

Propuesta metodológica para el desarrollo de nuevos productos

Ricardo Galán de Vega, Jesús Racero Moreno, José Manuel García Sánchez

Escuela Superior de Ingenieros. Universidad de Sevilla. Camino de los Descubrimientos, s/n. 41092 Sevilla.
rdevega@us.es, jrm@esi.us.es, jmgs@esi.us.es

Resumen

La actual situación globalizada de los mercados ha incrementado el nivel de competencia empresarial. Es necesario que las empresas sean capaces de evolucionar a medida que lo hace el mercado, desarrollando productos de forma rápida, con calidad, a bajo coste y totalmente orientados al cliente. Para ello se requiere la consideración de todos los factores que influyen durante el ciclo de vida del producto en la fase de diseño, donde la Ingeniería Concurrente (IC) es considerada como una estrategia clave.

Este artículo define un Sistema Integrado de Diseño y Fabricación orientado a PYMEs. Este Sistema presenta características específicas como la integración de la toma de decisiones en la fase de desarrollo de producto por medio de técnicas de Ingeniería Concurrente. El modelado y representación de la información sobre el ciclo de vida del producto se realizará con los estándares STEP y XML. La nueva forma de trabajo colaborativa, geográficamente distribuida, es posible con el uso de las tecnologías basadas en Internet.*

Palabras clave: Ingeniería Concurrente, Empresa Extendida, Gestión del Ciclo de Vida del producto.

1. Introducción

El proceso tradicional de desarrollo de productos considera al diseño y a la fabricación como fases distintas y secuenciales. El diseño es el primer paso en la fabricación, es una actividad que comienza con bocetos de piezas y de montajes que formarán el producto final, y que posteriormente se detalla mediante una herramienta CAD. En esta fase los productos se diseñan según los requerimientos de los clientes. Luego estos diseños pasan a la fase de fabricación y montaje donde, después de pasar los controles pertinentes, se terminan. Generalmente es en esta fase donde surgen problemas como la dificultad de fabricación de ciertas piezas, altos costes de fabricación, baja calidad de los productos, etc. De esto se derivan peticiones de cambios de diseño que hacen que el proceso comience de nuevo. Como consecuencia de esto se producen desperdicios de materiales y tiempo, que conducen a un incremento del coste final del producto.

Este enfoque, en el que cada fase comienza cuando concluye la anterior, origina continuos cambios de diseño, y como consecuencias retrasa el lanzamiento de nuevos productos, hay menos eficiencia en los sistemas productivos y, en general, menor cuota de mercado. Esto se debe a que durante la fase de diseño no se han tenido en cuenta las necesidades de

* Este trabajo se deriva de la participación de sus autores en un proyecto de investigación financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología con referencia DPI-2002-01095, titulado "Sistema Integrado de Diseño y Fabricación para PYMEs".

fabricación, montaje y evaluación (control) y para solucionarlo se realiza una petición al departamento de diseño para que incluya estas consideraciones en el diseño. La Figura 1 muestra, desde un punto de vista global, el proceso de desarrollo de producto más extendido en las PYMES industriales.

