo que siempre será más lento y susceptible de poder cometer errores que en el primer caso.

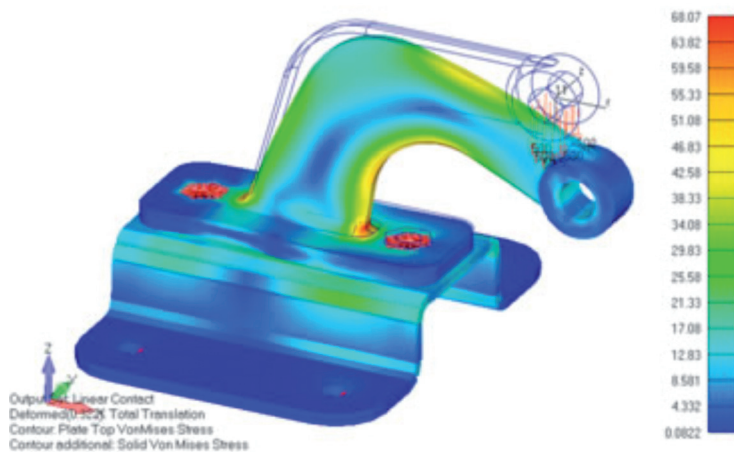
Los sistemas CAE apoyan una amplia gama de disciplinas de ingeniería como:

- El estrés y el análisis de la dinámica de los componentes y ensamblajes utilizando análisis de elementos finitos (FEA)
- Análisis térmico y fluido con la dinámica de fluidos computacional (CFD)
- Cinemática y análisis dinámico de mecanismos (dinámica de sistemas multicuerpo)
- Mecánica de simulación de eventos (MES)
- Simulación de procesos de fabricación, como la fundición, moldes y prensas

La evolución de estos sistemas ha sido paralela a la de los sistemas CAD y muy condicionada por las disponibilidades existentes en las plataformas hardware donde debían utilizarse estos sistemas.



La utilización de estos sistemas es mucho más especializada que la de los sistemas CAD y requiere que los usuarios tengan conocimientos que normalmente se adquieren en las escuelas de ingeniería (resistencia de materiales, termodinámica, mecánica de fluidos, cinemática, etc.). Por ello en muchos casos las compañías optan por externalizar este tipo de servicios a universidades o ingenierías especializadas que sí que cuentan con recursos para realizar este tipo de cálculos y simulaciones.



Fuente: Siemens PLM (Femap)

Los principales beneficios que aporta la utilización de sistemas CAE ya sea de forma interna o externa son:

- La automatización en el análisis de los productos diseñados ahorra tiempo, lo que sirve para mejorar la productividad de la empresa.
- Los proyectos están adecuados a las situaciones reales en las que se utilizarán.
- La predicción en el comportamiento del producto sin necesidad de invertir en la producción de un prototipo. Por ejemplo, no es necesario construir un automóvil para conocer cómo se comportará al tomar ciertas curvas. Evidentemente, esto también supone un gran ahorro para la empresa.
- Los errores detectados se pueden corregir en una fase muy temprana: en la fase de diseño, lo cual agiliza y abarata la producción.
- Si todo funciona como es debido, los productos elaborados tienen una gran calidad.

A modo de conclusión respecto a los sistemas de ingeniería asistidos por ordenador (CAE) podríamos concluir:

- Son aplicaciones maduras, ampliamente utilizadas por todo tipo de compañías, aunque en muchos casos las compañías prefieren externalizar las actividades que se realizan con estos sistemas, dado que su uso requiere usuarios muy especializados y con formación superior. Su evolución tecnológica va muy ligada a la evolución de las plataformas hardware para la realización de cálculos cada vez más complejos.
- Aunque la oferta de aplicaciones existente actualmente en el mercado permite el acceso a las mismas de muchas empresas lo normal es que las compañías tiendan a externalizar este servicio.

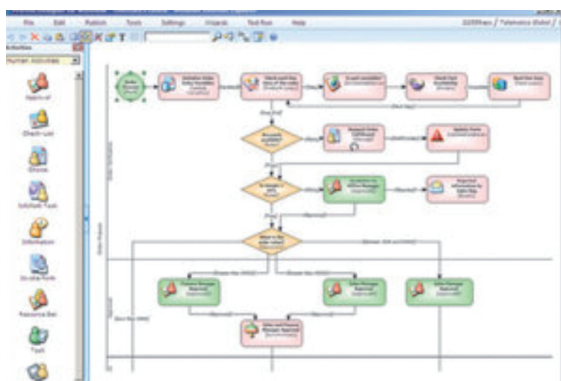


## 5. Sistemas para gestión de datos de producto (PDM)

Los sistemas para la gestión de datos de producto PDM (**P**roduct **D**ata **M**anagement) que en la actualidad son el núcleo de la gestión del ciclo de vida de producto aparecieron en el mercado después de los sistemas CAD 3D. Su origen inicial fue la necesidad detectada por los propios diseñadores de sistemas CAD 3D, de que para poder gestionar las superficies y volúmenes que permiten visualizar en 3D los objetos había que asociarles datos (de los objetos-productos), de modo que es trabajando con esos datos (selecciones, filtros, etc.) como se consigue que los sistemas puedan visualizar los productos y sus componentes como le interesa al usuario. Por ejemplo ver solo una zona de un producto y dentro de esta zona ver solo determinados sistemas, etc. Inicialmente estos sistemas únicamente gestionaban algunos de los datos generados en los sistemas CAD y además no se almacenaban en bases de datos, con lo cual su utilización era muy limitada funcionalmente y de difícil uso por parte de los usuarios. Por otra parte dado el carácter de los datos gestionados (de ingeniería de diseño) el acceso a los mismos estaba limitado a los propios usuarios de los sistemas CAD. Además con estos primeros sistemas no era posible gestionar por ejemplo, los cambios de ingeniería, las versiones de planos y las estructuras de producto. Obviamente tampoco permitían la gestión de los procesos de diseño y desarrollo de producto en base a las metodologías de ingeniería concurrente y colaborativa.

Es a finales de la década de los 90, cuando todo un conjunto de tecnologías alcanzan una madurez importante (bases de datos, sistemas workflow, internet, etc.), cuando se empiezan a desarrollar realmente los sistemas que hoy conocemos como sistemas PDM. La integración de esas tecnologías ha permitido que los sistemas PDM actualmente en el mercado contemplen las siguientes funcionalidades:

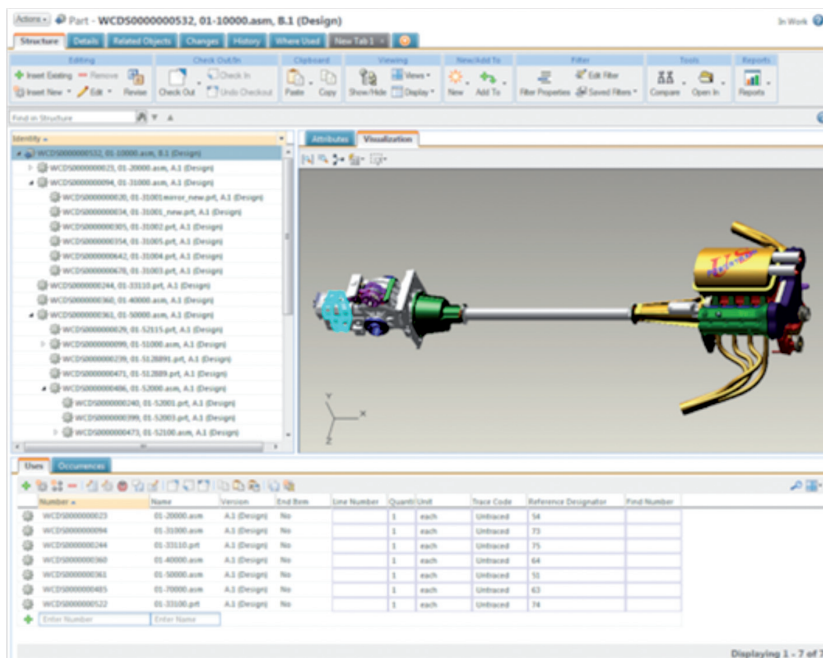
- **Almacén de datos y gestión de documentación.** Mediante la utilización de una arquitectura de base de datos es posible almacenar de forma estructurada toda la información asociada a producto generada durante todo el ciclo de vida. La información que se puede guardar no solo será la asociada a los sistemas CAD de diseño sino que se podrá incluir toda aquella información relevante para la gestión del producto a lo largo de su ciclo de vida (especificaciones técnicas, cálculos, atributos, requisitos, instrucciones de fabricación, etc.)
- **Gestión del proceso y del flujo de trabajo.** Mediante la utilización de tecnologías de BPM (**B**usiness **P**rocess **M**anagement) es posible gestionar de forma automatizada los procesos, por ejemplo para, el control de cambios de ingeniería, creación de nuevos artículos, etc. Además la información generada durante la ejecución de estos procesos quedará almacenada en la base de datos y relacionada en la base de datos del sistema.



Fuente: [Directindustry.es](http://Directindustry.es) (Archestra Workflow)



- Gestión de la estructura del producto.** Incorporación de funcionalidades para poder establecer estructuras de producto y su relación con los objetos diseñados en 3D. La arquitectura de base de datos permite incorporar funcionalidades para poder comparar estructuras, saber en cuantos productos se incorpora un componente, inclusión de filtros a la hora de visualizar estructuras (por niveles, por sistemas, por otros atributos, etc.), posibilidad de visualizar simultáneamente la estructura en formato alfanumérico y en formato 3D (aplicando los filtros que se hayan considerado necesarios) tal y como se refleja en la siguiente figura. Además la gestión de estructuras de producto del PDM permite incorporar información (características técnicas, el material de que está realizada la pieza, etc.) que en muchos casos no tiene representación gráfica convirtiendo la lista de diseño (D-BOM) en la lista de ingeniería (E-BOM).



Fuente: PTC

- Gestión de piezas (clasificación).** Mediante la utilización de arquitectura de base de datos es posible establecer múltiples criterios para clasificar las piezas de los productos diseñados. Ello redundará en facilitar la búsqueda de piezas y en consecuencia en facilitar la estandarización y la reutilización con los consiguientes ahorros en compras, fabricación e inventarios.
- Gestión de los cambios de ingeniería.** Mediante la utilización de tecnologías de sistemas de workflow se pueden establecer y automatizar los procesos para gestionar un cambio de ingeniería determinando a que afecta, cuando se puede aplicar, en qué plazo se debe de ejecutar y quien es responsable de cada una de las actividades asociadas al cambio. Además toda la información generada durante el cambio quedará guardada en el almacén de datos de las piezas y productos afectados.
- Gestión de la colaboración.** Mediante la utilización de las tecnologías asociadas a Internet estos sistemas permiten la utilización de metodologías de ingeniería colaborativa de forma que todos los actores involucrados en los procesos de desarrollo de producto pueden interactuar en fases tempranas del proyecto evitando que se tomen decisiones erróneas que además son detectadas a posteriori con todos los reprocesos que ello genera. Por ejemplo cuando se está diseñando geométricamente un ensamblaje



(en 3D) es posible que dicho ensamblaje sea visualizado por la ingeniería de fabricación para validar que la propuesta de diseño luego será factible de industrializar, o sea visualizado por ingeniería de mantenimiento para validar que el diseño propuesto posteriormente será posible desmontarlo con facilidad para optimizar su mantenimiento. Esta funcionalidad es básica para acortar los plazos de diseño y asegurar la calidad de los productos diseñados.

Es durante la primera década del siglo XXI cuando estos sistemas alcanzan su madurez gracias a la incorporación de las tecnologías y funcionalidades anteriormente descritas. Al igual que ocurrió con los sistemas CAD inicialmente estos sistemas fueron utilizados por grandes compañías (sector aeronáutico, sector del automóvil, etc.) debido a que su utilización era relativamente compleja y su coste elevado. En la actualidad y también de forma similar a lo ocurrido con los sistemas CAD estos sistemas están al alcance también de compañías de tamaño medio y pequeño obviamente con una funcionalidad más acotada y con una facilidad de uso muy mejorada.

