

Recepción: 08 de abril de 2014

Aceptación: 13 de mayo de 2014

Publicación: 29 de mayo de 2014

# **INGENIERÍA CONCURRENTE APLICADA AL MODELO DE DISEÑO DE PRODUCTO**

---

## **CONCURRENT ENGINEERING APPLIED TO PRODUCT DESIGN MODEL**

Elena Torres Roca<sup>1</sup>

Victoria Sanz Buades<sup>2</sup>

Carlos Guerrero Martínez<sup>3</sup>

David Juárez Varón<sup>4</sup>

1. Máster en Ingeniería, Caracterización y Procesado de Materiales. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Ingeniería Mecánica y Materiales. E-mail: [eltorro@epsa.upv.es](mailto:eltorro@epsa.upv.es)
2. Máster en Ingeniería, Caracterización y Procesado de Materiales. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Ingeniería Mecánica y Materiales. E-mail: [vicsanbu@alumni.upv.es](mailto:vicsanbu@alumni.upv.es)
3. Máster en Ingeniería, Caracterización y Procesado de Materiales. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Ingeniería Mecánica y Materiales. E-mail: [carguema@epsa.upv.es](mailto:carguema@epsa.upv.es)
4. Ingeniero en Organización Industrial. Doctor en Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Ingeniería Mecánica y Materiales. E-mail: [djuarez@mcm.upv.es](mailto:djuarez@mcm.upv.es)

## RESUMEN

Actualmente, el desarrollo de un nuevo producto precisa de métodos avanzados, por lo que los métodos tradicionales quedarían obsoletos y aparece un nuevo enfoque de trabajo conocido como Ingeniería Concurrente. Se pretende realizar en este trabajo una revisión de la integración de la Ingeniería Concurrente a las nuevas formas de trabajo, cuyo objetivo principal es obtener un enfoque sistemático para el diseño simultáneo interdisciplinar de un producto y los procesos que conlleva, para así conseguir el producto correcto reduciendo costes y tiempo.

Para ello se introduce el uso de sistemas CAPP (Computer Aided Process Planning) como herramienta de diseño de procesos y seguidamente se revisarán algunos estudios realizados que utilizan dichas técnicas.

## ABSTRACT

Currently, the development of a new product requires advanced methods, so traditional methods become obsolete and a new approach known as Concurrent Engineering work appears. It is intended in this paper to perform a review of the integration of Concurrent Engineering to new ways of working whose main purpose is to obtain a systematic approach to interdisciplinary concurrent design of a product and the processes involved, in order to obtain the right product reducing costs and time.

This use of CAPP (Computer Aided Planning Process) systems as a tool for process design is introduced and subsequently some studies using these techniques are reviewed.

## PALABRAS CLAVE

Ingeniería, concurrente, diseño, producto, proceso.

## KEY WORDS

Engineering, concurrent, design, product, process.

## INTRODUCCIÓN

Según L. Ken Keys [1], la ingeniería concurrente se puede definir como un enfoque sistemático para el diseño simultáneo integrado de un producto y los procesos relacionados, incluyendo la fabricación y las otras funciones de apoyo. Este enfoque requiere la formación de equipos multifuncionales de especialistas que representan a todas las actividades de la organización. La ingeniería concurrente exige que los productos, procesos, instalaciones, servicio al cliente, mantenimiento, y los vendedores se involucren con el proyecto en las primeras fases. Asimismo exige que las empresas que sigan dicho proceso secuencial, tendrán que realizar cambios sustanciales en su gestión de los enfoques para el desarrollo de productos. La mitología del proceso requiere el trabajo simultáneo de todos los operadores a basa de reuniones periódicas para obtener un objetivo común.

Los conceptos fundamentales de la ingeniería concurrente han estado evolucionando con los años y asienta sus bases en la gestión de proyectos. El principal objetivo es conseguir el producto correcto en el tiempo estimado, con costes reducidos mediante el aporte de la información correcta, el personal, los materiales y equipos de las fuentes más apropiadas, a quien y dónde se necesite.

