

# Metodología para mejorar la ingeniería de Producto/Proceso basada en Ingeniería Concurrente

Carmenza Luna Amaya\*,  
Adriana Carmelina Mendoza Bayuelo\*\*

---

## Resumen

*Este artículo presenta los resultados de la investigación "Diseño de una Metodología para mejorar la Ingeniería de Producto/Proceso basada en Ingeniería Concurrente. Validación en una empresa del sector metalmecánico de Barranquilla", realizada en el marco de trabajo del Grupo de Investigación de Productividad y Competitividad (GI-PC) de la Universidad del Norte.*

*La metodología propuesta pretende convertirse en una guía para abordar la implementación de la Ingeniería Concurrente (IC) en las empresas. Incluye los principales elementos que definen la IC y está orientada a la optimización del Proceso de Desarrollo de Producto (PDP), buscando la mejora en aspectos de costos, calidad y tiempo de respuesta para conseguir y mantener una posición competitiva en el mercado.*

**Palabras claves:** Ingeniería Concurrente (IC), Ingeniería de producto, Ingeniería de proceso.

## Abstract

*This article shows the results of the research "Design of a Methodology for improving Product / process Engineer based on Concurrent Engineer. Validation in a Metal-mechanic enterprise in Barranquilla, Colombia". This research was performed within the work field of the Investigation Group about Productivity and Competitiveness (GIPC) of Universidad del Norte.*

*The proposed methodology aims at becoming a guide to deal with the implementation of Concurrent Engineer (CE) in enterprises. It includes the main elements defining CE, and is oriented towards the optimization of the Process of Product Development (PPD), aiming at improving aspects such as costs, quality and response time in order to achieve and maintain a competitive position in the market.*

**Key words:** Concurrent Engineer (CE), Product Engineer, Process Engineer

Fecha de recepción: 30 de julio de 2004  
Fecha de aceptación: 01 de noviembre de 2004

---

\* PhD. en Ingeniería Industrial, Universidad Politécnica de Valencia (España); Especialista en Gestión Industrial de la misma universidad; Especialista en Gerencia de Empresas Comerciales, ICESI-Universidad del Norte. Ingeniera Industrial, Universidad Industrial de Santander. [clu-na@uninorte.edu.co](mailto:clu-na@uninorte.edu.co)

\*\* Magister Ingeniería Industrial, Universidad del Norte; Especialista en Logística Empresarial de la misma universidad. [adrianamendozaba@hotmail.com](mailto:adrianamendozaba@hotmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

Las empresas manufactureras han sido objeto de cambios y transformaciones, resultado de la competencia por mantener y/o mejorar su posición en los mercados a nivel mundial. Las organizaciones son competitivas en la medida que mejoren la calidad de sus productos, reducen los tiempos de desarrollo de los mismos y disminuyen los costos, con lo cual logran mantenerse en los mercados globalizados.

Este artículo presenta los resultados del proyecto de investigación «Diseño de una Metodología para mejorar la Ingeniería de Producto/Proceso basada en Ingeniería Concurrente», el cual está enmarcado en el trabajo del Grupo de Investigación de Productividad y Competitividad del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad del Norte y cuyo objetivo fue diseñar una propuesta que permitiera mejorar el Proceso de Desarrollo de Producto (PDP) tomando como referencia el enfoque que presenta la filosofía de Ingeniería Concurrente, que también será llamada en este artículo por sus siglas, IC. Está basada en la mejora a través de la formación de Equipos de Trabajo Multidisciplinarios, del intercambio de información y conocimiento y de la aplicación de tecnologías y herramientas y orientada a la satisfacción del cliente [9], [10].

La definición acuñada por el IDA (Institute for Defense Analysis) en el Reporte R-338, publicado en 1986, es una de las de mayor aceptación y define la ingeniería concurrente como: «El enfoque sistemático para un diseño de productos, en forma integrada y concurrente con los procesos relacionados, incluidos los correspondientes a la fabricación y apoyo. Pretende que los diseñadores de producto, desde un principio, tengan en cuenta todos los elementos del Ciclo de Vida del Producto, desde el diseño conceptual hasta su retirada, incluyendo los aspectos de calidad, coste, etc., y todos aquellos aspectos relacionados con necesidades del cliente» [11]. Este enfoque ha sido la temática básica de esta investigación.

