

La Ingeniería Concurrente. Filosofía de trabajo del siglo XXI*

Ing. Mariela Matute

Ing. Patricia Paz

La riqueza de un país es el reflejo de sus avances en el sector manufacturero. Sin embargo, la creciente competencia internacional y los cambios tecnológicos están forzando a que las compañías manufactureras introduzcan nuevos productos y actualicen los ya existentes para mantenerse en el mercado.

Es un hecho que las compañías buscan nuevas técnicas para mejorar la calidad de los productos, reduciendo los costos de producción y el tiempo requerido para introducir los nuevos productos al mercado, con la meta de satisfacer las demandas de los clientes.

La Ingeniería Concurrente {1C} apoya el trabajo en equipo y considera simultáneamente, durante la etapa del diseño, todas las actividades del ciclo de vida del producto (CVP), desde su concepción hasta su reciclaje y desecho, con énfasis en lo que el cliente espera.

La correcta implantación de la filosofía de la Ingeniería Concurrente es primordial, ya que el 80% del costo de manufactura se determina durante el diseño del producto.

El enfoque de la Ingeniería Concurrente ha sido implantado exitosamente en E.U.A., Europa y Japón. Esta metodología está siendo adoptada en varios países en desarrollo como Corea del Sur, Singapur, Brasil y Hungría. La industria Venezolana debe conocer y aplicar estas tecnologías avanzadas para mantener y mejorar su posición en el mercado mundial, especialmente ahora con la globalización. Por lo mismo, las universidades deben introducir en sus programas de ingeniería temas relacionados a la Ingeniería Concurrente y a sus tecnologías más relevantes. El sistema educativo Venezolano tiene que tomar la responsabilidad de dar al estudiante los conocimientos y el entrenamiento necesarios para apoyar a la industria del país.

La Historia de la manufactura, desde la segunda Guerra Mundial ha tenido grandes avances y cambios revolucionarios, los cuales han influenciado a su vez en la ingeniería, llevando al mundo de hoy a la era de la información y tecnología, así como lo hizo el cobre, el hierro y el renacimiento, en las eras pasadas. La evolución de la humanidad ha obligado que en esta era se realice un nuevo cambio, quizás menos significativo que muchos otros en la historia como fue la Revolución Industrial o la producción en masa pero si de igual importancia para la competitividad de las empresas manufactureras, que se encuentran ahora en un mundo globalizado en donde cada vez es más difícil sobresalir y sobrevivir dentro del mercado; donde los consumidores cada vez exigen productos más a su medida, a menor costo y de mejor calidad y donde la tecnología avanza tan rápidamente.

Durante la década de los 80 se produjeron varias iniciativas de mejoras enfocadas hacia el manejo de materiales y la función de manufactura. Algunas iniciativas fueron orientadas a mejorar la gerencia de procesos y en fortalecer a los empleados. JIT, Kanban, y los círculos de calidad son ejemplos de iniciativas enfocadas en el proceso. Otras fueron enfocadas básicamente en tecnologías que soportan o automatizan el negocio o el proceso de producción. MRP, Códigos de barra y CIM son ejemplos de iniciativas enfocadas basándose en la tecnología, las cuales estuvieron de moda en U.S.A durante la década de los 80.

Numerosas empresas manufactureras experimentaron grandes beneficios de la implantación de estas técnicas. Los ciclos de tiempo en la producción fueron drásticamente reducidos, los inventarios fueron manejados con niveles bajos, y la calidad del producto fue claramente mejorada en muchos segmentos de la industria.

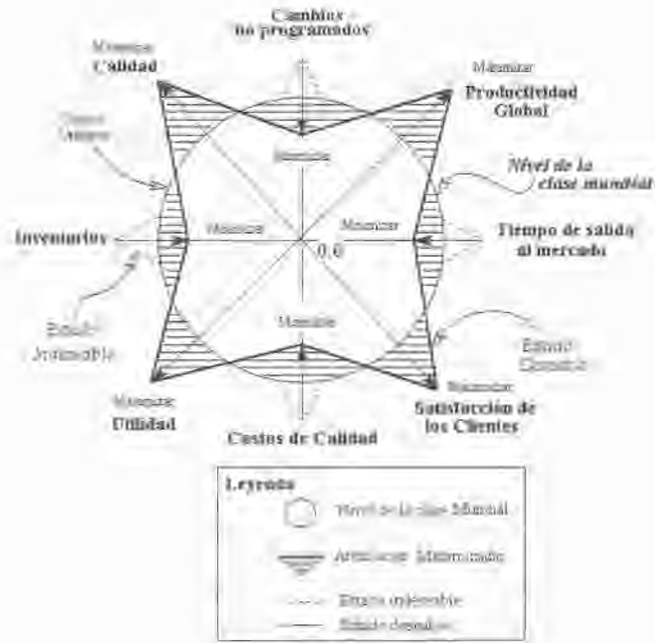


Figura 1

Los indicadores positivos de mejoras mostrados en la figura #1 han sido algunos de los más difíciles de apreciar. Los gerentes de producción y materiales, y los técnicos más preparados están ahora en las calles, buscando trabajo. Todos los días están ocurriendo uniones, adquisiciones, y bancarrotas de compañías que suplían tecnologías en estas áreas. Compañías con gran fama como Prime Computer, Cullinet, Computer Partners, Automatix, Apple y otro gran número de corporaciones como éstas, se encuentran reestructurándose o disminuyendo su tamaño (venta de acciones). En muchas de las firmas contadoras como Booz-Allen Company, "el desarrollo de sistemas" se ha re-enfocado y transformado en "sistemas de integración". En casi todos los segmentos de la industria, cuyo negocio es la producción de bienes (manufactureras), los cambios significativos fueron evidentes.

Usuarios en todos los sistemas funcionales y manejo de la data del producto son ejemplos de los próximos pasos en las tecnologías. Usuarios en ingeniería Concurrente y Diseño de Manufactura son ejemplos de iniciativas de mejoras que atrapan ambos, el proceso y el ambiente tecnológico.

Una de las principales tendencias en la manufactura es la participación constante de los grupos de producción, planificación de materiales y apoyo de ingeniería, desde el inicio, en el desarrollo de nuevos productos, para asegurar que se administren eficazmente los productos durante sus ciclos de vida, el cual se refiere a todas aquellas actividades por las que el producto pasa

desde la determinación de especificaciones, las fases de diseño, planificación del proceso, manufactura, inspección, mercadotecnia y desecho o reciclaje.

Una estrategia para conseguir un diseño integrado del producto y de su proceso de fabricación y de servicio es la *Ingeniería Concurrente (IC)*.

El término IC, también se refiere al equipo de diseño que utilizan varias empresas. Es evidente, como lo dan a entender estos términos, que se requiere interacción continua y acciones en paralelo desde el diseño del producto hasta el proceso de producción. Es necesario que otras áreas, como mercadotecnia y compras, participen e interactúen en todas las fases de diseño y desarrollo: sus ideas son fundamentales para la planificación de la producción, la capacidad de producción y la disponibilidad de componentes y materiales. La secuencia que va desde el diseño del producto hasta su entrega al mercado no es una serie de pasos consecutivos. La interacción continua durante todo el proceso asegurando que se libere al cliente un producto bien diseñado, a un precio competitivo y a tiempo.