Los principales beneficios que se obtienen de la utilización de los sistemas PDM se pueden resumir en:

- Incremento de las capacidades de estandarización y reutilización de componentes lo que permite optimizar costes y reducir plazos
- Capacidad real para la aplicación de metodologías de desarrollo colaborativo tanto a nivel de departamentos internos como de clientes y proveedores, lo que permite reducir costes (de diseño, fabricación y mantenimiento), plazos incrementando simultáneamente la calidad del producto
- Control de la configuración de producto a lo largo de todo su ciclo de vida mediante el control y trazabilidad de las modificaciones realizadas, lo que permite optimizar los costes de mantenimiento y de los servicios postventa
- Disponer de un entorno único de información de producto disponible para todos los actores (internos y externos) que participan en la gestión del ciclo de vida de producto (con todas las seguridades necesarias) lo que permite incrementar las capacidades de desarrollo e industrialización de producto mediante procesos de externalización

A modo de conclusión respecto a los sistemas de gestión de datos de producto PDM podríamos concluir:

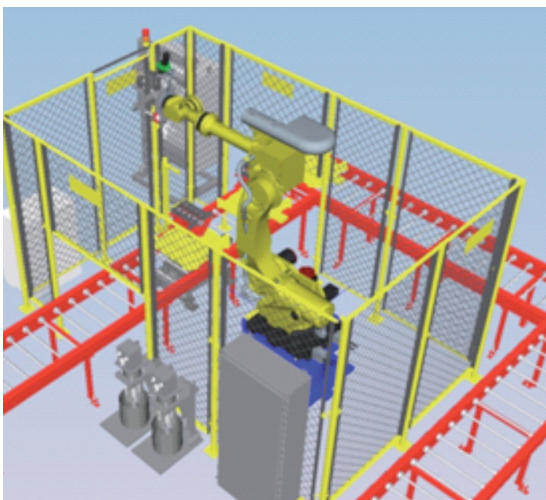
- Son aplicaciones actualmente maduras, pero menos utilizadas que los sistemas CAD, y cuya evolución tecnológica va muy ligada a la evolución de las tecnologías en las que se apoyan (bases de datos, workflow, visores gráficos, etc.).
- La oferta de aplicaciones existente en la actualidad permite el acceso a las mismas desde la pyme hasta la gran corporación.
- El grado de implantación de este tipo de sistemas en España es relativamente bajo y son pocas las compañías capaces de hacer un uso intensivo de las funcionalidades que aportan, en gran medida por el desconocimiento de las mismas y sobre todo por no utilizar los procesos adecuados en las actividades de gestión del ciclo de vida de producto.



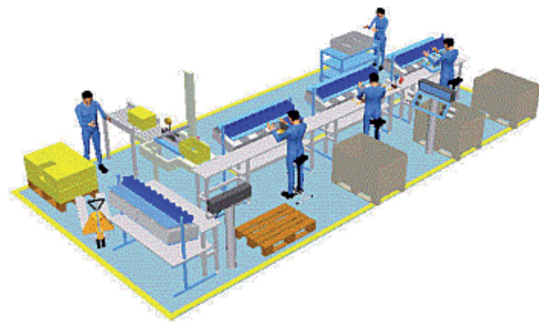
## 6. Sistemas para la fabricación digital (MPM)

Los sistemas para la gestión de los procesos de fabricación MPM (**M**anagement **P**roduct **M**anufacturing) son sistemas cuya aparición ha sido posterior a todos los sistemas analizados hasta ahora. Ello no quiere decir que alguno de sus componentes apareciera en el mercado al mismo tiempo que los sistemas CAM puesto que su funcionalidad era muy similar (por ejemplo la gestión de robots).

Al igual que el diseño digital permite disponer de un producto en formato digital (maquetas digitales) y validar antes de iniciar su fabricación que todo es correcto, la fabricación digital basada en la integración de todo un conjunto de sistemas (entre los que se incluyen la simulación y visualización en 3D) va a permitir disponer en formato digital de, fabricas virtuales, líneas de producción virtuales, células de producción virtuales y validar sin necesidad de construirlas físicamente que todo funcionará correctamente.



Fuente: Siemens PLM



Fuente: Dassault Systemes (Delmia)

Como ya se ha indicado los sistemas para la fabricación digital son el resultado de la integración de todo un conjunto de componentes de forma que en función de las características de la empresa donde se quiera implantar se deberá determinar que funcionalidades serán necesarias. Esta modularización del sistema es la que por otra parte permite que empresas de tamaño pequeño y medio puedan acceder a estos sistemas para dar respuesta a requerimientos muy específicos de la gestión de sus procesos de fabricación.

Los principales componentes o módulos que normalmente tienen los sistemas para la fabricación digital son los siguientes:

- **Gestión de procesos de ensamblaje.** Mediante este módulo se puede entre otras cosas simular la realización de ensamblajes para determinar cuál es el método idóneo para su ejecución. La determinación de los métodos de ensamblaje determinará como serán las listas de materiales para fabricación (M-BOM).



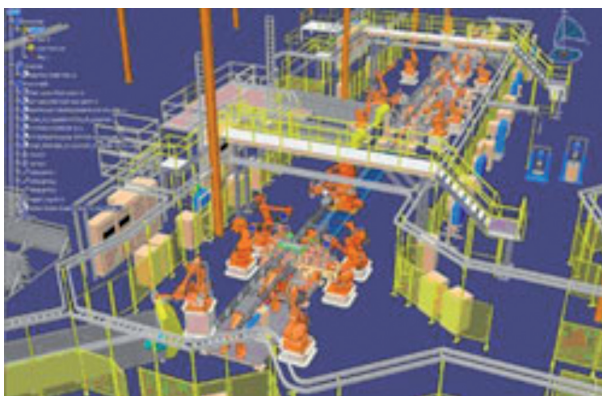
Fuente: Dassault Systemes (Delmia)

- **Ergonomía.** Mediante este módulo se pueden optimizar las condiciones de trabajo en las distintas actividades de los procesos de fabricación y validar que el proceso definido es factible de ser ejecutado.



Fuente: Dassault Systemes (Delmia)

- **Diseño de plantas.** Mediante este módulo se puede entre otras cosas simular los procesos completos de fabricación de una planta lo que permitirá, validar los layout, la definición de líneas, la interacción entre ellas y los flujos logísticos sin necesidad de esperar a su implantación física. Ello permitirá detectar en fases tempranas posibles errores de diseño y solucionarlos antes de iniciar las etapas de implantación de la planta, líneas, etc.



Fuente: Dassault Systemes (Delmia)





- **Programación de Robots.** Este módulo proporciona funciones para optimizar la programación de robots para la producción.



*Fuente: Dassault Systemes (Delmia)*

Como se deduce del tipo de funcionalidades que gestionan estos sistemas es claro que algunas de ellas solo aplican a grandes compañías que cada vez que diseñan nuevo producto (por ejemplo automóvil) deben rediseñar sus plantas (líneas de ensamblaje, robots, etc.). En cambio algunos de los módulos pueden aplicar a compañías de tamaño medio que cuando lanzan nuevo producto deben rediseñar las líneas de ensamblaje (incluidos robots, centros de mecanizado, etc.) pero no la planta completa. Una de las funcionalidades que si puede ser de aplicación para casi todo tipo de compañías industriales es la que permite generar a partir de las estructuras de diseño e ingeniería (D-BOM y E-BOM) las estructuras de fabricación (M-BOM) que son las que reflejan cómo se fabrica el producto diseñado.

Al igual que los sistemas descritos hasta ahora los sistemas MPM han alcanzado un alto nivel de madurez y la oferta de aplicaciones es grande lo que posibilita el acceso a las mismas a un gran número de empresas. Ahora bien en muchos casos, e igual que ocurría con los sistemas CAE, las actividades que se realizan con estos sistemas son contratadas a ingenierías (nuevas plantas, nuevas líneas) que son las que disponen de este tipo de sistemas. De hecho si estas aplicaciones solo se necesitan para generar las estructuras de fabricación (caso muy normal en la pequeña y mediana empresa) se buscan alternativas, bien utilizando los sistemas PDM, bien utilizando los sistemas ERP.

A modo de conclusión respecto a los sistemas de fabricación digital MPM podríamos concluir:

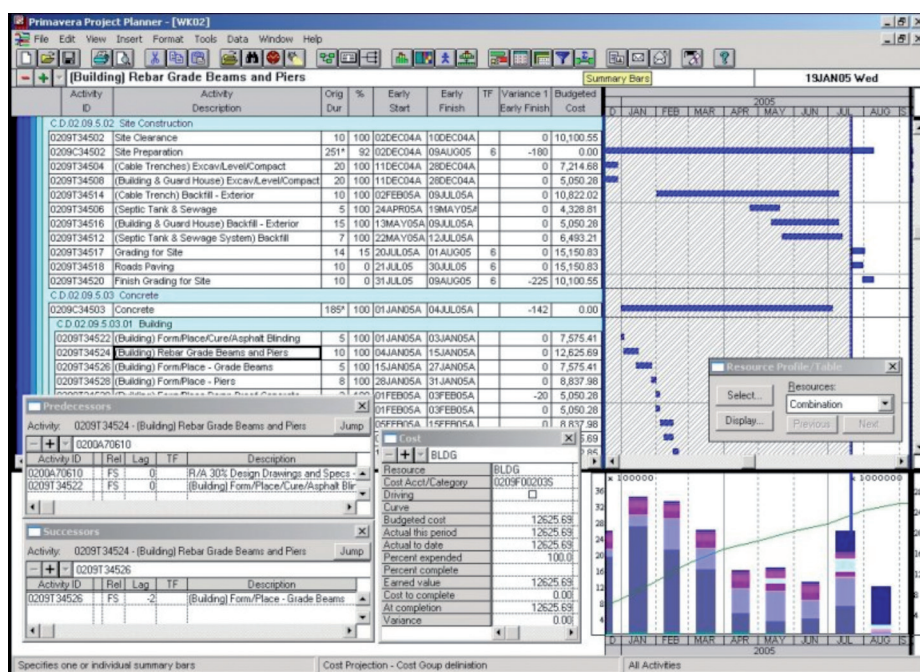
- Son aplicaciones actualmente maduras, pero menos utilizadas que cualquiera de los otros sistemas que gestionan el ciclo de vida del producto.
- La oferta de aplicaciones existente en la actualidad permite el acceso a las mismas a una gran variedad de empresas.
- El grado de implantación de este tipo de sistemas en España es relativamente bajo sobre todo porque son aplicaciones muy focalizadas a empresas que necesitan modificar de forma sustancial sus medios de producción cada vez que lanzan nuevo producto.



## 7. Sistemas para la gestión de proyectos (PM)

Los sistemas para la gestión de las actividades de los proyectos de desarrollo de producto (**Project Management**) se han desarrollado en paralelo a los sistemas PDM y en muchos casos pueden estar embebidos en los propios sistemas PDM como un módulo más de los mismos. Existen en el mercado muchas aplicaciones desarrolladas para la gestión de proyectos pero como se describe a continuación, cada una de ellas se utiliza para dar respuesta a un determinado tipo de requerimientos de los proyectos:

- **Aplicaciones para la planificación de proyectos.** En este grupo se engloban las aplicaciones desarrolladas para gestionar la planificación de proyectos y los recursos asociados a los mismos. Su objetivo es la planificación de los proyectos mediante diagramas de Gantt, determinar caminos críticos, cargas de los recursos y en algunos casos facilitar la gestión multiproyecto (Concerto). Suelen ser aplicaciones mono funcionales y que pueden ser gestionadas de forma individual o en red. En este grupo se engloban aplicaciones como Microsoft Project, Primavera, Concerto, etc.



Fuente: Primavera Software

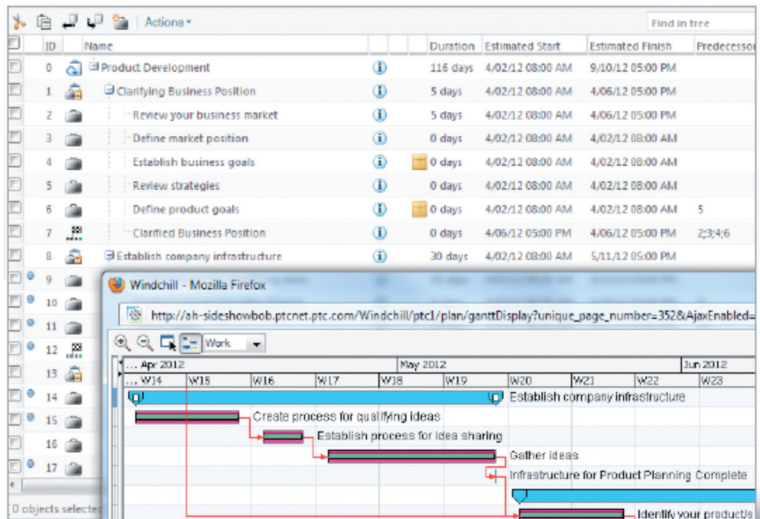
- **Aplicaciones para el control de proyectos.** En este grupo se engloban las aplicaciones desarrolladas básicamente para gestionar el control económico de los proyectos. A diferencia de las aplicaciones para planificar estas otras aplicaciones son en realidad módulos de sistemas ERP ya que se alimentan de los datos generados en los procesos de compras, ventas y fabricación. Aunque disponen de funciones para la planificación suelen ser mucho menos flexibles que las aplicaciones diseñadas específicamente para esa función. En este grupo se engloban aplicaciones como SAP, Oracle, Axapta, J D Edwards, etc.