## 2. PROPUESTA METODOLÓGICA PARA MEJORAR LA INGENIERÍA DE PRODUCTO/PROCESO BASADA EN INGENIERÍA CONCURRENTE

En la revisión del estado del arte de las metodologías de implementación de la ingeniería concurrente se tomó como referencia la desarrollada por el Grupo de Investigación de Ingeniería Concurrente (CERG) del Instituto Tecnológico de Monterrey (México), principalmente por el trabajo conjunto de este grupo de investigación con el GI-PC de la Universidad del Norte, así como por

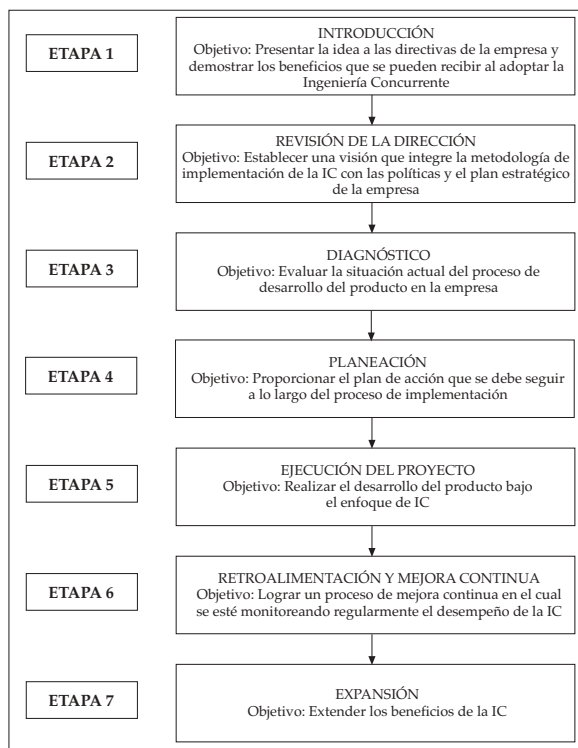
considerarse el entorno mexicano muy afín con el nuestro en Colombia [1], [2], [3], [4], [5].

## 2.1. PROPUESTA METODOLÓGICA

La metodología desarrollada se ha denominado «Desarrollo integrado del producto, un esfuerzo sistemático para mejorar la Ingeniería de Producto/Proceso a través de la conformación de equipos multidisciplinarios de trabajo (DIP/IPP)». Está orientada a las pequeñas y medianas empresas (PYME), y las técnicas, herramientas y los enfoques de apoyo utilizados en ella pueden variar dependiendo de la empresa en la cual se va a implementar [7], [8], [12]. Se destacan como características:

- El uso de indicadores en cada etapa de la propuesta.
- Una alternativa para modelamiento dinámico del Proceso de Desarrollo del Producto.

La figura 1 presenta las etapas de la metodología propuesta:



Fuente: Adaptación de las autoras.

**Figura 1.** Etapas de la Metodología DIP/IPP

El desarrollo de estas etapas en la empresa presenta diferentes escalas de tiempo, dependiendo de las características, condiciones y recursos disponibles en ella para ejecutar cada una.

Los objetivos que se persiguen con la implementación de esta metodología son:

- Mejorar la utilización de recursos
- Aumentar flexibilidad de la organización
- Establecer conocimiento y cultura de IC
- Integrar los departamentos de la empresa
- Reducir el tiempo y costo en el Proceso de Desarrollo de Productos
- Asegurar el cumplimiento de los requerimientos y expectativas del cliente

A continuación se hace una breve descripción de las diferentes etapas de la Metodología DIP/IPP.

#### **2.1.1. ETAPA 1. Introducción**

Esta etapa es fundamental para la implementación exitosa de la metodología. En ella se debe convencer y comprometer a la dirección general de la compañía y los responsables de cada departamento, sobre los beneficios de la IC y la importancia de emprender un proyecto con esta orientación.

Para alcanzar los objetivos en la etapa de introducción, es necesario que se realicen programas de formación a los directivos en la temática de IC y se cuente con el apoyo de una persona en la empresa que se le llama el «generador, campeón o aliado de la IC». Este se encarga de motivar y organizar la empresa para las reuniones de introducción.