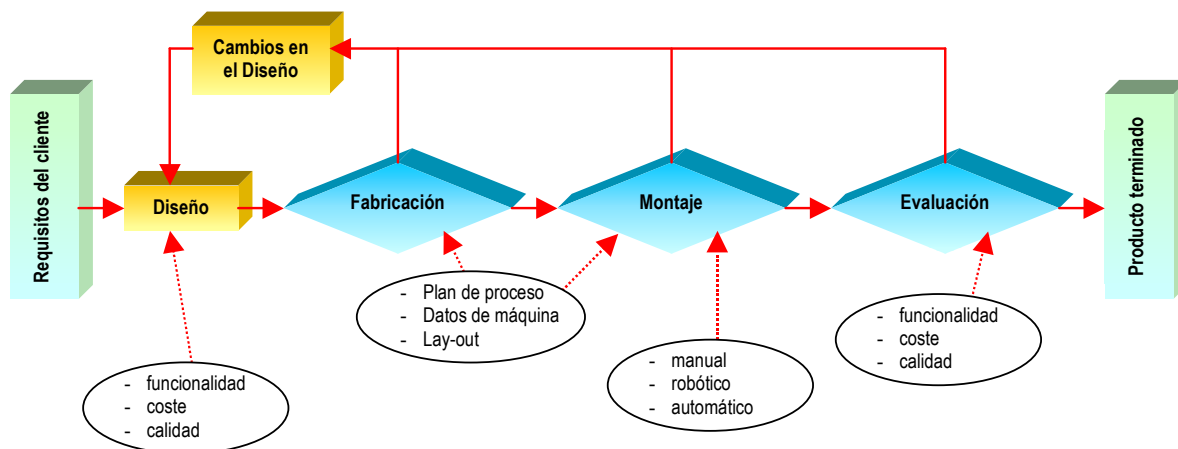


Figura 1. Actual situación del Proceso de Desarrollo de Productos

Por tanto, se necesitan procesos que permitan que los nuevos diseños puedan ser realizados “bien y a la primera”. Además, las organizaciones deben evolucionar a la vez que lo hace el mercado. El mercado globalizado actual requiere una estructura organizacional globalizada o distribuida. Este aspecto es fundamental para la supervivencia empresarial y para la introducción de la empresa en nuevos mercados.

2. Teorías y trabajos existentes

Actualmente, las empresas soportan una fuerte presión para diseñar y fabricar mejor, más rápido, más barato y, sobre todo, involucrando al cliente en el proceso. La Ingeniería Concurrente estudia todos estos factores (fabricación, fiabilidad, coste, calidad, reciclaje, etc.) de forma conjunta, como parte del ciclo de vida del producto y ha demostrado ser una estrategia válida para enfrentarse a esta situación.

Gross *et al.* (1987) exponen que las actividades asociadas con el diseño del producto se centran en la satisfacción de restricciones. Existen muchos trabajos relacionados con problemas asociados al diseño de productos sujeto a restricciones, como las, expuestas por Kusiak y He (1993) sobre secuenciación, las expuestas por Tatikonda (1994) sobre montaje, las de Guichelear (1993) sobre fabricación, las de Kroll *et al.* (1996) sobre desmontaje, las de Olsen (1992) sobre mantenimiento, las de Dowlatshahi (1999) sobre logística y las de Lee *et al.* (1993) sobre marketing. Venkatachalam *et al.* (1993) desarrollaron unas técnicas y herramientas que soportan estos problemas mediante sistemas expertos basados en reglas, Oh *et al.* (2002) desarrollaron otras basadas en redes de restricciones, las de Liang y O’Grady (2002) se basaron en metodologías orientadas a objetos, las de Dowlatshahi (1992) en técnicas de optimización y por último las de Zha (2000) se basaban en redes de Petri. Una completa y actualizada revisión de esta área de estudio puede verse en Kuo *et al.* (2001) donde se describen todos estos conceptos, aplicaciones y líneas futuras.

La Ingeniería Concurrente aporta muchos beneficios, Keys *et al.* (1992) dicen que aporta menores cambios en todo el proceso de diseño, según Shina (1991) la IC reduce los costes asociados al ciclo de vida del producto y según Zangwill (1992) acorta la duración del

desarrollo del producto. La aplicación de esta disciplina a los sistemas productivos la han justificado Creese y Moore (1990), Noble y Tanchoco (1990) y Oh y Park (1993) por la reducción efectiva de costes, aunque recientemente Dowlatshahi (2001) ha introducido nuevas medidas de la bondad de la IC, considerando no solo los costes, sino también otros factores relacionados con el ciclo de vida del producto.

Según Kusiak (1993), el desarrollo de un sistema de producción basado en los principios de IC requiere de una completa y sistemática integración de todas las fuentes de conocimiento asociadas al diseño, ingeniería y fabricación. Respecto a esto, en los últimos años se han desarrollado estándares de representación de la información capaces de interactuar con las herramientas computacionales más extendidas en la industria.