Sin embargo ninguna de estas aplicaciones da respuesta a los requerimientos asociados a la gestión mediante metodologías de ingeniería colaborativa de las actividades de los proyectos de diseño y desarrollo de producto. Para dar cobertura a estos requerimientos y en paralelo al desarrollo de las funcio-



nalidades de gestión colaborativa de los sistemas PDM se desarrollaron las funcionalidades necesarias para gestionar las actividades de los proyectos de diseño y desarrollo de producto.

Los sistemas de gestión de proyectos integrados en los sistemas PLM básicamente integran las funcionalidades para la planificación de proyectos con el acceso a toda la información de producto relacionada con el proyecto (modelos CAD, requisitos, especificaciones técnicas, etc.) y con las funciones de gestión colaborativa (foros, gestión de reuniones, discusiones en línea, etc.). Permiten integrar la gestión de procesos (rutas, workflow,s) de los sistemas PDM con las actividades planificadas en la gestión de proyectos.

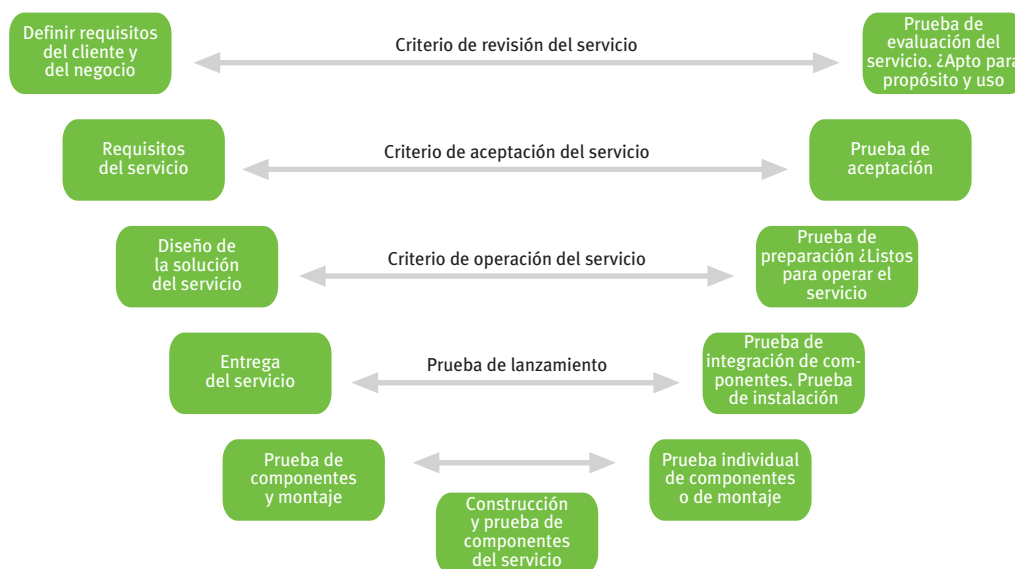
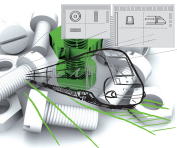


Fuente: PTC (Windchill ProjectLink)

Este tipo de aplicaciones son de utilidad en entornos distribuidos de diseño y con niveles importantes de externalización ya que permiten integrar a los distintos equipos de proyecto en un entorno único de información. Por tanto este tipo de sistemas son utilizados por empresas de tamaño grande que pueden tener equipos de diseño distribuidos en múltiples ubicaciones (por ejemplo: aeroespacial, automóvil, etc.) y en cambio no suelen ser utilizados por empresas de tamaño medio y pequeño.

## 8. Sistemas para la gestión de requisitos

Los sistemas para la gestión de requisitos nacieron a finales de la década de los 90, para dar soporte a las metodologías que se estaban desarrollando para la gestión de requisitos (ver figura del modelo en V) y que empezaban a ser muy utilizadas en los sectores aeronáutico, automóvil, y de desarrollo de software. Se trataba de software mono funcional pensado para gestionar la captura, seguimiento y cumplimiento de requisitos en base a metodologías desarrolladas a tal efecto. Están basados en la aplicación de tecnología de base de datos y por tanto han evolucionado de igual forma que la tecnología de base de datos.



Fuente: Blog Adrián Perez

En la actualidad la gestión de requisitos se está convirtiendo en un factor diferencial y de competitividad de las empresas. Ello es debido de una parte a que los productos son cada vez más complejos y de otra parte a la globalización de los mercados que implica la necesidad de homologar los productos en múltiples mercados donde además dichos procesos son cada vez más complejos. Otro factor a tener en cuenta en la gestión de requisitos es la cada vez mayor presencia de proyectos llave en mano que se realizan mediante consorcios que agrupan a todas las tipologías de empresas necesarias para realizar el proyecto (por ejemplo en el sector ferroviario: las infraestructuras, el material móvil, la señalización, etc.) lo que obliga a tener una gestión coordinada de los requisitos del proyecto. Todo ello está dando lugar a que en los proyectos de diseño y desarrollo de producto el peso de las actividades necesarias para probar que los productos cumplen con los requisitos para los que fueron diseñados haya aumentado de forma sustancial provocando incrementos importantes de los plazos de los proyectos y en los recursos necesarios. Para poder optimizar la gestión de requisitos de forma que se pueda reducir su impacto en los plazos de los proyectos en la actualidad se están adoptando dos vías de trabajo:

- Seguir trabajando con los sistemas de gestión de requisitos comentados al principio de este apartado (Doors, RTM, Caliber-RM, etc.) pero integrándolos mediante interfaces con los sistemas PLM. Esta solución tiene el inconveniente de que el nivel de integración nunca será el conseguido cuando este software se diseñe de forma integrada en los sistemas PLM. El que se esté utilizando esta vía de trabajo es porque muchas empresas ya utilizaban software de gestión de requisitos antes de haber implantado sus sistemas PLM.



ID	Requirements created in DOORS	Test Cases	Test Status
1	<b>1 Requirement 1</b>		Not Approved
14	<b>1.1 Requirement 1A</b> Requirement 1a details	(2) TC2: Failed	Not Approved
15	<b>1.2 Requirement 1B</b> Requirement 1b details -modified	(2) TC2: Failed	Not Approved
2	<b>2 Requirement 2</b> Requirement 2 details	(1) TC1: Passed (2) TC2: Failed	Not Approved
3	<b>3 Requirement 3</b>		Not Approved
16	<b>3.1 Requirement 3a</b> Requirement 3a details	(2) TC2: Failed	Not Approved
17	<b>3.2 Requirement 3b</b> Requirement 3b details	(2) TC2: Failed	Not Approved
18	<b>3.3 Requirement 3c</b> Requirement 3c details	(2) TC2: Failed	Not Approved
4	<b>4 Requirement 4</b> Requirement 4 details	(2) TC2: Failed	Not Approved
5	<b>5 Requirement 5</b> Requirement 5 details	(1) TC1: Passed (2) TC2: Failed	Not Approved
6	<b>6 Requirement 6</b>	(2) TC2: Failed	Not Approved

Fuente: IBM Rational Software

- Utilizar los sistemas de gestión de requisitos que los desarrolladores de sistemas PLM están integrando en su solución. A priori está parece la solución más adecuada puesto que utiliza todo el potencial de integración y colaboración de los sistemas PLM, pero dado que su desarrollo todavía es reciente todavía no han alcanzado los niveles de funcionalidad que tienen las aplicaciones que se desarrollaron específicamente para la gestión de requisitos.

**Windchill** - Products > GOLF\_CART > Folders > Specification Document - 722 (SPEC-000000028), A.2

Structure View: List View

Name	Windchill ID	Category	Windchill Version
722	SPEC-000000028	Document	A.2
723	REQ-000000036	Specification	A.2
724	REQ-000000037	Comment	A.1
725	REQ-000000039	Specification	A.1
726	REQ-000000040	Specification	A.1
727	REQ-000000038	Specification	A.1

**Details** - Traceability

**General**  
Name: 722 Number: SPEC-000000028  
Description: Timing specification document

**Integrity Attributes**  
Category: Document  
Integrity State: ALM\_Open Project: /ALM\_Projects/Release2  
Root ID: 722 Authorizing Change Order:  
Revision Date: 2012-02-03 00:20 IST Hook New Changes: No  
Use Hierarchical Editability: No Valid Change Order: No  
Root Document: Yes Allow Trace: Yes  
Allow Edit: Yes Allow Link: Yes  
Creation Date: Last Modified Date:

**Process**  
Context: GOLF\_CART Life Cycle Template: Requirement  
State: In Work - Completed - Accepted - Obsolete Team Template:

**System**  
Location: GOLF\_CART  
Created By: Site Administrator Modified By: Site Administrator  
Created On: 2012-02-03 00:20 IST Last Modified: 2012-02-03 00:20 IST

**Attachments** (0 objects)  
Label or File Name Format Attachment Description Last Modified Modified By

Fuente: PTC Windchill



A modo de conclusión respecto a los sistemas de gestión de requisitos podríamos concluir:

- Existen dos tipos de aplicaciones para la gestión de requisitos:
  - Las que se desarrollaron con carácter mono funcional y que no están incluidas en los sistemas PLM. Actualmente son las más utilizadas, ya que están en el mercado desde finales de los años 90 y además están al alcance de una gran cantidad de empresas ya que sus costes de adquisición e implantación no son muy elevados. Muchas de las empresas que las han implantado, actualmente las están conectando con sus sistemas PLM dado que las implantaron antes que los sistemas PLM.
  - Las que se están desarrollando en los propios sistemas PLM para que se puedan integrar con las otras aplicaciones de estos sistemas (PDM, Proyectos, etc.). Son mucho menos utilizadas que las indicadas en el punto anterior porque su aparición en el mercado es muy reciente y porque todavía no han alcanzado el nivel de funcionalidad que tienen el otro tipo de aplicaciones. En el momento que alcancen el nivel de funcionalidad demandado serán la opción idónea para las empresas que dispongan de sistemas PLM porque mejorarán la trazabilidad de los requisitos a lo largo del proyecto de diseño y desarrollo de producto. Obviamente son aplicaciones más costosas y su aplicación tiene sentido cuando se dispone de sistemas PLM lo que en compañías de tamaño pequeño o medio no es tan normal.
- Son aplicaciones que inicialmente tuvieron una implantación muy sectorial (aeronáutico, automóvil, software) pero que cada vez son utilizadas en más sectores por la necesidad de homologar sus productos para nuevos mercados.

## 9. Otras funcionalidades

Además de todas las funcionalidades que se han descrito, algunos de los sistemas PLM que en la actualidad se comercializan, incluyen otras funcionalidades que pueden ser de carácter más específico como pueden ser:

- **La gestión de la conformidad**, que se utilizará para asegurar el cumplimiento de normas en industrias reguladas. Se trata de controlar el riesgo y coste del cumplimiento de normas en entornos regulados.
- **La gestión de portfolios y programas** que permite optimizar la selección de los productos a comercializar y por tanto a establecer la cartera de productos más adecuada para las empresas. Se trata de ayudar en el control financiero y estratégico del lanzamiento de nuevos productos de forma que sea posible evaluar los resultados de las inversiones realizadas.
- **La gestión de la relación con proveedores** que permite optimizar la integración de los proveedores en el proceso de desarrollo de producto y optimizar los posteriores procesos de aprovisionamiento. Esta es una funcionalidad que puede estar soportada por los sistemas ERP. Deberá analizarse cuál es el entorno más adecuado para la implantación de este tipo de funcionalidad.



