

Metodología de Diseño y Desarrollo de Productos basada en la Ingeniería Concurrente: Aplicación al Diseño de Utilajes Progresivos

Product design and Development Methodology based on Concurrent Engineering: Application to Progressive Tools Design

Meseguer Velasco C¹

Abstract Increasing competition and nowadays crisis is a challenge to OEMs (*Original Equipment Manufacturing*) that compete with reduced margin. The objective of this research is proposal product design and development methodology based on concurrent engineering, that permits to the OEMs generate value reducing design and development cost and manufacturing costs. This research is applying to progressive tools design in a metal-mechanic sector company.

Resumen El aumento de la competitividad y la crisis actual supone un reto para las OEMs (*Original Equipment Manufacturing*) que se encuentran compitiendo con márgenes cada vez más reducidos que pueden llegar a poner en peligro su rentabilidad. El objetivo de esta investigación es establecer una metodología para el diseño y desarrollo de productos, basada en el concepto de Ingeniería Concurrente, que permita a las OEMs generar valor reduciendo el coste de diseño y desarrollo de producto así como los costes de fabricación. La investigación se está aplicando al diseño de utilajes progresivos de una empresa del sector metal-mecánico.

Keywords: Product design, concurrent engineering, progressive tools; **Palabras clave:** Diseño de producto, ingeniería concurrente, utilajes progresivos

¹ Claudia Meseguer Velasco (✉)
Departamento de Organización Industrial. Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI),
Universidad Pontificia Comillas, C/ Alberto Aguilera 25, 28015 Madrid, Spain
e-mail: claudia@upcomillas.es

1.1 Introducción

El proceso de diseño y desarrollo de productos puede suponer una ventaja competitiva para las grandes empresas industriales que tratan de reducir el tiempo de salida al mercado (*time to market*) y el coste de diseño y desarrollo de nuevos productos (Afonso et al., 2008). En este contexto, la exigencia que se traslada a las OEM (*Original Equipment Manufacturing*) es cada vez mayor, tanto en plazos de entrega como en costes de fabricación. Inmersas en este entorno altamente competitivo, reforzado por la crisis económica y financiera actual, las OEMs se encuentran compitiendo con unos márgenes cada vez más reducidos que pueden poner en peligro su rentabilidad. Por ello, es necesario que las OEMs generen cada vez más valor reduciendo los costes de diseño y fabricación.

La Ingeniería Concurrente abarca el diseño de productos, procesos y sistemas de fabricación al considerar de forma simultánea todos los aspectos del ciclo de vida del producto, en este sentido se ha concebido como una metodología capaz de reducir el coste de diseño y desarrollo de nuevos productos y su impacto en el coste de fabricación.

Aunque los principios y conceptos de la Ingeniería Concurrente se consideran suficientemente maduros, su implantación y gestión en las empresas presenta todavía muchos retos por la complejidad de muchos productos de ingeniería y por la gran variedad de herramientas existentes (Yassine et al., 2003). En el campo de la investigación esto ha dado lugar a muchas investigaciones que abordan el problema con diferentes técnicas, entre ellas cabe destacar, algoritmos genéticos, técnicas de decisión multicriterio, sistemas multiagentes y matrices DSM (Tan et al., 1996), (Changchien et al., 2000), (García-Sabater et al., 2006), (Yassine et al., 2003). También se han realizado investigaciones empíricas (Kaminski et al., 2008) que demuestran como en el sector metal-metalúrgico el grado de madurez en la implantación de herramientas básicas de ingeniería concurrente es todavía muy bajo.

El objetivo de la investigación es establecer una metodología para el diseño y desarrollo de un utillaje progresivo (Figura 1.1) en la que se pueda analizar el impacto en los costes finales de la pieza a fabricar.