El estándar más conocido es el estándar para el intercambio de datos de productos STEP (ISO 10303). STEP es una familia de estándares que proporcionan métodos para el desarrollo de descripciones de datos de producto y métodos para el intercambio de datos e información, y además proporciona estándares para el intercambio de datos en distintas aplicaciones. Sin embargo, la especificación de productos basada en STEP no puede asegurar la integración debido a que las restricciones y relaciones entre las distintas aplicaciones no están definidas en STEP. Para solventar este inconveniente se requiere la implementación de XML, que permite el intercambio de datos entre distintas aplicaciones.

Aunque XML no fue definido de forma específica para el modelado de productos, es un lenguaje estructurado que ofrece un formato estándar para el intercambio de datos en Internet y es soportado por la mayoría de navegadores. Según Burkett (2001) la integración de STEP y XML combina una estricta metodología que satisface los requerimientos de información asociada al producto junto con una sintaxis legible para el intercambio de datos por medio de servicios web, y ofrece nuevos paradigmas para la integración e intercambio de datos de productos.

De forma paralela, la evolución de las tecnologías basadas en Internet en los últimos años y su factible aplicación en entornos industriales hace posible, según Huang y Mak (2001), un proceso de desarrollo de producto cooperativo, que permita a especialistas de diferentes departamentos de la empresa (diseño, producción, marketing, etc.) colaborar desde localizaciones geográficas distantes. Esto mejora la eficiencia y agilidad de la empresa, característica de vital importancia en los mercados globalizados.

3. Investigación desarrollada

El objetivo de esta investigación es el desarrollo de un sistema integrado de diseño y fabricación para PYMEs. El sistema incorpora las restricciones de fabricación en el proceso de diseño del producto. De igual forma, el sistema traslada especificaciones de diseño en información, permitiendo la evaluación de alternativas de diseño basadas en factores asociados al ciclo de vida del producto (fabricación, costes, etc.) Además, los procesos de toma de decisiones están apoyados por información y conocimientos relevantes, obtenidos a través de la explotación del sistema integrado basado en el conocimiento. Por último, las tecnologías basadas en Internet se utilizan para eliminar barreras de integración.

Este enfoque comienza con el modelado, representación y soporte de información. Los objetivos son, por una parte, el modelado y representación de la información involucrada en el

sistema integrado de diseño y fabricación y las relaciones entre ellas. De otra parte, el almacenamiento en bases de datos deben ser accesibles a lo largo de la aplicación.

Posteriormente, se incluyen las restricciones asociadas con el sistema de fabricación en el proceso de diseño del producto. El objetivo es el apoyo al diseñador en el proceso de toma de decisiones. El sistema traslada especificaciones de diseño en información y requerimientos del sistema de fabricación, permitiendo evaluar alternativas de diseño basadas en factores asociados al ciclo de vida del producto (fabricabilidad, costes, calidad, etc.) Además, los procesos de toma de decisiones están asistidos por información y conocimientos relevantes, obtenidos de la explotación del sistema integrado basado en el conocimiento. Sobre este punto, surgen dos caminos complementarios: la gestión del conocimiento del sistema de diseño y fabricación, y la evaluación de alternativas.

Por último, las distintas aplicaciones informáticas se integran (con sus interfaces de usuario) en Internet, para crear un entorno de trabajo cooperativo y distribuido. Estas características son básicas en el actual contexto globalizado. Para lograrlo, el sistema se implementa mediante la web, CORBA y SOAP. Por medio de la web, las aplicaciones pueden compartir datos sin esfuerzo adicional por parte del usuario. CORBA se utiliza para facilitar las comunicaciones entre aplicaciones no soportadas por la web. El módulo de usuario del sistema se desarrolla e implementa como un applet de Java en un navegador web. Igualmente, SOAP permite el envío de información entre aplicaciones a través de Internet mediante objetos XML. La última fase es la validación del sistema en un entorno real, su documentación completa y diseminación de resultados. La Figura 2 muestra el diagrama del sistema propuesto.