## 10. ¿Cuál es la evolución de los sistemas PLM?

En la actualidad se puede considerar que los sistemas PLM han alcanzado un nivel de funcionalidad y desarrollo tecnológico que da respuesta a la mayor parte de los requerimientos de los procesos de diseño y desarrollo de producto, se ha preguntado a los desarrolladores de estos sistemas cuales son las principales líneas de evolución de los sistemas PLM y estas han sido las respuestas obtenidas:

- Utilización de los modelos de comunicación de las redes sociales para optimizar la gestión colaborativa de forma que se puedan utilizar circuitos iniciales menos formales pero más ágiles (tipo chat). Por ejemplo para validar potenciales propuestas de cambios, de forma que sea posible descartarlas o no, sin iniciar los procesos de gestión de cambio formales (mediante funciones BPM (Business Process Management) que luego determinarían que el cambio no es viable pero después de haber consumido un tiempo y unos recursos que se podían haber evitado.
- Utilización de tecnologías de búsqueda semántica avanzada para facilitar la consulta de información en múltiples sistemas y bases de datos. Esta tecnología va a permitir que la información de producto pueda estar distribuida en distintos lugares (ficheros, tablas de bases de datos, carpetas, etc.) ya que mientras no sea necesaria su modificación la podremos consultar en su ubicación original. En el momento que sea necesario proceder a su modificación será necesario crearla en el sistema donde deberá residir a futuro (repositorio PDM). La aplicación de esta tecnología debe permitir evitar los procesos de migración masiva de información de los sistemas originales a los sistemas futuros (por ejemplo de un sistema CAD antiguo a un sistema CAD nuevo) y realizar el cambio al nuevo sistema solo cuando sea necesario (no por migración sino creando la información en el nuevo sistema). Se puede considerar que mediante esta tecnología se puede disponer de un repositorio virtual (integrando distintas ubicaciones de información) para poder gestionar toda la información de producto.
- Utilización de tecnologías de cloud computing (la nube) para que los sistemas PLM puedan ser utilizados sin tener que adquirir las licencias sino mediante el modelo de pago por uso. Ello debe permitir que empresas que no disponen de las capacidades de inversión necesarias para adquirir sistemas PLM puedan hacerlo mediante este modelo. Además el uso de este tipo de tecnologías también debe permitir acceder a la información desde dispositivos móviles (tabletas, teléfonos, etc.) y desde cualquier lugar con acceso a Internet facilitando la gestión colaborativa en tiempo real.

Adicionalmente a lo indicado en los puntos anteriores los sistemas PLM al igual que los sistemas ERP u otros tipos de sistemas, están en constante evolución mediante la incorporación de funcionalidades solicitadas por los usuarios (que se incorporan en las nuevas versiones de producto) de sus aplicaciones y por la adaptación de sus sistemas a las nuevas plataformas hardware y los nuevos sistemas operativos lo que normalmente mejora el rendimiento de los sistemas y la interfaz con el usuario.

## 11. ¿Quién puede utilizar los sistemas PLM?

Las empresas que inicialmente empezaron a utilizar las primeras aplicaciones tipo PLM pertenecían normalmente a los sectores aeronáutico y del automóvil porque respondían razonablemente a los requerimientos de los procesos que utilizaban para el diseño y desarrollo de producto (fueron los primeros



en emplear la ingeniería concurrente y colaborativa) y donde debían integrarse un elevado número de actores. Además pertenecían a grandes corporaciones ya que las inversiones necesarias para utilizar estos sistemas eran muy importantes.

En la actualidad las barreras que existían para que empresas con capacidades de inversión pequeñas accedieran a estos sistemas son mucho menores y de otra parte cada vez son más las empresas de otros sectores las que necesitan dar respuesta a requerimientos muy similares a los existentes en los sectores aeronáutico y del automóvil.

Es importante clarificar que cuando hablamos de utilización de sistemas PLM por parte de las empresas, no se quiere decir que estén utilizando todas las funcionalidades que se han descrito con anterioridad, sino aquellas que son necesarias para las características de su negocio. En algunos casos las necesidades funcionales serán amplias y en otros casos serán más reducidas pero en ambos casos igual de necesarias para la mejora competitiva.

Con el objeto de poder realizar un análisis que permita determinar en qué tipos de empresas los sistemas PLM pueden tener un mayor impacto en la mejora competitiva de las mismas vamos a utilizar la siguiente clasificación de las empresas por tipo de cadena de valor:

### *Cadena de valor tipo 1*

Empresas industriales que diseñan y/o fabrican y/o ensamblan contra proyecto. Las industrias tipo que podríamos asociar a esta tipología de cadena de valor serían:

- Maquinaria especial
- Gran calderería
- Empresas de montaje
- Equipos ferroviarios
- Ingenierías

### *Cadena de valor tipo 2*

Empresas industriales que diseñan y/o fabrican productos de elevada complejidad que están sometidos a modificaciones constantes, ya sea por necesidades de personalización de los clientes o por modificaciones propias de diseño. Las industrias tipo que podríamos asociar a esta tipología de cadena de valor serían:

- Equipos de obras públicas.
- Equipos elevación.
- Equipos de climatización.
- Equipos para la hostelería.
- Instalaciones de sistemas electrónicos.
- Carroceros y similares.





### Cadena de valor tipo 3

Empresas industriales que diseñan y/o fabrican o montan productos de forma repetitiva y que además sus clientes son otras empresas industriales. Las industrias tipo que podríamos asociar a esta tipología de cadena de valor serían:

- Auxiliares del automóvil
- Auxiliares aeronáuticas
- Inyección de plásticos
- Estampaciones, troqueleras y forjas
- Confección industrial

### Cadena de valor tipo 4

Empresas industriales que diseñan y/o fabrican o montan productos de forma repetitiva, pero en este caso sus clientes son consumidores finales a los que se accede por todo tipo de canales. Las industrias tipo que podríamos asociar a esta tipología de cadena de valor serían:

- Alimentación
- Confección
- Juguete
- Pequeño electrodoméstico (serie marrón)

Basándonos en esta clasificación podemos establecer los siguientes criterios para la utilización de sistemas PLM:

### Empresas tipo 1

Las empresas ubicadas en este tipo de cadena de valor tienen unos requerimientos muy importantes en los procesos de diseño y desarrollo de productos que podemos resumir en:

- **El control de plazos de desarrollo.** Dado que las actividades de diseño se deben integrar en la planificación global del proyecto, su control en cuanto a cumplimiento de plazos es básico para asegurar los plazos globales del proyecto. Ello implicará el uso de una única planificación para todas las actividades en que se estructura el producto. La gestión colaborativa juega un papel fundamental.
- **Coordinación y control de recursos.** Uno de los factores básicos para asegurar el cumplimiento de los plazos y costes del proyecto será el control e integración de los recursos necesarios para el diseño tanto internos como externos. La gestión colaborativa juega un papel fundamental.
- **El control de la documentación** y su asociación a un proyecto concreto, (trazabilidad documental) de forma que se asegure la auditoría posterior (si existen problemas de calidad).
- **La gestión de requisitos.** Es muy importante asegurar la trazabilidad de los requisitos (internos o externos) en base a los cuales se han diseñado los componentes y sistemas que componen el producto final (ya sea un coche de ferrocarril o una central nuclear).



- **El control de configuración** para asegurar que siempre se utilizan los productos y componentes en su última versión de actualización. Si el producto es muy complejo esta problemática es importante ya que durante el diseño del mismo se producirán múltiples modificaciones que deberán ser controladas para evitar problemas en los procesos de fabricación y aprovisionamiento

Por tanto este tipo de empresas son claras candidatas a la utilización de los sistemas PLM y en concreto a las siguientes funcionalidades de dichos sistemas, la gestión gráfica del diseño (CAD), la gestión de datos del producto (PDM), la gestión de proyectos y la gestión de requisitos. En aquellos casos en que el producto desarrollado implique procesos complejos de fabricación también serían de utilidad las funcionalidades de fabricación digital.

### Empresas tipo 2

Las empresas ubicadas en este tipo de cadena de valor también tienen unos requerimientos muy importantes en los procesos de diseño y desarrollo de productos que podemos resumir en:

- **La gestión y control de la configuración de producto.** Que implica el poder controlar y gestionar a lo largo de todo el ciclo de vida del producto las configuraciones de producto para poder optimizar su posterior gestión de fabricación, mantenimiento y servicio postventa.
- **La gestión de catálogos de producto configurable,** lo que supone el estructurar de forma muy clara las características que permiten personalizar el producto (minorando el número de referencias a incluir en dichos catálogos) y la utilización de procedimientos que aseguren la correcta trazabilidad de las modificaciones de producto.
- **La gestión del producto desde múltiples puntos de vista.** Ello implica la necesidad de gestionar de forma consistente múltiples listas de materiales de un mismo producto (listas de diseño, listas de ingeniería, listas de fabricación, etc.).
- **La gestión y trazabilidad de las modificaciones de producto.** Esta problemática supone la utilización de procedimientos que aseguren que las modificaciones son adecuadamente trazadas desde el diseño (entorno gráfico) a la producción (entorno de gestión). Estos procedimientos deben definirse de forma que el tratamiento de las modificaciones sea ágil al tiempo que controlado.
- **La configuración gráfica de los productos solicitados por los clientes.** Debido a la reducción continua de los plazos de entrega solicitados por los clientes es necesario que la definición gráfica de producto en formato 3D (no siempre es necesario) sea rápida generando además de forma simultánea los planos de fabricación y montaje así como las listas de materiales de los productos configurados.

Por tanto este tipo de empresas también son claras candidatas a la utilización de los sistemas PLM y en concreto a las siguientes funcionalidades de dichos sistemas, la gestión gráfica del diseño (CAD) incluyendo la posibilidad de configurar gráficamente el producto, la gestión de datos del producto (PDM) incluyendo la integración con los sistemas ERP, la fabricación digital para el diseño de líneas y la generación de las listas de fabricación.



### Empresas tipo 3

Las empresas ubicadas en este tipo de cadena de valor, a diferencia de las indicadas en los tipos 1 y 2, tienen unos requerimientos de carácter más específico en sus procesos de diseño y desarrollo de producto ya que:

- En unos casos son empresas que deben integrarse en los procesos de diseño y desarrollo de sus clientes (auxiliares de automóvil, aeronáutico, ferroviario, etc.), que son los que diseñan el producto donde se integran los componentes que desarrollan ellas. En este caso los sistemas PLM que deberán utilizar serán los de sus clientes.
- En otros casos porque son empresas que fabrican piezas o utillajes y no tienen procesos de ensamblaje complejos y por tanto sus requerimientos principales están cubiertos por las funcionalidades aportadas por los sistemas CAD (para diseñar la pieza o utillaje), CAM (para los programas de control numérico de las máquinas que fabrican las piezas) y CAE (para los procesos de simulación del comportamiento de las piezas a fabricar), aunque también serán de utilidad las funcionalidades de los sistemas de gestión de datos de producto (PDM) para mantener un repositorio de información de producto único.

Por tanto en este caso aunque los sistemas PLM son necesarios para optimizar los procesos de diseño y desarrollo de producto los requerimientos funcionales son muy inferiores a los indicados en las empresas del tipo 1 y 2.

### Empresas tipo 4

Las empresas ubicadas en este tipo de cadena de valor pueden tener una problemática asociada a sus procesos de diseño y desarrollo de producto muy variable dependiendo del sector al que pertenezcan. En algunos casos los requerimientos serán del mismo nivel que los indicados para las empresas del tipo 2 como puede ocurrir en el sector juguetero y en menor medida en el pequeño electrodoméstico, donde la gama de producto tiene que renovarse en plazos cortos (sobre todo en el juguetero), es muy amplia y además pueden tener procesos de fabricación y ensamblaje complejos y que por tanto pueden llegar a necesitar las mismas funcionalidades de los sistemas PLM que las empresas del tipo 2.

En otros casos se parecerán más a las empresas del tipo 3 como puede ocurrir con el sector de confección donde los requerimientos pueden ser de carácter muy específico y que normalmente estarán cubiertos por los sistemas CAD (para el diseño gráfico) y CAM (para la generación de programas de corte, etc.).

También encontraremos en este tipo de empresas, sectores donde los requerimientos asociados a los procesos de diseño y desarrollo de producto serán relativamente simples, como puede ocurrir en el sector de alimentación, donde normalmente el principal requerimiento puede ser el diseño del packaging y por tanto solo serán necesarios sistemas CAD para su gestión.

