

**UNIVERSIDAD DON BOSCO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**



CODIGO: 1060402

### **TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**TEMA: MODELO DE INGENIERÍA CONCURRENTE EN LA FASE DE DISEÑO DE MOLDES PARA EL PROCESO DE INYECCIÓN EN LA MANUFACTURA DE PRODUCTOS PLÁSTICOS DE LA INDUSTRIA SALVADOREÑA**

Asesor:

Ing. Victor Cornejo

Integrantes de grupo:

Manuel Abisaí, Arévalo Jiménez

Sandra Jannette, Barrera Mejia

Marjorie Lissette , García Mauricio

**Ciudadela Don Bosco, junio del 2005**

## INDICE

<b>i. INTRODUCCIÓN.</b>	<b>1</b>
<b>ii. OBJETIVOS.</b>	<b>3</b>
1.1.1    OBJETIVO GENERAL.	3
1.1.2    OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	3
iii. ALCANCES.	4
iv. LIMITACIONES.	5
1.1    HISTORIA DE LOS PLÁSTICOS	6
1.2    HISTORIA DE LA INDUSTRIA DEL PLÁSTICO EN EL SALVADOR.	7
1.3    PLÁSTICOS Y POLÍMEROS	10
1.3.1    ESTRUCTURA MOLECULAR DE LOS PLASTICOS	11
1.3.2    POLÍMEROS ORIGINADOS POR UN PROCESO DE POLIMERIZACIÓN PROPIAMENTE DICHO.	14
1.3.3    POLÍMEROS ORIGINADOS POR UN PROCESO DE POLICONDENSACIÓN.	14
1.3.4    POLÍMEROS ORIGINADOS POR UN PROCESO DE POLIADICIÓN.	15
1.3.5    ELASTÓMEROS.	15
1.3.6    TERMOESTABLES.	17
1.3.7    TERMOPLÁSTICOS.	18
1.4    SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LA INDUSTRIA DE PLASTICOS.	19
1.4.1    MOLDEO POR TRANSFERENCIA	19
1.4.2    MOLDEO POR EXTRUSIÓN.	20
1.4.3    MOLDEO POR SOPLADO.	21
1.4.4    MOLDEO POR INYECCIÓN.	22
1.5    MOLDES.	26
1.5.1    HISTORIA SOBRE LOS MOLDES DE INYECCIÓN.	27
1.5.2    GENERALIDADES SOBRE LOS MOLDES DE INYECCIÓN.	28
1.5.3    CRITERIOS DE DISEÑO DE MOLDES	30
1.5.4    SELECCIÓN DE MATERIALES PARA MOLDES.	32
1.5.5    MÉTODOS DE MAQUINADO	33
1.5.6    NORMAS DIN/ISO PARA LOS COMPONENTES ESTÁNDAR DEL MOLDE.	33
1.5.7    MANTENIMIENTO DEL MOLDE	36

## **i. INTRODUCCIÓN.**

En el presente trabajo de graduación se describe la información necesaria para la comprensión del modelo de aplicación de ingeniería concurrente que será utilizada en el diseño e innovación de moldes para la fabricación de productos de plástico.

Éste se divide en cinco capítulos para los cuales se define el objetivo general que se persigue y los objetivos específicos que hagan posible el logro del mismo. Además posee sus alcances y sus limitaciones, define la metodología para el desarrollo del estudio.

En el capítulo I se detalla el marco teórico de los materiales plásticos y moldes, que se divide en marco histórico y conceptual conteniendo información sobre la evolución de los materiales plásticos así como el desarrollo de este sector en nuestro país, así mismo los principales sistemas de producción que se utilizan en El Salvador.

Posteriormente se desarrolla el capítulo II el cual contiene los antecedentes información histórica y marco conceptual referente a la Ingeniería Concurrente.

El capítulo III contiene el diagnóstico de la situación actual del proceso de diseño e innovación de moldes dentro del sector de elaboración de productos de plásticos, mediante el uso de técnicas y herramientas ingenieriles tales como el análisis FODA, Diagrama Causa y Efecto, y Diagrama de Pareto, concluyendo el capítulo con el planteamiento de la problemática a resolver.

En el capítulo IV se determina, evalúa y selecciona una de las alternativas de solución planteadas a la problemática identificada en el capítulo III. Para esto se proyectan dos propuestas en las cuales se evalúa la contratación externa y

capacitación del personal en la aplicación de técnicas de Ingeniería Concurrente desarrollada con la Herramienta AMEF, a la vez se evalúan económicamente para verificar si el modelo de aplicación es factible.

En el capítulo V se diseña un modelo de Ingeniería Concurrente, el cual se enfoca en desarrollar paso a paso las etapas del modelo de Ingeniería Concurrente con las cuales se apoyan los valores del trabajo multidisciplinario en equipo, como la cooperación y la confianza ya que el equipo de ingeniería concurrente debe tener la capacidad de compartir e intercambiar los conocimientos y la información requerida de tal manera que la consideración simultánea de todos los aspectos del ciclo de vida del producto sea asegurada durante el diseño.

Con todo esto se pretende dar solución a los problemas planteados, a través de una exitosa aplicación de la Ingeniería Concurrente enfatizando las expectativas del cliente con el fin de obtener productos de alta calidad, con mayor rapidez y menor costo; pero esto depende totalmente del desempeño de los miembros del equipo y del apoyo de la alta dirección ya que los miembros del equipo deben tener ciertas características que deben ser desarrolladas e impulsadas por la dirección de la compañía y el líder del proyecto de Ingeniería concurrente. Esas características incluyen la motivación, responsabilidad, capacitación ya que cada miembro del equipo debe tener el conocimiento y el poder para hacer un cambio en beneficio de todos.

## **ii. OBJETIVOS.**

### **1.1.1 OBJETIVO GENERAL.**

Diseñar un modelo de ingeniería concurrente en la fase de diseño e innovación de moldes para el proceso de inyección en la manufactura de productos plásticos de la industria salvadoreña.

### **1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

Presentar un marco histórico y teórico donde se den a conocer los conceptos que se relaciona con la elaboración de moldes para el proceso de inyección, utilizados en los productos plásticos.

Investigar ampliamente el concepto de ingeniería concurrente a utilizar en el proceso de generación de alternativas de solución.

Presentar un diagnostico sobre la situación actual de la fase de diseño e innovación de moldes para el proceso de inyección del sector plástico en la industria salvadoreña.

Realizar una evaluación y selección de las alternativas de solución para la propuesta del modelo.

Diseñar un modelo de ingeniería Concurrente para el sector plástico.

### **III. ALCANCES.**

La realización del estudio se enfocará en la propuesta de un modelo de ingeniería concurrente en la fase de diseño e innovación de moldes para productos plásticos, ya que ésta es la más importante del ciclo de vida y es donde surgen las características y exigencias del producto.

El estudio presentara una investigación relacionada a los plásticos y a la ingeniería concurrente en donde se den a conocer los antecedentes, generalidades, conceptos, etc.

El estudio tendrá como base un diagnostico de la situación actual de una muestra de 12 empresas del sector plástico agremiadas a ASIPLASTIC y que están directamente relacionados con el proceso de inyección (14 empresas), equivalente al 85.71% del total de la población involucrada en dicho proceso.

Tomando como base los métodos factibilidad operacional y económica; se llevará a cabo una evaluación económica de las alternativas de solución.

#### **IV. LIMITACIONES.**

El estudio se enfocará en doce empresas del sector industrial plástico que utilizan los moldes por inyección; ya que son las que se identifican con la investigación a realizar.

La accesibilidad limitada para la recopilación de información de las empresas del sector Plástico.

Debido a la reciente introducción del concepto de la Ingeniería Concurrente en El Salvador, como toda innovación va asociada a la incertidumbre por lo tanto la actitud de la empresa tienden a presentar temor al cambio.

## **CAPITULO I. MARCO TEÓRICO DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS Y MOLDES.**

Este capítulo, contiene información sobre la evolución histórica de los materiales plásticos; así como el desarrollo de esta industria del sector plástico en nuestro país. Posteriormente se describen los principales sistemas de producción que se utilizan en El Salvador.

Además se presenta la evolución histórica de los moldes, sus generalidades, los principales criterios a tomar en cuenta a la hora de elaborar un diseño; también se dan a conocer conceptos básicos de los mismos.

### **1.1 HISTORIA DE LOS PLÁSTICOS**

En 1868, John Wesley Hyatt, impresor de Estados Unidos, mientras buscaba un sustituto para el marfil, preparó una mezcla de nitrato de celulosa y alcanfor. Al tratar la mezcla bajo presión y en presencia de solventes, obtuvo una sustancia que llamó "celuloide". El celuloide puede ser considerado como el primer material plástico derivado de una sustancia natural, la celulosa, que puede ser obtenida del algodón, la madera u otra materia vegetal.

Pocos años después, Hyatt empezó a producir el celuloide comercialmente. Sin embargo, el uso de este material tenía dos limitaciones: una por ser fácilmente inflamable y otra por tener un bajo punto de fusión.

En 1909, Leo Baekeland, químico estadounidense de ascendencia belga, en su laboratorio cerca de Nueva York, concluyó una investigación sobre productos resinosos obtenidos por condensación del fenol con formaldehído.

La resina así obtenida tenía una característica peculiar: inicialmente era fusible y soluble, pero bajo la acción del calor y un catalizador, se convertía en una

sustancia dura, infundible e insoluble. Esta resina sintética, empleada para preparar los primeros compuestos para moldeo de termofijos, fue llamada "bakelita", en honor a su descubridor<sup>1</sup>.