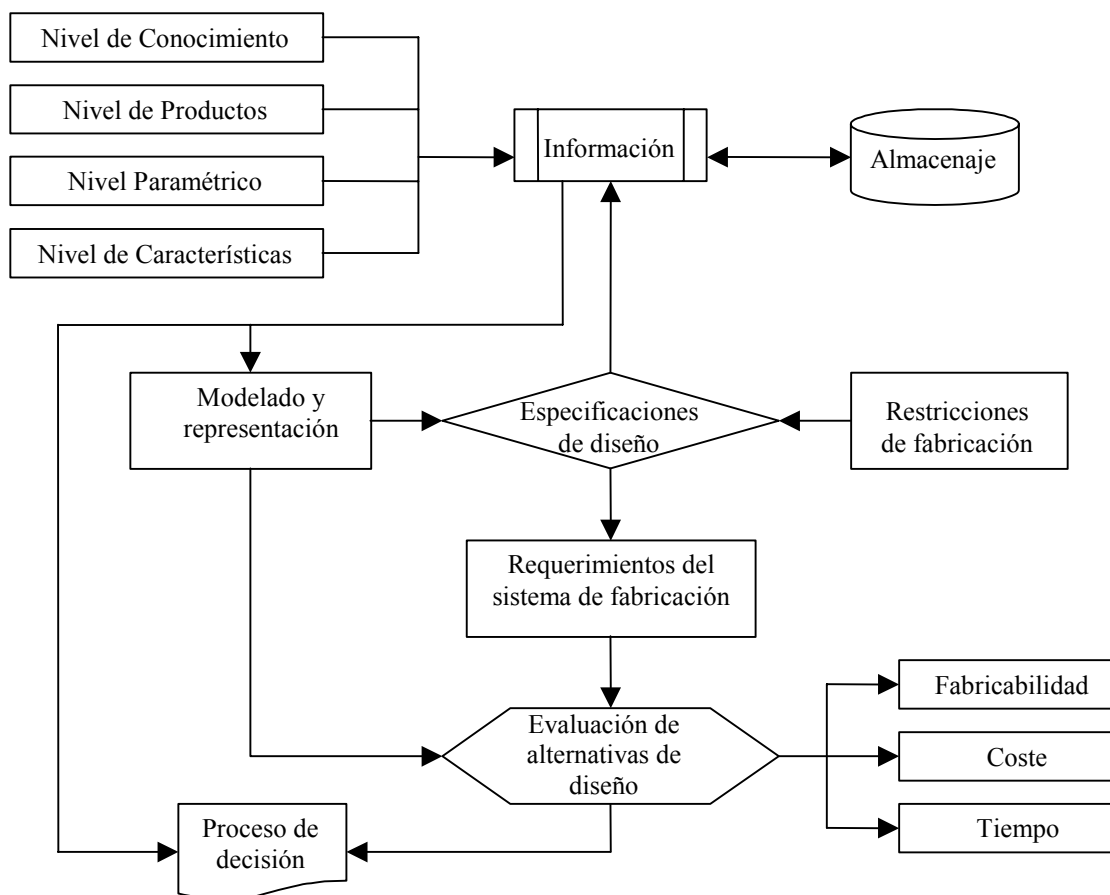


Figura 2. Diagrama del Sistema propuesto

El diseño comienza con un dibujo, basado en las funcionalidades que el producto tiene que poseer, en los costes que el cliente esté dispuesto a afrontar y en la calidad del producto. Después se aplican técnicas DFA (diseño orientado al montaje) para simplificar la estructura del producto, y una económica selección del proceso y de los materiales. El objetivo del DFA es una disminución de las piezas que forman un producto, lo que conduce a menores costes de montaje. La importancia del DFA radica en el hecho de que el montaje del producto consume gran parte de los recursos más importantes (tiempo y dinero). Esto se debe al incremento del coste de la mano de obra y a la personalización de los productos, ya que se ha pasado de producir grandes lotes de pocos productos a fabricar pocas cantidades de muchos productos, incrementando el coste de aprendizaje de la mano de obra. Otras ventajas de las herramientas DFA son la mejora de la comunicación entre los departamentos de diseño y fabricación, y el almacenamiento de las decisiones tomadas durante el proceso de diseño como futuras referencias. Posteriormente, una realimentación del sistema modifica el diseño original hasta obtener la estructura de producto más simple de acuerdo a los requerimientos.