La consecución de este objetivo ayudará a los diseñadores, desde el inicio, a que tengan en cuenta todos los elementos del ciclo de vida del producto, desde el diseño conceptual hasta su disponibilidad, es decir, las necesidades del mercado que van a cubrir, los requisitos de calidad y costos, los medios y métodos de fabricación y la venta y el servicio necesarios para garantizar la satisfacción del cliente.

Esta forma de trabajar, como ya se mencionó, requiere de la cooperación entre todos los departamentos de la empresa y sustituye al clásico entorno de trabajo de desarrollo y fabricación del producto, basado en acciones secuenciales, por otro entorno de trabajo *concurrente, simultáneo* y en equipo desde el mismo instante en que se inicia el proceso (desde *que nace la idea!*).

También se conoce por otros nombres, como son los de Ingeniería Simultánea, Equipos de diseño, Ingeniería Total o Desarrollo Integrado del producto, pero el de Ingeniería Concurrente recoge mejor esta concepción de cooperación para un objetivo común.

LA FILOSOFÍA DE LA INGENIERÍA

CONCURRENTE

La filosofía de la Ingeniería Concurrente o Simultánea, ha sido propuesta como un medio potencial para Incrementar las prácticas en el desarrollo de productos, envolviendo simultáneamente todas las X-habilidades (tales como funcionalidad, confiabilidad, manufacturabilidad,

mercabilidad, etc.) concernientes a nuevos productos en busca de reducir el tiempo y los costos, de desarrollo de productos para así lograr alta calidad y valor.

IC [consideración V X-habilidades]

La alta competitividad en el mundo de los mercados, ha forzado a las compañías a mirar nuevos medios para incrementar la calidad de los productos, disminuir los costos de producción y reducir el tiempo de introducción de los mismos en el mercado. IC parece ser la clave para lograr y mantener una ventaja competitiva a través de desarrollar alta calidad, productos altamente funcionales que son producidos eficientemente a través de una sinergia entre los productos y el diseño de procesos integrados, al mismo tiempo, también se consideran múltiples factores del ciclo de vida tales como funcionalidad, servicio, manufactura, mercadeo y reciclaje.

El objetivo de esta filosofía está enfocado en el incremento de la calidad, reducción del costo de ciclo de vida, y por último reducción de los tiempos de desarrollo, lo cual, a su vez es el fin de las industrias en general.

Ampliamente IC es un reto gerencial para organizar la información entre las diferentes partes involucradas, lograr revisiones tempranas en el diseño por el equipo de desarrollo, aplicación de la ingeniería y el despliegue de la función de calidad.

IC ha sido definida por Winner' como un enfoque sistemático de la integración del diseño concurrente de productos y sus procesos relacionados, incluyendo manufactura y otros departamentos. Este enfoque orienta a que los empleados consideren todos los elementos del ciclo de vida del producto desde la concepción hasta la posventa, incluyendo calidad, costo y requerimientos del usuario.

$$IC \Rightarrow // f(CVP)$$

Cleetus ha propuesto otra definición; IC es un enfoque sistemático del desarrollo integrado del producto, que se enfatiza en responder a la expectativas de los consumidores y a la incorporación de valores de cooperación (compartiendo de tal forma esa decisión), haciendo el producto por medio de intervalos de trabajo paralelo en todas las perspectivas del ciclo de vida, sincronizados por cambios comparativamente breves al producir el consenso.

$$IC \Rightarrow // [f(CVP) + \text{consenso} + \text{cooperación}]$$

Muchas compañías manufactureras comenzaron a ver los grandes beneficios que pueden alcanzarse al implementar IC, sin embargo, las industrias se han visto frecuentemente forzadas a adoptar métodos prácticos para resolver problemas inmediatos. El uso de la alta tecnología de información ha pasado a jugar un rol secundario en la implantación de IC en la industria. Los beneficios organizacionales han tomado prioridad al igual que el uso de metodologías formales, tales como el diseño para el ensamblaje y manufactura, un rango de técnicas de calidad de ingeniería para manejar sistemas de intercambio complejo, encontrar el diseño óptimo y los parámetros del proceso de producción. Esta es la situación actual, pero es común que las compañías al volverse más experimentadas en IC comiencen a darle mayor importancia a los métodos de información sofisticados.

Las iniciativas académicas se han enfocado en desarrollar aplicaciones de software que den soporte a la implantación de técnicas para mejorar procesos específicos y en desarrollar estructuras que permitan capturar e intercambiar la información. La meta de tales investigaciones tecnológicas dirige a mediano plazo con la intención de mejorar la comprensión de las técnicas futuras de soporte para IC y para suavizar la transición de las técnicas actuales a las futuras.

Como se ha visto, desde 1988 han surgido muchas interpretaciones de IC en la literatura y en los grandes centros de Investigación; mencionando algunos de estos conceptos se puede demostrar que definitivamente IC es una filosofía de trabajo, tal como la define:

Aparicio J.M., 1996

IC es la filosofía con la cual todas las actividades del ciclo de vida del producto son consideradas en la fase de diseño. Ésta es realizada por un equipo de trabajo multidisciplinario de expertos, con el objetivo de identificar y prevenir problemas en las fases siguientes del ciclo de vida. Buscando incrementar la calidad de los productos y disminuir el tiempo de desarrollo de los mismos.

$$IC = \text{Min} \int_0^{CVP} (T) dCVP$$

CALS², 1991

IC es un enfoque sistemático del diseño de producto que considera todos los elementos del ciclo de vida, desde la concepción hasta la distribución/venta... IC define simultáneamente el producto, los procesos de ma-

1 et. al. 1988

2 CERG 1992, Ashley 1992

3 Oficina Computer-Aided Acquisition and logistics suport

nufactura y todos los demás requerimientos de los procesos que conforman el ciclo de vida, así como el soporte logístico. IC no es una eliminación arbitraria de la fase de la existencia, secuencia, planeación de los procesos de ingeniería, sino el deseo de que las características del pre-diseño duren hasta las fases finales, para obtener un diseño definitivo posible de ser producido, a un menor costo que el diseño secuencia'.

IC [diseño robusto por un costo efectivo + diseño simultáneo]

Ellis, 1992

IC es un ambiente de ingeniería de diseño en el cual la tecnología de diseño asistido por computadora es utilizada para fijar e incrementar la calidad de productos, no sólo durante las actividades de la fase de diseño, sino a lo largo de todo el ciclo de vida.

$$IC \Leftrightarrow \text{Máx } f(\text{calidad})$$

O mejor dicho:

$$IC \Leftrightarrow \int_0^{CVP} (Q) dCVP$$

La visión estrecha de IC es "Diseño Integrado del Producto y del Proceso". La visión amplia es "Integración de la empresa".

IC <=> [integración diseño del producto y del proceso a lo largo de toda la empresa]

Finalmente se puede resumir el concepto de IC en:

$$IC = \text{Min / Máx} \int_0^{\text{Expreso}} (F) dCVP$$

Donde *F* puede ser tiempo, costo y/o calidad.

IC es una iniciativa de mejora que se enfoca en hacer Reingeniería a la función de desarrollo de producto para aumentar la velocidad, eficacia, y calidad.