Son por tanto muchas las tipologías de empresas y además pertenecientes a múltiples sectores, las que pueden conseguir mejorar sus procesos para la gestión del ciclo de vida de sus productos con la utilización de los sistemas PLM. Además el condicionante de la necesidad de grandes inversiones en gran medida ha desaparecido con lo cual también las empresas de tamaño medio pueden acceder a estas tecnologías.



La siguiente matriz resume el tipo de funcionalidad de los sistemas PLM que serían más adecuados a cada tipo de cadena de valor:

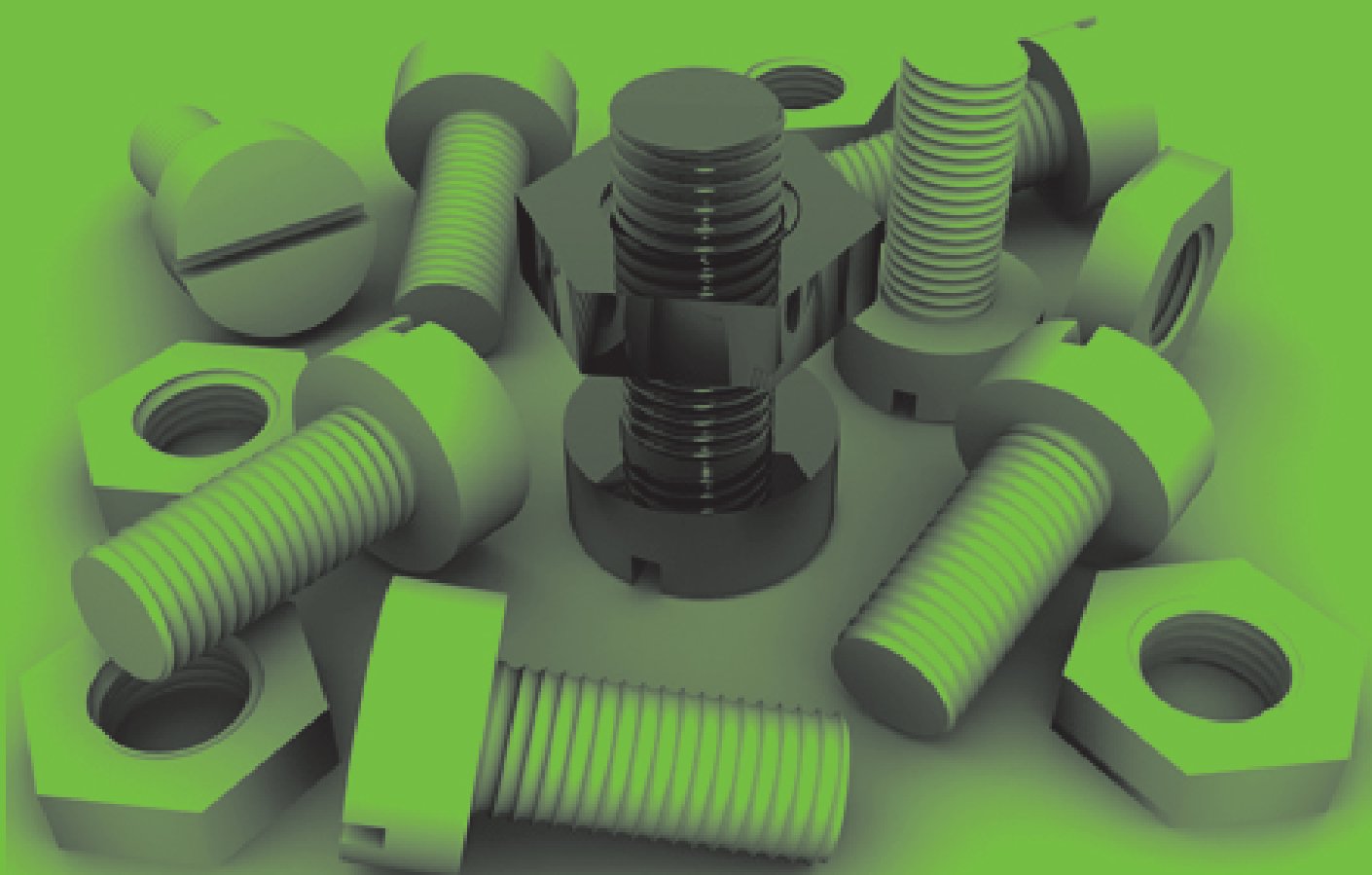
	CAD	PDM	Proyectos	Fabricación virtual	Requisitos
Tipo 1	X	X	X		X
Tipo 2	X	X		X	
Tipo 3	X	X			
Tipo 4 (*)	X	X	X		

(\*) – Dependiendo del sector

Como se puede comprobar después de este análisis los sectores donde el impacto de los sistemas PLM puede ser mayor, son precisamente aquellos donde los distintos criterios de complejidad que se definieron al describir la gestión de la configuración de producto a lo largo de su ciclo de vida, eran altos.

# 4

## IMPLANTACIÓN DE LOS SISTEMAS PLM EN ESPAÑA





## 1. Introducción

En este apartado del estudio se va a analizar cuál es la situación de los sistemas PLM que se han descrito en el entorno empresarial español. Para poder obtener esta evaluación se han tenido entrevistas con suministradores de sistemas PLM y con empresas que nos han transmitido su percepción respecto a la utilización de los sistemas PLM como palanca para mejorar la posición competitiva de las empresas industriales. También se están tomando en consideración las experiencias del propio autor de este estudio.

## 2. La visión de los suministradores de sistemas PLM

Las principales conclusiones que se han obtenido de las entrevistas que se han realizado con los principales suministradores de este tipo de sistemas que operan en España para poder evaluar cuáles son sus percepciones respecto a la implantación de los sistemas PLM en España se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Si comparamos el grado de implantación y utilización de estos sistemas con respecto a los países más desarrollados (Alemania, Francia, Estados Unidos, etc.), la opinión de los suministradores es que España (en términos generales) tiene un retraso de entre 3 y 5 años con respecto a dichos países en la implantación y utilización de los sistemas PLM. De hecho consideran que el nivel de penetración de estos sistemas (salvo los sistemas CAD) en los sectores industriales españoles es muy reducida.
- Los factores que consideran pueden haber afectado para que en España exista este retraso respecto a los países desarrollados en la utilización de los sistemas PLM serían los siguientes:
  - La falta de cultura de innovación en una parte importante del tejido empresarial, que hace que las direcciones generales de las empresas muchas veces no sean capaces de entender las ventajas competitivas que les aportaría la utilización de procesos basados en este tipo de sistemas. Todavía hay muchas empresas que consideran prioritarias las inversiones en sus procesos productivos (para mejorar productividad y reducir costes), y no las consideran así cuando se deben aplicar a la mejora de sus procesos de diseño y desarrollo de producto (donde aplique). Esto mismo ocurre a la hora de realizar inversiones en sistemas de información de forma que las empresas consideran de mayor nivel de prioridad las inversiones en sistemas de gestión empresarial (tipo ERP) que las inversiones en sistemas de gestión técnica (tipo PLM)
  - La acomodación del canal de venta, muy acostumbrado a la venta de los sistemas CAD y las plataformas hardware, que durante años no eran comprados por las empresas por necesidad sino por moda (porque los tenían otras empresas de su entorno). Es decir no era necesario convencer a las direcciones generales de porque tenían que utilizar esos sistemas y que ventajas competitivas les aportaban. Esta forma de venta ya no aplica a los sistemas PLM mucho más complejos y donde es necesario convencer a las direcciones generales de las ventajas competitivas que tendrán si los utilizan para optimizar sus procesos de gestión del ciclo de vida de los productos.
  - Las dificultades de los pequeños distribuidores que nacieron para la venta de sistemas CAD, y que normalmente por falta de formación, han tenido muchas dificultades para conseguir vender los sistemas asociados al concepto PLM en su ámbito de actuación (empresas de tamaño medio o pequeño).



- La falta de visión a medio y largo plazo de las direcciones generales de las empresas que es necesaria para entender que la adopción de este tipo de tecnologías les ayudará a mejorar su posición competitiva al poder innovar en nuevos productos y optimizar plazos y costes en el desarrollo de los mismos. Debe de tenerse en cuenta que la implantación de este tipo de sistemas requiere inversiones importantes y que muchas veces sus resultados no son inmediatos además de ser difícilmente cuantificables. La decisión para acometer proyectos de implantación de sistemas de este tipo deben considerarse de carácter estratégico para las empresas.
- El desconocimiento por parte de las direcciones generales de gran parte de las empresas de tamaño medio o pequeño, de la importancia de modernizar sus procesos de diseño y desarrollo de producto como factor de supervivencia en un mercado cada vez más competitivo y global.

De acuerdo a la información de la que disponen se puede comprobar como la penetración de la parte de los sistemas PLM que no son sistemas CAD, en sectores distintos a los que originalmente fueron precursores de estas soluciones (Aeronáutico y Automóvil) es muy baja tal y como se refleja en la siguiente tabla:

Sector	Sistema			
	CAD	CAE	PDM	PLM
Aeronáutico	90%	50%	50%	10%
Automóvil	90%	50%	50%	25%
Transporte	90%	25%	50%	25%
Equipamiento	90%	25%	25%	5%
Bienes de Equipo	90%	25%	25%	5%

Fuente: Dassault Systemes

Como se puede comprobar en casi todos los sectores hay un nivel muy elevado de implantación de los sistemas de diseño gráfico, que como se ha descrito con anterioridad fueron los primeros en aparecer en el mercado. El principal problema es que hay un número elevado de empresas (básicamente de los sectores de equipamiento y bienes de equipo) que dicen disponer de sistemas CAD, pero que no los utilizan de forma adecuada a los requerimientos de sus procesos de diseño y desarrollo de producto. Esta situación en muchos casos está siendo una barrera para que esas empresas piensen en realizar inversiones para implantar el resto de sistemas necesarios para sus procesos de diseño y desarrollo de producto.

### 3. La visión del autor

Basándome en mi experiencia en la realización de múltiples proyectos de diagnóstico industrial (en los últimos 10 años) que en más de una ocasión han implicado propuestas para redefinir los procesos de diseño y desarrollo de producto y en consecuencia los sistemas asociados, así como en proyectos de implantación de sistemas PLM, puedo exponer las principales problemáticas con las que me encontré:

- Gran parte de los distribuidores (no eran los desarrolladores de la solución) con los que se contactó para diseñar que funcionalidades PLM eran necesarias de acuerdo a los requerimientos que se habían



definido para cada una de las empresas analizadas, no conocían con suficiente detalle los productos que distribuían y tampoco disponían de recursos formados para su posterior implantación lo que dificultaba que los clientes se decidieran a abordar proyectos de implantación.

- Una parte importante de los directivos técnicos de las empresas (siempre empresas de tamaño medio) con las que se trabajó en proyectos para redefinir los procesos de diseño y desarrollo de producto no conocían los sistemas PLM y las ventajas competitivas que les podían aportar.
- Siempre que se solicitaron referencias a los distintos distribuidores con los que se trabajó, de implantaciones de funcionalidades PLM similares a las que se estaban proponiendo a nuestros clientes, fue prácticamente imposible que nos propusieran alguna. Ello refleja a mí entender el número tan limitado de implantaciones de sistemas PLM que se han realizado en las empresas medianas españolas.
- En gran parte de los clientes en los que se presentaron proyectos de implantación de sistemas PLM, la dirección general no los consideraba estratégicos, lo que era un freno para su puesta en marcha al no dotarlos de los recursos necesarios (económicos y humanos) para su ejecución.
- A diferencia de lo que ocurría con los sistemas ERP donde existen una gran cantidad de compañías dedicadas a la implantación de este tipo de soluciones y que además aplican gran cantidad de recursos a actividades de marketing de dichas soluciones, en el ámbito de los sistemas PLM la situación es prácticamente inversa, al existir pocas compañías dedicadas a la implantación de este tipo de soluciones y que además hacen poco marketing de las mismas.
- Desde finales de la década de los 2000 hasta la fecha, el efecto de la crisis en este tipo de proyectos ha sido muy alto, de forma que gran parte de empresas han cancelado o retrasado la ejecución de los proyectos que pudieran tener en cartera o en fases iniciales.

