

VII CONGRESO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Titulo: Ingeniería inversa y Diseño Industrial

Autor: Daniel Zubik

Universidad Nacional Arturo Jauretche – Instituto de Ingeniería Industrial
Av. Calchaquí 6200 - Florencio Varela (CP1888) Buenos Aires – Argentina
danielzubik@formulador.com.ar

RESUMEN: El trabajo motivo de la presentación, hace una constatación entre conceptos teóricos de ingeniería inversa, ingeniería y diseño concurrente y diseño Industrial Plantea la legalidad de la ingeniería concurrente y como responde a razones lógicas de evolución de los mercados

Muestra la evolución de los procesos de ingeniería y diseño en el desarrollo de un producto.

Redefine la actividad del diseñador como la de un coordinador de condicionantes que surgen de las distintas áreas de la empresa (ingeniería, marketing, transporte, etc.) que interpretando dichos requerimientos los coordina para generar un producto. Define la importancia de la trabajar en equipos multidisciplinarios y de aplicar procesos de desarrollo concurrentes..

Plantea razones económicas y de tiempo para su aplicación en el diseño de nuevos productos.

Los objetivos que dieron origen al del trabajo son:

- Mostrar como la dinámica de la Ingeniería inversa, modifica el aprendizaje y las competencias en la práctica profesional de ingenieros y diseñadores
- Mostrar como el diseño industrial se transforma en una herramienta de venta
- Mostrar como las herramientas CAX facilitan los procesos de desarrollo y producción

Menciona como países en vía de desarrollo aplicaron la ingeniería inversa como estrategia, para lograr un mayor evolución en el desarrollo de sus productos y empresas

Palabras Claves: Ingeniería Inversa, Ingeniería concurrente, Diseño industrial, innovación, tecnología

ABSTRAC: The reason for presenting work, makes a finding between theoretical concepts of reverse engineering, concurrent engineering and design and Industrial design

It raises the legality of concurrent engineering and how it responds to logical reasons for changing markets.

It shows the evolution of the processes of engineering and design in the product development.

Redefine the activity designer as a coordinator of conditions that arise from the different areas of the company (engineering, marketing, transportation, etc.) that interpreting these requirements are coordinated to generate a product. Define the importance of working in multidisciplinary teams and implementing concurrent development processes.

Poses financial and time for application in the design of new products reasons.

The objectives that gave rise to the work are:

- Show as dynamic reverse engineering, modifying the learning and skills in the professional practice of engineers and designers
- Show as industrial design becomes a selling tool
- Show as CAX tools facilitate development processes and production

Referred to as developing countries applied reverse engineering as a strategy to achieve greater progress in developing their products and companies

1 - INTRADUCCION

Muchas de las tareas y actividades que se presentan en las empresas tales como el desarrollo de productos, mantenimiento de maquinaria, innovaciones tecnológicas, sustitución de partes y componentes, entre otras, requieren del uso de metodologías que permitan obtener información útil y fidedigna por medio de la cual sea posible resolver problemas.

Una de las metodologías usadas para tal fin es llamada Ingeniería Inversa. La cual se define: *“como aquel proceso analítico-sintético que busca determinar las características y/o funciones de un sistema, una máquina o un producto o una parte de un componente o un subsistema. El propósito de la ingeniería inversa es determinar un modelo de un objeto o producto o sistema de referencia. (1)*

La ingeniería inversa usada como una forma de producir una versión mejorada del producto y no con el objetivo de producir una copia, ha resultado ser no solo una excelente herramienta para la innovación, sino también una efectiva estrategia de enseñanza para adquirir las competencias de diseño e innovación requeridas en la formación de ingenieros.

2 - DESARROLLO

2.1 - LEGALIDAD DE LA INGENIERIA INVERSA

La pregunta que inevitablemente surge respecto a la Ingeniería inversa es si es legal. La respuesta es generalmente SI, siempre que el producto a investigar se pueda disponer legalmente. Pero esto varía según el país. (3)

2.2 - MOTIVOS PARA USAR INGENIERÍA INVERSA

Los motivos pueden encontrarse al responder la pregunta: ¿Por qué desarmar y estudiar un objeto? [3]

- Para arreglarlos
- Por curiosidad
- Para aprender a partir de éxitos y fallas reales de ingeniería.
- Para conocer como está hecho el objeto, de tal manera que se puede documentar el diseño y duplicarlo (Ingeniería inversa) o para mejorarlo (rediseño).
- Para desarrollar habilidades de razonamiento visual y aptitud mecánica básica.

Mientras que los motivos para usar Ingeniería Inversa en la industria pueden ser:

- Para determinar cómo funcionan, como fueron hechos y como pueden ser mejorados
- Explicar su funcionamiento aplicando principios físicos apropiados
- Benchmarking, análisis competitivo
- Comparar diferentes alternativas de diseño, estimar costos, evaluar la competencia

2.3 - SÍNTESIS DE LA EVOLUCIÓN DE LOS PROCESOS DE DISEÑO

Históricamente un producto era diseñado para luego ser pasado a manufactura. Si durante la manufactura había alguna recomendación para mejorarlo afectando el diseño original, entonces era regresado al equipo de diseño. Esta situación creaba retrasos en el proceso.