Las metas están bastante claras:

- Elevar las ventas y ganancias de los nuevos productos

- Reducir el nuevo tiempo de entrada al mercado del producto

- Reducir los costos

- Mantener o aumentar la calidad del producto

- Tomar ventaja del conocimiento y la experiencia

Desde una perspectiva del alcance del proyecto, la aplicación de programas de IC es finita y manejable:

- Llevar a cabo los cambios del proceso dentro de 1-2 años

- Involucrar a las personas con nuevos productos

- Enfocar las mejoras del proceso

Si se siguen estos tres principios básicos de alcance del proyecto, los esfuerzos de desarrollo concurrente del producto rendirán los beneficios esperados dentro del período de tiempo planeado. Muchas compañías se enfocan en soluciones basadas en tecnologías para resolver los problemas. Casi por definición, el desarrollo, la aplicación, y el entrenamiento para las soluciones basadas sólo en tecnología excederán los 2 años.

IC, es el proceso de diseñar un producto usando todos los insumos y evaluaciones simultáneamente y al principio durante la etapa de diseño, para asegurar que se cumplan las necesidades de los clientes internos y externos.

Por tradición, las actividades durante el desarrollo del producto se manejan en forma secuencia', y no concurrente. Así el departamento de mercadotecnia identifica una idea de producto; después, el ingeniero de diseño crea y construye algunas unidades prototipo; el departamento de compras pide presupuestos a los proveedores; después, el departamento de manufactura produce unidades. etc.

Un contraste mayor entre la ingeniería tradicional y la concurrente se presenta en la tabla # 1. La ingeniería concurrente no es un conjunto de técnicas; es un concepto que permite a todos los que afecta el diseño: 1.- tener acceso temprano a la información del diseño; 2 - tener la habilidad de influir en el diseño final para identificar y prevenir problemas.

IC ha proporcionado drásticos beneficios, por ejemplo, 50% menos cambios de ingeniería, 40-60% menos tiempo desde la concepción del producto hasta colocarlo en el mercado, 75% de reducción en pérdidas y retrabajo, y 30-40% de reducción de costos de manufactura

	Tradicional	Concurrente
<i>Organización</i>	La ingeniería está separada de la manufactura y otras funciones; en los objetivos funcionales	Equipo multifuncional con énfasis énfasis en el objetivo del equipo
<i>Programación de insumos de otras funciones y proveedores</i>	La mayor parte una vez que ingeniería terminó el diseño.	Simultánea con la creación de las características de desempeño del diseño
<i>Frecuencia y programación de los cambios del diseño</i>	Gran número de cambios, muchos de los cuales ocurren después de las pruebas o durante la producción	Menor número de cambios, la mayoría de los cuales ocurren antes de terminar el diseño
<i>Sistemas de información</i>	La transferencia de conocimientos entre funciones y los cambios de diseño están ambas sujetos a retrasos de los sistemas administrativos	Sistemas computacionales mediante los cuales todas las funciones tienen acceso inmediato a los cambios de diseño y otra información
<i>Localización física de las funciones</i>	Casi siempre en lugares separados	Con frecuencia se localizan en un área

Tabla # 1

Ingeniería Concurrente versus Ingeniería Secuencia)

INGENIERÍA DE DISEÑO TRADICIONAL VS CONCURRENTE

Al comienzo de la era de la información, existía una fuerte creencia en que el control del flujo de información era el componente clave para el éxito, es por eso, que se exigía poner a la organización para controlar el flujo de información. El producto era hecho a través de una ingeniería basada en secuencias. Durante esta era del control, el desarrollo de líneas de productos parecía ser la forma correcta de hacerlo. El diseño de productos y el desarrollo de procesos fueron obtenidos en fases, estas fases tenían un orden consecutivo y estaban segmentadas con grandes brincos. Las tareas tales como definición de especificaciones, definición de productos y procesos, distribución y soporte fueron ampliamente identificadas. Las últimas fases se terminaban antes de iniciarse las primeras, por ejemplo, los requerimientos precedían a la definición del producto. Los ingenieros de diseño (basándose frecuentemente en dibujos) dominaban

las primeras etapas del diseño conceptual y las preliminares al desarrollo. Los expertos en mercadeo le suministraban las necesidades a los diseñadores, quienes determinaban las especificaciones del producto.

En la mayoría de los procesos secuenciales de ingeniería, era habitual que el departamento de investigación de mercado determinara las necesidades de los consumidores y realizara la proyección de las ventas para dárselas a planeación. El departamento de planificación desarrollaba los requerimientos técnicos para el producto y mandaba esas especificaciones al grupo de ingeniería de producto. Este grupo después diseñaba y desarrollaba el producto. Luego el prototipo era entregado a manufactura en donde los ingenieros podían iniciar el proceso de producción a gran escala. De esta manera, pocas veces se lograba la producción del producto definitivo, ya que se generaban muchos cambios en ingeniería para reparar los problemas que se presentaban, pero, debido a la presión del tiempo sólo se ponía atención al problema que aparentaba ser mayor. Algunos de éstos problemas se listan a continuación:

- Diseños de productos inapropiados para producirse.
- Falta de equipos adecuados de manufactura.
- Las grandes tolerancias ocasionaban trabajo extra y gran cantidad de piezas defectuosas.
- Problemas con el ensamble de las partes.
- Incompatibilidad de los equipos, herramientas, ensambladoras automáticas. etc. existentes.

Se medía cada etapa por medio de los errores, cambios y correcciones que se hacían en la misma. Existían largos períodos de negociación para resolver los problemas pertinentes a la producción lo que traía como consecuencia un largo tiempo unitario de producción. Después de un tiempo los expertos de procura debían participar en el proceso para garantizar la disponibilidad de las partes y materiales necesarios para el proceso de ensamble. Finalmente, el personal de mercadeo y ventas se involucraba para introducir el producto en su mercado objetivo. Los análisis para remediar los problemas de diseño no son hechos automáticamente, por lo tanto no son la manera para prevenirlos antes de que ocurran. Si se necesita un cambio de diseño, el proceso se repite desde el inicio nuevamente. Las dificultades ocurren como resultado de un proceso de ingeniería en serie. Aquí cada fase de diseño se inicia cuando la previa es terminada; durante este proceso, la información incompleta es pasada a una nueva fase y enriquecida con datos nuevos solo para ser pasada a la etapa siguiente. El proceso es análogo a un equipo de relevo que tiene que correr "x" kilómetros entre los esfuerzos colectivos de "n" corredores. Cada corredor llega hasta un poste equidistante (x/n km.). Cada corredor comienza de una posición estacionaria. El primero arranca y pasa el objeto al segundo, al final de x/n Km., el segundo al tercero, el tercero al cuarto y así sucesivamente. El último corredor termina la carrera.

Si v es la velocidad máxima en la que el corredor i puede llegar comenzando desde su posición estacionaria, entonces

El promedio de la velocidad para alcanzar la meta desde su posición inicial estacionaria es

$$v, 12 \text{ Km /hora; para } i = 1, n$$

El tiempo necesario para finalizar la carrera puede ser calculado de la siguiente manera:

El tiempo que se toma un corredor para atravesar x/n Km = $(x/n) (2/v)$.