#### **2.1.2. ETAPA 2. Revisión de la dirección**

En esta etapa, la dirección de la empresa debe concentrar sus esfuerzos hacia el fortalecimiento de sus estrategias para avanzar hacia el logro de su visión de futuro y poder fundamentar y sostener una ventaja competitiva. La dirección debe establecer una visión que integre la metodología para implementarla exitosamente y que sea consistente con las políticas y el plan estratégico de la empresa.

La dirección ejecutiva debe hacer evidente su apoyo al sistema, en forma clara y sin que queden dudas, apoyando cualquier tipo de cambios requeridos para la implementación de la IC.

### 2.1.3. ETAPA 3. Diagnóstico

Esta etapa consiste en hacer un diagnóstico general de la situación actual del Proceso de Desarrollo de Productos en aspectos tales como: tecnología, recurso humano, organización, información y forma de trabajo en la empresa, según los pilares de la IC.

### 2.1.4. ETAPA 4. Planeación

Esta etapa consiste en realizar un plan detallado para la implementación de la ingeniería concurrente con base en las etapas anteriores. La planeación encierra una serie de actividades y objetivos que se deben cubrir. El plan para la implementación de IC considera seis subetapas:

1. Desarrollo del concepto
2. Ingeniería del producto
3. Ingeniería del proceso
4. Producción
5. Pruebas del producto
6. Servicio postventa

Las subetapas con sus respectivas actividades se pueden resumir en:

**2.1.4.1. Subetapa 1. *Desarrollo del concepto*:** En esta etapa se deben realizar las siguientes actividades:

- *Mercadeo*: Análisis de las características que se quieren investigar del producto, la determinación del nicho de mercado que se va a atacar.
- *Focus Group*: Consiste en la realización de reuniones con los clientes directos y potenciales, con el fin de extraer directamente del consumidor las características del producto que ellos consideren importantes.
- *Especificación inicial mediante QFD*: Utilización de la técnica Despliegue de la Función de Calidad (QFD) como herramienta para estructurar los requerimientos del cliente, transformándolos en especificaciones técnicas del producto.

**2.1.4.2. Subetapa 2. *Ingeniería del producto*:** En esta etapa se realiza la definición detallada del producto. Incluye actividades como:

- *Especificaciones técnicas*: Se definen las especificaciones técnicas con base en la información de los requerimientos del cliente y las especificaciones técnicas del producto.

- *Diseño conceptual*: Es la generación del diseño del producto basado en las necesidades del cliente y en las especificaciones técnicas.
- *DFx/FMEA*:
  - *DFx*: Es el diseño para x; donde x se refiere a aspectos claves del ciclo de vida del producto, tales como: manufactura, ensamble, empaque, uso, servicio, ambiente, entre otros.
  - *FMEA*: Análisis de efecto de modo de falla. Se refiere a la identificación y prevención de varios modos de falla del producto y/o proceso.
- *Diseño detallado*: Definición final del producto, dimensiones, tolerancias, materiales, método de ensamble, empaque, etc.
- *Prototipos y pruebas (opcional)*:
  - *Prototipos*: Consiste en la fabricación de un modelo del producto para tener un producto físico y ayudar a entender cómo va a ser el producto.
  - *Pruebas*: Es la aplicación de pruebas con el fin de verificar el producto y hacer las modificaciones necesarias al diseño.

**2.1.4.3. Subetapa 3. Ingeniería del proceso:** En esta etapa se define el proceso de manufactura necesario para la fabricación del producto y de cualquier tipo de herramienta requerido para la manufactura del mismo. Aquí se desarrollan actividades como:

- *Capacidad de manufactura para el Proceso de Desarrollo de Producto*: En esta actividad se establece la capacidad del proceso y los recursos de manufactura disponibles para fabricar el producto de acuerdo con el proceso definido y las características del producto.
- *Estudio de alternativas para el Proceso de Desarrollo de Producto-Proceso*: Esta actividad se enfoca en las tareas que crean un sistema de alternativas para desarrollar el producto.