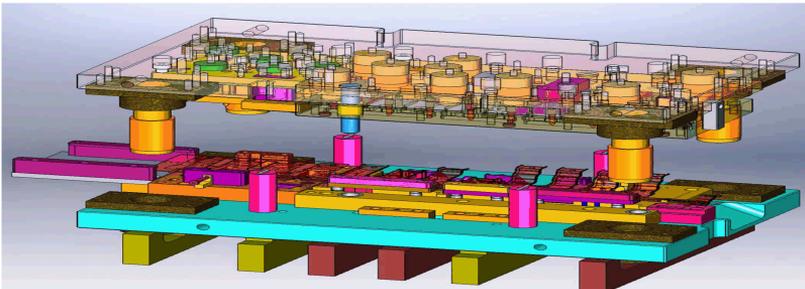


Fig. 1.1 Componentes de un utillaje progresivo

1.2 Ingeniería Concurrente: Herramientas y Metodologías de Apoyo

La Ingeniería Concurrente (IC) o ingeniería simultánea es el proceso de diseño y desarrollo de productos teniendo en cuenta su impacto en todo el ciclo de vida del producto (diseño, fabricación, mantenimiento y reciclado). La IC requiere del trabajo coordinado y simultáneo de los diversos departamentos de la empresa: marketing, ingeniería, producción, calidad, compras, mantenimiento, etc. El beneficio de esta metodología es la reducción de costes de diseño y fabricación y la reducción del tiempo de desarrollo del producto.

El concepto de Ingeniería Concurrente ha ido evolucionando e incorporando diferentes herramientas y metodologías, ver Figura 1.2. El Despliegue de la Función de Calidad (QFD, *Quality Function Deployment*) es una técnica que tiene en cuenta el papel del cliente para el éxito del producto y la necesidad de utilizar equipos multidisciplinares para su diseño (Akao, 1990).

Existe una categoría de técnicas de diseño denominadas DFX (*Design for X*) que buscan simplificar y facilitar la fabricación (DFM, *Design for Manufacturing*), el montaje (DFA, *Design for Assembly*), la productividad (DFP, *Design for Productivity*), el mantenimiento o servicio (DFS, *Design for Service*), el medio ambiente (DFE, *Design for Environment*), el reciclado (DFR, *Design for Recycle*), etc. Muchas de las investigaciones en el campo de la IC recogen algunas de estas técnicas, ver (Changchien et al., 2000).

La DFMA (Diseño para la fabricación y montaje) es una de las más utilizadas. Los principios de esta técnica son lograr una compatibilidad entre el diseño del producto y el proceso de fabricación para reducir los costes de fabricación del producto. En cuanto al montaje o ensamblaje la técnica trata de hacer modificaciones en la geometría para facilitar la manipulación o inserción de los componentes del montaje y reducir el nº de partes o componentes, ver (Serrano et al., 2006).

El avance en las tecnologías de la información ha permitido desarrollar herramientas que apoyan las actividades de ingeniería durante el diseño y desarrollo del producto y consiguen ahorros sustanciales en el tiempo de diseño y desarrollo y en los costes de fabricación. Entre ellas cabe destacar CAD (*Computer Aided Design*), y su integración con ingeniería CAE (*Computer Aided Engineering*) y fabricación CAM (*Computer Aided Manufacturing*).

La utilización de equipos multidisciplinares para el diseño y desarrollo del producto es lo que ha dado lugar al desarrollo de entornos de trabajo colaborativos a través de tecnologías y sistemas de información que permitan el intercambio de información con todos los departamentos y miembros del equipo. En este entorno surgen las herramientas PDM (*Product Data Management*) y PLM (*Product Life Cycle Management*).

Aunque las nuevas tecnologías comerciales de PLM (*Product Life Cycle Management*) permiten automatizar las actividades de diseño y desarrollo de productos e integrarlas con los procesos de fabricación de una forma eficiente. Actual-

mente sólo las grandes empresas del sector de la automoción y aeroespacial las están utilizando (Ramírez et al., 2006)

Las metodologías y herramientas descritas no suelen incorporar módulos de evaluación de costes de diseño y desarrollo de productos y su impacto en todos los costes del ciclo de vida del producto (fabricación, montaje, mantenimiento, medio ambiente, reciclado, etc). Algunas investigaciones en este campo (Iranmanesh et al., 2008; Filomena et al., 2009) han desarrollado metodologías para incorporar los costes en el diseño y desarrollo de productos.

El objetivo de esta investigación es proponer una metodología que integre técnicas o metodologías de diseño como el despliegue de la función de calidad (QFD) y el diseño para la fabricación y montaje (DFMA) y que evalúe de forma sistemática los costes de diseño, desarrollo, fabricación, etc., con las herramientas de diseño convencionales como CAD.