Surgen cambios en la forma de concebir y producir bienes y servicios, que resultan en cada vez más complejas especificaciones de diseños que van incorporando los requerimientos y condiciones de los contextos en los que participarán, tales como:

- Entorno productivo
- Entorno de utilización
- Entorno social

Los cambios y las nuevas tecnologías requirieron nuevas formas de organización, de prácticas y actitudes. La respuesta evolutiva de las empresas hizo que las mismas decidieran reducir los tiempos para desarrollar sus productos manteniendo una mejora continua en la calidad, para lo cual inicialmente integraron la opinión y recomendaciones de personal de manufactura. Sin embargo el concepto se extendió asociando personal de operación y mantenimiento, e incluso de áreas no técnicas como marketing y ventas.

Se crean equipo de trabajo multidisciplinarios en los cuales se justifica la existencia del diseñador industrial, por una razón muy sencilla: a medida que la ciencia y la tecnología avanzan, se va produciendo una especialización mayor en las profesiones técnicas, lo cual también se verifica en aquellas relacionadas con la gestión empresarial. Pero por las competencias propias de su profesión el diseñador Industrial es el profesional preparado para integrar las especificaciones de las distintas áreas en una propuesta formal

Cuando un diseñador industrial define los aspectos formales de un producto está concretando, por un lado, lo más directo y expresivo de una propuesta pero, simultáneamente está dando una respuesta constructiva, funcional y económica que aunque a veces pasa más desapercibida para el usuario, es sumamente importante y está implícita en la forma final que se le otorga a ese producto.

Cuando un producto sale al mercado, se transforma en un elemento de comunicación estética, funcional, tecnológica, etc. que al ser aceptadas por los consumidores, pasan a ser referentes, que luego de un tiempo forman parte de lo que el producto debe tener. Paralelamente y como resultado de la competencia, las empresas empiezan a referenciarse de los atributos tecnológicos, funcionales, constructivos y estéticos de los productos exitosos. Lo cual marca una nueva forma de concebir y establecer los objetivos que guiarán el desarrollo de los productos

Muchas de las detecciones de oportunidades para desarrollar innovaciones tecnológicas, surgen de la percepción del entorno y según un estudio de benchmarking de las 400 principales empresas mundiales que invierten en I+D, el 85% de éstas se basan en fuentes externas de tecnología

Estos cambios van marcando una nueva tendencia entre Ingeniería directa e Ingeniería inversa. En la ingeniería directa se parte primero de una idea originaria de la que derivarán diferentes diseños y, en consecuencia, planos y documentos donde se especificarán sus detalles así como sus características técnicas, las cuales deben estar adecuadas a las demandas del consumidor, el público al que va dirigido; y relacionadas de manera directa con el mercado, pues éste es el que tendrá que dar el visto bueno a la idea con un estudio, tras el cual se crearán los modelos.

Después se procederá a la creación del prototipo y su posterior análisis de calidad y funcionalidad donde se analizarán las características del material y todo tipo de problemas; con el fin de efectuar las modificaciones necesarias hasta que el prototipo cumpla con las especificaciones y requerimientos de diseño; luego comenzará su creación en masa y su posterior venta al público. [4]

En el caso de la ingeniería inversa se parte de un producto ya existente (generalmente exitoso) a partir del cual se detallan especificaciones usando para ello los recursos disponibles. Se buscan deducir las especificaciones que cumple y los recursos usados para ello estas diferencias se ven en la Figura 1