**2.1.4.4. Subetapa 4. Producción:** Esta etapa incluye la actividad de manufactura donde los productos son procesados.

**2.1.4.5. Subetapa 5. Pruebas del producto:** En esta actividad se realiza la verificación de las partes manufacturadas y sus respectivas pruebas.

**2.1.4.6. Subetapa 6. Servicio posventa:** Es la atención y mantenimiento del cliente.

### 2.1.5. ETAPA 5. Ejecución del proyecto

Esta etapa consiste en la ejecución del proyecto piloto para el desarrollo del producto de una manera práctica bajo el enfoque de la ingeniería concurrente.

Aquí se pone en práctica la planeación llevada a cabo en la etapa anterior. La puesta en marcha o ejecución de la metodología de la IC gira alrededor de un equipo de trabajo de ingeniería concurrente. Al final de cada subetapa se presenta un documento a la dirección de la empresa, que debe dar su recomendación para avanzar en el proyecto y si es necesario modificarlo o interrumpirlo.

En esta etapa, los indicadores cuantitativos utilizados son el tiempo de ejecución del proyecto, y los costos en la ejecución.

### 2.1.6. ETAPA 6. Retroalimentación y mejora continua

Esta etapa es muy importante en el proceso de implementación de la ingeniería concurrente, debido a que la medición de los objetivos logrados será relevante para fortalecer la metodología y permitir la expansión futura de este enfoque en la empresa. El uso de indicadores es clave para evaluar, monitorear y controlar los logros alcanzados durante la práctica del proyecto piloto y tomar las medidas o correcciones adecuadas para obtener una mayor eficiencia del PDP a través del conocimiento directo en la aplicación de campo.

La figura 2 presenta un esquema de los indicadores utilizados:

DEFINICIÓN DEL INDICADOR	MEDICIÓN
1. <i>Tiempo de desarrollo del producto</i> : Mide el tiempo que tarda el producto desde el contacto inicial con el cliente hasta que se entrega.	1. Duración el proceso de desarrollo del producto en días.
2. <i>Reducción en el tiempo de desarrollo del producto</i> : Mide el porcentaje de reducción en tiempo de desarrollo del producto.	2. (Tiempo de desarrollo actual - Tiempo de desarrollo utilizando el enfoque de IC) * 100 / Tiempo de desarrollo actual.
3. <i>Logro en el tiempo de desarrollo del producto</i> : El porcentaje de tiempo de desarrollo utilizando IC (planificado) comparado con el tiempo de desarrollo del producto utilizando IC (real).	3. (Tiempo de desarrollo del producto utilizando IC Planificad - Tiempo de desarrollo del producto utilizando IC real) * 100 / Tiempo de desarrollo del producto utilizando IC planificado.
4. <i>Entregas de proveedores a tiempo</i> : Mide el porcentaje de entregas de proveedores a tiempo.	4. Órdenes recibidas a tiempo * 100 Total órdenes emitidas.
5. <i>Satisfacción de los requerimientos del cliente</i> : Mide el porcentaje de cumplimiento de los requerimientos del cliente.	5. Requerimientos cumplidos * 100 Requerimientos totales.
6. <i>Reproceso del producto</i> : Mide el porcentaje de tiempo de reproceso del producto.	6. (Tiempo empleado para corregir fallas de calidad en el Proceso de Desarrollo / el tiempo propuesto para entrega del producto a satisfacción del cliente) * 100.
7. <i>Costo del reproceso</i> : Mide el porcentaje de costo del reproceso entre el costo total presupuestado.	7. Costo del reproceso * 100 Costo total presupuestado.

Fuente: Adaptación de las autoras.

Figura 2. Esquema de Indicadores

### 2.1.7. ETAPA 7. Expansión de la ingeniería concurrente

Esta etapa tiene como objetivo extender los beneficios de la ingeniería concurrente a todas las áreas de la empresa.

## 3. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

La metodología fue aplicada en una PYME del sector metalmecánico de Barranquilla, y se constituyó en una experiencia inicial valiosa, dado que permitirá realizar los ajustes para enriquecerla y mejorarla. Como se comentó, debe ser adaptada según la empresa y las características del PDP particular en cada una de ellas.