Los análisis de fabricabilidad valoran si la secuencia de fabricación y montaje seleccionada y la selección de materiales y procesos son las más económicas y válidas con la capacidad de la fábrica. Las fases de su desarrollo son: generación de la secuencia de montaje, selección de material y proceso y estimación de costes.

La disponibilidad de información sobre costes en la fase de diseño es un requerimiento para una selección adecuada del proceso de fabricación. Si las expectativas de coste no se cumplen comienza un proceso iterativo que genera una nueva secuencia de montaje y/o una nueva selección del material o del proceso.

Si las estimaciones de coste se cumplen se puede decir que se ha conseguido el objetivo deseado. La siguiente fase trata sobre la minimización de los costes de fabricación de las piezas, para lo que se aplican las técnicas DFM (diseño orientado a la fabricación). DFM son un conjunto de reglas o directrices de fabricación incorporadas a la base de datos del sistema integrado. Son directrices de buenas prácticas de diseño recogidas de la experiencia en diseño y fabricación, que estimulan la creatividad y muestran el camino hacia un diseño correcto orientado a la fabricación.

Para finalizar, el sistema realiza un diseño de la distribución en planta, el diseño y especificación del equipamiento productivo requerido, planes de proceso, listas y dibujos de piezas, etc.

Además, el sistema permite la evaluación de diversas posibilidades de diseño y la elección de la más apropiada según parámetros críticos como costes totales o tiempo de desarrollo. Esto permite la obtención de información básica sobre la idoneidad del producto en la fase de diseño previa a la fabricación. La Figura 3 muestra el diseño de la secuencia de evaluación.

4. Resultados

La efectividad del sistema propuesto para mejorar el proceso de desarrollo del producto descansa en la integración de las actividades de diseño y fabricación en un único sistema, que considera actividades como la estimación de costes, la selección del proceso, el análisis de la fabricabilidad y la evaluación del diseño. Esta integración permitirá a los diseñadores

conseguir una reducción del lead-time, una mejor calidad de los productos y menor coste de desarrollo. Este nuevo enfoque puede verse en la Figura 4.