Siguiendo las propuestas del estudio de A. R. Young [2], de la Universidad de Napier, introducir un nuevo producto en el mercado resulta poco eficiente siguiendo los métodos tradicionales, para eliminar los problemas que aparecen de los métodos tradicionales aparece el nuevo enfoque de la ingeniería concurrente.

El desarrollo de un nuevo producto supone un gran coste, Cuando se considera el coste total de un nuevo producto, el 80% del coste se invierte en los primeros estados del proceso [3], en la generación de ideas. Para obtener el máximo resultado se debe estudiar bien el proceso [4].

## DESARROLLO

Hasta finales de 1970, la simplicidad de los proyectos hacía posible que la información del proyecto se pudiese dividir en unos pocos operadores y el intercambio de la información fuese sencillo. Al aumentar la complejidad de los proyectos se dividió el trabajo en pequeños grupos de trabajos, lo que dio lugar a la falta de comunicación y a un peor resultado. [1,5-6]

El nuevo método de dividir los campos de trabajo no funcionaba y se necesitaba un nuevo enfoque para optimizar el proceso. Fue la ayuda de “análisis de sistemas”, el concepto de “ciclo de vida”, junto con los principios de gestión de proyectos y la disciplina que comenzaron a traer mejoras para el problema del ciclo de desarrollo del producto / proceso. [7-12].

Una vez que el proyecto se trata como un sistema, con elementos y actividades preliminarmente definidas, la siguiente mejora significativa de gestión de proyectos es el reconocimiento de que el proyecto debe ser administrado por un “equipo de proyecto” que representa a todos los participantes elemento/organización significativos identificados por el enfoque de sistema. Estas son las personas que dirigen la planificación detallada, organización y control del proyecto [13].

La documentación hasta ahora conocida sobre la ingeniería concurrente ha sido recogida y documentada recientemente por el Instituto de Análisis de Defensa (IDA) [14], los campos generales que abarca la ingeniería concurrente se presentan a continuación:

1. La dependencia de los equipos multifuncionales para integrar los diseños de un producto y sus procesos de fabricación y de apoyo;
2. El uso de diseño asistido por ordenador, la ingeniería y los métodos de fabricación (CAD / CAE / CAM) para apoyar la integración de diseño a través de productos y modelos de procesos y bases de datos;
3. El uso de una variedad de métodos de análisis para optimizar el diseño de un producto y sus procesos de fabricación y de apoyo.

## DESARROLLO DEL MODELO

A. R. Young propone algunos métodos de aplicación al diseño del producto que siguen una secuencia de metodología en un enfoque sistemático. Algunos de estos modelos tratan específicamente con el propio proceso de diseño, mientras que otros tienen en cuenta todo el proceso de introducción de un producto, incluyendo la fabricación. Los pasos que son necesarios durante el proceso de desarrollo son los siguientes:

1. Identificación de la necesidad para el producto
2. Elaboración de un documento de especificación de diseño del producto
3. Generación y evaluación de concepto de diseño
4. Diseño detallado de los conceptos más prometedores
5. Diseño y desarrollo de la planta de fabricación
6. Distribución y venta del nuevo producto.

## VENTAJAS DE UTILIZAR LA INGENIERÍA CONCURRENTE

Según la información recogida en el Instituto de Análisis de Defensa (IDA), así como los estudios y esfuerzos de L. Ken Keys [15], destacan los siguientes beneficios esperados al aplicar la ingeniería concurrente:

1. La mejora de la calidad de los diseños que se tradujo en una reducción drástica de los órdenes de cambio de ingeniería (mayor de 50%) en la producción temprana.
2. Tiempo de ciclo de desarrollo del producto reducido [17], por tanto un 40-60% a través del diseño concurrente, en lugar de un diseño de producto y proceso secuencial.
3. Los costes de fabricación reducidos hasta en un 30-40% por tener equipos multifunción integran diseño de productos y procesos.
4. Desechos y reprocesos reducidos hasta en un 75% a través de los productos y la optimización del diseño de procesos.
5. Esfuerzos de mantenimiento / facilidad de servicio y costes de garantía reducidos (es decir, ahorro de costes de ciclo de vida) [17].

## SISTEMAS C.A.P.P.

Uno de los campos generales que abarca la ingeniería concurrente es el uso de diseño asistido por ordenador, la ingeniería y los métodos de fabricación (CAD / CAE / CAM) para apoyar la integración de diseño a través de productos compartida y modelos de procesos y bases de datos.