El total del tiempo tomado por todos los corredores para finalizar la carrera de relevo será la suma de los

tiempos individuales. Si nosotros llamamos a este tipo de carrera como una carrera de relevo secuencial, el tiempo total, T , es:

$$T = \sum_{i=1}^n \frac{x}{n} \times \frac{2}{v_i}$$

En un proceso de ingeniería secuencial, pasa lo mismo que en una carrera de relevo, excepto cuando el corredor es reemplazado por un grupo de expertos disciplinarios; la distancia a ser atravesada es reemplazada por el trabajo a ser terminado; las zonas de relevo son reemplazadas por [as fases del ciclo de vida para el desarrollo del producto; la velocidad del corredor es reemplazada por el tiempo para completar una fase, la garrocha por las revisiones del diseño al completar cada fase; y la carrera completa es sin duda alguna el diseño y desarrollo de un producto. El tiempo total del ciclo es usualmente un múltiplo de la suma del de cada fase. Este tipo de enfoque es también conocido por otros nombres, incluyendo por supuesto Ingeniería Secuencia!, Lineal o de fases y el método chimenea. Entonces de ahora en adelante denotaremos este proceso como IS. donde el tiempo total del ciclo sería:

$$T_{IS} = (T_{requerimientos} + T_{del\ producto} + T_{del\ proceso} + T_{manejo\ logistica\ soporte}) \cdot R_{factor}$$

Donde, $T_{requerimientos}$, $T_{del\ producto}$, $T_{del\ proceso}$ y $T_{manejo\ logistica\ soporte}$ representan el tiempo necesario para culminar una fase particular. R_{factor} es equivalente al factor repetición. En IS, no existe un diseño consistente, análisis, y metodologías documentadas para conducir el negocio. En el último minuto ingeniería cambia originando costos más altos en la ingeniería del producto, debido a la falta de tiempo en el análisis de las consideraciones para la manufactura durante las primeras fases del desarrollo del producto. La preparación de la data para el análisis frecuentemente es muy larga, y con el tiempo los resultados son encontrados, el diseño muchas veces es cambiado haciendo poco uso del análisis. El resultado de IS tiende siempre a ser un diseño más largo y el ciclo, está constituido por tareas innecesarias, para obtener un producto de calidad.

Esto muestra cambios en la última parte del ciclo de producción, ingeniería; diseños con excesivos números de piezas, grandes quejas por parte del consumidor, confusiones en la manufactura, muchas pérdidas y retrabajo, excesivo campo de soporte y servicios, y solo apreciaciones marginales del consumidor o satisfacción, comparada con un producto de la competencia. Como resultado, el valor de R_{factor} para IS usualmente se encuentra por encima de dos.

$$R_{factor} \gg 2.0$$

En los años recientes, las computadoras han sido extensivamente usadas en el ciclo de un producto. El desarrollo del producto es ahora frecuentemente llevado a cabo con la ayuda de herramientas de computación tales como CAD, CAM, CAPP, etc. Estas herramientas automatizan el proceso manual discreto de diseño de producto sin afectar la naturaleza lineal inherente al proceso. Aunque se pensó que esto podría disminuir el tiempo del ciclo de desarrollo e incrementar la comunicación entre el diseño y la manufactura, esto no ha ocurrido, porque se han automatizado las funciones en una fase, sin afectar el proceso secuencial de transmitir la información enriquecida de una fase a otra. Un tiempo significativo es perdido en mantener la naturaleza secuencial del proceso y desempeñar el control de las interfaces o la integración de la información entre las fases, creándose una proliferación de islas de departamentos debido a la estructura funcional de la organización. La ausencia de iniciativas por parte de la gerencia para la cooperación y la cultura inflexible de la organización para cambiar, tienen impedido la obtención de mejoras en eficiencia y productividad. El impacto de la automatización en el ciclo de desarrollo del producto ha tenido, como resultado, muy poco, gracias a la resistencia al cambio en el proceso global.

El enfoque secuencial para el diseño, desarrollo, manufactura y mercadeo del producto tiene muchos otros defectos:

- Está basado en la premisa de que una nueva fase no puede comenzar antes de que la vieja sea completada y aprobada. Esto usualmente se traduce en un largo ciclo de desarrollo del producto.

- Las sugerencias de estructura secuencial originan que una porción significativa (50-80%) del costo de manufactura puede ser incurrido antes de que Ingeniería participe en el diseño del producto.

- Debido a la pérdida de tiempo, el producto final puede llegar a estar obsoleto al entrar al mercado y no cumplir con las expectativas del cliente en el nuevo entorno.

En los 90's, ha emergido un nuevo enfoque que se concentra en el tiempo como variable crítica del ciclo de vida del diseño del producto.

El departamento de desarrollo de producto analiza el tiempo de duración del ciclo a lo largo de toda la organización con la meta de eliminar tareas no necesarias logrando una reducción del tiempo y el mismo producto final o servicio. Este nuevo enfoque se centra en las tareas que dan valor agregado al ciclo, desde Ingeniería hasta la Manufactura, y desde la orden del cliente hasta la entrega. Esta gerencia de proceso es lo que comúnmente referimos como IC. En IC, las tareas y las fases se

ejecutan en paralelo con el feedback de cómo y cuándo son necesitadas. Cada área del ciclo tiene su propio momento y espacio particular dentro del proceso global. Esta serie de pequeños momentos usando solapamientos de semieclipses. La IC poco a poco acerca estas figuras, es por ello que ahora se solapan, IC es análoga a una variación de la carrera de relevo en serie descrita anteriormente. Pero aquí no es esencial que un corredor pueda comenzar solo después de que el corredor anterior haya finalizado; el corredor puede comenzar antes de su posición y así tener cierta velocidad antes de que su pareja le entregue la garrocha, por lo tanto ambos deben tener la misma velocidad en el punto de encuentro. A través de este camino, la velocidad se aproxima a ser constante. Si v es la velocidad máxima de cada corredor, el tiempo T para el relevo en serie y el relevo concurrente puede ser calculado como se muestra a continuación:

La velocidad promedio para la carrera es igual a v/n y el tiempo, los corredores se toman para atravesar un total de

$$\text{millas} = \frac{x \times n}{\sum v_i} \quad \text{unidades de tiempo}$$

Si $v_i = v$, que es lo mismo para todo $i = 1, n$; entonces, no es difícil mostrar que un relevo concurrente puede ser 50% más eficiente que uno secuencial. Si v , es una velocidad linealmente incrementada desde 1 hasta n Km/hora, eso es:

$$v_1 = 1 / v_2 = 2 / v_3 = 3 / \dots / v_n = n$$

entonces

$$T_{\text{secuencial}} = \left[\frac{2x}{n} \right] \times \sum \frac{1}{i}$$

$$T_{\text{concurrente}} = \left[\frac{2x}{(n+1)} \right]$$

Finalmente, no es sorpresa, que el tiempo acumulado que se toma una carrera concurrente para completar todas las fases y tareas es mucho más pequeño que en IS. R_{factor} mente oscila de 0.25 a 0.75.

$$R_{\text{factor}} = 0.5$$

La palabra Ingeniería en IC es usada en un sentido general. Esto significa que incluye la participación del

personal de todas las disciplinas requeridas, ingenieros o no ingenieros. El proceso total, desde el desarrollo de producto hasta producción en masas y ventas, envuelve muchos no ingenieros, incluyendo técnicos desde la procura, mercadeo y departamento de ventas. Por eso, en IC, la mayoría de las partes envueltas en la obtención del producto para mercaderarlo contribuyen al desarrollo del mismo. En contraste con la tradicional secuencial, lineal, iterativa (incontrolada) y prácticas departamentales. el enfoque IC requiere un equipo paralelo, interactivo y multidisciplinario para el desarrollo del producto y su proceso.

Asi como los procesos manuales son medidos por las habilidades de los obreros, músculos, rapidez, en IC los procesos se miden por el trabajo en equipo (economía de la cooperación) para manejar información y tomar decisiones con basamento. En vez de usar fuerzas humanas (poder físico), IC esta dirigida hacia la utilización del poder intelectual de los equipos. Estos equipos no están constituidos solo por humanos. sino por todas las partes involucradas para lograrla realización del producto.