### 3.1. ANÁLISIS DE LA FORMA DE TRABAJO

En la tabla 1 se muestra una comparación entre la forma tradicional de trabajo que la compañía usa para el Proceso de Desarrollo de Productos y la nueva forma de trabajo que se desarrolló con un proyecto piloto para la implementación de la metodología bajo el enfoque de ingeniería concurrente.

**Tabla 1**  
Comparativo antes y después de la implementación de la metodología en una empresa

COMPARATIVO DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EN UNA PYME	
ANTES	DESPUÉS
El tiempo de desarrollo del producto era mayor al no identificar qué actividades se podían hacer en paralelo. Además, el proyecto tomaba menos tiempo en el diseño y demoraba más en producción. Esto debido a que el diseño no era completamente detallado en esta etapa y cuando pasaba a producción se incurría en algunos reprocesos.	El tiempo de desarrollo del producto se redujo al identificar las actividades que podían realizarse en paralelo y el impacto de una actividad sobre las otras. Además, el proyecto tomó más tiempo en la etapa de diseño debido al diseño detallado más completo, pero hubo una reducción significativa del tiempo en la etapa de producción y la eliminación de los reprocesos.
Mayores costos en el PDP.	Se redujo el 8% de los costos en la aplicación de la IC.
Excesivos retrasos en el PDP por la falta de coordinación e información.	La administración del proyecto piloto bajo el enfoque de IC permitió la asignación de actividades y cumplimiento de fechas por el equipo multidisciplinario, donde todos discutieron la duración y correlación de actividades para que la dependencia de las mis-



	mas se consideraran por todos los integrantes.
Duplicación de información y/o NO registro ni documentación de la misma	La nueva forma de trabajo permitió el uso de formatos que permitieron estandarizar la información y evitar su duplicación. Al terminar cada etapa se emitieron informes completos con acceso a todo el equipo del proyecto.
El desarrollo del concepto para el producto comenzaba cuando el departamento de mercadeo identificaba las necesidades de los clientes por medio de la experiencia corporativa, análisis del mercado y oportunidades detectadas por Mercadeo y Ventas, etc.	Vinculación del cliente final, mediante la interacción directa entre el departamento de Ingeniería y Mercadeo, al PDP. Se continuaron con las mismas fuentes de información, pero adicionalmente se utilizó el QFD en la primera etapa, con el propósito de determinar a cabalidad todos los requerimientos y necesidades básicas de este cliente. Se priorizaron las especificaciones técnicas según el mayor impacto que tuvieran sobre las características del producto y así sobre la satisfacción del cliente.
Existía la posibilidad de que en las etapas finales del diseño hubieran sugerencias de otras áreas y fuera necesario realizar rediseños. Además, para las consideraciones que hacía el área de diseño con las otras áreas, no se tenía un método establecido para la recolección de información con el fin de que quedara documentada.	Se consideran desde las etapas iniciales de desarrollo del producto aspectos tales como: manufactura y costos, con el fin de llegar a un diseño detallado con toda la información necesaria.
La planeación del proceso se llevaba a cabo justo antes de iniciar la producción. No se realizaban algunos controles de producto y proceso que eran necesarios.	Al finalizar la etapa de desarrollo de la ingeniería del producto, se llevaron a cabo las actividades de planeación del proceso a través de la construcción de un escenario futuro que tuviera en cuenta: <ul style="list-style-type: none"> <li>* Actividades en paralelo con base en el análisis IDEFO.</li> <li>* Con base en las actividades paralelas y las soluciones propuestas por el equipo multidisciplinario, se construye un modelo dinámico en la herramienta de simulación Arena. Con este modelo se presupuesta un tiempo total de desarrollo del producto.</li> <li>* Uso de formatos para la estandarización y documentación de la información.</li> </ul>

**Fuente:** Adaptación propia.

## CONCLUSIONES

La implementación de la metodología DIP/IPP propuesta para mejorar la Ingeniería de Producto/Proceso basada en la ingeniería concurrente, se implementó en una empresa del sector metalmeccánico de la ciudad de Barranquilla, dado que es uno de los sectores donde la IC puede tener mayores beneficios [6]. Se utilizó para ello las herramientas de apoyo como el QFD (para evaluar los requerimientos del cliente), el IDEFO (modelado de las actividades del Ciclo de Vida del Producto), el Modelo Dinámico (construir y evaluar posibles escenarios futuros) y MS PROJECT (para la planeación).