El éxito de los experimentos de Hyatt y Baekeland, quienes pueden considerarse como los pioneros de la industria de los plásticos, se debió en parte al trabajo previo de científicos e investigadores de Europa y Estados Unidos quienes establecieron los fundamentos de la investigación en el campo de los productos polimerizados.

La industria de los plásticos dio sus primeros pasos en los Estados Unidos, cuando la compañía Celluloid Mfg. Co., se estableció en 1872 para producir barras y tubos de celuloide y mas tarde, en 1910, cuando la empresa General Bakelite Co. Produjo los primeros polvos de fenol-formaldehído para moldes de termofijos.

No es posible describir en un breve resumen el vertiginoso progreso de los materiales plásticos desde los principios de este siglo hasta nuestros días. Pues ese desarrollo esta lleno de frecuentes descubrimientos y de innumerables aplicaciones.

## **1.2 HISTORIA DE LA INDUSTRIA DEL PLÁSTICO EN EL SALVADOR.**

En el año de 1955 se creo la Sociedad de Industrias Salvadoreñas, S.A. (I.S.S.A.); cuyo objetivo principal fue la adquisición y fabricación de artículos de cualquier clase con materiales plásticos, esta empresa fue la pionera de la fabricación de productos plásticos en el país y que en el año de 1958 se convirtió en Industrias Plásticas S.A. (I.P.S.A).

---

<sup>1</sup> Leo Baekland, Fuente WWW:monografía.com

Con el desarrollo del mercado común centroamericano (posterior a la guerra de El Salvador con Honduras). Se produjo más de 13 fábricas para manufacturar diversos artículos de plásticos.

Posteriormente la Industria de los Plásticos adquiere gran auge, hasta el grado de crearse 31 nuevas empresas con producción diversificadas, para suplir la demanda en el mercado y sustituir los productos importados. Se calcula que para el año 1982 el número de las empresas de plásticos eran de 55.<sup>2</sup>

El conflicto armado en el periodo de 1979 –1989 no permitió un desarrollo total de dicha industria; y es así como en el año de 1989, cuando se da la llamada ofensiva de la extrema izquierda, la industria manufacturera de bienes plásticos estaba tan deteriorada que sólo habían 8 empresas manufactureras en el país.<sup>3</sup>

En el año de 1990 trajo consigo la reducción al mínimo del conflicto bélico y se da un crecimiento que ascendía a 20 empresas de productos plásticos. Nótese que tan solo un año se abrieron 13 empresas con respecto al año de 1989.

En el año de 1991, trae la firma de la paz entre las fuerzas en pugna y esto da confianza a que siga invirtiendo en abrir plantas manufactureras de bienes plásticos; y es así, que se llega a tener 22 empresas de los plásticos en el país.

En el año de 1992 la industria en estudio sufre un descenso y baja su frecuencia a 18 empresas manufactureras, por lo que provoca que los inversionistas hagan un análisis a la oferta y demanda. Esto trajo los frutos esperados, y para el año de 1993 se experimenta un crecimiento sin precedentes a 53 empresas manufactureras del plástico en nuestro país.<sup>4</sup>

---

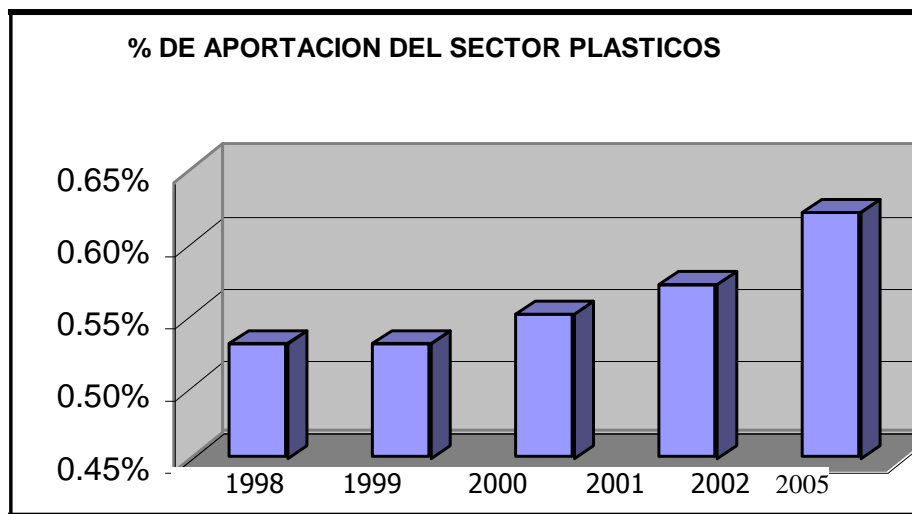
<sup>2</sup> FUENTE: TESIS "Diagnostico y propuesta de solución para mejorar la productividad en las empresas dedicadas a la fabricación de productos de plástico en El Salvador.

<sup>3</sup> FUENTE: "Encuesta anual de la industria manufacturera". DIGESTIC. 1989, 1990, 1991, 1992.

<sup>4</sup> FUENTE: " Censo Económico de industrias Manufactureras." DIGESTIC. 1993

En el año 2003 se realizó el **PRIMER CONGRESO INTERNACIONAL DEL PLÁSTICO 2003** en El Salvador realizado por FUSADES el cual reunió 70 empresas entre las que se encuentran: el sector plástico, instituciones y organismos relacionados con el tema.

Como se puede observar en el grafico 1.1; la aportación al PIB del Sector manufacturero de productos de plásticos en los años 1998 – 2002 ha generado un incremento; por lo que se puede concluir que este sector ha ayudado a la economía del país.



**Grafico 1.1 Aportaciones del sector plástico.**

Según la composición de las exportaciones desde el año 2000-2003 el sector de materias plásticas y sus manufacturas presenta un incremento gradual de 0.03% en cada año, a su vez al analizar las importaciones en el mismo periodo se observa que son mayores dejando entrever la vulnerabilidad a la que esta expuesto el sector plástico ante la competencia.

### **1.3 PLÁSTICOS Y POLÍMEROS**

En el transcurso del último siglo la química aplicada ha avanzado y avanza a pasos tan agigantados, que la mayor parte de nosotros permanecemos indiferentes a los avances de la misma.

Y eso mismo ocurre en el caso concreto de los plásticos. A nadie impresiona ya un teléfono de plástico coloreado, o las botellas reciclables de agua mineral que cada día encontramos sobre nuestra mesa, objetos muy simples que han revolucionado nuestra estética y comodidad que eran impensables hace tan sólo unos 50 ó 60 años.

Al objeto de introducirnos técnicamente en este mundo a continuación se presentará una breve descripción técnica de estos materiales.

Se entiende por la definición genérica de plásticos aquellos polímeros que, bajo la influencia del calor, son capaces de aumentar su viscosidad (entendida ésta como la capacidad de fluir) en estado semisólido o estado viscoelástico y de adoptar una forma que, una vez enfriados son capaces de mantener.

#### **DIFERENCIA ENTRE PLÁSTICOS Y POLIMEROS.**

El plástico esta constituido de moléculas sintéticas, o sea, producidas por el hombre, llamadas polímero (del griego: poli – muchas, mero – partes). Los polímeros se producen por la unión de cientos de miles de moléculas pequeñas denominadas monómeros que forman enormes cadenas de las formas más diversas. Algunas parecen fideos, otras tienen ramificaciones. algunas más se asemejan a las escaleras de mano y otras son como redes tridimensionales.

Los plásticos sintéticos se diferencian del origen natural en la naturaleza de la materia prima. A diferencias de estos últimos, los sintéticos no se preparan a

partir de alguna sustancia polimérica, sino que parten de los monómeros que van a constituir el polímero plástico. En la actualidad, la fuente de dichos monómeros es el petróleo, no obstante, dado que las existencias mundiales de petróleo tienen un límite, se están investigando otras fuentes de materias primas, como la gasificación del carbón.

Lo que distingue a los polímeros de los materiales constituidos por moléculas de tamaño normal son sus propiedades mecánicas. En general, los polímeros tienen una muy buena resistencia mecánica debido a que las grandes cadenas poliméricas se atraen. Las fuerzas de atracción intermoleculares dependen de la composición química del polímero y pueden ser de varias clases. Las más comunes, denominadas Fuerzas de Van der Waals.

Los polímeros son, por tanto, moléculas básicamente lineales, generalmente de origen orgánica, constituidas por la unión de moléculas de bajo PESO MOLECULAR. Estas se denominan monómeros y se unen por intermedio de REACCIONES QUÍMICAS.

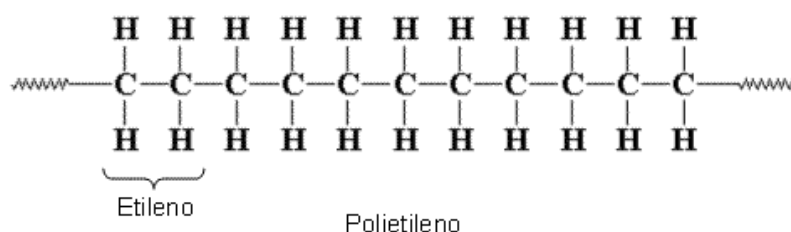
Así es que los polímeros pueden ser definidos químicamente como moléculas relativamente grandes, de pesos moleculares del orden de 1.000 a 1.000.000, en cuya estructura se encuentran unidades químicas sencillas repetidas (meros). Polietileno, polipropileno, poliestireno, poliéster, nylon, y teflón son ejemplos de polímeros industriales.