LAS 7 Ts DE IC

Las fuerzas que influncian el dominio de IC se han dividido según Prasad` en siete agentes, comúnmente llamados *las 7Ts*: talentos (talents), tareas (tasks), equipos (teamwork), técnicas (techniques), tecnología (technology), tiempo (time) y herramientas (tools) (ver figura # 2).

- La mayor eficiencia del trabajo en equipo se logra con la distribución de las tareas.
- El mejor aprovechamiento de los talentos es mediante la composición de equipos, utilizados para la solución de los problemas.
- Las técnicas afectan el proceso fijado y la manera que dirigimos el negocio. Las técnicas simultáneas de la ingeniería substituyen «las paredes del diseño secuencial» por un diseño simultáneo.
- La tecnología es el mecanismo impulsor para la competitividad. Los ejemplos de tecnologías populares en IC son el rapid prototyping, visualización, gerencia de datos del producto, diseño para la X-habilidad, multimedia, el intercambio electrónico de datos —EDI.

• Las herramientas incluyen el software, hardware, y las redes que hacen a IC práctica en el mundo de hoy, de corporaciones multinacionales y virtuales.

• Desde el punto de vista del tiempo, IC es una iniciativa del desarrollo de productos que tiene la meta de reducir la longitud del diseño del producto y la duración del ciclo de vida, permitiendo que los equipos de ingenieros desarrollen los módulos del diseño en paralelo con sus perspectivas.

• Los talentos y el entrenamiento juegan un papel importante en IC.

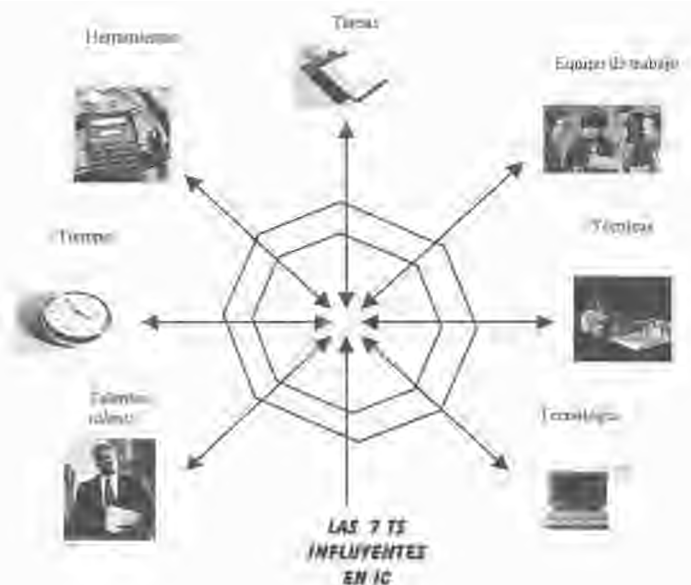


Figura 2

GRUPO DE TRABAJO BAJO AMBIENTE 1C

Un efectivo equipo es como una grandiosa orquesta sinfónica, un grupo diverso de especialistas se reúnen e inspiran para lograr un set común de metas consistentes. El ambiente cooperativo para la implementación de IC está constituido por cuatro equipos simultáneos: el equipo lógico, el equipo del personal, el equipo virtual y el equipo tecnológico. tal como se muestra en la figura # 3.

La organización de estos cuatro equipos que se solapan en un gran grupo de trabajo, logrando que este trabajo simultáneo sea mayor que la suma de los trabajos de las grupos individuales.

Equipo IC = u [Equipo Lógico, Equipo del Personal, Equipo Virtual, Equipo Tecnológico]

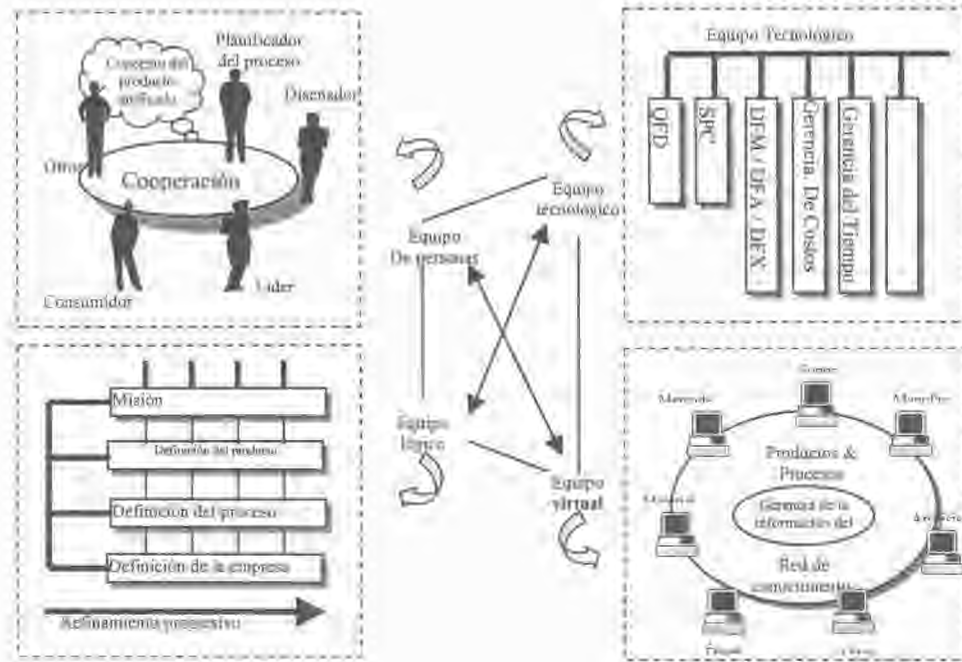


Figura 3

MATRIZ DEL EQUIPO

En la matriz del equipo, tal como se muestra en la figura # 4 se observan una serie de funciones que entre sí, cada celda de la matriz representa un nodo el cual requiere de comunicación, representada por las líneas horizontales y verticales. Las funciones afines son agrupadas y en cada grupo se selecciona un líder, la comunicación entre los diferentes grupos se realiza a través de estos líderes, adicionalmente se reagrupan los diversos líderes afines y entre ellos se selecciona un supervisor, el supervisor de cada nuevo grupo mantiene comunicación con los otros y el portavoz final, es el denominado líder del proyecto.

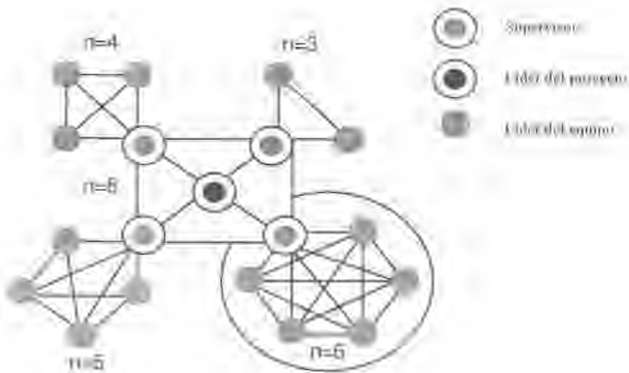


Figura 4

AXIOMAS DE IC

Direcciónar la logística y la ingeniería al mismo tiempo que se evoluciona el diseño, no después que el diseño ya está listo.

2. Comenzar el análisis desde el principio del proceso conceptual o teórico, basando dicho análisis sobre toda la información disponible en ese tiempo (nunca atrasar el análisis porque no hay la suficiente data).