Y.B Liu [18] realizó un estudio de ingeniería concurrente basado en los sistemas CAPP (Computer Aided Process Planing), proporcionando una explicación de la utilización de dichos sistemas para la obtención de un plan óptimo.

Hoy en día la utilización de los sistemas CAPP es muy práctica para el desarrollo de diseño de productos. Los sistemas CAPP incluyen una gran variedad de actividades en un entorno de producción. CAPP actúa como la fuente de información e interactúa con el diseño asistido por computadoras (CAD), fabricación asistida por computadora (CAM), la planificación de los recursos materiales (MRP II) y otras actividades en el ciclo de vida del producto.

Muchos de los sistemas CAPP ignoran la multiplicidad de procesos de diseño y no evalúan un plan de procesos, por lo que será difícil obtener un plan óptimo. Para superar los problemas, los sistemas CAPP realizan un diseño concurrente con los fundamentos de los datos y la información del producto, esto da lugar a que en las etapas de diseño y los procesos siguientes, que incluye fabricación de viabilidad, costes, recursos de fabricación, etc., si se encuentran defectos en el proceso se deben modificar tan pronto como sea posible.

## CONSTRUCCIÓN Y FUNCIONES DE LOS SISTEMAS CAPP

Primero se parte de la base de datos según el modelo y el proceso, después utilizando la experiencia y conocimientos se rediseña el proceso, este plan es evaluado mediante un modelo de evaluación sintética. Al mismo tiempo se muestra la información de la fabricación. El diseñador debe seleccionar el proceso óptimo según la evaluación de los resultados y se modifica el proceso adecuado con las condiciones adecuadas.

Una vez el plan de proceso se termina, los datos de información relacionada con el proceso se obtiene y los documentos de administración se generan automáticamente. El siguiente paso es revisar y detectar posibles defectos para eliminarlos. Cuando el proceso está finalizado, la información relacionada con el proceso proporciona un acortamiento del mismo, reducción de costes y mejora la calidad del producto.

## REVISIÓN CRÍTICA DE LOS SISTEMAS CAPP

La Escuela de Ingeniería de la Universidad de Abertay (Dundee, Bell Street. Dundee, UK) [19], presenta una revisión crítica de los modelos de los sistemas CAPP dando a conocer las limitaciones actuales, repasando la modelización de mecanizado, las instalaciones, tecnologías de los sistemas de bases de datos, focalizándose en los objetivos y técnicas de razonamiento geométrico.

El FOCM “Feature Oriented Capability Module” forma parte de un sistema CAPP. El enfoque del CAPP como un problema de optimización, es función del FOCM para proporcionar soluciones sobre un espacio en planta de fabricación viable sobre la que trabajará el optimizador. Esto significa que se considera el coste global, es decir, en lugar de elegir el proceso más barato característica por característica, se genera el plan global más barato.

El FOCM toma como argumento una función orientada B-rep modelo sólido de descripción del componente para ser planificado. Varias “fuentes de conocimiento” que contienen conjuntos de normas sobre características de fabricación, son consultadas, además de bases de datos sobre procesos y limitaciones.

Dicha base de datos proporciona suficiente información como para que las instalaciones actuales en la fábrica, las herramientas y máquinas disponibles se describan. El modelo proporciona información sobre las restricciones geométricas y de operación y proporciona otro modo de realizar la operación.



## MODELOS DE APLICACIÓN

Philippe Belloy [20] presenta un estudio sobre la optimización de la rugosidad en la superficie de un material aplicando sistemas CAPP en el año 2000. La elección de un proceso de fabricación en el proceso de diseño se tiene en cuenta muchos parámetros. La superficie rugosidad, la tolerancia dimensional y el material de una pieza mecánica son datos esenciales, que influyen en el comportamiento y la vida útil del mecanismo. El algoritmo presentado en el trabajo permite la integración de la calidad de la superficie mediante un sistema CAD/CAM, a través de modelos para predecir rugosidad de la superficie. Se presentaron diferentes modelos de rugosidad teóricos y empíricos los cuales permitieron estimar los parámetros de fabricación.