### **1.3.1 ESTRUCTURA MOLECULAR DE LOS PLÁSTICOS**

La estructura molecular de un plástico consiste de cadenas moleculares muy largas conformadas por unidades que se repiten, denominadas monómeros, enlazadas químicamente. Por lo anterior los químicos y los textos técnicos nos hablan generalmente de polímeros cuando se refieren a los materiales plásticos.(Véase figura 1.1)

**Figura 1.1** Cadena Polimérica

Por ejemplo, la molécula de polietileno está conformada por unidades de monómero de etileno que se repiten. (Véase figura 1.2)



**Figura 1.2** Molécula de Polietileno

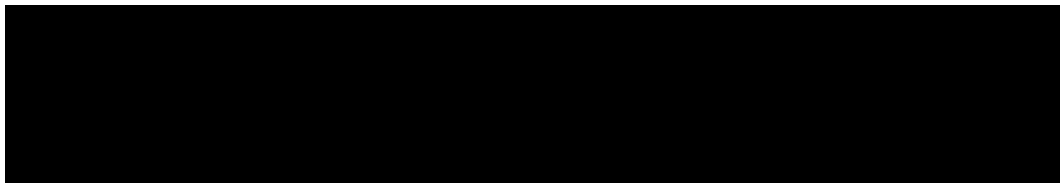
Como se ha dicho anteriormente, las moléculas poliméricas son muy largas, por lo que se denominan macromoléculas. Los polietilenos comerciales están conformados por una cantidad del orden de  $10^4$  monómeros de etileno; por lo que resulta bastante tedioso dibujar o escribir la fórmula química completa, se simplifica la fórmula de las estructuras poliméricas escribiendo la estructura del monómero base encerrada entre corchetes y con el subíndice n para indicar que se repite muchas veces. (Véase figura 1.3).



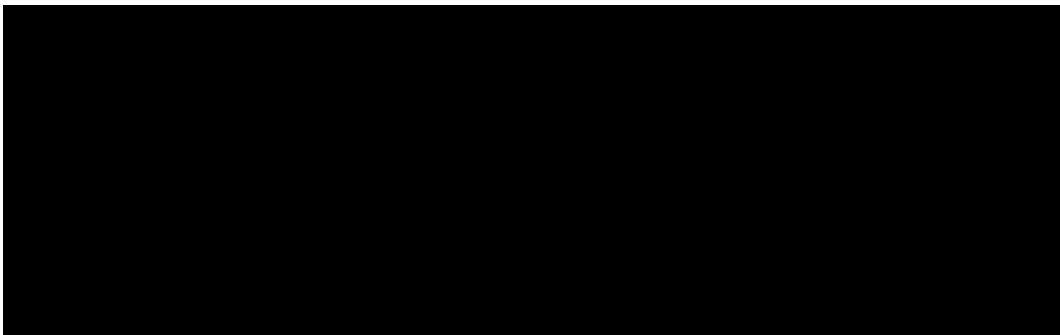
**Figura 1.3** Estructura Polimérica

Existen dos factores moleculares que gobiernan las propiedades mecánicas de un polímero. El primero es la longitud de la cadena, la cual es proporcional al número de monómeros  $n$ , y por ende proporcional al tamaño molecular, o *masa molecular relativa*. El segundo es la forma de la molécula, que depende de la cantidad de ramificaciones laterales que tenga la cadena principal. Incluso pequeñas variaciones en el número de ramificaciones pueden causar cambios apreciables, por ejemplo, en el módulo elástico y en la tenacidad.

Cuando la cadena polimérica es única y no posee ramificaciones a los costados se habla de polímeros lineales (Véase figura 1.4), mientras que si presenta ramificaciones se habla de polímeros ramificados. (Véase figura 1.5)



**Figura 1.4** Molécula de polietileno lineal



**Figura 1.5** Molécula de polietileno ramificado

A los materiales que presentan estructuras como las anteriores se les denomina termoplásticos, debido a que al sufrir aumentos de temperatura se reblandecen y llegan a fundirse. Otra clase de polímeros, denominados termofijos, no sufren reblandecimiento al ser calentados. Esto se explica porque su estructura molecular consiste, ya no de cadenas, si no de redes o cadenas entrecruzadas, de

tal manera que cuando se aumenta la temperatura, los entrecruzamientos no permiten que el material fluya.

Hay una vasta cantidad de monómeros que pueden formar cadenas poliméricas, en consecuencia hay una amplia variedad de materiales. Los polímeros resultantes están dentro de una de las dos categorías generales, polímeros de adición y polímeros de condensación, dependiendo del mecanismo de polimerización, es decir, de obtención de la cadena.

Cuando la cadena polimérica está conformada por un solo tipo de monómero se habla de homopolímeros, y si está conformada por más de un tipo de monómero se habla de copolímeros.

### **1.3.2 POLÍMEROS ORIGINADOS POR UN PROCESO DE POLIMERIZACIÓN PROPIAMENTE DICHO.**

En este tipo de procesos, uno o más monómeros se enlazan por efecto de un catalizador. En esta reacción química, no se produce ningún subproducto. Este tipo de proceso es común a mucho de los plásticos conocidos como polipropileno, polietileno, metacrilato, etc.

Cuando el polímero está formado por un solo tipo de monómero se denomina homopolímero, cuando hay dos copolímero y cuando hay tres termopolímero.

### **1.3.3 POLÍMEROS ORIGINADOS POR UN PROCESO DE POLICONDENSACIÓN.**

En este tipo de procesos se originan subproductos procedentes de radicales de los monómeros que forman parte del polímero creado. En otras palabras, se enlazan monómeros distintos que para poder unirse entre sí deben

desprenderse de algo cada uno. Ejemplos de este tipo de reacción de polimerización es el proceso de fabricación de poliamidas y policarbonato.

#### **1.3.4 POLÍMEROS ORIGINADOS POR UN PROCESO DE POLIADICIÓN.**

Es una policondensación de la cual resulta un polímero con un orden estricto y fijo de los monómeros que lo forman. Un caso típico de producto resultante de este proceso es la espuma de poliuretano.

No obstante, el principal criterio de clasificación se basa en la distribución en el espacio de las cadenas, cuando el plástico está solidificado. En función de dicha distribución espacial se puede hacer la siguiente clasificación de los plásticos:

ELASTÓMEROS

TERMOESTABLES ( también conocidos como termo endurecibles)

TERMOPLÁSTICOS

#### **1.3.5 ELASTÓMEROS.**

Un elastómero posee un alto grado de elasticidad que es característico del caucho: puede ser deformado considerablemente, y volver a su forma original. Como en el caso de las fibras, sus moléculas son alargadas y delgadas, y se alinean cuando se estira el material. La gran diferencia es esta: cuando se elimina la fuerza de estiramiento las moléculas de un elastómero no permanecen extendidas y alineadas; vuelven a sus conformaciones desordenadas originales favorecidas por la entropía. No permanecen alineadas, porque las fuerzas intermoleculares necesarias para sujetarlas en este ordenamiento son más débiles que la de las fibras. En general, los elastómeros no tiene grupos muy polares o lugares muy aptos para puentes de hidrogeno: las cadenas extendidas no se

ajustan muy bien entre si por lo que no pueden operar eficientemente las fuerzas de Van Der Waals. En un elastómero la entropía derrota a la entalpía.

Las cadenas largas de un elastómero se conectan entre si por enlaces cruzados ocasionales: deben ser suficientes para evitar el deslizamiento de las moléculas, pero no privar a las cadenas de la flexibilidad necesaria para extenderse con facilidad y volver nuevamente al desorden.

El caucho natural ilustra estos requisitos estructurales de un elastómero; cadenas largas y flexibles; fuerzas intermoleculares débiles y enlaces intermoleculares ocasionales. El estéreo isómero totalmente se encuentra en la naturaleza en forma de gutapercha; es altamente cristalino y carece de elasticidad.

De los elastómeros sintéticos el más importante es el SBR un copolimero del butadieno (75%) y estireno (25%) que se produce por medio de radicales libres; compite con el caucho en el uso mayor de los elastómeros, se utiliza para la manufactura de neumáticos para automóviles.

Un elastómero completo o mayormente polidienico se clasifica como altamente no saturado. Sin embargo, lo único que se exige de un elastómero es una insaturación suficiente para permitir la formación de enlaces cruzados: por ejemplo, en la manufactura del caucho butílico solo se copolimeriza un 5% de isopreno con isobutileno.

Ventajas Genéricas que poseen los elastómeros:

- Altísima resistencia a la abrasión
- Excepcional absorción de impactos
- Máxima resistencia a la carga
- Excelente resistencia al corte y desgarró
- Antiadherente - bajo coeficiente de fricción
- Drástica reducción de ruido

Liviano y flexible  
Resistente a la intemperie  
Totalmente mecanizable  
Estabilidad de características en el tiempo  
Amplia variedad de formulaciones para adaptarse a cada aplicación específica  
Gran versatilidad, rapidez y bajo costo en el desarrollo de prototipos y lotes cortos

Ventajas sobre los metales:

Resistencia a la corrosión  
Drástica atenuación de ruido  
Peso muy inferior

Ventajas sobre los Plásticos:

Memoria elástica y ausencia de fragilidad  
Menor costo de utilajes  
Menor tiempo de desarrollo de prototipos  
Resistencia a los lubricantes y solventes

### **1.3.6 TERMOESTABLES.**

La organización espacial de las cadenas es similar a la de una red de pescador. Durante el proceso de moldeo se aplica calor para activar la reaccionabilidad de los monómeros de las cadenas, algunos de los cuáles logran enlazarse con monómeros de otras cadenas dando lugar a la citada estructura.

Como en el caso anterior la disposición microscópica de las cadenas dota a la estructura macroscópica resultante de una características particulares; en este caso, la estructura macroscópica resultante es muy compacta y de gran rigidez:

estos materiales presentan respecto al resto de plásticos una mayor resistencia térmica por cuanto al aportar más calor no logra romperse la estructura de cadenas. No obstante, su fragilidad es inversamente proporcional a la resistencia térmica. Efectivamente, la resistencia térmica viene dada por la mayor compactación de las cadenas pero ese mismo mayor empaquetamiento da lugar a una posibilidad de rotura mayor.