3. No esperar que la base de datos esté completa para obtener la data y/o la información necesaria para hacer el diseño y soportar las decisiones.

4. Usar rápidos, simples, fáciles y baratos PC para operar las bases logísticas, los modelos de costos y las otras herramientas del sistema.

5. Proveer, rápida y fácilmente, las respuestas a las preguntas de la gente de logística, los ingenieros de diseño y los otros participantes del equipo de IC. Las decisiones se requieren en el diseño para soportar el proceso de planificación (no después del hecho).

PRINCIPIOS GENERALES DE IC

En todas las definiciones está resaltada la importancia de dirigir los diferentes aspectos de IC en una manera sistemática. Para ser sistemática, debería estar caracterizada por la aplicación de principios, en los cuales se introduce cultura, cambios humanos y organizacionales dentro de la empresa, a través del uso de metodologías formales, en algunos casos, apoyada en la tecnología de la información.

Los principios de IC, los cuales guían los cambios empresariales han sido clasificados como se muestra a continuación :

- *Principios organizacionales:* nuevas estructuras organizacionales, actitud enfocada hacia el consumidor, disciplina, liderazgo y trabajo en equipo.

- *Principios de mejoramiento de los procesos:* desarrollo y continuidad de las mejoras en las actividades del ciclo de vida de los productos de forma que estén integradas y ocurran concurrentemente cuando sea posible.

- *Principio de la gerencia de información:* los más altos niveles de integración de información y conocimiento, realizando la comunicación de la información y el conocimiento, y la gerencia de recursos (conocimiento de las personas, información tecnológica, etc.).

Estos principios ayudarán a asegurar que todos los aspectos sean considerados durante la implantación y operación de IC.

PRINCIPIOS BÁSICOS DE IC

La regulación del tiempo es una consideración muy importante en IC. Aproximadamente el 80% del costo de desarrollo del ciclo de vida está dado por decisiones tomadas durante el primer 20% del proyecto⁶. IC está fundamentada en ocho (8) principios básicos:

1. *Descubrimiento temprano del problema:* Los problemas descubiertos en las primeras fases del proceso de diseño (particularmente durante el primer 20 % del tiempo del ciclo) son mucho más fáciles de resolver que aquellos problemas descubiertos en las etapas siguientes.

2. *La toma de decisiones a tiempo:* La "ventana de oportunidades" que afecta el proceso de diseño es mucho más amplia en las primeras etapas del proceso que

en las últimas (cuando algunas decisiones están congeladas y cuando el diseño está maduro). El equipo comúnmente tiene la tendencia natural de tomar decisiones rápidas y novedosas, lo cual es bueno, excepto aquellas que deben tomarse en el último momento.

3. *Estructuración del trabajo:* la mente humana prácticamente no puede trabajar en múltiples tareas simultáneamente. En lo que si es poderosa la mente, es en estructurar el trabajo, o lo más importante, estructurar el ambiente de trabajo — de forma que cada tarea pueda desarrollarse independientemente de cualquier otra o ser realizada por una persona, una máquina o una computadora.

4. *Afinidad del trabajo en equipo:* El trabajo en equipo debe realizarse bajo un ambiente de confianza, puesto que la suma de los trabajos individuales en una completa afinidad dará como resultado una tarea más eficiente que el trabajo de cada individuo por separado.

5. *Influencia del conocimiento:* el dominio del diseño del producto a menudo es muy largo. Es posible crear un propósito general automatizado o un sistema basado en el conocimiento, el cual usará apropiadamente las herramientas y reglas sobre el manejo del conocimiento (principalmente computarizado) para guiar la toma de decisiones. La Interconexión o vinculación de herramientas de soporte a decisiones con apoyo humano basado en conocimiento, continuará siendo el método más viable para resolver problemas complejos.

6. *Comprensión común:* el equipo trabajará mejor si conocen lo que los demás miembros están haciendo. Esto incluye comprensión de todas las interacciones operacionales importantes.

7. *Propiedad:* el equipo trabajará entusiastamente haciendo un buen producto si se les permite la toma de decisiones durante la creación del diseño y si se les da propiedad sobre lo que producen.

8. *Constancia del propósito:* Muchos departamentos tienen la tendencia de hacer que su departamento luzca bien ante los otros —creando ganancias falsas- aunque pueda perjudicar a la meta global de la corporación. La corporación completa estará mejor si todo el mundo trabaja hacia una meta consistente independientemente del departamento al que obedezca. Esto requiere de un cambio en el pensamiento más allá de las metas individuales de cada departamento o equipo. Apuntar hacia la constancia del propósito resulta la mejor contribución de cada uno — trabajar hacia un conjunto de metas globales.

⁶ Painter et al. 1991. Linton et al 1991

⁷ CARPA 1997-98

BENEFICIOS DE LA INGENIERÍA CONCURRENTE

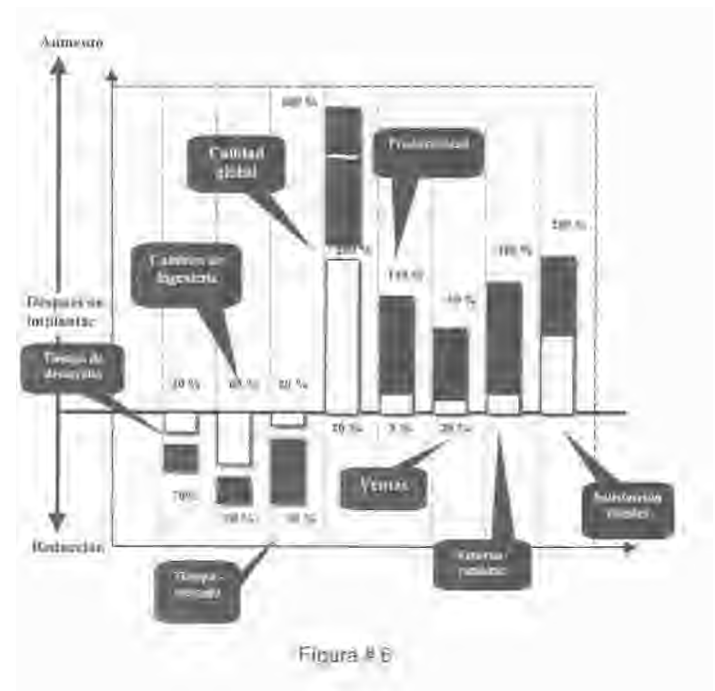
Los productos se apoderan del mercado rápidamente a menor costo. superior calidad cuando ésta se incluye en el diseño del mismo, en vez de controlarse en la línea de producción. Los proveedores y subcontratados se benefician también, así como los proyectos se ejecutan a tiempo obteniéndose el éxito del producto. Muchas X — Habilidades del desarrollo de producto (como calidad, mantenimiento, manufactura, etc.) son encontradas

en el producto. En un reciente estudio la DOD investigó sobre proyectos de Ingeniería Concurrente en Aergel Ordinance, AT&T, Boeing, Deere S Company, ITT, Mc Donnell Douglas, Hewlett-Packard y otras. Ellos encontraron que precisamente se estaban tomando las decisiones por el equipo de IC resolviendo los problemas y mejorando la eficiencia y calidad. Los resultados obtenidos de la implantación de IC en las ocho áreas beneficiadas son mostrados por medio de barras azules y blancas en la figura # 5.