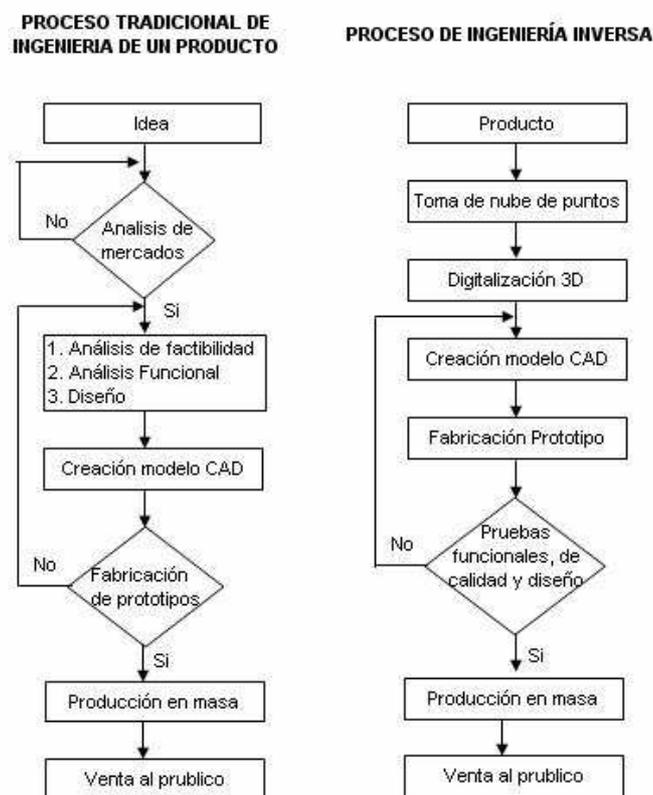


Figura 1: Diferencias entre ingeniería directa e ingeniería inversa

2.4 - METODOLOGÍA / DESARROLLO DEL PROYECTO

La simple aplicación de la ingeniería inversa para copiar o rediseñar un producto no garantiza el éxito. Un producto tiene asociados servicios propios de la empresa que están asociados a estrategias de comercialización y marketing, y hacen a la percepción final del mismo.

Permitiendo vivir al mismo producto en las siguientes categorías:

- Producto genérico: función básica
- Producto esperado: que debe tener para ser aceptado
- Producto ampliado: que se le agrega para diferenciarlo
- Producto potencial: que sensación le va a crear a quien lo compra)

Dejando de lado para este análisis las condicionantes de comercialización y marketing, uno de los pasos fundamentales de la Ingeniería Inversa es establecer el propósito para la investigación (reproducir, aprender, usar como referencia para innovar), a partir del cual se establecen los objetivos de la información buscada.

Finalmente se diseña el del plan de investigación o mejor dicho los programas y procedimientos para caracterizar y evaluar, tanto al objeto de estudio, como al producto derivado. Pudiendo dividir los programas de investigación en sintéticos y analíticos.

Programas analíticos: son todos aquellos programas, procedimientos y métodos que tienen por objetivo conocer o determinar las propiedades y características del objeto de referencia.

Programas de síntesis: son todos aquellos programas que tienen por objetivo utilizar la información derivada de los programas de análisis para conocer primeramente a los objetos de referencia, y posteriormente, reproducirlos o mejorarlos.

Los objetivos principales de los programas analíticos son obtener datos e información fidedigna, funcional y objetiva del objeto de referencia y transformar los datos en información manejables.

Mientras que los programas de síntesis toman la información que viene del análisis del objeto de estudio que a menudo no es suficiente y debe ser complementada. Además, tales programas responden al rediseño de nuevos productos, duplicado y manufacturas, partiendo de la base de la información obtenida de los programas de análisis. Por ejemplo, las mediciones dimensionales, los programas de análisis de propiedades mecánicas y caracterización de materiales son ejemplos de programas analíticos, en tanto, los programas de CAD, CAM, CAE o los procesos de manufactura, son programas de síntesis.

La Ingeniería Inversa tiene diversas definiciones y cada definición tiene su propia metodología. La especificidad de la Ingeniería Inversa hace posible su aplicación en diversos campos del conocimiento y, por lo tanto, a diversos casos particulares diferentes entre sí, lo que implica la existencia de una multiplicidad de métodos de análisis

Por ejemplo, las siguientes puntos corresponden a una metodología genérica (5):

- Se presenta el producto A
- Se definen el propósito de la investigación Inversa
- Se definen los objetivos de información a establecer
- Se diseña el proceso de la investigación.
- Se aplica el programa al estudio del objeto A.
- El resultado es información de A.
- Se considera los objetivos planteados y con los resultados del paso obtenidos se propone el desarrollo del nuevo producto.
- Se desarrolla un nuevo modelo B.
- Se verifica, según los objetivos si B es equivalente a A.
- Se dan las conclusiones.
- Se reevalúa B.
- Se define si B es aplicable a las estrategias que motivaron el estudio.

El método descrito anteriormente puede ser aplicado al duplicado de partes, o al diseño de nuevos productos a partir del aprendizaje obtenido del producto estudiado. Algunas ventajas relacionadas con este método se describen a continuación:

- El método da orden al proceso de la Ingeniería Inversa.
- El diseño del plan de investigación es esencial para el desarrollo de programas y procedimientos por medio de los cuales se caracteriza al objeto de referencia y, posteriormente, al duplicado o modelo obtenido.
- El método propone que debe haber indicadores que determinen la equivalencia entre el objeto real y el reproducido.

- El método no solo es aplicable al duplicado de partes y componentes si no que también propone la innovación de mismo.