Un impacto no deja de ser un aporte de energía en un lugar puntual y concreto que las cadenas, en este caso, es difícil que puedan absorber por estiramiento ya que su libertad de movimiento no es muy alta.

Estos materiales no son reciclables. Este hecho se explica por la reacción entre cadenas durante el proceso de moldeado que dan lugar a un material muy resistente a la temperatura una vez transformado y que, por tanto, difícilmente se puede volver a fundir para su reutilización.

### **1.3.7 TERMOPLÁSTICOS.**

A diferencia de los tipos anteriores, no existe ningún tipo de enlace químico entre cadenas, como mucho existen atracciones de tipo electrostático que hacen que la estructura microscópica sea un entrecruzamiento caprichoso y liado de cadenas a modo de ovillo de lana. Un aporte de calor a esta estructura permite que las estructuras puedan desliarse y resbalar unas sobre otras confirmando el llamado estado viscoelástico.

Dentro de este grupo podemos distinguir entre termoplásticos AMORFOS y CRISTALINOS. La diferencia radica en que los cristalinos, a la vuelta al estado sólido tras el aporte de calor, cuando se repliegan lo hacen intentando ocupar el mínimo espacio posible, no así en el caso de los amorfos que lo hacen de una forma mucho más anárquica. Aún más, en el caso de los amorfos la contracción es

isotrópica (constante en las 3 dimensiones del espacio), mientras que en el caso de los cristalinos la contracción es anisótropa (la contracción es mucho mayor en el sentido de flujo que en el transversal).

No obstante, no existe ningún termoplástico que sea 100% cristalino ni, a la inversa, 100% amorfo. Siempre coexiste una parte cristalina y otra amorfa, aunque haya siempre una mayoritaria que define la clasificación del material. Como es lógico, este comportamiento microscópico tiene sus consecuencias en las características macroscópicas del material.

#### **1.4 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LA INDUSTRIA DE PLASTICOS.**

Los sistemas de producción mas utilizados en el país por la industria del plástico son los siguientes:

Moldeo por transferencia.

Moldeo por extrusión.

Moldeo por soplado.

Moldeo por inyección.

##### **1.4.1 MOLDEO POR TRANSFERENCIA**

###### **Definición.**

Este sistema es similar al de inyección con la diferencia de que se usa básicamente con resinas termoestables, debido a que estas resinas se mantienen plastificadas corto tiempo y a altas temperaturas, en la maquina solo se descarga la cantidad correspondiente a cada pieza a fabricar y las temperaturas de la maquina deben ser mayores a las usadas en los moldes por inyección. (Véase Figura 1.6)

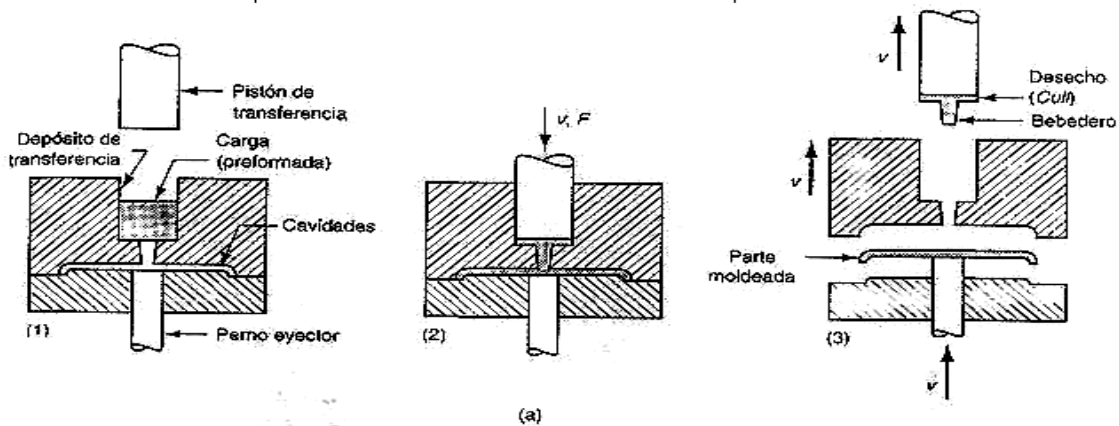


Figura 1.6 Moldeo por Transferencia

## 1.4.2 MOLDEO POR EXTRUSIÓN.

### Definición.

Es un proceso continuo, en que la resina, fundida por la acción de temperatura y fricción, es forzada a pasar por un dado que le proporciona una forma definida, y enfriada finalmente para evitar deformaciones permanentes. Se fabrican por este proceso: tubos, perfiles, películas, manguera, láminas, filamentos y pellets.

Presenta alta productividad y es el proceso más importantes de obtención de formas plásticas en volumen de producción. Su operación es de las más sencillas, ya que una vez establecidas las condiciones de operación, la producción continúa sin problemas siempre y cuando no exista un disturbio mayor. El costo de la maquinaria de Extrusión (Vease figura 1.7) es moderado, en comparación con otros procesos como inyección, Soplado, y con una buena flexibilidad para cambios de productos sin necesidad de hacer inversiones mayores.

La restricción principal es que los productos obtenidos por extracción deben tener una sección transversal constante en cualquier punto de su longitud (tubo, lámina) o periódica (tubería corrugada); quedan excluidos todos aquellos con formas irregulares o no uniformes. La mayor parte de los productos obtenidos de una líneas de Extrusión requieren de procesos posteriores con el fin de habilitar adecuadamente el artículo, como en el caso del sellado y cortado, para la obtención de bolsas a partir de Película Tubular o la formación de la unión o socket en el caso de tubería.

**Figura 1.7 Moldeo por Extrusión**

### **1.4.3 MOLDEO POR SOPLADO.**

#### **Definición:**

El moldeo por Soplado es un proceso discontinuo de producción de recipientes y artículos huecos, en donde una resina termoplástica es fundida, transformada en una preforma hueca y llevada a un molde final en donde, por la introducción de aire a presión en su interior, se expande hasta tomar la forma del molde, finalmente es enfriada y expulsada como un artículo terminado.

El proceso tiene la ventaja de ser el único para la producción de recipientes de boca angosta. Para el proceso Extrusión-soplo, la producción de la pieza final no requiere de moldes muy costosos. Otra ventaja es la obtención de artículos de paredes muy delgadas con gran resistencia mecánica. Operativamente permite cambios en la producción con relativa sencillez, tomando en cuenta que los moldes no son voluminosos ni pesados.

Como restricciones del proceso se pueden mencionar que se producen artículos huecos que requieren de grandes espacios de almacenaje y dificultan la comercialización a regiones que no estén próximas a la planta productora.

#### **1.4.4 MOLDEO POR INYECCIÓN.**

##### **Definición:**

Se utiliza en los casos en que se requiera obtener recipientes de boca ancha, con un cuerpo aún más ancho o de forma tal que no pueda obtenerse por un proceso simple de Soplado. También es adecuado cuando la resina requerida para la obtención del recipiente tenga una fluidez y viscosidad que no permitan la Extrusión de una preforma o se tenga muchos problemas para su control.

En esta variante del proceso de Soplado, en la primera etapa la resina es alimentada a la Tolva de una máquina de inyección, de donde pasa el Cañón y por la acción del Husillo y de la resistencia calefactor es fundida, homogeneizada y transportada hacia la punta de la unidad de inyección; ahí se acumula temporalmente.

Al reunirse la cantidad de material suficiente para inyectar la pieza y teniendo el molde listo para la recepción del material, el Husillo de la unidad de plastificación avanza, expulsando al material plastificado hacia la cavidad del molde para producir la preforma, con un perfil de espesores que puede ser uniforme o variable dependiendo de la forma del artículo final.

La preforma tienen un aspecto tubular y no puede ser, ninguno de sus puntos, más ancha que el diámetro interno de su boca. El plástico inyectado es ligeramente enfriado para la preforma pierda fluidez y conserve un estado reblandecido.

Al momento de alcanzar la temperatura adecuada, la parte del molde correspondiente al cuerpo de la preforma, se aparta para ser sustituida por otro molde que tiene la forma exterior del recipiente deseado.

En esta etapa, las parte del molde que formaron el cuello y la parte interna de la preforma se conservan inmóviles. La preforma, ubicada ahora en un molde de mayor volumen, es expandida por la inyección de aire introducido por el vástago metálico central usado durante la inyección de ésta. La expansión involucra una reducción en el espesor de las paredes del recipiente, de manera similar al proceso de Extrusión soplo, pero en este caso, la línea de costura en la base del producto no aparece, siendo reemplazada por una discreta prominencia que indica el punto de inyección de la preforma.

El plástico, ahora en contacto nuevamente con las paredes interiores del molde final, transfiere su calor rápidamente hacia el metal, que a su vez, es enfriado con corriente de fluidos refrigerantes.

Finalmente, la última etapa del ciclo corresponde a la expulsión de la pieza terminada con la apertura de los moldes que dieron forma al cuerpo y cuello del recipiente y la salida del vástago central del interior del producto. De aquí, el vástago central y el formador del cuello reúnen con el molde del cuerpo de la preforma para instalarse en posición a la salida de la boquilla de la inyectora y esperar una nueva descarga de material plastificado para iniciar un nuevo ciclo. (Véase figura 1.8)

**Figura 1.8** Proceso de Moldeo por inyección.<sup>5</sup>

#### **1.4.4.1 MANEJO TÉRMICO DE LOS MOLDES POR INYECCIÓN.**

Como el proceso de los moldes por inyección de termoplásticos consiste esencialmente en inyectar una resina fundida en una cavidad y permitir que se solidifique ahí antes de expulsarla, es muy importante que la temperatura del molde se controle correctamente. Por lo general, esto se logra haciendo circular un medio de transferencia de calor a través de canales en el molde.