#### 4. Conclusiones preliminares

Las principales conclusiones de carácter preliminar (a falta de obtener más información de empresas) que se pueden obtener del análisis realizado respecto a los sistemas PLM y su nivel de implantación en España son las siguientes:

- El nivel de utilización de los denominados sistemas PLM en el ámbito industrial Español es muy bajo. Salvo en los sectores aeronáutico, del automóvil y del transporte ferroviario donde hay un número medio de empresas que utilizan los sistemas PLM en el resto de sectores la utilización de los sistemas PLM es prácticamente nula.
- El nivel de conocimiento por parte de las Direcciones Técnicas de las empresas (salvo en las que pertenecen a los sectores que si utilizan estos sistemas) de las ventajas competitivas que les puede aportar la utilización de sistemas PLM (y de los procesos asociados) es relativamente bajo. Ello dificulta muchas veces la implantación de estos sistemas porque, no se realiza una correcta definición de requerimientos por parte de las empresas, y además los implantadores (no todos obviamente) tampoco son capaces de ayudarles a realizar esta definición de forma correcta.
- Las Direcciones Generales de las empresas medias y pequeñas no entienden el carácter estratégico de mejorar sus procesos de diseño y desarrollo de producto, y en consecuencia de valorar la utilidad





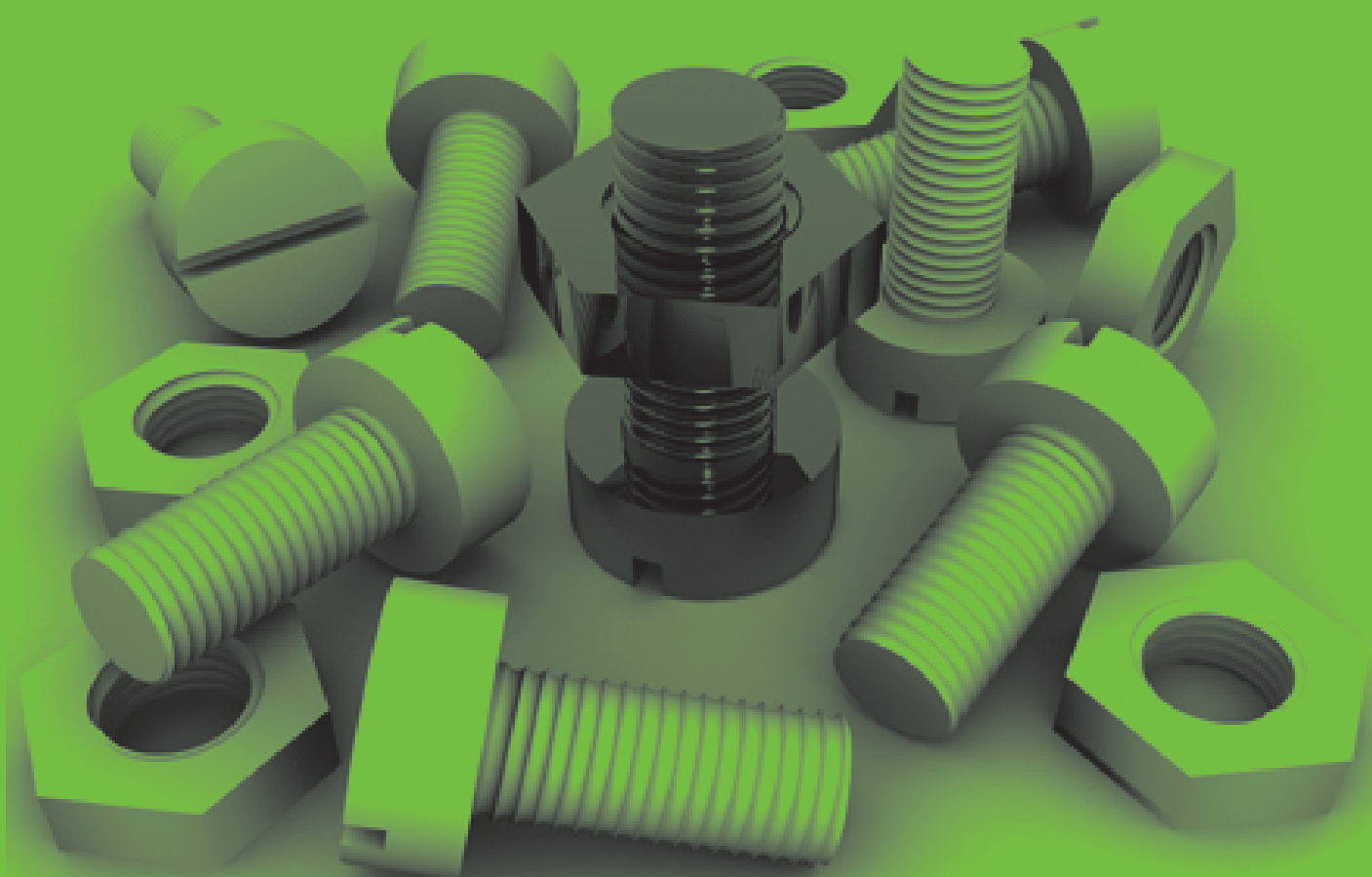
de los sistemas PLM como palanca para su mejora competitiva. Sin el apoyo de la Dirección General la implantación de este tipo de sistemas y procesos en muchos casos está abocada al fracaso.

- El nivel de formación y preparación de una parte importante de los canales de distribución de los sistemas PLM es bajo, lo que se ha convertido en una barrera para la venta e implantación de este tipo de sistemas. Debe de tenerse en cuenta que dada las características de estos sistemas la venta debe dirigirse a las Direcciones Generales de las compañías que deben ver las ventajas competitivas que obtendrán si mejoran sus procesos de gestión del ciclo de vida de producto.
- La carencia de recursos formados tanto desde el punto de vista funcional de los sistemas como desde el punto de vista de negocio de los procesos que deben soportar, también se ha convertido en una barrera para la venta e implantación de estos sistemas. Debe tenerse en cuenta que los procesos que serán objeto de implantación con estos sistemas son complejos, además involucran a gran cantidad de áreas de la compañía y en muchos casos a proveedores y clientes. Por tanto, para asegurar el éxito cuando se abordan proyectos de este tipo, es condición necesaria pero no suficiente contar con recursos preparados, que en muchos casos las empresas implantadoras no tienen.



# 5

CASOS DE ÉXITO





## 1. Introducción

A continuación se van a presentar los casos de dos empresas españolas que en su momento consideraron que el diseño y desarrollo de nuevos productos era un factor fundamental en su planteamiento estratégico para incrementar su capacidad competitiva y para lo cual la aplicación de los sistemas PLM fue imprescindible.

## 2. Construcción y Auxiliar de Ferrocarriles (CAF)

### 2.1. Historia

Construcción y Auxiliar de Ferrocarriles más conocida por la contracción de su nombre CAF se funda en Beasain en 1917 con el nombre Compañía Auxiliar de Ferrocarriles. En 1971 adopta su nombre actual tras fusionarse con la empresa de Zaragoza Material Móvil y Construcciones.

Desde su fundación CAF se dedica al diseño, desarrollo, fabricación y mantenimiento de todo tipo de material móvil y componentes para los ferrocarriles y los servicios metropolitanos (metro) de todo el mundo. Su gama actual de productos contempla los siguientes tipos de material:

#### Locomotoras



Fuente: Página Web de CAF

#### Trenes de alta velocidad



Fuente: [almadeherrero.blogspot.com](http://almadeherrero.blogspot.com)

#### Trenes regionales



Fuente: Página Web de CAF

#### Trenes de cercanías



Fuente: [izaro.com](http://izaro.com)



### Unidades articuladas



Fuente: Página Web de CAF

### Metros



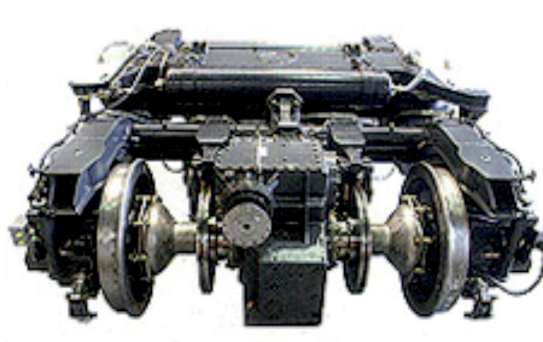
Fuente: Página Web de CAF

### Tranvías y metros ligeros



Fuente: Eurailpress.de

### Equipamientos



Fuente: Página Web de CAF

### Componentes



Fuente: Página Web de CAF



Fuente: Página Web de CAF



Cuenta con 8 factorías principales de producción la mayoría de ellas ubicadas en España pero también cuenta con dos factorías fuera de España:

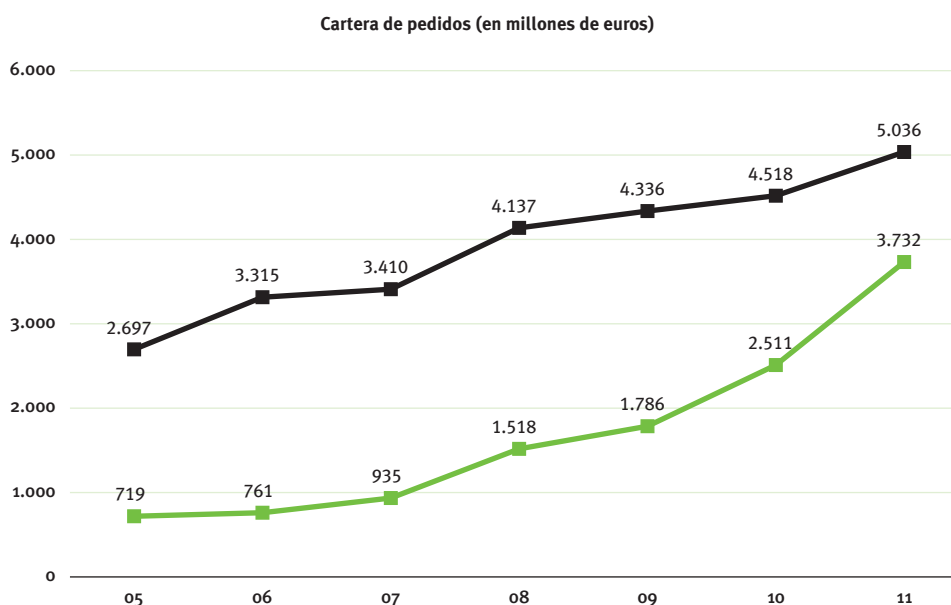
- Beasain
- Zaragoza
- Irún
- Linares
- Castejón
- Lérida
- Elmira (EEUU)
- Suresnes (Francia)

Además cuenta con plantas de montaje y mantenimiento en distintos países del mundo:

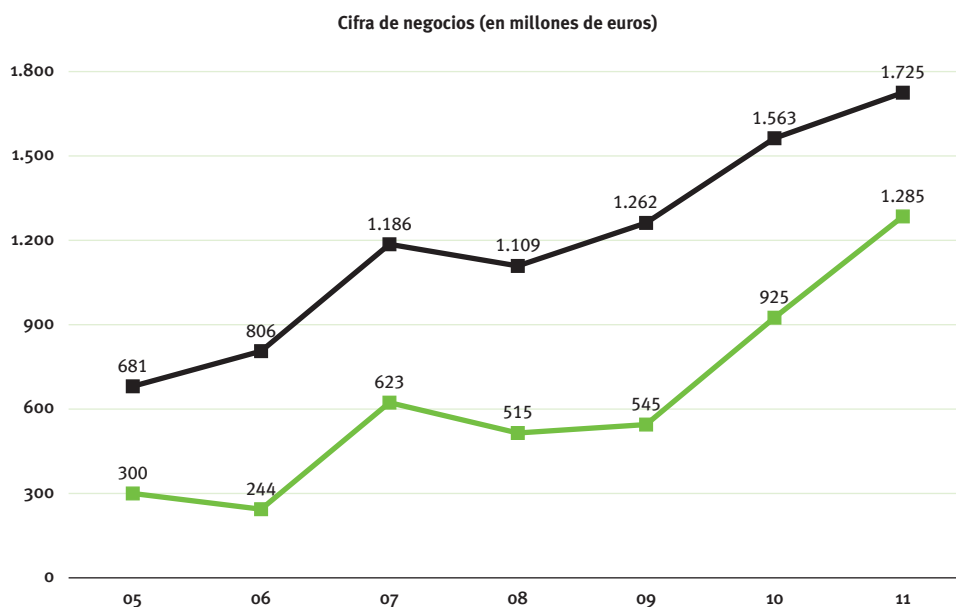
- Sacramento, California (EEUU)
- México, DF (México)
- Sao Paulo (Brasil)
- Buenos Aires (Argentina)
- Santiago de Chile (Chile)
- Lisboa (Portugal)

CAF cuenta también con todo un conjunto de filiales (la mayoría de ellas con participación mayoritaria) de servicios tecnológicos que participan en el desarrollo de gran parte los sistemas involucrados en el ferrocarril (sistemas de tracción y su control, señalización, sistemas de mantenimiento, etc.).