2.5 - HERRAMIENTAS Y SISTEMAS CAX

Durante el proceso de investigación y diseño se utilizan herramientas informáticas (CAS, CAD, etc) y modelos físicos, de los cuales depende la calidad de los datos obtenidos (del modelo físico) y por lo tanto la calidad de los datos de la nube de puntos (que conforman la superficie escaneada)

De los datos resultantes después dependen:

- Tiempo de rediseño o diseño
- Calidad de los datos para operaciones CAM
- Calidad de Modelo físico final (real o por prototipeado rápido)

Por suerte el desarrollo de nuevas herramientas de asistencia por computadora las cuales genéricamente se denominan CAX permiten realizar diseño, calculo, testeo, simulaciones, maquinado, etc. Las principales ventajas [6] que ofrecen son:

- Reducción del tiempo de diseño del producto
- Reducción del tiempo de puesta en mercado
- Reducción de costes de desarrollo y producción
- Mejora y homogeniza la calidad del producto
- Mejora de la flexibilidad del sistema de diseño y producción
- Mejora de la capacidad de respuesta ante nuevos desafíos del mercado
- Integración de aplicaciones usadas en la empresa: ingeniería, producción, distribución, compras, ventas, administración, mantenimiento
- Seguimiento del producto durante su ciclo de vida
- Permitir el acceso rápido y sencillo a los datos de diseño y o comportamiento del producto
- Facilitar los flujos de información en la compañía
- Escalabilidad de las aplicaciones para incorporar prestaciones necesarias para nuevas exigencias
- Aumento de la capacidad creativa, al realizar el ordenador la mayoría de las tareas mecánicas
- Minimización del tiempo de dibujo, al emplear funciones de simetría, traslaciones, variantes de diseño, acotación automática, patrones de dibujo, personalización de menús, etc.
- Reducción de errores al poder verificarse y revisar planos y diseños después de una modificación
- Disminución del plazo de ejecución de un proyecto, pues la velocidad que permite el sistema en la fase conceptual del diseño y la velocidad de integración de información en todas las etapas del proceso de diseño
- Permiten acortar el tiempo de lanzamiento del producto
- Posibilidad de integrar toda la información en una base de datos
- Normalización actualizada, pues al elaborar un plano, las normas se tienen en cuenta automáticamente y permiten, además el cumplimiento puntual de las novedades, la actualización de los archivos de proyectos a la normativa vigente

2.6 - DISEÑO CONCURRENTES

La multiplicidad de datos que se requieren para desarrollar un producto y el manejo de la información las variantes en juego se beneficia si se aplica una metodología concurrente de ingeniería y diseño.

“Se puede definir el diseño concurrente como una metodología en la cual todas las fases de desarrollo de un producto están estrechamente relacionadas. En un modelo de diseño concurrente, las unidades de desarrollo trabajan en forma paralela, con el objetivo de reducir el tiempo ocupado en un modelo convencional, secuencial o escalonado. Esta meta requiere la incorporación de dos conceptos básicos: la integración y la sincronización, ambos fundamentales para la conectividad requerida por el equipo” [7]. Tal como se ve en la figura 2



Figura 2 . Equipo de ingeniería concurrente.

La ingeniería concurrente requiere de:

Equipos pluridisciplinarios de decisión y asesoramiento, dada la complejidad de las nuevas formas de diseño, estos equipos apoyan la toma de decisiones en proyectos de innovación.

Gestor de proyecto y organización matricial. Que se responsabiliza de impulsar y gestionar todo el proceso de diseño y desarrollo asegurando una visión global y continuidad.

Diseño conceptual: Énfasis en la definición del producto y en el diseño conceptual, antes de avanzar en el desarrollo es necesario elaborar un diseño de materialización y detalle

Estructura modular y sub proyectos: para dividir en partes más simples las tareas utilizando criterios y métodos para asignar las funciones y establecer conexiones. Figura 3.