El uso del modelo dinámico utilizado en las etapas de diagnóstico y planeación dotó a la metodología propuesta de un medio para construir y evaluar el escenario inicial y pronosticar, con base en el análisis de datos históricos, un escenario futuro bajo el enfoque de la ingeniería concurrente que permitió evaluar el comportamiento del tiempo de desarrollo del proyecto piloto.

El uso de indicadores permitió analizar el impacto de la implementación de la metodología en la empresa con relación al tiempo de desarrollo del producto, entregas de proveedores a tiempo, satisfacción del cliente y re-procesos.

Se puede anotar que la implementación fue exitosa, porque se logró obtener mejoras significativas en el PDP a través de reducción de los tiempos de desarrollo del mismo y de los costos. Los tiempos de desarrollo de las actividades se pudieron estimar gracias al modelo dinámico que nos permitió establecer un esquema general que incorpora los tiempos de las actividades para construir y evaluar posibles escenarios futuros, antes de ejecutar el proyecto piloto, de tal manera que al finalizarlo se pudieran comparar los resultados del modelo simulado contra la aplicación real. Además, se usaron indicadores que permitieron medir el impacto de implementar ingeniería concurrente en la empresa, y de este modo conocer el beneficio real de ésta en el PDP.

En la metodología desarrollada se sientan las bases para introducir, planear e implementar IC, no sólo en el sector metalmeccánico, donde inicialmente se aplicó, sino en cualquier tipo de empresa manufacturera con el fin de fortalecer las prioridades competitivas exigidas por el mercado. Es importante el compromiso definitivo de la dirección de la empresa para llevar a cabo cada una de las etapas planteadas en la metodología y alcanzar el éxito en su implementación, que se traduce en beneficios para la organización.

## Referencias

- [1] AL-ASHAAB, A. & MOLINA, A. (1999). *Concurrent engineering framework: A mexican perspective*. Concurrent Engineering Research group. CSIM, ITESM Campus Monterrey, México.
- [2] AL-ASHAAB, A., MOLINA A. & VALDEPEÑA, T. (1999). Marco de trabajo para la introducción e Implementación de Ingeniería Concurrente. México.
- [3] AL-ASHAAB, A. (2000). Seminario Internacional de Ingeniería Concurrente «Un Enfoque Integrado del Desarrollo del Producto». Universidad del Norte, Barranquilla, (Colombia).
- [4] BARBA, E. (2000). *Ingeniería Concurrente, Guía para su implantación en la empresa Diagnóstico y evaluación*, Gestión 2000, Barcelona (España).
- [5] CAPUZ RIZO, S. (1999). *Introducción al Proyecto de Producción - Ingeniería Concurrente para el diseño del Producto*. AlfaOmega.
- [6] CASTILLA, O., DINAS, J., MEJÍA, M., MENDOZA, A. & MUÑOZ, A. (1999). Análisis de la situación del sector Metalmecánico de la ciudad de Barranquilla con respecto a los elementos claves de la Ingeniería Simultánea. Colombia.
- [7] HARTLEY, J. (1998). *Concurrent Engineering. Shortening lead times, raising quality and lowering costs*. Productivity Press, Portland – Oregon.
- [8] JARAMILLO, M. & GUTIÉRREZ, R. (2000). Implantación de la filosofía de Ingeniería Concurrente para el desarrollo de nuevos productos en una industria de productos plásticos. Universidad EAFIT, Departamento de Ingeniería de Producción. Medellín (Colombia).
- [9] PRASAD, B. (1997). *Concurrent Engineering fundamentals*, Volume II, Integrated product development. New Jersey, Prentice Hall.
- [10] RIBA, C. (2002). *Diseño Concurrente*. España, Ediciones UPC, Universidad Politécnica de Cataluña.
- [11] WINNER, R., PENNEL, J., BERTRAND, H. & SLUSARCZUK, M. (1998). *The Role of Concurrent Engineering in Weapons System Acquisition*. IDA Report. R-338. Institute for Defense Analyses.
- [12] ZAIDI, A. (1993). *Despliegue de la función calidad*. Madrid, Ediciones Díaz de Santos.