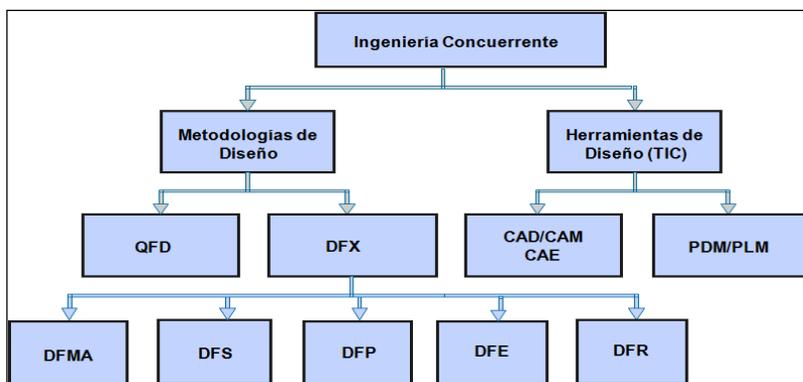


Fig. 1.2 Metodologías y herramientas de diseño en Ingeniería Concurrente (Elaboración propia)

1.3 Metodología de Investigación

Para realizar esta investigación se ha utilizado la metodología de estudio de casos. Según Yin (1994) el estudio de casos es una metodología de investigación que permite estudiar un fenómeno en su contexto real. En la investigación propuesta esto resulta de vital importancia porque el objetivo es desarrollar una metodología de diseño de productos en empresas pequeñas y medianas que no tiene recursos ni capacidades para adaptar herramientas PLM.

La investigación que se está llevando a cabo se realiza en colaboración con una OEM del sector metal-mecánico localizada en Madrid. Esta OEM trabaja en un entorno Job Shop (tipo taller) en el que se fabrica contra pedido una gran variedad de piezas metálicas que incorporan contactos eléctricos para el cierre de circuitos de diferente intensidad. Sus clientes son grandes OEMs de primer nivel que suministran al sector de la automoción, electrodomésticos, etc.

1.3.1 Proceso de Diseño Actual

El diseño de la pieza viene condicionado por el cliente que especifica los requisitos técnicos de la pieza. Ante un nuevo pedido la empresa debe diseñar el utillaje necesario para cumplir con las especificaciones técnicas del cliente. Pero además, tiene que tener en cuenta: el coste de desarrollo y fabricación del utillaje para no elevar el precio de la pieza final y el tiempo de diseño y fabricación para cumplir con el plazo de entrega del cliente.

El proceso actual comienza cuando marketing recibe una orden de pedido que envía al responsable de diseño e ingeniería. Desde aquí se analizan diseños parecidos con la base de datos de Autodesk Inventor y se simula una banda metálica en la que se puede observar cómo debe ser el utillaje progresivo para conseguir las especificaciones técnicas requeridas (ver Figura 1.3). También es posible simular el proceso de fabricación de la pieza con todos los componentes necesarios del utillaje. La mayor complejidad en el proceso de diseño se centra en el cumplimiento de las especificaciones técnicas. En este paso participan los responsables de producción y calidad para asegurar el acoplamiento del utillaje en las máquinas.



Fig. 1.3 Diseño de la banda para la fabricación del utillaje progresivo

Posteriormente se analiza el coste de desarrollo y fabricación de la solución propuesta y el tiempo de fabricación del utillaje. Es posible que algunas soluciones sean descartadas por exceder el coste que puede imputarse a la pieza. Generalmente este tipo de utillajes se diseñan ad hoc para el cliente con lo cual en función del nº de piezas el coste unitario será mayor o menor.

1.3.2 Metodología Propuesta

A partir del análisis del diseño de los utillajes progresivos en la OEM objeto de estudio y de la revisión de la literatura en la que no se da una solución única ni se cubren todos los aspectos de diseño, se propone una metodología que pueda apor-

tar valor a la OEM, al sistematizar y cuantificar las diferentes propuestas de mejora en el diseño del utillaje.

El primer esfuerzo de implantación ha sido la construcción de la casa de calidad según el método QFD que relaciona las necesidades del cliente con las características del producto (utillaje). Hay que tener en cuenta que las necesidades del cliente se derivan de las especificaciones de la pieza final a fabricar, ver Figura 1.3. Estas necesidades vienen dadas por la cantidad de piezas a fabricar (tamaño de lote), el tiempo de entrega y la calidad final de la pieza. Un aspecto importante es también el coste del utillaje que generalmente es soportado íntegramente por el cliente, ver Figura. 1.4.