Se puede utilizar agua para temperaturas del molde de hasta 200°F (95°C), pero se requiere aceite para temperaturas más altas. La temperatura necesaria en el molde depende de la categoría de resina que se esté procesando. No se deben usar calentadores eléctricos de cartucho. Aunque tienen la capacidad para calentar el molde, no pueden eliminar el calor del mismo. Como el polímero que se inyecta en el molde está considerablemente más caliente que la cavidad, es necesario eliminar el exceso de calor.

Esto es especialmente cierto en las áreas térmicamente aisladas como los pernos de corazón, donde el calor puede acumularse y causar problemas de expulsión.

---

<sup>5</sup> Fuente: [www. Moldeopor inyección.com](http://www.Moldeoporinyección.com)

Se pueden insertar pernos conductores térmicos de cobre berilio en estas áreas para facilitar la transferencia de calor. Los canales de transferencia de calor en el molde se deben ubicar equidistantes de cada cavidad, y el flujo se debe diseñar de forma que cada cavidad quede expuesta a la misma cantidad y temperatura de líquido.

El patrón de flujo por las cavidades se debe diseñar para que sea simultáneo en lugar de secuencial. Los conductos internos que transportan el líquido para la transferencia de calor se deben dimensionar, dentro de los límites de la velocidad de flujo disponible, para crear un flujo turbulento que aumente al máximo la transferencia de calor.

#### **1.4.4.2 TOLERANCIAS DE LOS MOLDES POR INYECCION**

La variabilidad dimensional de una pieza moldeada es una combinación de la variabilidad dimensional de las cavidades, la variabilidad debida al proceso de los moldes y la variabilidad por el encogimiento del material.

El encogimiento del material depende del tipo de carga y de su contenido. Cuanto mayor es el nivel de carga, menor será el encogimiento. Las cargas con una relación de aspecto, como la fibra de vidrio, tienen diferentes encogimientos en la dirección del flujo y la dirección transversal. Consulte la hoja de datos para obtener el encogimiento de cada categoría.

La tolerancia real depende de la dimensión. Cuanto mayor es la dimensión, mayor será la tolerancia necesaria. Por lo general, se puede mantener una tolerancia de  $\pm 0.2\%$  de una dimensión dada. Para dimensiones muy grandes, puede ser posible mantener una tolerancia de más de  $0.2\%$ . Para dimensiones muy pequeñas, suponga que la mejor tolerancia sea de  $\pm 0.002$  pulg. (0.05 mm).

### **1.5 MOLDES.**

#### **Definición.**

Es una impresión negativa tomada de un modelo positivo (similar al negativo de una foto). El objetivo al hacer un molde es el de reproducir el modelo original lo más preciso posible para que la maquina inyectora pueda producir piezas, el éxito del proceso de inyección esta sustentado en contar con un molde bien diseñado y en optimas condiciones.

### **1.5.1 HISTORIA SOBRE LOS MOLDES DE INYECCIÓN.**

El desarrollo de moldes para máquinas de inyección inició con la aparición del moldeo por compresión a mediados del siglo XIX; En 1872 es presentada la primer máquina de este tipo.

En 1929, Shaw Insulator Co. produce un molde con desenrosque automático de 24 cavidades para piezas de material termofijo. Posteriormente, se practican tratamientos en herramientas para solucionar problemas operativos.

En 1938, Arthur W. Logozz de GE Co. inicia el cromado para cavidades. Para facilitar la construcción de moldes se hizo necesaria la estandarización de componentes básicos y en 1942, Quarnstrom, fundador de la empresa DME, asume esa tarea para facilitar construcción y mantenimiento de las herramientas. Con el objeto de hacer más productivos los moldes de inyección se comenzaron a utilizar materiales diversos y aleaciones de Cobre - Berilio. En 1946, la empresa Wachusett Tools & Dies ya los incorporaba en sus diseños.

La aplicación de algunas innovaciones en moldes de inyección estuvo limitada por la existencia de máquinas en que pudieran colocarse, dando lugar a la creación de nuevas empresas, como Husky Injection Molding Systems en Canadá, con el desarrollo de nuevas tecnologías, como sistemas de colada caliente.

En 1962 inició el desarrollo de dichos sistemas, con la participación de Alex Seres en la empresa Incoe, evolucionando de manera importante para hacer posible hoy su empleo en moldes de alta productividad.

La geometría, complejidad y modularidad en muchas piezas de plástico, han exigido al diseñador de moldes, la incorporación de mecanismos y dispositivos que faciliten el desmoldeo. Así, han surgido moldes con correderas, núcleos móviles y corazones colapsibles.

En la actualidad existen moldes de dos o más niveles que permiten una mayor producción en la misma máquina, pero con requerimientos especiales en la unidad de cierre.

Durante los últimos años, se han ofrecido al mercado sistemas para cambio rápido de moldes, con los cuales se ahorra el tiempo invertido en dicha actividad y brinda mayor seguridad a las personas involucradas.

Del mismo modo, se encuentran disponibles sistemas de cambio rápido de producto, que eliminan la necesidad de operaciones más complejas, gracias a la estandarización de componentes en los moldes.

## **1.5.2 GENERALIDADES SOBRE LOS MOLDES DE INYECCIÓN.**

Los moldes por inyección son una de las herramientas de fabricación para la industria plástica más importante desde que se patentó la roscadora oscilante en 1956. Es casi imposible realizar algo sin la utilización de partes moldeadas por inyección debido a su utilización para piezas del interior de automóviles, bastidores electrónicos, artículos para el hogar, equipamiento médico, discos compactos.

### **1.5.2.1 CLASIFICACIÓN SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE CONSTRUCCIÓN.**

La clasificación de moldes de inyección se rige lógicamente por las características principales de construcción y función. Estas son:

El tipo de colada y su separación.

El tipo de expulsión de las piezas inyectadas.

La existencia o no de contrasalidas exteriores en la pieza a inyectar.

El tipo de desmoldeo.

Esquema 1.1 representa un procedimiento para el desarrollo metódico y planificado de moldes de inyección.

### **1.5.2.2 CLASIFICACIÓN DE MOLDES DE INYECCIÓN**

### **1.5.3 CRITERIOS DE DISEÑO DE MOLDES**

El proceso de diseño es amplio y requiere de mucho cuidado para evitar problemas o reducir los costos económicos causados por un mal diseño, a continuación se resumen algunos criterios que se deben tomar como punto de partida para el proceso de diseño de moldes para el proceso de inyección de plástico.

Para el diseño o selección de:

Producto:

- Espesor de pared
- Tipo de material.
- Cambio de sección en la pared
- Diseñar el producto utilizando solamente el material necesario.
- Considerar elementos de refuerzo tales como costillas.
- Considerar los agujeros ciegos y pasados.

Determinar el número de cavidades:

- Si no se cuenta con una máquina de inyección previamente establecida.
- Se debe considerar factores económicos.
- Los costos de la máquina y salario decrecen con un incremento en el número de cavidades.
- Los costos de material de producción no son afectados por el número de cavidades.

Determinación del número de cavidades tomando como base la fuerza de cierre:

- Debemos conocer la fuerza de cierre
- Se calcula la presión específica en base a la longitud de recorrido del flujo o material a inyectar.
- Se determina el área proyectada por el producto y la máquina

#### Coladas:

- Geometría del producto a inyectar.
- Cantidad de producto a inyectar por ciclo de la máquina.
- Distribución de los productos en el molde.
- Tomar en consideración la cantidad pedida de producto y realizar una evaluación económica, con el fin de decidir si se utilizara colada convencional o caliente.

#### Sistema de enfriamiento:

- Calcular el peso total del plástico inyectado (producto y colado) por ciclo.
- Calcular el calor a ser removido del molde por ciclo de inyección.
- Calcular la cantidad de flujo refrigerante requerido para remover el calor.
- Seleccionar el diámetro adecuado para el canal de enfriamiento.
- Calcular el número de canales y la separación entre ellos y la cavidad.
- Seleccionar el sistema de enfriamiento apropiado para los núcleos (machos) de pequeñas dimensiones.

#### Sistema de eyección:

- Forma geometría de la pieza
- Tipo de material y grueso de pared.
- Volumen proyectado de la producción.

Sistema de salida de gases:

- Debe ser diseñado o seleccionado de tal manera que se garantice que todo el aire atrapado en la cavidad pueda ser removido durante la inyección.

Selección de materiales:

- Configuración de la pieza.
- Volumen proyectado de producción.
- Tipo de material a inyectar.
- Tipo de acabado superficial en la pieza.
- Estabilidad dimensional.
- Maquinabilidad.
- Buena conductividad térmica (para el caso de los termoplásticos parcialmente cristalinos, la conductividad térmica del molde requiere gran importancia.)

#### **1.5.4 SELECCIÓN DE MATERIALES PARA MOLDES.**

Los procesos desarrollados para los moldes de los plásticos y las diferentes direcciones que han tomado las propiedades del proceso de los plásticos para las diferentes cargas, deben ser tomadas en consideración no solamente en el diseño, sino también en la selección de los materiales requeridos para los moldes. Los aceros tienen las cualidades ideales, porque sus propiedades pueden ser modificadas por los elementos de aleación, además tienen procesos de maquinado y tratamiento térmicos especiales. Y por consiguiente pueden ser ajustados a varios requerimientos. También existe la posibilidad de usar tratamiento superficial el cual adiciona ventajas a las propiedades de los aceros para los requerimientos de larga vida de servicio y manufactura económica.