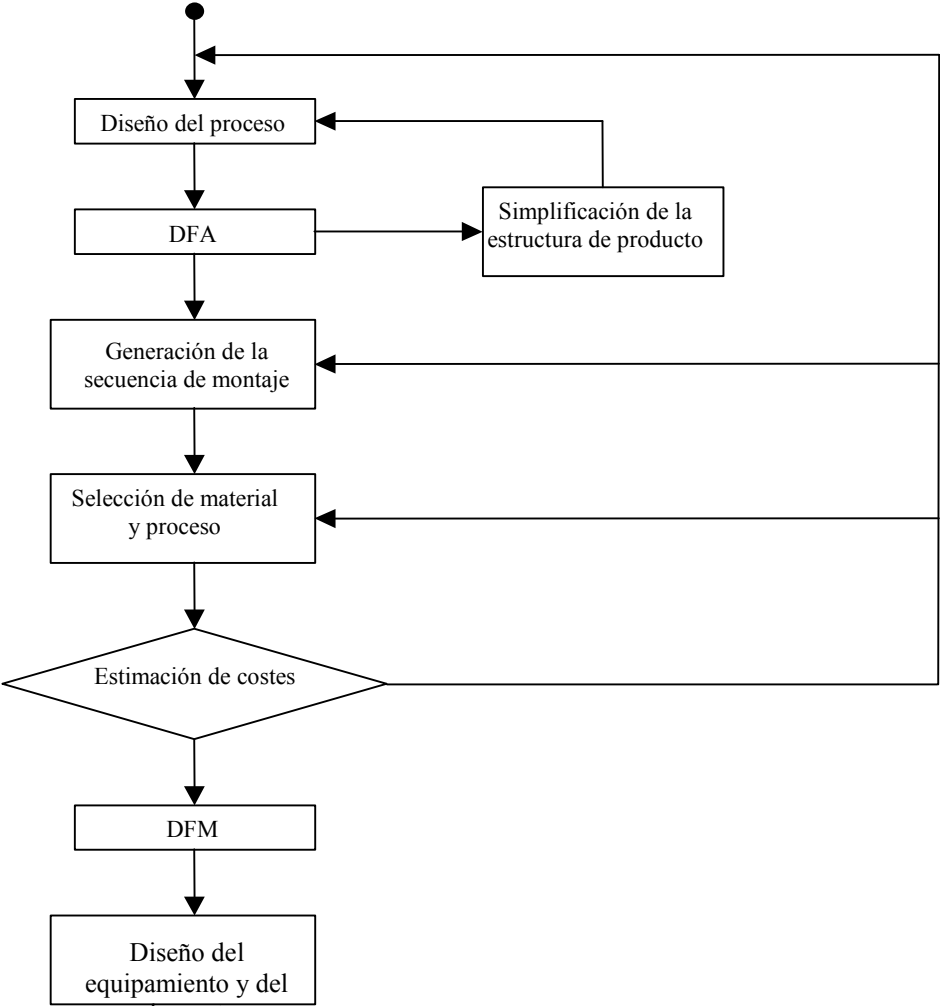


Figura 3. Evaluación del diseño

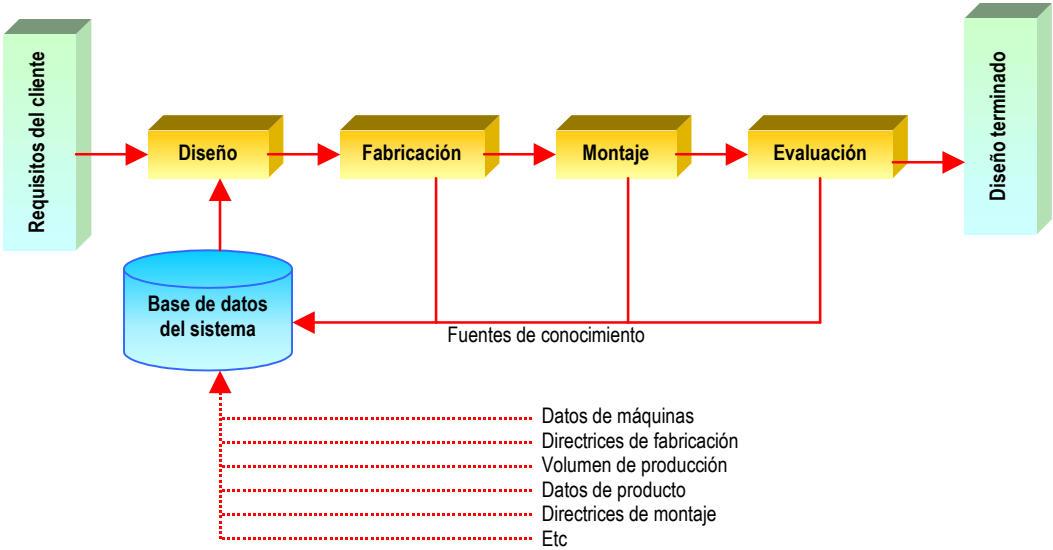


Figura 4. Proceso de desarrollo de producto propuesto

Este enfoque tiene las siguientes innovaciones respecto al enfoque tradicional:

Nuevas metodologías de diseño. El diseño, desde su concepción, se realiza teniendo en cuenta las características del sistema productivo presente en la organización. De esta forma se elimina la posibilidad de rediseño debido a que el original no pueda, sea difícil o caro fabricarse.

Análisis de la fabricabilidad. Enlazando con lo anterior, este análisis cuantifica el grado en el que el diseño puede ser fabricado con los recursos existentes en la organización, facilitando la toma de decisiones por parte del diseñador y permitiendo así una eficiencia en el uso de recursos.

Evaluación de las alternativas de diseño. El Sistema es capaz de proponer alternativas de diseño y realizar una evaluación de las mismas, seleccionando aquella que posea la mejor relación entre los requisitos de funcionalidad, coste y calidad.