Figura # 5

Boeing redujo el tiempo de su ciclo de desarrollo de conflicto en un 40%-60%. AT&T redujo su tiempo de proceso a través de un nuevo switch digital miniprogramable en 46%. Deere Company redujo el tiempo de desarrollo de productos para la construcción de equipos en un 60%, el costo de manufactura en 30%-40% y el costo en desperdicio y retrabajo en casi un 75%. Mc Donnell Douglas redujo el costo de retrabajo en 29% y el costo de desperdicio en un 57%. Una típica distribución de ahorros en el tiempo del CVP se muestra en la figura # 6.



Otros beneficios de la Ingeniería Concurrente son:

- **Racionalización:** el enfoque concurrente asegura que el diseño será racional para la capacidad del sistema de manufactura en el cual se convertirá de un intento a una realidad. El equipo se enfocará en una meta común en vez de metas conflictivas entre departamentos.

- **Trabajo en paralelo:** la principal ventaja de IC es que muchos procesos ocurren al mismo tiempo, lo cual es preferible a que ocurran uno después del otro.

- **Reduce el tiempo perdido en comunicación:** desde que el equipo multifuncional ha tenido el mismo objetivo, han estado más abiertos y dispuestos a comunicarse entre ellos, las comunicaciones tienden a ser más frecuentes y menos formalizadas. En un proceso lineal el equipo está dividido. Mucho tiempo es gastado en conflictos no necesarios.

- **Corrige errores y resuelve problemas rápidamente:** con IC existe una mejor oportunidad para corregir errores y resolver problemas, mientras todavía son fáciles de corregir. Cuando el producto está finalmente listo para la producción, hay menos cambios.

- **Flexibilidad para acomodar cambios:** cuando un trabajo es hecho en paralelo, provee al equipo la flexibilidad para acomodar los cambios y habilidad para adoptar rápidamente la situación o el requerimiento cambiado. Esta habilidad, en cualquier ciclo del producto provee un suave flujo de información a lo largo de toda la organización.

- **Provee una mejor recepción de información de un departamento a otro:** logra una inigualable colaboración entre ingeniería y manufactura. Permite obtener la concentración de los recursos para lograr una tarea. Además, varias disciplinas individuales también se benefician del trabajo en paralelo en el desarrollo de producto. En una variedad y complejidad de productos crecientes como los manufacturados hoy en día, la cercana cooperación entre el diseño electrónico y mecánico es crítica para la rapidez del desarrollo. La cooperación es importante en la misma manera para las demás disciplinas (diseño industrial, conceptual, análisis estructural, documentación técnica, etc.).

- **Documentación de la obsolescencia:** el largo intervalo entre el sistema desarrollado y el despliegue durante el diseño de producción tradicional incrementa la posibilidad de obsolescencia antes de que el producto esté listo para salir al mercado. En IC debido a que el tiempo para entrar al mercado es reducido, el efecto de obsolescencia sobre los costos es frecuentemente minimizado. Como resultado, IC no sólo obtiene ahorros en el

costo de desarrollo debido a la eficiencia, productividad y a los tiempos cortos, sino también reduce los costos no necesarios como clasificación de partes, herramientas, inventario, equipos de soporte, etc.

- **Reduce las curvas de aprendizaje:** un grupo multifuncional pueden ayudarse entre sí aprendiendo más rápido.

- **Mejor uso de los recursos técnicos adicionales:** al realizarse un proyecto más rápido la compañía puede usar todos los recursos utilizados en el mismo para el próximo proyecto.



IC en el Mundo

HONDA

Honda a finales de 1970 introdujo su propio sistema de Ventas-Ingeniería-Desarrollo (SED) para desarrollar productos. En esa época no se conocía IC como una metodología, sin embargo actualmente HONDA no la llama así.

En ese tiempo HONDA era una pequeña empresa de autos la cual sólo producía dos tipos de coches y camiones para carga ligera. Tenía reputación de fabricar motos lo cual hacía que la confiabilidad de sus autos no se consideraba importante.

El objetivo de la empresa al implantar este sistema era poder responder rápidamente a los requerimientos del cliente y a los movimientos de sus competidores, así como mejorar la calidad de sus productos.

Diez años más tarde gracias a su sistema SED, logró asegurar una buena reputación como fabricante de automóviles de excelente calidad. Su producción se duplicó a dos millones de autos anuales; un tercio de esa producción era realizada fuera de Japón.

En Estados Unidos tenía registros entre los mejores autos vendidos en el país entre los años 89-90. En la actualidad produce nueve diferentes tipos de autos.

El sistema SED de Honda funciona la siguiente forma: las ventas y los servicios funcionan como portavoz de los clientes, quienes interpretan las especificaciones del producto. Los miembros del equipo de desarrollo, trabajan básicamente en la calle, y observan cómo la gente siente las decisiones de diseño que afectan a sus consu-

midores. Por último el equipo de trabajo visita las diferentes distribuidoras para observar los problemas generados.

NISSAN

En 1987 Nissan adoptó IC luego de perder su posicionamiento en el mercado automotor. Estableció una oficina de estrategia de productos y mercado, para determinar las tendencias de la demanda con responsabilidad de realizar la planeación de líneas de productos, capacitación y comercialización. Nissan posee como fuerza de trabajo dos equipos, uno para la planeación del producto y otro para la comercialización del mismo. El equipo de trabajo incluye miembros de producción, control de calidad y pruebas. Adicionalmente otros expertos en el ciclo de vida del producto se pueden incluir eventualmente durante el desarrollo del proyecto.

Nissan por otro lado, posee un programa para explicar a sus proveedores cómo ellos desarrollan sus productos y cómo se encuentran involucrados los proveedores en el proceso. Para responder de forma rápida a los cambios del mercado adoptaron IC en sus plantas fuera de Japón, con énfasis en que sus proveedores deben ser flexibles de forma de crear un ambiente capaz de manejar los frecuentes cambios. En 1988 estableció un centro de IC con miembros de departamentos diferentes.

XEROX

A mediados de 1970 Xerox luego de dominar al mercado de la xerografía, empieza a perder mercado gracias a la competencia de compañías japonesas como Canon y a la baja calidad de sus productos. La xerografía cambió la forma en que operaban los negocios por lo que el crecimiento del mercado fue rápido, entonces Xerox necesitaba responder rápidamente a estos cambios pero con una calidad mejorada de sus productos. Xerox acostumbraba apresurar el diseño del producto hacia producción para poder igualar a la competencia, pero los resultados que obtuvo fueron rodeos del departamento de producción y muchas quejas por parte de los consumidores.

Fue así como inició su versión de IC en 1980 y lo denominó "Proceso de Entrega del Producto" (PDP) en el que el ingeniero de producción trabajaba conjuntamente con el diseñador; por lo que cada componente de la copiadora producida en los 70 fue rediseñada. Para conocer los problemas y alcanzar metas, envió un grupo de ingenieros de diseño y manufactura a visitar a los clien-

tes e incluso repuso partes mal diseñadas por versiones mejoradas. Gracias al PDP, las ventas de productos Xerox aumentaron del 50% al 90%.

VOLKWAGEN

En 1987 la administración de Volkswagen tomó la decisión re-ingeniar todo su sistema. El equipo de diseño debía tener miembros de investigación y desarrollo, ingeniería de manufactura, compras y mercadotecnia. Encontró que la aplicación de IC no puede hacerse tan sólo confiando en la comunicación electrónica, pues el ingeniero tradicional pasa su información sólo cuando ha terminado su trabajo, mientras que los ingenieros de las aplicaciones de IC podrían trabajar con datos incompletos. Puesto que dentro del equipo de diseño se encuentran representantes del departamento de compras, pueden tomar la decisión de "hacer o comprar" lo más rápido posible dentro de la etapa de diseño. Cerró su departamento de Control de Calidad ya que cada departamento es responsable de su calidad.