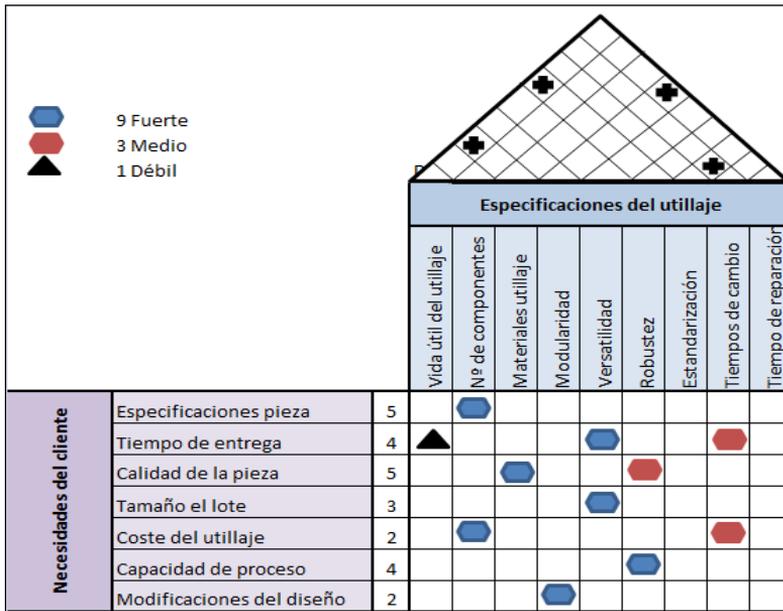


Fig. 1.4 Metodología de diseño de utillajes progresivos basada en la Ingeniería Concurrente

Con esta primera casa de calidad se ha comprobado la necesidad de sistematizar y documentar un proceso que puede dar mucha información para definir las especificaciones del utillaje. El coste del utillaje progresivo es muy elevado y lo asume el cliente (ABB, General Electric, etc). Al ser una de las partidas que más influye a la hora de adjudicar un proyecto hay que volver a evaluarlo cuando se ha desarrollado la banda (ver Figura 1.5).

La casa de calidad desarrollada con la metodología QFD se integra también con la metodología de DFX para ir identificando de forma concurrente el impacto que tiene las especificaciones de la QFD en el coste de fabricación y montaje del utillaje, en su mantenimiento, tiempos de cambio y reutilización posterior.

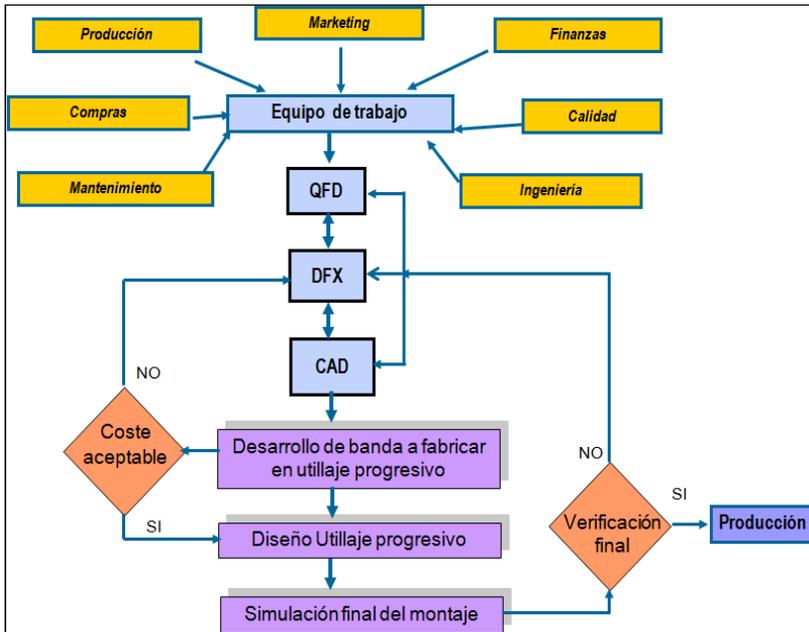


Fig. 1.5 Metodología de diseño de utillajes progresivos basada en la Ingeniería Concurrente