### **1.5.5 MÉTODOS DE MAQUINADO**

Todos los componentes de un molde son sometidos a uno o varios procesos de maquinado para lograr una forma específica y por consiguiente su función. Entre estos métodos podemos mencionar: torneado, fresado, electroerocionado, tecnología CNC y algunos procesos de acabado de superficie, siendo estos unos de los más importantes ya que todos los moldes tienen que tener acabados de superficie. Es esencial que las superficies de expulsión de los moldes se pulen en la dirección de la expulsión, lo cual se conoce como pulido en el ángulo de salida. No se permiten las muescas porque éstas hacen que las piezas se peguen. El pulido de los moldes debe ser parte regular del mantenimiento preventivo del molde.

### **1.5.6 NORMAS DIN/ISO PARA LOS COMPONENTES ESTÁNDAR DEL MOLDE.**

Los rangos del producto ofrecidos por los varios proveedores de partes estándar se producen según sus normas internas o a las normas de DIN/ISO. Aunque las partes diseñadas según norma internacional son completamente intercambiables sin tener en cuenta el proveedor, esto no sería posible con los típicos artículos estándar basados en los planos específicos de la compañía. Por consiguiente, tales componentes estándar pueden estar referidos como un primer paso a una norma oficial; cosas así intentó y probó que pueden regularizarse las partes del molde y finalmente pueden publicarse como normas DIN o ISO. El Comité de Regularización Alemán en las Herramientas (FWS) junto con DIN tienen distribuido un nuevo manual DIN titulado Compresión, inyección y dados de aceros

, el cual contiene todos los estándares y diseños estándar a ser usados en la fabricación de moldes.

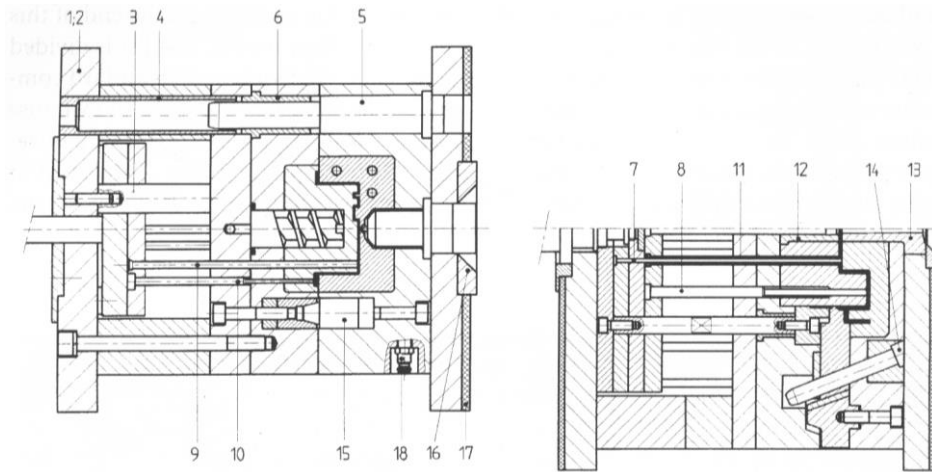
Todos los resultados de los comités relacionados con la normalización tanto nacionales e internacionales se resumen en la Figura 1.15 además de las normas existentes para los varios componentes del molde, DIN 16750, Términos y Símbolos para moldes de Compresión, inyección. Se publicó a mediados de 1991. Esta norma pone la condición previa para la unificación de condiciones técnicas que son completamente esenciales para la comunicación entre el fabricante del molde y el comprador, para escuelas técnicas y finalmente para el diseño asistido por computadora (CAD).

La Asociación Internacional de Maquinas Herramientas Especiales (ISTMA), con miembros de Europa, EE.UU., Canadá, y Asia. En 1997, la ISTMA publica una nueva edición de un folleto sobre la terminología en la fabricación de moldes en diez idiomas diferentes. La referencia se hace en base a normas ISO existentes.

Los números preferidos (Numero Renard) según DIN323/ISO3 (Vease tabla 1.1) son conocidos mundialmente y se usan para la simplificación técnica y cooperación económica. Este rango de números tiene comprobado muchos usos para la normalización y planeación de los tamaños para las partes estructurales. También, en el campo de componentes estándar puede notarse que a la larga las partes diseñadas con las dimensiones específicas de un fabricante se cambiarán por encima de los números preestablecidos.

Aunque el sistema métrico es la norma aceptada en el campo de ingeniería mecánica alrededor del mundo, en América del Norte el sistema ingles se usa todavía en la industria de fabricación de molde. Cualquiera que quiere exportar el género al EE.UU. o preparar los medios de la producción en este mercado se aconseja bien para enterarse con normas americanas que pueden obtenerse del

Instituto de la Norma Nacional americano (ANSI), la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM), o la Sociedad de Ingenieros Automotores (SAE) señala a los proveedores principales de componentes normalizados de molde que tienen facilidades para la producción y actividades de las ventas en el mercado americano debido a sus rangos de productos en ambos sistemas métrico e ingles.



**Figura 1.15** Estado de la normalización (1998) componentes para moldes de inyección y compresión.

Pos. Nr	Denominación	Norma	
		DIn	ISO
1	Placa sencilla	16760-1	6753-2
2	Placa taladrada	V 16760-2	/
3	Soporte	10073	10073
4	Camisa de centrado	16759	9449
5	Barra guía de localización	16761	8017
6	Buje de localización	16716	8018
7	Pin eyector cabeza cilíndrica	1530-A	6751
8	Barra de eyección	1530-C	8694
9	Pin eyector cabeza cónica	1530-D	/
10	Pin eyector cuadrado	1530-F	8693
11	Camisa del eyector	16756	8405
12	Inserto de la cavidad	16757	/
13	Buje de colada	16752-1	10072
14	Barra inclinada	/	8404
15	Unidad de centrado, redonda	/	8406
16	Anillo centrador	16763	10907-1
17	Hoja para insolación térmica	16713	15600
18	Terminales de refrigeración	16766	/

**Tabla 1.1** Estado de la normalización (1998) componentes para moldes de inyección y compresión.

### **1.5.7 MANTENIMIENTO DEL MOLDE**

Es fundamental darle un mantenimiento adecuado al molde a fin de mantener la calidad de las piezas y aumentar al máximo la vida del molde. El programa de mantenimiento mínimo recomendado se muestra en la cuadro 1.1. Algunos moldes pueden requerir intervenciones de mantenimiento adicional.

**Cuadro 1.1 Mantenimiento de un molde.**

<b>CADA TURNO</b>	<b>DIARIAMENTE</b>	<b>CADA 20,000 CICLO O CADA PROCESO DE PRODUCCIÓN (LO QUE SEA MENOR)</b>	<b>CADA 100,000 CICLOS</b>	<b>AI PONER EL MOLDE EN SERVICIO DESPUÉS DE ESTAR ALMACENADO.</b>
<p>Inspeccionar las piezas para comprobar que no tengan corazones o pernos expulsos quebrados ni marcas de arrastre que indiquen daños en la cavidad.</p> <p>Inspeccione las piezas en busca de marcas de quemaduras que puedan indicar taponamientos en los orificios de ventilación.</p> <p>Observe el molde mientras se abre y se cierra para comprobar que no tenga movimiento irregular.</p> <p>Limpie la superficie del molde con limpiador para moldes, especialmente los orificios de ventilación.</p>	<p>Inspeccione el molde para confirmar que no tenga pernos expulsos, desgastados. Doblados o sueltos.</p> <p>Limpie todos los orificios de ventilación que no se encuentren en la lineal divisoria.</p>	<p>Retire el molde de la prensa.</p> <p>Drene y limpie todas las mangueras de aceite y agua. Asegúrese de que las mangueras tengan un flujo sin obstrucciones.</p> <p>Si el molde va a estar fuera de servicio, límpielo con solventes de seguridad y spray que prevenga contra la oxidación antes de guardarlo.</p> <p>Revise que todas las abrazaderas, pernos y placas estén apretados y en buenas condiciones.</p> <p>Si se va a almacenar el molde, coloque en una bolsa el producto de la última inyección y almacénelo con el molde como un elemento representativo de la calidad de las piezas que se está produciendo.</p>	<p>Desensamble todas las placas y límpielas con solventes de seguridad.</p> <p>Verifique que los componentes no estén desgastados reemplace lo que sea necesario.</p> <p>Lubrique todas las piezas móviles según lo requieran.</p> <p>Verifique que los puntos de inyección y los orificios de ventilación tengan la dimensiones correctas .</p> <p>Revise que todos los empaques, sellos y juntas estén en buenas condiciones.</p> <p>Revise la alineación del sistema expulsor.</p>	<p>Utilice un solvente aprobado para eliminar el agente de conservación del molde.</p> <p>Revise que el molde no se haya dañado durante el almacenamiento.</p> <p>Revise que las mangueras de aceite o agua no tengan fugas.</p> <p>Proporcione la última inyección del proceso previo a los operadores para que comparen la calidad.</p>