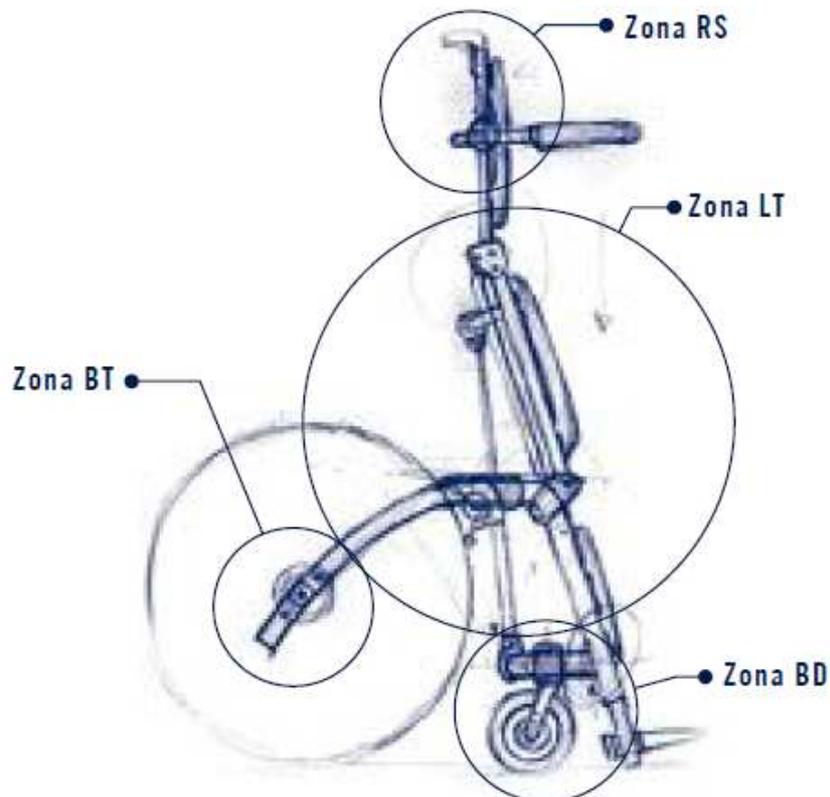


Figura 3 División en subproyectos mas simples

El principio básico que plantea el esquema metodológico implementado en el proyecto, es evitar los ciclos repetitivos en el proceso de diseño y desarrollo de productos. La meta es concentrar la mayor cantidad de cambios y modificaciones en las fases iniciales y ayudar para que el trabajo realizado no requiera postprocesos en ninguna de sus fases posteriores. Las diferencias en los tiempos de diseño se pueden ver en la figura 4

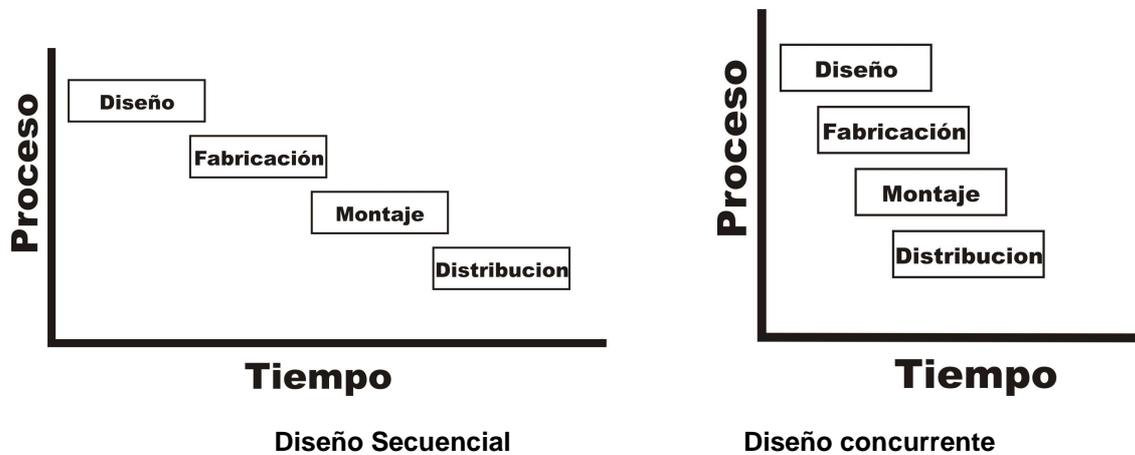


Figura 4 Diferencias de tiempos del diseño secuencial y el diseño concurrente.

El resultado final es que con la ayuda de las herramientas CAx se pueden diseñar, calcular, ensayar, verificar, testear, simular, etc. al producto y su utilización si bien requiere de una inversión inicial significativa, comparativamente su aplicación tiene menores costos incurridos respecto a los comprometidos hasta la etapa de lanzamiento (figura 5), con la ventaja adicional que durante el proceso, fueron disminuyendo los niveles de incertidumbre durante la toma de decisiones.