La actividad comercial desarrollada por la empresa ha permitido como lo reflejan los siguientes cuadros un crecimiento continuo tanto de la cartera de pedidos como de la cifra de negocios:



Fuente: Memoria Pública 2011 de CAF



Fuente: Memoria Pública 2011 de CAF

Esta evolución de las actividades comerciales ha permitido que en la actualidad CAF sea el 5º fabricante del mundo de material ferroviario.

Durante el año 2011 CAF ha fabricado más de 1000 coches, 2000 bogíes y más de 70.000 componentes para unidades de rodaje tal y como refleja el siguiente cuadro:

#### Nº DE COCHES

Alta velocidad AVGL para RENFE	16
Media distancia Diésel para RENFE	12
Media distancia para NIR (Irlanda del Norte)	27
Locomotora para Arabia Saudita	6
Composición Remolques Arabia Saudita	25
Cercanías Euskotren	40
Cercanías para Sao Paulo	64
Cercanías PPP-5000 para Sao Paulo	104
Cercanías para Izmir (Turquía)	3
Cercanías de Mallorca	20
Cercanías para la Compañía Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM)	96
Cercanías CIVIA IV para RENFE	45
Metro de Madrid Lote 3	20
Metro de Madrid Lote 1	66
Metro de Madrid Lote 2	12
Metro de Caracas	133
Metro de Bruselas	30

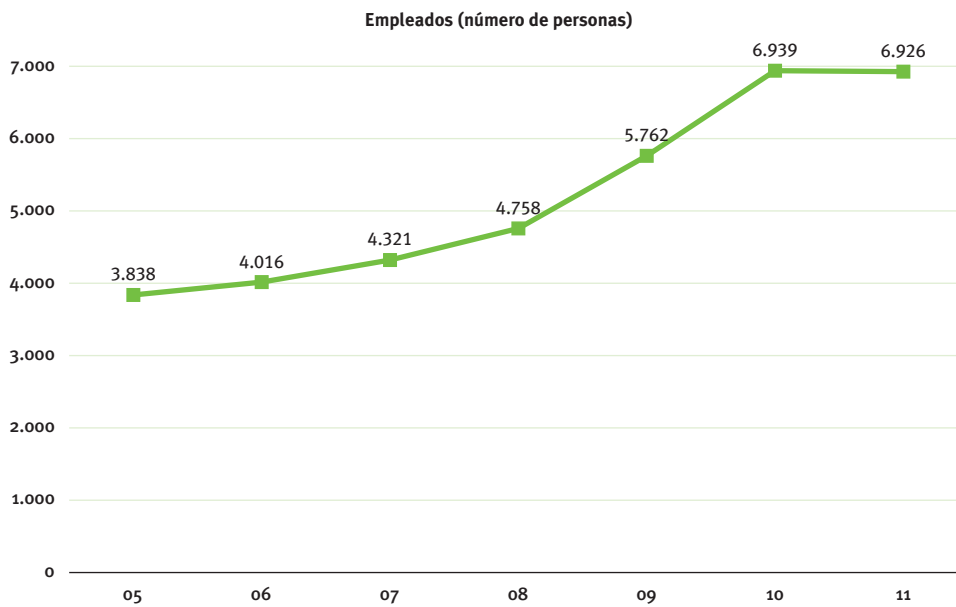


<b>Nº DE COCHES</b>	<b>(continuación)</b>
Metro de Estambul	84
Metro de Medellín (Colombia)	36
Metro de México Línea 12	49
Tranvía para Edimburgo	49
Tranvía para Zaragoza	40
Tranvía para Málaga	35
Tranvía para Belgrado	50
Tranvía para Sevilla	20
Tranvía para Granada	5
(Bicabina) para FEVE	2
Unidad bi-coche para FEVE	6
<b>TOTAL</b>	<b>1.095</b>
<b>BOGIES</b>	
Con bastidor de acero soldado	1.977
Con bastidor de acero fundido	48
<b>UNIDADES DE RODAJES</b>	
Ejes montados convencionales (Motor + Remolque)	4.735
Cuerpos de eje sueltos	7.795
Ruedas	59.950
Enganches	1.921
Reductoros	677
Bandajes	635

Fuente: Memoria Pública 2011 de CAF

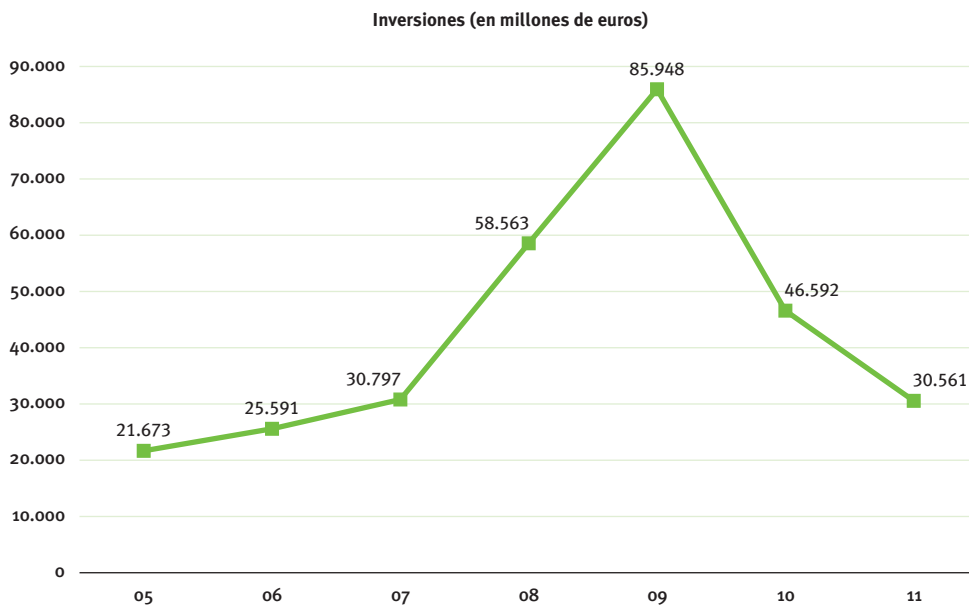
La plantilla durante los últimos años ha crecido de forma sostenida aunque se ha estabilizado a partir del año 2010 tal y como se refleja en el siguiente gráfico:





Fuente: Memoria Pública 2011 de CAF

Por último el siguiente cuadro refleja la evolución de las inversiones en instalaciones y tecnología realizadas por la compañía. La punta existente en el 2009 es debida a la construcción de las nuevas instalaciones para la fabricación y ensamblaje de sistemas de rodadura.



Fuente: Memoria Pública 2011 de CAF



## 2.2. Antecedentes

A finales de la década de los años 80 CAF acomete un profundo proceso de reorganización y modernización con el objeto de evitar que se vuelvan a repetir situaciones como las vividas en esos años (1982-1986), como consecuencia de la caída de pedidos en el mercado nacional (cancelación del plan general de ferrocarriles español) y la escasa presencia en los mercados de exportación. Uno de los pilares básicos del plan de modernización era:

- Potenciar e incrementar su capacidad de diseño y desarrollo para conseguir disponer de una gama completa de producto con tecnología propia (hasta la fecha gran parte del material fabricado por CAF no era tecnología propia) en el menor plazo de tiempo posible.

La consecución de este objetivo se consideraba un elemento fundamental para que CAF pudiera:

- Mejorar de forma sustancial su posicionamiento en los mercados internacionales tanto en países desarrollados como en países emergentes.
- Posicionarse en el mercado nacional para poder competir en los futuros contratos que se realizarían para modernizar la red de ferrocarriles españoles (cercanías, regionales, alta velocidad) y la red de metropolitanos de distintas ciudades españolas (Madrid, Barcelona, etc.).

Para poder alcanzar este objetivo, lo que hoy denominamos sistemas PLM han jugado un papel vital, que ha permitido que en la actualidad CAF sea un referente en el sector, al disponer de una amplia gama de producto totalmente propia y una capacidad de desarrollo que le permite abordar de forma simultánea múltiples proyectos con plazos de desarrollo muy competitivos.

Para entender los pasos que CAF ha realizado en el ámbito del desarrollo de producto, y que luego describiremos, se deberá tener en cuenta que **los procesos para el diseño y desarrollo de un tren** deben dar respuesta a problemáticas muy complejas como:

- **Producto muy complejo** donde se deben integrar múltiples sistemas y tecnologías con gran número de puntos de interferencia entre ellas. Además normalmente no es factible realizar prototipos (el prototipo es el primer tipo de coche a fabricar) que permitan verificar con anticipación los diseños realizados.
- **La necesidad de tener que coordinar e integrar en los proyectos de desarrollo a múltiples equipos humanos de carácter multidisciplinar**, tanto propios como externos. Además las cargas de trabajo de los proyectos de desarrollo de un tren son muy elevadas.
- **Las dificultades para estandarizar el producto** lo que da lugar a que gran parte de los sistemas y tecnologías a utilizar deban diseñarse o adaptarse en cada proyecto.
- **La reducción de los plazos de entrega globales de los proyectos** lo que convierte a las áreas de desarrollo en potenciales cuellos de botella de los proyectos.
- **Normas y homologaciones específicas por país y/o proyecto.**



## 2.3. Evolución y principales hitos

El camino que ha recorrido CAF desde los años 80 hasta hoy día y que le ha permitido conseguir alcanzar los objetivos planteados ha tenido unos hitos concretos que respondían a las problemáticas anteriormente descritas:

### La maqueta digital

El primer hito que encontramos en el camino que vamos a describir es **la maqueta digital** que hoy en día sigue jugando un papel fundamental en el proceso de desarrollo de producto utilizado por CAF.

El problema que se quería abordar en ese momento, derivado de la gran complejidad de un tren como consecuencia del número de sistemas y tecnologías que integra, eran el elevado número de modificaciones que se producían cuando se realizaba el primer montaje de los componentes diseñados, ya que, el diseño en 2D (en aquellos momentos prácticamente todo el diseño se realizaba con sistemas 2D) no permitía validar de forma sencilla las interferencias entre componentes y sistemas de forma previa a su montaje físico. El volumen de horas de reproceso generadas por esta problemática era elevado y debían reducirse para disminuir tanto plazos como costes del proceso de desarrollo e industrialización.

Por ello en la segunda parte de la década de los 80 se decide realizar un proceso de selección de un sistema CAD 3D como base para la creación de maquetas digitales que permitiesen validar las interfaces entre sistemas de forma previa a su montaje físico. Inicialmente y por restricciones tecnológicas, que obligaban a trabajar solo con partes del coche, este objetivo solo se pudo conseguir de forma parcial, porque los sistemas CAD 3D (todos los existentes en el mercado en aquellas fechas) y las plataformas hardware utilizadas no eran capaces de manejar de forma simultánea los volúmenes de información necesarios para obtener la maqueta digital de un coche completo. Además todavía no existían aplicaciones específicas para el diseño de tuberías muy necesarias para facilitar el análisis de interfaces en un tipo de producto como los coches y locomotoras de ferrocarril.

En cualquier caso todo el trabajo realizado y la generación de maquetas digitales parciales permitió:

- Disminuir las horas imputadas por errores en los planos de montaje
- Disminuir el número de planos a generar

En la actualidad todos los productos diseñados y desarrollados por CAF disponen de sus correspondientes maquetas digitales, habiéndose llegado a disponer de maquetas de tamaño real (desarrollada en colaboración con la universidad de Zaragoza) para validar el interiorismo de los productos desarrollados.

### El árbol de producto

El siguiente hito que encontramos en el camino es el **árbol de producto** y que al igual que la maqueta digital también sigue jugando un papel fundamental en los procesos de desarrollo de producto de CAF.