CAPITULO II	ANTECEDENTES Y MARCO CONCEPTUAL DE LA INGENIERIA CONCURRENTENTE.	45
2.1	ORÍGENES DE LA INGENIERÍA CONCURRENTENTE.	45
2.2	INGENIERIA CONCURRENTENTE.	47
2.2.1	OBJETIVO DE LA INGENIERÍA CONCURRENTENTE.	48
2.2.2	BASE DE LA INGENIERIA CONCURRENTENTE	48
2.2.3	BASES DEL ÉXITO DE LA INGENIERIA CONCURRENTENTE.	51
2.2.4	BENEFICIOS DE APLICAR LA INGENIERIA CONCURRENTENTE.	51
2.2.5	LA INGENIERÍA CONCURRENTENTE: LA REINGENIERÍA DE PROCESOS APLICADA AL PROCESO DE DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS.	52
2.2.6	LA ORGANIZACIÓN MATRICIAL.	53
2.2.7	TIPOS DE EQUIPOS PARA DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS.	56
2.2.8	LA INGENIERÍA CONCURRENTENTE EN LA CADENA DE VALOR DE LA EMPRESA.	60
2.2.9	LA INGENIERÍA CONCURRENTENTE CON LOS PROVEEDORES.	63
2.2.10	ANÁLISIS DEL COSTE DE UN PRODUCTO DESDE EL ENFOQUE DE INGENIERÍA CONCURRENTENTE.	64
2.2.11	PRINCIPIOS DE LA INGENIERÍA CONCURRENTENTE.	66
2.3	DEFINICIÓN DE CONCEPTOS RELACIONADOS A LA APLICACIÓN DEL MODELO DE INGENIERÍA CONCURRENTENTE.	68
2.3.1	CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO.	68
2.3.2	IDENTIFICACIÓN DE NUEVAS OPORTUNIDADES DE PRODUCTOS.	71
2.3.3	INNOVACIÓN DE PRODUCTOS.	71
2.3.4	CLASES DE INNOVACIÓN	75
2.3.5	MODELOS DE INNOVACIÓN	77
2.3.6	MEJORA CONTINUA Y PRODUCTIVIDAD.	79
2.3.7	ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS (AMEF)	79
2.3.8	VISIÓN GENERAL CONCEPTUAL DEL AMEF DEL PROCESO	80
2.3.9	PRINCIPIOS SOBRE EL ANALISIS COSTO - BENEFICIO	82
2.3.10	PROYECCIÓN DE LA TASA DE INFLACIÓN O ÍNDICE DE PRECIOS AL CONSUMIDOR (IPC)	83
2.3.11	CALCULO DEL VALOR ACTUAL NETO DEL COSTO DE LAS PROPUESTAS.	84

## **CAPITULO II ANTECEDENTES Y MARCO CONCEPTUAL DE LA INGENIERIA CONCURRENTENTE.**

Este capítulo, contiene información histórica y conceptual referente a la ingeniería concurrente y temas relacionados, lo cual servirá de base para implementar con éxito nuestro modelo de ingeniería concurrente; y a su vez se describen los beneficios de la aplicación de la Ingeniería Concurrente en la industria del sector plástico.

También incluye el análisis del costo de un producto desde el enfoque de la Ingeniería Concurrente. Además contiene términos de importancia dentro del desarrollo del tema como lo son Innovación de moldes, Ciclo de vida, Mejora Continua y Productividad (Véase apartado 2.2.10).

### **2.1 ORÍGENES DE LA INGENIERÍA CONCURRENTENTE.**

En los años 50 con el surgimiento de una mayor competencia por parte de las empresas, requirió que el personal de diseño y de fabricación cooperaran en el desarrollo de nuevos productos.

En esta década la creación de nuevos métodos de producción viene a ayudar al proceso de diseño y de esta forma responder a las limitaciones de los nuevos procesos. Por lo tanto, la situación donde se utilizan los nuevos procesos de producción será a menudo una parte importante para asegurarse de que los ingenieros de diseño trabajan de cerca con los ingenieros de la producción.

En los años 60 el objetivo de las empresas era la productividad (fabricar mas), en los años 70 era la economía (fabricar mas barato) y en los años 80 era la calidad(fabricar mejor), desde los años 90 a la actualidad la clave se encuentra en la agilidad (fabricar mas rápido y situar inmediatamente el

producto en el mercado) y la flexibilidad (fabricar el tipo de producto que demande cada cliente).

Las bases de la ingeniería concurrente se establecieron a principios de la década de los ochenta en Japón. Sin embargo, el término de "ingeniería concurrente" no se populariza hasta el año de 1988, en el que el Instituto para el Análisis de la Defensa de los Estado Unidos (IDA), lo recalca para describir:

El concepto de Ingeniería Concurrente ha recibido otros nombres, tales como Ingeniería Simultanea, Ingeniería Colaborativa, Ingeniería para el ciclo de vida, Ingeniería Integrada o Desarrollo Integrado de Productos, en función del ámbito en que se utilice el término.

Las voces " Concurrente" y " Simultanea" destaca el paralelismo de las actividades de diseño del producto, y diseño del proceso, pero debido a que "Concurrente" fue propuesto por el IDA<sup>6</sup>, dicho término era utilizado más frecuentemente por la industria militar, mientras que el resto de la industria empleaba la palabra "Simultanea". En la actualidad el adjetivo " Concurrente" esta más extendido en la bibliografía producida en Estados Unidos e Inglaterra, mientras que en Centro - Europa se prefiere el calificativo "Simultanea".

Durante la década de los noventa la innovación tecnológica en empresas líderes de sectores industriales tales como los de automóviles, electrónica de consumo, informático, telefonía móvil, etc., ha sido remarcable debido al elevado número de productos innovadores que han resultado ser un éxito en los mercados globales.

Tres factores han sido básicos para este desarrollo:

- La innovación continúa en productos diversificados para unos consumidores globales.

---

<sup>6</sup> Instituto para el Análisis de la Defensa de los Estado Unidos

- La aplicación de nuevas tecnologías en productos y procesos de producción.
- La aplicación de nuevas técnicas de gestión para el desarrollo de nuevos productos.

En la actualidad las empresas hacen uso de la ingeniería concurrente debido a los beneficios obtenidos como se detallará posteriormente en el siguiente apartado.

## **2.2 INGENIERIA CONCURRENTE.**

La ingeniería concurrente (CE por sus siglas en inglés) se define como “un método sistemático para el diseño paralelo e integrado de productos y los procesos relacionados, incluyendo manufactura y servicios de apoyo, con la intención de que los desarrolladores consideren, desde el inicio del proyecto, todos los elementos del ciclo de vida del producto, desde su concepción hasta su eliminación y reciclaje, incluyendo calidad, costo, planeación y requerimientos del usuario”<sup>7</sup>. Asegurando que las condiciones estructurales, funcionales, de fabricación, mantenimiento, etc. Se consideren en las etapas iniciales de análisis.

De este modo se consigue disminuir el tiempo de salida al mercado y un mayor control de los recursos y costes durante los diferentes estados de desarrollo esta definición implica:

- Una integración entre las diferentes actividades del proceso, obligando a crear equipos de trabajo multidisciplinares formados por profesionales relacionados con el diseño de producto, el proceso productivo, marketing, etc.
- Utilizar técnicas y sistemas basados en computador, como un mecanismo para facilitar el desarrollo, cooperación e integración de las diferentes actividades.

---

<sup>7</sup> Ingeniería concurrente y tecnologías de la información / Rodolfo García Flores

### **2.2.1 OBJETIVO DE LA INGENIERÍA CONCURRENTE.**

La ingeniería concurrente (I.C.) tiene como objetivo incrementar la competitividad, mediante el aumento de calidad y la reducción de coste y tiempo. La disminución del plazo de entrega bien sea el tiempo de desarrollo Time to market - para un nuevo producto, bien sea el "lead time" para un producto ya existente. La mejora de la calidad se base en integrar el diseño del producto con el diseño del proceso de fabricación.

La Ingeniería Concurrente es una consecuencia natural, tanto del crecimiento de la competencia internacional; como de las condiciones de cambio social y las nuevas demandas de satisfacción en el trabajo y desarrollo profesional.

### **2.2.2 BASE DE LA INGENIERIA CONCURRENTE**

Un equipo de desarrollo conjunto en el que intervienen todas las áreas involucradas en el desarrollo de un nuevo producto (incluyendo proveedores) para lograr los objetivos fijados en términos de coste, calidad, plazo y prestaciones del producto.

La Ingeniería Concurrente se basa en el avance en paralelo, concurrente, de las actividades de desarrollo de producto con las de preparación de la producción, con el objetivo de reducir drásticamente el tiempo de desarrollo y lanzamiento de un nuevo producto.

Los proveedores de los medios de producción trabajan en paralelo con el departamento de producción durante la fase de desarrollo del producto, pudiendo definir los medios de producción con mucha antelación. Los resultados son tiempos de desarrollo y costes mas bajos. La peculiaridad estriba en que la planificación de los medios de producción transcurre en paralelo con el proceso de diseño, acortando el tiempo total del proyecto.

A diferencia del proceso de avance del proyecto secuencial, con actividades aisladas y consecutivas el proceso de desarrollo crece y evoluciona en el marco de la IC, de modo superpuesto de acuerdo con la actividades que ejecutan de modo interactivo los miembros del equipo de producto multifuncional.

Ejecutar las tareas del proceso de desarrollo de modo concurrente reduce drásticamente el plazo de desarrollo, con la ventaja de que el producto resulta además mas fácil de fabricar porque los ingenieros de producción aportan ideas a los ingenieros de producto desde el inicio mismo del proyecto.

Bajo esta nueva organización especialista de los distintos departamentos implicados se comprometen a trabajar interactivamente en un equipo multidisciplinar (organización matricial) para implementar proyectos de desarrollo de nuevos productos(organización de procesos) que cumplan los objetivos predeterminados de coste, calidad y plazo de lanzamiento, sin olvidar satisfacer las necesidades del cliente a satisfacer con ese producto.

En consecuencia, la adopción de la IC implica un cambio en la organización de la empresa. El director funcional del departamento de desarrollo de producto debe aceptar la premisa de que, sus decisiones laboriosas y difíciles, tomadas sin el asesoramiento de producción o aprovisionamiento, después resultar ineficaces; así evita que la incorporación tardía en el proyecto de producción provoque cambios en los productos que requieran elevados costes de modificaciones de moldes y utillajes.