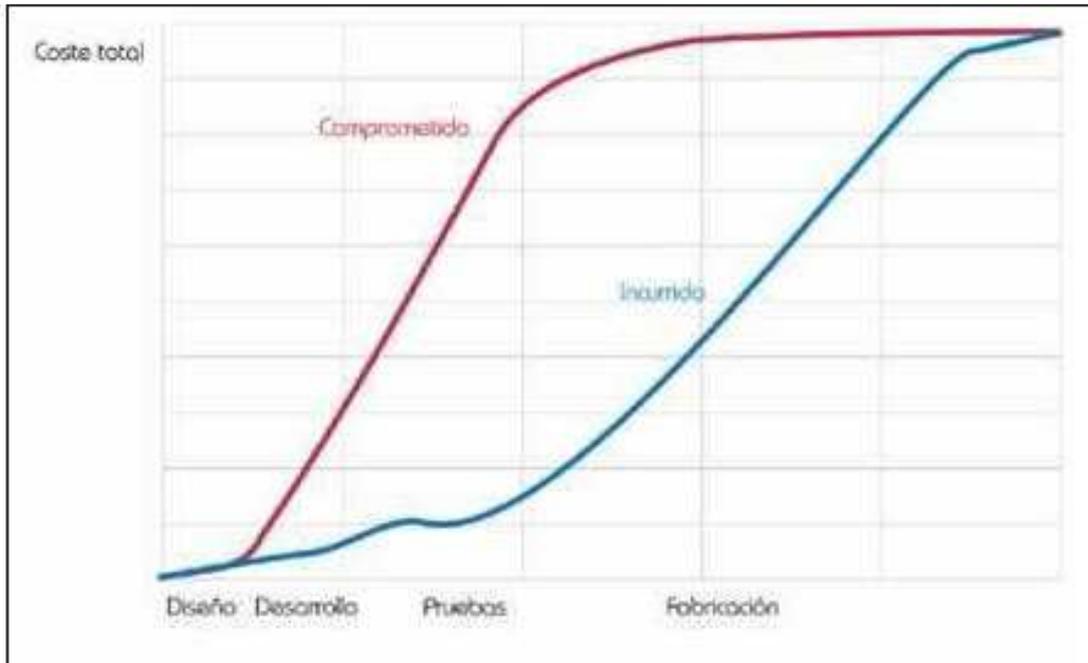


Figura 5: Relación entre costos comprometidos y costos incurridos

2.7 - Motivos para la creación de un nuevo producto o su modificación

Existen al menos cuatro justificaciones para la creación de un nuevo producto y profesionalizar la dinámica de desarrollo.

- **Razones de Mercado:** que son las que obligan a la empresa a defenderse de la competencia
- exterior e interior

- **Razones Tecnológicas:** que están estrechamente relacionadas con el progreso técnico y la investigación científica, como ser nuevos materiales, automatización, etc.
- **Razones de Rentabilidad:** La empresa tiene que adaptar sus disponibilidades y estructuras productivas a los mercados y productos que mejor le permitan obtener una determinada rentabilidad
- **Razones de Dinámica:** Están relacionadas con la imagen de la empresa, con la renovación de productos y servicios ofrecidos por la misma, de esta imagen depende en gran parte la venta de los productos, la fidelidad de los clientes, etc.

Los directivos de una firma al tener una buena respuesta de diseño tienen mayor libertad para elegir el tipo de estrategia que desean establecer:

2.8 - EL DISEÑO INDUSTRIAL COMO HERRAMIENTA DE VENTAS

“Muchos industriales y también diseñadores consideran al diseño industrial como un instrumento de ventas. En principio, ese papel es indiscutible, porque si resolviéramos la cuestión por reducción al absurdo, llegaríamos a que no puede haber buen diseño si es que se opone a las ventas. Indudablemente, si el diseño no ayuda a vender, es mal diseño”
(8) (Ing Basilio Uribe).

El diseño tiene un papel significativo en la valorización que los usuarios hacen de los productos, y tiene un factor de suma importancia durante el proceso de compra. Tal como lo demuestra la experiencia de Fondo de Desarrollo e Innovación (FDI) de Chile, que indica que “según los antecedentes recopilados de la experiencia internacional señalan que el costo de los materiales y de los procesos corresponde a un 95% del costo de producción de un producto manufacturado; sin embargo, incide solamente en un 30% del precio final. Mientras tanto, el costo del diseño del producto corresponde a un 5% del de producción, pero incide en el 70% restante del precio final”. (Figura 6)

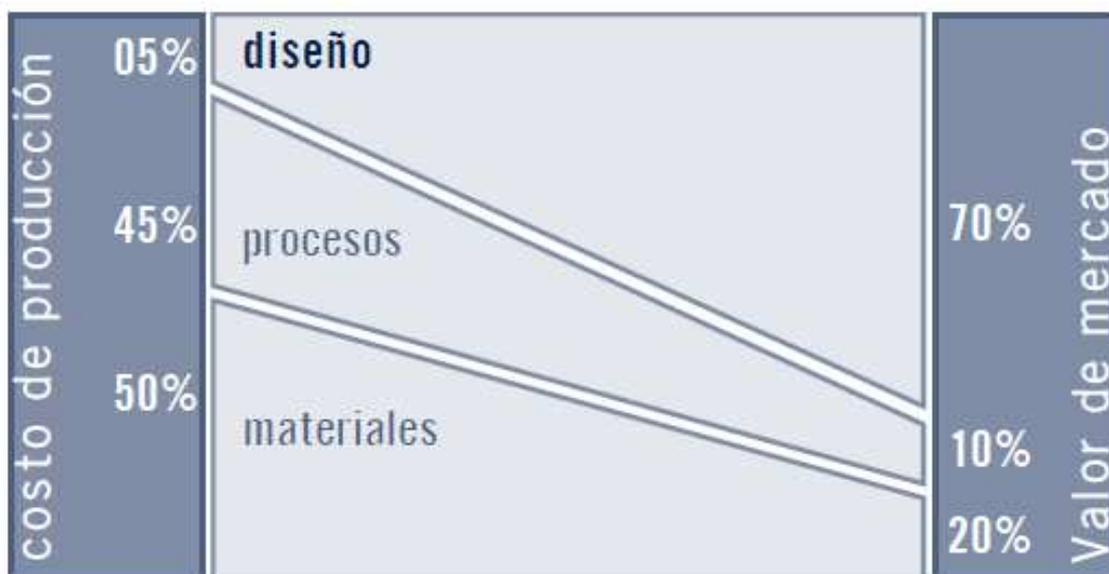


Figura 7 costo y valor percibido del diseño

Como valor agregado de la ingeniería inversa, la ingeniería y diseño concurrente surge un ciclo de aprendizaje (Figura 8) que se retroalimenta en los mercados, dando como resultado una evolución en los productos para satisfacer la demanda de los consumidores, con la consiguiente tecnificación de las empresa y profesionalización de su actividades de ingeniería, diseño, comercialización y marketing.