Los pasos de la metodología propuesta son los siguientes (ver Figura 1.5):

1. En primer lugar se crea un equipo de trabajo multidisciplinar con personas que trabajan en marketing, diseño, ingeniería, compras, producción, mantenimiento y calidad.
2. Una vez creado el equipo, se utiliza como metodología la QFD para identificar las necesidades del cliente y poder trasladarlas a especificaciones del producto (utillaje progresivo).
3. Para identificar las especificaciones del producto se propone utilizar la metodología DFX que permite identificar, en las etapas previas al diseño de detalle, aquellos componentes que pueden eliminarse sin repercutir en el diseño final de la pieza y la estandarización de componentes.
4. Una vez identificadas las características del utillaje progresivo se diseña con CAD (Autodesk Inventor) la banda a fabricar con el utillaje progresivo.
5. A partir de las especificaciones del utillaje y el diseño de la banda se evalúa el coste resultante del diseño.
6. Si resulta aceptable se pasa a diseñar el utillaje con Autodesk Inventor y se simula el funcionamiento de utillaje con la banda anteriormente diseñada.
7. Con esa simulación se puede hacer una verificación final del cumplimiento de todas las características especificadas en el QFD.

1.4 Conclusiones

Una consecuencia de la Ingeniería Concurrente es dedicar mayor tiempo al diseño conceptual para evitar cambios de ingeniería que suponen un coste mucho mayor, en el caso de los utillajes progresivos puede resultar de vital importancia por su repercusión en el coste final de la pieza. Aunque se han realizado los primeros pasos en la implantación de la metodología propuesta falta cuantificar los beneficios en términos de costes, calidad y plazos de entrega. Una vez validados estos resultados se desarrollará una plataforma que integre todas las herramientas propuestas. El objetivo es utilizar todas estas técnicas de forma coordinada para garantizar el alto valor del producto o proceso durante todas las etapas de su ciclo de vida.

Además como futuras investigaciones se desarrollará un módulo de evaluación de costes basado en costes objetivos para el diseño del utillaje.

1.5 References

- Akao, Y, (1990). Quality Function Deployment. QFD – Integrating Customer Requirements into Product Design, Cambridge, M.A: Productivity Press
- Afonso P, Nunes M, Paisana A, Braga A,(2008). The influence of time-to-market and target costing in the new product development success, *International Journal of Production Economics*, Volume 115, Issue 2, 559-568
- García-Sabater JJ, García-Sabater JP, (2006). La planificación de la producción mediante Sistemas Multiagente. Estado de la cuestión, X Congreso de Ingeniería de Organización
- Changchien SW, Lin L, (2000). Concurrent desing of machined products: A multivariate decision approach, *IEEE Transactions on Sytems, Man, and Cybernetics – Part C: Systems and Applications*, Vol. 30, no 2, 252-264
- Filomena, TP, Neto, FGK, Duffey, MR, (2009). Target costing operationalization during product development: Model and application, *International Journal of Production Economics* 118, 398-409
- Iranmanesh, H, Thomson, V, (2008). Competitive advantage by adjusting design characteristics to satisfy cost targets, *International Journal of Production Economics*, Volume 115, Issue 1, 64-71
- Kaminski, PC, de Oliveira, AC, Lopes, TM, (2008). Knowledge transfer in product development processes: A case study in small and medium enterprises (SMEs) of the metal-mechanic sector from São Paulo, Brazil, *Technovation*, Volume 28, Issues 1–2, 29-36
- Ramírez M de J, Rosas R, Molina A, (2006). *Fábrica virtual – La era de la manufactura digital*, Ingeniería concurrente: una metodología integradora, editores: Riba C, Molina A
- Serrano J, Bruscas JM, Romero F, (2006). *Diseño para fabricación y montaje*, Ingeniería concurrente: una metodología integradora, editores: Riba C, Molina A
- Tan GW, Hayes CC, Shaw M, (1996). An intelligent-agent framework for concurrent product design and planning, *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 43, no3, 297-306
- Yassine, A, Braha, D, (2003). Complex concurrent engineering and Design Structure Matrix method, *Concurrent Engineering: Research and Applications*, vol. 11, no. 3, 165-176
- Yin, RK, (1994). *Case Study Research, Design and Methods*, 2 nd ed. Newbury Parck, Sage Publications