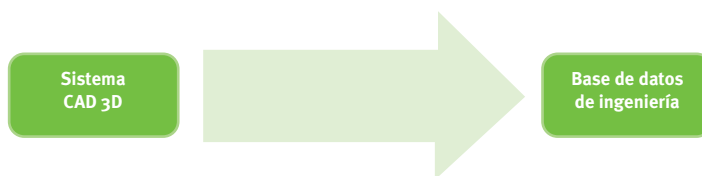


En este caso el problema al que se quería dar respuesta era la estandarización de los procesos de desarrollo, dado el elevado número de recursos tanto internos como externos que participan en dicho proceso.

Para ello en el año 1992 se empiezan a dar los primeros pasos para el desarrollo de una base de datos de ingeniería que se consideraba el elemento imprescindible para estandarizar los procesos de diseño y desarrollo de producto. Durante el desarrollo, inicialmente a medida de esta base de datos de ingeniería, y las pruebas realizadas para determinar cómo debía realizarse su integración con el diseño gráfico que se estaba desarrollando en el CAD 3D, se llega a la conclusión de que es necesario modificar la operativa del proceso de diseño que inicialmente se pensaba utilizar por otro modo de trabajar:

### Operativa inicial

La operativa que inicialmente se estaba utilizando implicaba empezar a trabajar modelando los componentes, piezas y ensamblajes del producto en 3D para después generar las estructuras de diseño (podrían considerarse arboles de producto) asociadas a los modelos 3D y que son las que quedarían almacenadas en la base de datos de ingeniería.



### Nueva operativa

La nueva operativa consistía en trabajar de forma prácticamente inversa, es decir, partir de **árboles de producto predefinidos en la base de datos de ingeniería** donde se identifican todos los componentes, piezas y ensamblajes del producto (coche, bogie, etc.) antes de ser dibujados en 3D. Cuando hay que realizar el diseño de un coche se parte del árbol de producto de ese tipo de coche y se particulariza de forma que se pueda determinar que componentes y piezas pueden ser reutilizados y cuáles deben ser diseñados y modelados en 3D. Esta nueva metodología de trabajo permitía estandarizar los procesos de desarrollo, ya que, todos los equipos de trabajo utilizaban un mismo modelo de producto (árbol de producto) para diseñar, independientemente de que los componentes, piezas y ensamblajes que la componían no hubieran sido modelados todavía en 3D.



Los años 1995 a 1997 se emplean en la realización de un piloto para probar el funcionamiento de esta metodología de trabajo utilizando como producto a diseñar y desarrollar un bogie.



Este método de trabajo que integra una base de datos con los sistemas CAD 3D es en realidad el origen de los sistemas que hoy denominamos PDM (**Product Data Management**) y por tanto una vez comprobada la validez de la metodología propuesta, CAF decide realizar la selección del software PDM de mercado a utilizar, porque es en ese momento, cuando están apareciendo las primeras aplicaciones de ese tipo. En principio se adopta como sistema PDM (aunque en realidad solo era un gestor de datos de ingeniería) la aplicación desarrollada por el suministrador del CAD 3D utilizado por CAF (CATIA) para la gestión de datos del software 3D (**Catia Data Management**). Durante los años 1998 y 1999 se realizan desarrollos a medida sobre el CDM para dotarlo de aquellas funcionalidades **tipo PDM** de las que no disponía.

En el año 2000 se adquiere la primera versión del sistema PDM que se utiliza en la actualidad (ENOVIA) y se realiza la migración a dicho sistema de todas las aplicaciones estándar y desarrolladas a medida que se estaban utilizando hasta ese momento.

En la actualidad los sistemas PDM y su integración con los sistemas de diseño 3D son la base fundamental de los procesos de desarrollo de CAF que sigue manteniendo como metodología de trabajo la utilización de los **árboles de producto** que están definidos en el PDM (base de datos de ingeniería).

### **La gestión colaborativa y la ampliación de funcionalidades**

Lo que podríamos considerar el último hito que encontramos en el camino es la **gestión colaborativa y la ampliación funcional de los sistemas que ya estaban implantados** y que representan la situación actual de los procesos de diseño y desarrollo de producto de CAF.

Una vez definida la metodología idónea para los procesos de desarrollo de producto y disponer de los sistemas adecuados para su gestión, CAF necesitaba poder incrementar de forma sustancial su capacidad de desarrollo y ello implicaba la necesidad de integrar en sus procesos de desarrollo a recursos externos y por tanto poder utilizar de forma exhaustiva la gestión colaborativa además de incrementar las capacidades de los sistemas que se estaban utilizando en esos momentos (año 2000).

Por ello a partir del año 2000 se trabaja en la ampliación funcional de los sistemas implantados hasta la fecha, conforme los desarrolladores de dichos sistemas, van lanzando al mercado nuevas versiones. Todo el trabajo realizado desde el año 2000 hasta la fecha se puede resumir en que en la actualidad CAF pueda:

- Disponer de sistemas CAD 3D capaces de manejar maquetas digitales de coches completos gracias a la evolución de los sistemas y al incremento de las capacidades de proceso de las plataformas hardware utilizadas.
- Disponer de todos los tipos de CAD 3D necesarios para el diseño de un coche. Es decir CAD mecánico, eléctrico, de tuberías, y que son necesarios para diseñar las maquetas digitales.
- Disponer de bibliotecas de productos comerciales con sus modelos 3D. La utilización de estas bibliotecas facilita la reutilización de componentes al disponer de facilidades para realizar búsquedas y disminuye las cargas de trabajo (ya están hechos los modelos 3D).



- Disponer de forma integrada con los sistemas CAD 3D de sistemas CAM para la programación de las máquinas de control numérico involucradas en los procesos productivos, así como disponer de otras funcionalidades necesarias para optimizar la fabricación de piezas y utillajes.
- Disponer de forma integrada con los sistemas CAD 3D de sistemas CAE para la realización de análisis y simulaciones del comportamiento de las piezas y subconjuntos diseñados a distintos factores.
- Disponer de un entorno único de desarrollo que permite trabajar bajo metodologías de desarrollo colaborativo tanto a los equipos internos como a los equipos externos involucrados en la ejecución de los proyectos de desarrollo.
- Disponer de una infraestructura tecnológica (redes y comunicaciones) que permite que se pueda trabajar sobre un único entorno de desarrollo sin que la ubicación física sea un condicionante.
- Disponer de toda la información de producto en una única base de datos incluyendo no solo los datos de ingeniería sino toda aquella información relevante para su desarrollo, industrialización y posterior mantenimiento (especificaciones técnicas, cálculos, requisitos, documentos, etc.). Ello permite garantizar que la información siempre estará actualizada en sus últimas versiones.
- Disponer de un control de la configuración de producto que garantiza que en la base de datos de ingeniería se dispone de la última versión de producto incluyendo los cambios realizados en los ciclos de mantenimiento (siempre que sean responsabilidad de CAF).
- Disponer de herramientas mediante las cuales se han automatizado los procesos de desarrollo de producto (**Business Process Management**) lo que ha permitido reducir plazos de desarrollo y mejorar sustancialmente la gestión de cambios de ingeniería.
- Disponer de herramientas de visualización de producto ligeras (visores) que han facilitado la eliminación de papel y disponer de información actualizada del producto prácticamente en tiempo real.

Ahora podemos concluir que el camino que acabamos de describir ha permitido que CAF haya dado respuesta a los retos que se plantearon en esa área hace dos décadas y que podemos resumir en:

- **Haber conseguido incrementar la capacidad de desarrollo de nuevos proyectos y tecnologías de forma flexible** al poder utilizar metodologías de trabajo de ingeniería colaborativa y simultánea que han permitido la integración tanto de equipos propios como de equipos de terceros.
- **Haber reducido los plazos y costes de desarrollo** mejorando sustancialmente su posición competitiva frente a otras compañías del sector.

## 2.4. *Siguientes pasos*

Pero este camino, como es lógico, no ha llegado a su punto final y en la actualidad se sigue trabajando en la implantación de nuevas funcionalidades que deben dar respuesta a requerimientos que todavía se considera que no están adecuadamente cubiertos o a requerimientos derivados de la evolución de los mercados o a requerimientos derivados de los nuevos enfoques que se están analizando para mejorar todavía más las capacidades en el diseño y desarrollo de nuevos productos. Entre otros podemos destacar la necesidad de desarrollar o implantar nuevas funcionalidades para:



- **La gestión de requisitos** que debido a la complejidad creciente de los procesos de homologación de producto, debido de una parte a la complejidad cada vez mayor del producto y de otra parte a que cada país tiene normativas distintas, está produciendo incrementos importantes en los plazos y costes de desarrollo.
- **El control de la evolución de la configuración de producto** que permita no solo asegurar que estamos utilizando la última versión de un producto, si no poder trazar cuáles han sido los cambios que se han producido desde su diseño, bien por modificaciones del diseño, bien por modificaciones realizadas durante la fabricación o mantenimiento del producto.
- **La modularización de producto** para poder dar respuesta a un mercado que demanda productos con mayor nivel de personalización en plazos cada más cortos y con costes cada vez más ajustados.

Aunque en la actualidad CAF cuenta con procesos y sistemas para el diseño y desarrollo de producto que se pueden considerar un referente en el entorno industrial español, continúa con su mejora y ampliación, como se ha descrito con anterioridad, para dar respuesta a los nuevos retos que presenta el sector donde desarrolla su actividad.

## 2.5. Conclusiones

De las opiniones recogidas durante las conversaciones mantenidas con los directivos de CAF se puede afirmar, que no hubiera sido posible alcanzar las metas que se había planteado la compañía en el ámbito del diseño y desarrollo de producto, sin la utilización de los sistemas que se han descrito a lo largo de este apartado.

De dichas conversaciones también se han podido extraer las siguientes conclusiones que explican su éxito en la consecución de los objetivos estratégicos para el diseño y desarrollo de producto que se marcaron hace dos décadas:

- **El apoyo de la Dirección General** a las propuestas realizadas en aquel momento por la Dirección de Ingeniería para acometer el proceso que ha permitido que CAF sea hoy día un referente en la utilización de sistemas PLM.
- **Ser visionarios** al definir y utilizar procesos y metodologías de trabajo sin esperar a que los sistemas necesarios para su gestión estuvieran desarrollados a nivel comercial. De hecho en más de una ocasión fue necesario desarrollar a medida funcionalidades que posteriormente fueron incorporadas a las aplicaciones comerciales.
- **Considerar un objetivo estratégico de la compañía** la potenciación de las actividades de diseño y desarrollo de producto para conseguir desarrollar una gama de producto con tecnología propia que diese respuesta a la demanda del sector ferroviario y metropolitano.
- **Dedicar los recursos humanos y materiales necesarios** para realizar los distintos proyectos que han permitido disponer en la actualidad de los sistemas PLM descritos. En este punto se consideró fundamental, además de contar con las inversiones económicas necesarias (software, hardware, etc.), disponer de los recursos humanos necesarios para la ejecución de los distintos proyectos.

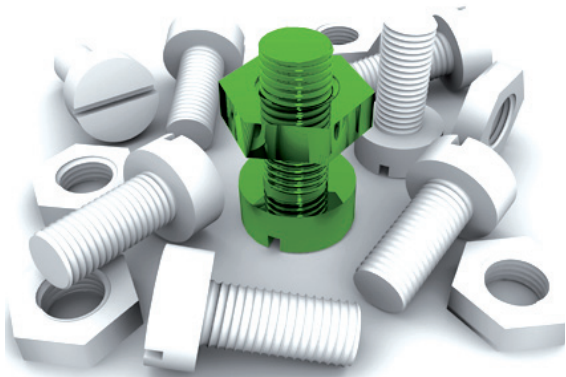


- **La formación como factor fundamental para la gestión del cambio**, demostrando que con los nuevos procesos y sistemas se facilitaba el trabajo y la consecución de resultados.
- **La innovación en el diseño de producto** enfocada en la aplicación de técnicas de modularización que permitan reducir tanto los plazos de desarrollo como los costes de producto.





# las tecnologías de la información en el diseño de producto



www.eoi.es



## EOI MADRID

Avda. Gregorio del Amo, 6  
Ciudad Universitaria  
28040 Madrid  
informacion@eoi.es

## EOI ANDALUCÍA

Leonardo da Vinci, 12  
Isla de la Cartuja  
41092 Sevilla  
infoandalucia@eoi.es

## EOI MEDITERRÁNEO

Presidente Lázaro Cárdenas del Río,  
esquina C/Cauce  
Polígono El Carrús  
03206 Elche (Alicante)  
Tel: (+34) 96 665 81 55

con la cofinanciación de



"El FSE invierte en tu futuro"