Otro estudio realizado por Jung-Seok Kim [21], trabajando en conjunto la Universidad de Los Ángeles y el Instituto de Ciencia y Tecnología de Corea, sobre el desarrollo de la Ingeniería Concurrente para el diseño de materiales compuestos, explica el desarrollo de un sistema de ingeniería concurrente para el diseño de estructuras de materiales compuestos. El sistema de ingeniería concurrente se ha desarrollado para satisfacer la demanda de los productos de mejor calidad con un menor coste de producción y el tiempo. El sistema de ingeniería concurrente incluyó el diseño de varios módulos como el diseño / análisis de estructuras de materiales compuestos que utilizan CLPT y método <sup>®</sup>nite-element (FEM), pandeo y postbuckling análisis, el análisis termo-elástica de compuestos de carbono y diseño óptimo utilizando el sistema experto. Para la integración y gestión de los programas, se construyó un entorno de diseño basado en la gráfica que proporciona la capacidad de interfaz multitarea y el usuario gráfico.

Z. Jiang [22], del departamento de Ingeniería de la Universidad de Glasgow, junto con la escuela de Ingeniería de la Universidad Metropolitana de Leeds, aplicaron la Ingeniería Concurrente para el desarrollo de fabricación de un compresor de espiral ampliamente utilizados en la refrigeración y los aparatos de aires acondicionados, este estudio se llevó a cabo debido a la complejidad de diseñar y fabricar sus componentes y los requisitos de alta precisión que ellos conllevan. El artículo presenta un enfoque de ingeniería concurrente para el diseño y la fabricación del compresor asistido por ordenador. Los autores utilizaron instrumentos de programación C y Pro/ENGINEER como herramientas de ingeniería para aplicar el enfoque propuesto y el desarrollo del diseño asociado. Un modelo sólido de visualización del compresor fue desarrollado. El modelo diseñado se mejoró mediante el uso de un sistema de optimización. Análisis de elementos finitos y un sistema experto se utilizó para estudiar el modelo, que fue útil para la mejora de la calidad de fabricación y montaje de precisión de las etapas.

M. Sadegh Amalnik [23] introdujo un sistema basado en el conocimiento inteligente para evaluar la disolución de alambre mediante la electro-erosión (WEED), utilizando la ingeniería concurrente sobre el medio ambiente y sobre la base de técnicas orientadas a objetos. Nueve clases diferentes de las características de diseño se adquirieron de forma interactiva. Los atributos del acero como material de trabajo, alambre de cobre como un material de la herramienta, una sola solución de electrolito, un tipo de máquina de malezas y condiciones de mecanizado tales como actual pulso en y fuera de tiempo, y la distancia de la boquilla, se

almacenaron en una base de datos. Para cada característica de diseño, la información necesaria en la fabricación, tales como el tiempo de mecanizado del ciclo y el coste, la tasa de remoción de material, ancho de corte, máximo y trabajando a la velocidad de alimentación, área de corte, se estimaron además de la eficiencia de la operación.

Por último, J.X. Gao [24] habla sobre la aplicación de la ingeniería concurrente en los proveedores de la industria automotriz. El coste de introducir nuevos enfoques tales como la Ingeniería Concurrente y la adopción de nuevas tecnologías, como la ingeniería asistida por ordenador (CAE) es sustancial, ya que este coste se suma a los costes de operación. Los autores han examinado una serie de marcos de la Ingeniería Concurrente disponibles y observaron que estos marcos abordan diferentes aspectos de la Ingeniería Concurrente en diferentes grados de detalle. Este proyecto se basó en el reconocimiento de que se necesita un enfoque diferente para la implementación de la Ingeniería Concurrente a nivel de los proveedores. Se ha propuesto un marco de tres niveles, esto es, el entorno en el que los proveedores operan, un enfoque de cinco etapas de aplicación, y una cartera de herramientas de la Ingeniería Concurrente.