Volkswagen utiliza un sistema CAD avanzado de la compañía Control Data que permite a varias actividades de ingeniería ser realizadas simultáneamente, por ejemplo, los estilistas pueden trabajar con el diseño del cuerpo, mientras que los ingenieros realizan simulación de la aerodinámica, esfuerzo torsional, examen de choque, etc.

La implantación de IC redujo el tiempo de entrega en el mercado de 48 a 32 meses.

BMW

En BMW muchos aspectos son semejantes a los de Volkswagen, con la diferencia de que BMW construyó primero un centro multidisciplinario de investigación y desarrollo. En este centro se encuentran los departamentos de Investigación y Desarrollo, Planeación Técnica, Tecnología de producción, Aseguramiento de Calidad, Análisis de Valor, Control de costos, Compras, Logística, Patentes y Personal.

IC EN USA

La excelencia manufacturera japonesa hizo a la industria automotriz de USA darse cuenta de la necesidad

de cambio. Se hicieron varias investigaciones y la solución encontrada fue IC.

A mediados de 1980 las compañías automotrices como Chrysler, Ford y GM adoptaron IC. Ford reaccionó al cambio gracias a la eficiencia de la producción japonesa, ya que el 25% de sus acciones en Mazda les dio una visión de cómo trabajaban los japoneses.

La implantación de IC en USA no tuvo el éxito esperado como sucedió en Japón. ya que la fuerza de trabajo no estaba acorde con la estructura organizativa existente, La participación de los proveedores en la fuerza de trabajo hacía el trabajo menos cooperativo, por no ser considerados como verdaderos socios. Fue luego de cinco años, cuando se alcanzó una verdadera IC. En consecuencia se produjo un aumento de los proyectos de hardware y software de IC de 18 MS en 1990 y 90 M\$ en 1995.

OTRAS EMPRESAS

Matsushita Electric Industrial, la gran compañía tras el nombre de Panasonic, ha estado muy cerca a aplicar IC por completo. Los vendedores trabajan directamente con el departamento de desarrollo de producto, y por eso la voz del cliente es fuertemente escuchada. Al igual que la mayoría de las corporaciones japonesas, Matsushita está enfocada en disminuir el tiempo del ciclo de vida del producto. Existiendo un considerable solapamiento en el periodo de transición entre la fase de laboratorio a la producción.

En el caso de un proyecto para construir controles industriales, los ingenieros de producción comenzaron a diseñar sus equipos sólo después de dos meses de trabajo de los diseñadores del producto. La planta se construyó en seis meses, y el equipo de manufactura fue desarrollado sobre un periodo de doce meses (incluyendo el tiempo de construcción de la planta). La consolidación del proceso de manufactura continuó por otros doce meses, periodo en el cual la producción piloto se llevó a cabo. Estos controles están constituidos por una hoja de metal que sostiene un ensamble de piezas electrónicas. Matsushita opera seis días para realizar un ciclo, con los primeros dos días para la venta y la administración. En el tercer día, con información de CAM es verificada y la programación de la producción es determinada. La producción se realiza el quinto y el sexto día, y el ensamble es transportado inmediatamente.

No es sólo en las industrias de electrónica y automóviles en donde IC tiene sentido. Algunas compañías aeroespaciales, como Northrop, han adoptado IC. Aunque los productores pueden ver los beneficios

substantiales de IC, tienen otro incentivo: el hecho de que el Departamento de Defensa (DoD) de USA está demandando su uso. Este es el movimiento más dramático que en USA ha orientado a las industrias a la implantación de IC.

Otras empresas que se pueden mencionar:

- Black & Decker (Towson, Maryland)
- Arms Company (Illion, New York)
- Du Pont
- Delco Remy: un set de 30000 equipos eléctricos para US Industry.
- Procter & Gamble (Cincinnati, Ohio)

HERRAMIENTAS ASOCIADAS A IC

Desde hace una década o quizás dos, los avances en el diseño y desarrollo del producto, incluyendo tecnologías de manufactura, han sido revolucionarios. Diseño/Dibujo Asistido por Computadora - CAD; Manufactura Asistida por Computadora - CAM; Ingeniería Asistida por Computadora - CAE; Planeación del Proceso Asistida por Computadora - CAPP; Ensayo Asistido por Computadora - CAT; Control Numérico computarizado - CNC; y Manufactura Integrada por Computadora - CIM, han ayudado a reducir los ciclos de desarrollo de producto y a la vez reducen la enorme variabilidad inherente al proceso de producción. Estas y otras ventajas en automatización y sistemas integrados originan reducciones de costos que tradicionalmente eran asociados con economías de escala (Manufactura en lotes).

Herramientas de computación U (CAD, CAM, ...)

Es también necesario entender e implantar ideas tecnológicas como rapid prototyping, rapid inch-up, scale-down, y product churnig.

Herramientas Tecnológicas u (RP, ...)

Estas no son fórmulas que aseguran el éxito de IC. No se debe esperar que con sólo el uso de estas herramientas se logra la realización industrial. Éstas son como herramientas flexibles dentro de una caja de herramientas. Ellas tienen el potencial para reducir el tiempo del ciclo y por eso pueden ser usadas en un proceso de IC. Se deben tener las herramientas adecuadas para automatizar y efectivamente capturar un proceso IC consistentemente. Las mayorías de las técnicas que siguen la filosofía IC son fáciles de aplicar y sin ellas las herramientas no lograrían el beneficio esperado. Dichas técnicas son:

1. Despliegue de la función calidad - QFD.
2. Matriz de selección de Pugh.
3. Matriz de concurrencia.

CONCLUSIONES

A primera vista, la migración desde el ambiente actual de desarrollo de productos, que consiste en islas de automatización, hasta sistemas simultáneamente integrados, puede parecer una tarea imposible. Pero cuando se aplican las técnicas básicas expuestas en este artículo para la planificación y ejecución del proyecto, el reto se vuelve más manejable, esencialmente cumpliendo con cuatro pasos: establecer objetivos, entender el negocio, establecer un plan de cambio e implantar el equipo concurrente de trabajo.

Claramente se observa que todas las perspectivas del mercado apuntan hacia una misma dirección, y a pesar de las múltiples fuentes de información utilizadas

en este caso de estudio se llegó a la misma visión. Como se discutió, la industria manufacturera enfrenta hoy el reto de competir más efectivamente para mejorar la calidad del producto con costos más bajos, tiempos más reducidos, así como una mayor repuesta a los súbitos cambios en la demanda del mercado, justamente esto es logrado con la implantación de IC.

Muchos de los métodos tradicionales para fabricar y diseñar un producto también enfrentan retos, las compañías deben descubrir que, para lograr estas metas deben cambiar los métodos secuenciales por concurrentes.

NOTAS

- 1 et. al. 1988
- 2 CERG 1992, Ashley 1992
- 3 Oficina Computer-Aided Acquisition and logistics suport
- 4 1996, "Concurrent Engineering Fundamentals"
- 5 Pennell y Slusarczuk, 1989
- 6 Painter et al. 1991, Linton et al 1991
- 7 DARPA 1997-98