Estimación de costes y tiempo de desarrollo durante el diseño. El Sistema es capaz de estimar los costes totales de desarrollo del producto y el tiempo total que se consume en su desarrollo. De esta forma la empresa puede conocer, en la fase de diseño, lo que va a costar fabricar un determinado producto y su tiempo de salida al mercado. Así se pueden fijar con precisión las fechas de entrega de los productos terminados o valorar si es necesario realizar la inversión que cierto producto requiere, todo ello previo a que comience su fabricación.

Integración del proceso productivo. La implantación del Sistema trae consigo la integración de todas las actividades que intervienen en el proceso de desarrollo del producto, lo cual involucra a los departamentos de diseño, fabricación, montaje, calidad, evaluación, marketing, ventas, etc. Las bases de datos del Sistema son fuentes del conocimiento generado en cada una de las fases por las que pasa el producto, información que es usada para posteriores diseños.

El sistema integrado propuesto permite a las empresas mejorar su competitividad, estimulando su desarrollo y promocionando la inclusión de nuevas tecnologías en sus procesos productivos. Otras importantes ventajas incorporadas al sistema son:

Reducción del tiempo de salida de productos al mercado. La consideración en la fase de diseño de todos los factores que tienen incidencia en la fase de fabricación, lleva a que las actividades de diseño conceptual (forma básica, tolerancias, etc.) consuman ahora más recursos (en términos de tiempo y coste) que antes. Sin embargo, el tiempo extra consumido por la fase de diseño debido a que tiene en cuenta las consideraciones de la fase de fabricación, se compensa con un menor tiempo en el diseño de detalle y en las fases de fabricación y de montaje, pues ahora no son necesarios los rediseños que hacían alargar el proceso.

Mejora en la calidad de los productos. El primer diseño que se realiza tiene siempre presente los requerimientos de los usuarios finales. En el enfoque actual, debido a las retroalimentaciones que se producen ya que las características del diseño no se corresponden con las de fabricación o montaje, el diseño se modifica para que pueda ser fabricado y montado según las capacidades de la fábrica. Cuando se realiza esta modificación, sólo se tienen en consideración las restricciones del sistema productivo, no las necesidades de los clientes, con lo cual el producto resultante puede ser de menor calidad si éste no satisface

algún requerimiento de los usuarios finales, ya que en esta fase éstos no se tienen en cuenta. El Sistema Integrado propuesto incluye en el diseño las necesidades de los clientes y las características del proceso productivo en el que se va a fabricar, manteniendo de esta forma la calidad requerida.

Disminución del coste total de desarrollo de productos. Como se dijo anteriormente, la aplicación de herramientas y técnicas basadas en Ingeniería Concurrente conduce a un menor tiempo en el desarrollo de productos. Esta disminución de tiempo trae consigo que el tiempo empleado por el equipo de desarrollo sea menor (que controla el producto desde que se diseña hasta que se fabrica), las máquinas se utilizan menos (ya que el producto se realiza bien a la primera), menos trabajo administrativo ya que se elimina la retroalimentación, etc. Todo este ahorro de tiempo y de actividad se traduce en una disminución de los costes totales de desarrollo del producto, de forma que éste puede llegar al mercado a un precio más competitivo sin perder beneficio económico para la empresa fabricante.

Mejora de la eficiencia del sistema de fabricación. La consideración de las restricciones y características del sistema de fabricación durante el diseño y desarrollo del producto trae también como ventajas la mejora de la eficiencia de taller en términos de aumentos de productividad (al mejorar los índices de fabricabilidad) y reducción de costes de fabricación (al evaluar los diseños en términos de costes).

5. Conclusiones

Esta comunicación afronta el diseño y desarrollo de un sistema integrado de diseño y fabricación. La integración de las decisiones adoptadas a través de las fases de diseño y fabricación hacen que el producto incluya, desde su concepción, todas las restricciones del sistema de fabricación. El análisis del diseño frente a potenciales problemas de fabricabilidad proporcionan al diseñador la oportunidad de corregirlos y una evaluación de parámetros de eficiencia como coste, calidad, tiempo y productividad.