secuencia de síntesis y recomposición del objeto

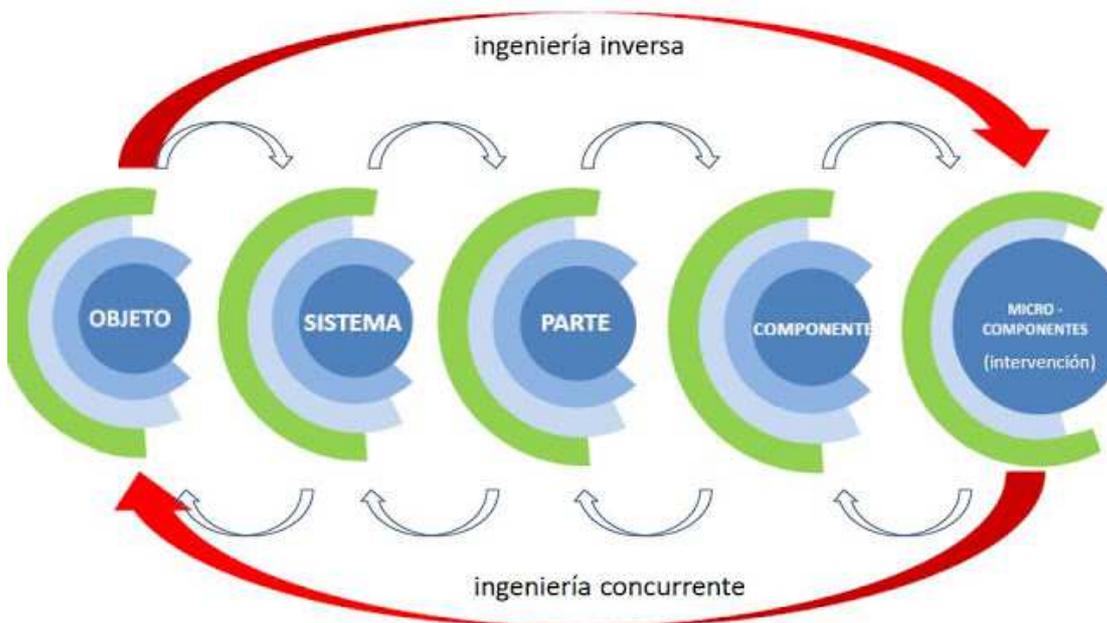


Figura 8: ciclo de retroalimentación entre ingeniería inversa y diseño concurrente [8]

2.9 - EFECTOS DE LA INGENIERIA INVERSA, COMO POLITICA PARA EL DESARROLLO TECNOLÓGICO

Un buen ejemplo del uso de la ingeniería inversa como herramienta de innovación es el caso de Corea del sur (Rockefeller Foundation, 2003), cuyo acierto fue promover el flujo de la tecnología en el país para conservar la independencia de los países desarrollados y sus tecnologías, manteniendo restricciones a la inversión extranjera directa, importando bienes de capital de los países avanzados, implementando las fábricas llave en mano y no pagando licencias de productos que podían obtener a través de la ingeniería inversa.

Al revisar la historia del desarrollo de los países industrializados la ingeniería inversa se puede ver como una buena práctica para imitar, apropiarse y copiar la tecnología industrial ha sido una tendencia que han utilizado los países a lo largo de la historia del capitalismo moderno: durante el siglo XIX, Estados Unidos, Alemania, Francia y los países nórdicos desde Inglaterra; durante la segunda mitad del siglo XX los países del este asiático desde Estados Unidos, Europa y Japón; actualmente los países del este europeo, China e India (Kalmanovitz, 2007).

En Argentina después de la década de los 90 caracterizada por una apertura indiscriminada a la importación de productos, se fueron destruyendo sistemáticamente capacidades de generación de conocimientos, de producción y la articulación de proveedores de la industria en general, esta consecuencia se vislumbra en algunas de las causas del atraso tecnológico actual.

Si bien es cierto que en los últimos años se han restringido las importaciones, apenas se vislumbra un esfuerzo sistemático para apropiarse y copiar tecnologías y mucho menos para crear un conocimiento e innovación propios, las capacidades de los centros de desarrollo y transferencia están trabajando con tecnologías que llegaron al país en su etapa de plena madurez o acercándose a la misma.

La ingeniería inversa es considerada como un producto de aprendizaje activo (ALP), los cuales son lecciones prácticas, demostraciones, objetos, herramientas multimedia, proyectos cortos, tareas y actividades que ofrecen enfoques alternativos y material complementario a las clases típicas de libros de texto en las áreas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas. (Linsey, Talley, Jensen, & Wood, 2009).

La enseñanza y aplicación de la ingeniería concurrente parece ser un camino para revertir el atraso de tecnológico de los países en vía de desarrollo.