## CONCLUSIONES

El nuevo enfoque de la Ingeniería Concurrente aplicada al diseño de nuevos productos, proporciona una optimización tanto del coste como del proceso a seguir. Esto ha dado lugar a que las empresas utilicen la Ingeniería Concurrente para mejorar su producción. En esta revisión bibliográfica se ha mostrado el desarrollo del modelo y se especifican las principales etapas, además de enumerar algunas de las ventajas de utilizar la Ingeniería Concurrente. Los trabajos realizados por varios grupos de investigación, citados en este artículo, verifican a efectos prácticos la eficacia de este nuevo enfoque.

## REFERENCIAS

1. L. Ken Keys, Ramesh Rao, and Kumar Balakrishnan, *IEEE transactions on components, hybrids, and manufacturing technology*, vol. 15, no. 3, June 1992
2. A. R. Young and N. Allen. *Journal of Materials Processing Technology* 61 (1996) p. 181-186
3. B. Miles and S. Edwards, “New Product Introduction”, *Business and Manufacturing Management*, IEE and DTI 1992.
4. G. Pahl, W. Beity, “Engineering Design - A Systematic Approach”, *The Design Council* 1988.
5. H. Kezner, *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1984.
6. A. O. Putnam, “A redesign for engineering,” *HBR*, pp. 139-144, May-June 1985
7. D. I. Cleland and W. R. King, *Systems Analysis and Project Management*. New York: McGraw-Hill, 1983.
8. “Systems life cycle engineering and DF ‘X’” *IE EE Trans. Comp., Hybrids, Manuf Technol.*, vol. 13, pp. 83-93, Mar. 1990.
9. “Systems engineering, practice prospects: A summary view,” in Proc. 1989 *IIE Integrated Systems Conf*, Atlanta, GA, Nov. 12-15, 1989, pp. 85-91.
10. “Design for manufacture design for the life cycle; systems life cycle engineering,” in Proc. *IEEE Int. Electronics Manufacturing Technology Symp*, Orlando, FL, Oct. 10-12, 1988, pp. 62-72.
11. M. J. Wiskerchen and R. B. Pittman, “Dynamic systems-engineering process: The application of concurrent engineering,” *Eng. Manag. J.*, vol. 1, no. 2, pp. 27-34, June 1989.
12. L. G. Medley, Sr., “Systems approach to project management,” Conf- 890657-2, DE 89-008741, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN, pp. 1-20, Feb. 1989.
13. “Management of high-technology, and projects programs in the telecommunication industries,” in *Management of Technology*, vol., 2, T. M. Khalil and B. A. Bayraktar, eds. Norcross, GA: Industrial Engineering and Management, 1990, pp. 1091-1102.
14. R. I. Winner, J. P. Pennell, H. E. Bertrand, and M. C. Shusarczuk, “The role of concurrent engineering in weapons systems acquisition,” *IDA Rep. R-338*, Institute for Defense Analysis, Alexandria, VA, Dec. 1988.
15. L. K. Keys, “Program project management and integrated product process development in high technology industries,” *IEEE Trans. Comp., Hybrids, Manuf Technol.*, vol. 14, pp. 602-612, Sept. 1991.
16. “Rapid product realization: The competitiveness issue of the ‘go’s,” *Focus, Exceeding Partner Expectations*, Nat. Ctr Manuf. Sci., Ann Arbor, MI, Oct. 1991.
17. B. Segal, “Organizing for a successful CE process,” *Ind. Eng.*, pp. 15-19, Dec. 1991.
18. Y.B.Liu, F. Zhang. *Key Engineering Materials* Vols 202-203(2001)pp 271-276

19. J.C. Naish *Journal of Materials Processing Technology* 61 (1996) 124-129
20. Philippe Belloy \*, Emmanuel Foucard *Computational Materials Science* 19 (2000) 166±169
21. Jung-Seok Kim, Chun-Gon Kim, Chang-Sun Hong, H. Thomas Hahn *Composite Structures* 50 (2000) 297±309
22. Z. Jiang, K. Cheng, D.K. Harrison *Journal of Materials Processing Technology* 107 (2000) 194±200
23. M. Sadegh Amalnik a, H.A. El-Hofy b, J.A. McGeough *Journal of Materials Processing Technology* 79 (1998) 155–162
24. J.X. Gao\*, B.M. Manson, P. Kyratsis *Journal of Materials Processing Technology* 107 (2000) 201±208