Este sistema aporta beneficios como la reducción de costes, reducción del tiempo de desarrollo de productos, reducción de los cambios de diseño y mejora de los procesos asociados a los datos de producto. Estos beneficios son beneficios económicos para la empresa. Además, el modelado e integración de la información sobre productos pueden ser transferidos directamente a PYMEs industriales. A largo plazo, el sistema puede ser integrado con otros subsistemas de la empresa (como marketing) e incluso puede formar parte de un sistema de comercio electrónico global.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología por medio del Proyecto DPI-2002-01095.

Referencias

- Burkett, W.C. (2001). Product data markup language: a new paradigm for product data exchange and integration. *Computer-Aided Design*, 33, pp. 489-500.
- Creese, R.C.; Moore, L.T. (1990). Cost Modelling for concurrent engineering. *Cost Engineering*, 32, pp. 23-27.

- Dowlatshahi, S. (2001). Product life cycle analysis: a goal programming approach. *Journal of the Operational Research Society*, 52, pp. 1201-1214.
- Dowlatshahi, S. (1999). A modelling approach to logistic in concurrent engineering. *European Journal of Operational Research*, 115, pp. 59-76.
- Dowlatshahi, S.(1992). Product design in a concurrent engineering environment: an optimisation approach. *International Journal of Production Research*, 30, pp. 1803-1818.
- Gross, M.; Ervin, S.; Andersen, J.; Fleisher, A. (1987) *A Designing with Constraints: Compatibility of Design*. John Wiley and Sons, New York.
- Guichelear, P.J. (1993). *Design for Manufacturability*. American Society of Mechanical Engineers, New York.
- Huang, G.; Mak, K.L. (2001). Web-based manufacturing. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 14, pp. 1-2.
- Keys, K., et al. (1992). Concurrent engineering for consumer industrial products, and governments systems. *IEEE Trans. Components, Hybrids and Manufacturing Technology*, 15, pp. 282-287.
- Kroll, E.; Beardsley, B.; Parulian, A. (1996). A methodology to evaluate ease of disassembly for product recycling. *IIE Transactions*, 28, pp. 837-845.
- Kuo, T.C.; Huang, S.H.; Zhang, H.C. (2001). Design for manufacture and design for 'X': concept, applications, and perspectives. *Computers & Industrial Engineering*, 41, pp. 241-260.
- Kusiak, A.; He, W. (1994). Design of components for schedulability. *European Journal of Operational Research*, 76, pp. 49-59.
- Kusiak, A. (1993). *Concurrent Engineering: Automation, Tools and Techniques*. John Wiley & Sons, New York.
- Lee, H.L.; Billington, C.; Carter, B. (1993). Hewlett-Packard Gains Control of Inventory and Service through Design for Localization. *Interfaces*, 23, pp. 1-11.
- Liang, W.Y.; O'Grady, P. (2002). An object-oriented approach to the concurrent engineering of electronics assemblies. *Computers in Industry*, 47, pp. 239-254.
- Noble, J.S., Tanchoco, J.M. (1990). Concurrent Design and Economic justification in developing a product. *International Journal of Production Research*, 28, pp. 1225-1238.
- Oh, C.J., Park, C.S. (1993). An economic evaluation model for product design decisions under concurrent engineering. *The Engineering Economist*, 38, pp. 275-297.
- Oh, J.S.; O'Grady, P.; Young, R.E. (2002). A constraint network approach to design for assembly. *Computers in Industry*, 47, pp. 239-254.
- Olsen, C.J. (1992). Designing for maintenance. *Industrial Management*, 34.
- Shina, S. (1991). *Concurrent engineering and Design for Manufacture of Electronic Products*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Tatikonda, M. (1994). Design for assembly: a critical methodology for product reengineering and new product development. *Production and Inventory Management Journal*, First Quarter, pp. 31-42.
- Venkatachalam, A.R.; Mellichamp, J.M.; Miller, D.M. (1993). A knowledge-based approach to design for manufacturability. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 4, pp. 355-366.
- Zangwill, R. (1992). Concurrent engineering: concepts and implementation. *IEEE Eng. Mang. Rev.*, 20, pp. 40-52.
- Zha, X.F. (2000). An object-oriented knowledge based Petri net approach to intelligent integration of design and assembly planning. *Artificial Intelligence in Engineering*, 14, pp. 83-112.