3 - CONCLUSIONES

Las empresas deben orientarse hacia el ajuste dinámico de sus recursos con las cambiantes condiciones coyunturales de los mercados, dado que los cambios en los procesos de información son cada vez más veloces y los consumidores cada vez más exigentes sobre los productos y sobre el entorno en el cual viven.

Es por eso que las empresas deben comprender que la base de su vida y de su permanencia y está en acompañar la evolución del entorno y obtener rentabilidad. Las acciones de diseño deben estar centralizadas en el acto de proyectar, siendo ese su fin, mientras que la consideración de las condicionantes que entran en juego constituye el medio para lograrlo.

La Ingeniería Inversa, es un conjunto de metodologías que permiten caracterizar en forma sistemática las propiedades físicas de piezas reales, con la finalidad de reproducirlas y/o mejorarlas.

Es necesario transferir la metodología de la Ingeniería Inversa al sector industrial para que se realicen mejores duplicados, esto es, pasar de los procedimientos mayormente empíricos a procedimientos guiados por marco teóricos.

La Ingeniería Inversa debería ser enseñada de manera formal en las Universidades, puesto que se utiliza en las muchas aplicaciones industriales. Incluso la Ingeniería Inversa puede usarse para potenciar y motivar la enseñanza de la Ingeniería, ya que su aplicación exige una amplia integración de diversos campos del conocimiento.

La ingeniería inversa unida a la ingeniería y diseño concurrente ayudan a disminuir los tiempos de respuesta para llevar un producto al mercado

Las herramientas CAx son herramientas que facilitan las actividades para dar respuesta a las necesidades de las empresas y los consumidores, que sirven para asistir y simplificar múltiples tareas, pero la decisión final es la de las personas que las aplican.

Es necesario aplicar, evaluar y seguir desarrollado más métodos y procedimientos que permitan sistematizar aun más la metodología de la Ingeniería Inversa y la ingeniería y diseño concurrente.

Seguramente y surgirán nuevas tendencias y filosofías para acompañar los cambios. Pero su evolución muestra el camino y generan experiencias para optimizar recursos económicos, dado que las horas de trabajo sobre las computadoras, papel, simulaciones y prototipos siempre son más económicos que el mecanizado, fabricación, ensamblado y puesta en el mercado de un producto.

Por lo tanto las decisiones que se tomen durante el proceso de diseño e ingeniería afectaran e involucraran compromisos mayores en cantidad de recursos para generar un producto, permitirán ahorrar tiempos de respuestas a la interpretación de las necesidades de los consumidores, la sociedad y realizará aportes para mejorar la calidad de vida y la cultura general

Si la tecnología y la capacidad industrial de un país mejoran, el país tiene mejores armas para competir en los mercados internacionales, y para lograr su independencia tecnológica en áreas estratégicas.

REFERENCIAS

- [1] E. Jiménez, L. Reyes, A. García. Algunas consideraciones sobre la Ingeniería Inversa, Informe Interno de Investigación, Centro de Tecnología Avanzada de ITESCA, Red Alfa, Sonora, México, 2006, ISBN: 970-9895-12-5.
- [2] (http://en.wikipedia.org/wiki/Reverse_engineering#Legality)
- [3] Jiménez E., Luna A., García A., Martínez V., Luna G., Delfín J. Arellano L., La ingeniería inversa como metodología para potenciar la enseñanza de la metrología. Simposio de Metrología (2010). CENAM. 27 al 29 de Octubre. Querétaro.
- [4] Proyecto técnico-económico de utilización de técnicas de ingeniería Inversa y prototipado rápido aplicadas al rediseño y mejora de productos. Autor: Luís Gómez Martínez Director: Silvia Fernández Villamaría – Madrid - Agosto 2012
- [5] Experiencias de investigación y desarrollo tecnológico. Juan José Delfín Vázquez CETA del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme y CINNTRA de la Universidad Tecnológica del Sur de Sonora-IIMM- Parque Tecnológico SonoraSOFT. Mexico (2007)
- [6] Fabricación asistida ordenador - Juan de Juanes Márquez. Departamento de Ingeniería Mecánica y Fabricación. - Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSII) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) – Octubre 2012
- [7] P R O Y E C T O F D I C 6 9 9 - T C 0 2 . – Publicación realizada por El Centro De Diseño y Desarrollo Integrado Duocuc – Chile 2002 Pag . 13, 14, 43,44
- [8] Diseño Industrial, Aquí. Artículo sobre la Exposición del CIDI. 1971. Arq. Incluye reportajes a: Basilio Uribe - Ingeniero, Pionero del C.I.D.I. en nuestro país
- [9] [El Diseño y la Nueva Convergencia Tecnológica](http://losnuevoscaminosdeldisenio.blogspot.com.ar/2012_07_01_archive.html) - Ricardo Romero, M.D.I - Julio 2012 http://losnuevoscaminosdeldisenio.blogspot.com.ar/2012_07_01_archive.html