Con la IC se pretende que el departamento de marketing no entregue un peligro e especificaciones a ingeniería como un hecho irreversible, ni que ingeniería de producto "lance sobre la pared" su proyecto a producción. Ahora bajo la IC el proceso de desarrollo del producto será el resultado de la continua interacción de un equipo multifuncional y en ocasiones multiempresarial (al

integrar incluso a representantes de los proveedores), cuyos miembros trabajaran en estrecha colaboración desde el inicio del proyecto.

En lugar de dejar la responsabilidad del desarrollo exclusivamente en I+D, la IC se basa en un equipo de expertos de las distintas funciones (ingeniería de producto, ingeniería de proceso, fabricación, compras, calidad, servicio posventa, mantenimiento, etc.) que enriquecerán las decisiones sobre producto y proceso al trabajar juntos como equipos durante todo el ciclo completo del diseño.

Necesitamos durante el desarrollo de un producto, una adecuada realimentación de ideas a fin de resolver los problemas que surjan en cada una de las etapas del desarrollo, de modo que pueda garantizarse la calidad del producto según se exige en la norma ISO 9000 mediante las oportunas revisiones de diseño. La realimentación de los departamentos esta disponible en cada etapa a través de los miembros del equipo. Cada fase esta abierta a reconsideración y corrección hasta que los resultados se controlan.

La ingeniería concurrente logra que tanto el personal que diseña como el que fabrica productos trabaje bajo los mismos objetivos y tenga el mismo conjunto de valores para abordar con entusiasmo problemas comunes a ambos grupos, desde las fases iniciales de un proyecto de desarrollo de producto.

Se necesita un líder con autoridad, que da ordenes que espera sean ejecutadas, que es un director del grupo, que evaluara el desempeño de los miembros del equipo, que es mas que un simple coordinador con una autoridad limitada que debe convencer el resto del equipo para que coopere en el proyecto venciendo su miedo a recibir una evaluación negativa de su jefe funcional. Esa suele ser la mayor diferencia entre los equipos de proyecto que al aplicar la Ingeniería Concurrente tienen éxito o no: el liderazgo real del líder del proyecto.

### **2.2.3 BASES DEL ÉXITO DE LA INGENIERIA CONCURRENTENTE.**

Para que una organización tenga éxito con la aplicación de la Ingeniería Concurrente debe tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Un equipo de producto permanente y multidisciplinar, que trabaje en todos los aspectos del producto a medida que el proyecto avanza, donde se fomente el trabajo en equipo y la comunicación removiendo las barreras que puedan existir entre departamentos.
- Un líder del proyecto con autoridad, que sepa dirigir el equipo de producto, no solo coordinar y que vele por el coste y el plazo del proyecto, cumpliendo con las demandas de los clientes.
- Un plan de proyecto basado en ejecutar las actividades de ingeniería de producto y de fabricación de modo concurrente pero disciplinado.
- Una rotación interna del personal técnico entre los departamentos de ingeniería y fabricación.

### **2.2.4 BENEFICIOS DE APLICAR LA INGENIERIA CONCURRENTENTE.**

El primero es la reducción en el plazo de desarrollo del producto respecto al procedimiento secuencial al producirse un menor número de cambios de ingeniería en las fases más avanzadas del proyecto lo que se traduce en una mayor eficiencia de los recursos del proyecto, humanos y financieros.

El desarrollo simultáneo, sinónimo de la Ingeniería Concurrente, es un elemento característico del Lean Design (diseño con recursos escasos), utilizado en las empresas japonesas líderes del sector del automóvil que aplican la lean production (producción con recursos escasos), un sistema de producción basado en la producción sincronizada y los suministros JIT (Just in time).

Los estudios de Clark y Fujimoto (1991) demostraron que esas empresas desarrollaban nuevos productos equivalentes en grado de complejidad en menos tiempos y con menos horas que sus competidoras occidentales gracias a la estrecha conexión entre ingeniería de producto e ingeniería de producción, lo que denominamos ahora Ingeniería Concurrente. Esta técnica resulto así tener un gran atractivo para el sector del automóvil debido a su estrategia de mercado de obsolescencia planificada de productos, que requiere un plazo de desarrollo de productos lo mas corto posible.

### **2.2.5 LA INGENIERÍA CONCURRENTE: LA REINGENIERÍA DE PROCESOS APLICADA AL PROCESO DE DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS.**

En las empresas industriales se ha identificado claramente un proceso clave para la competitividad empresarial: El proceso de desarrollo de nuevos productos.

El optimizar ese proceso es fundamental para las empresas innovadoras que quieren obtener el éxito teniendo en cuenta el reto que plantean la innovación debido a la incertidumbre asociada al lanzamiento de nuevos productos. Lanzar productos con diseños defectuosos, que no sean fácilmente industrializables o que dejen insatisfechas las necesidades del cliente, difícilmente hará que una empresa sea competitiva. Es difícil obtener éxito en el desarrollo de nuevos productos, sino se dispone de una sistemática y una técnica organizativa adecuada al entorno actual, donde las necesidades de los clientes requieren disponer de un amplio catalogo de productos y un proceso de desarrollo que permita ofrecer en el tiempo más breve posible.

Si las expectativas de los clientes no se ven satisfechas con los productos en comparación con la competencia, la posición competitiva puede verse amenazada, por lo general no es posible mejorar los procesos convencionales, se deberá buscar una mejora radical: la reingeniería de dicho proceso.

Se necesita replantear el proceso de desarrollo de productos considerándolo como si fuera una línea de montaje de producción en la que cada etapa del proceso se añade valor al producto y en la que no se quiere etapas que no añaden valor; en el proceso de desarrollo no se aceptan actividades que no añaden valor a la información.

Esta perspectiva ayudara a plantear una reingeniería del proceso de desarrollo de productos, planteando nuevas formas de realizar las actividades del proceso, empleando nuevos procedimientos y nuevas técnicas de gestión que aporten mejoras radicales.

Los experimentos con prototipos tienen como objetivo aumentar o añadir valor a la información que se tiene del producto, al indicar como funciona y en qué dirección tiene que avanzar para perfeccionarlo. Por eso a pesar del tiempo y esfuerzo que requiere son necesarios para mejorar la calidad de la información sobre el producto.

## **2.2.6 LA ORGANIZACIÓN MATRICIAL.**

La ingeniería concurrente se basa en una organización matricial para desarrollar nuevos productos. La organización matricial es una forma de organización flexible que permite, frente a la organización funcional clásica, que la asignación de recursos humanos a los proyectos se pueda revisar continuamente y mantenerse equilibrada en función de las necesidades de los distintos negocios.

La forma más simple se basa (de ahí su nombre) en una matriz de proyectos - recursos que permite ver cómo se asignan recursos de los departamentos funcionales afectados a los distintos proyectos. La organización matricial permite fomentar un ambiente de equipos de proyecto y eso hace que sea muy utilizada en proyectos de reingeniería de negocios y esté consolidada en empresas organizadas por procesos.

## EJEMPLO DE MATRIZ PARA ASIGNAR RECURSOS A PROYECTOS.

PROYECTOS	A	B	C	D	TOTAL
Jefe de proyecto	Nombre	Nombre	Nombre	Nombre	4
Ingenieros desarrollo	3	2	6	3	14
Ingenieros Produccion	4	2	3	4	13
Ingenieros Calidad	2	1	5	4	12

**Cuadro 2.1 Matriz de asignación de Recursos a proyectos.<sup>8</sup>**

La matriz anterior suele ir acompañada de otra donde figuran los nombres de los miembros del equipo de proyecto. A medida que los proyectos evolucionan se revisan los recursos asignados y se redistribuyen conforme a las necesidades del proceso.

La organización matricial contrasta con la organización funcional convencional que suele ser bastante inflexible y con muchas tareas de poco valor añadido. En una organización funcional el trabajo progresa en serie a través de una serie de departamentos especializados, con comunicación a veces deficiente, largos plazos y costes elevados debido a problemas de calidad.

Pero como las funciones básicas de una empresa tienen que subsistir con la estructuración por procesos, la clave del éxito está en lograr el equilibrio entre ambos enfoques: entre la inflexible pero estable organización funcional y la flexible pero más inestable organización por procesos o proyectos.

La organización matricial es el compromiso entre ambas organizaciones. Puede aplicarse a cualquier departamento pero en el contexto de organizaciones gestionadas por procesos suele ser típica en planificación y desarrollo de nuevos productos para gestionar los diversos proyectos que aborda la empresa. En el organigrama de la figura 2.1 se observa la dependencia de personal de los distintos departamentos de los líderes de los líderes de los proyectos (A, B, etc.) mientras dura el proyecto.

---

<sup>8</sup> Fuente: Ingeniería Concurrente Enrick Barba Ibáñez.

La organización matricial permite el trabajo en paralelo, de forma concurrente y por ello reduce los plazos de los proyectos; de ahí que sea la base de la ingeniería concurrente. Para que funcione con éxito, la organización matricial de proyectos requiere los factores que figuran a continuación.

Claves del éxito de una organización matricial de proyectos.

- Procedimientos detallados para cada etapa del proyecto incluyendo:
  - El rol de cada uno de los miembros del equipo.
  - Las actividades a realizar por cada miembro, los documentos y el plazo previsto.
- Revisiones periódicas del estado del proyecto por Dirección General.
- Control estricto del Líder del proyecto del presupuesto del proyecto.
- Sistemas de comunicación adecuadas (reuniones periódicas, e-mail, videoconferencia, etc.)

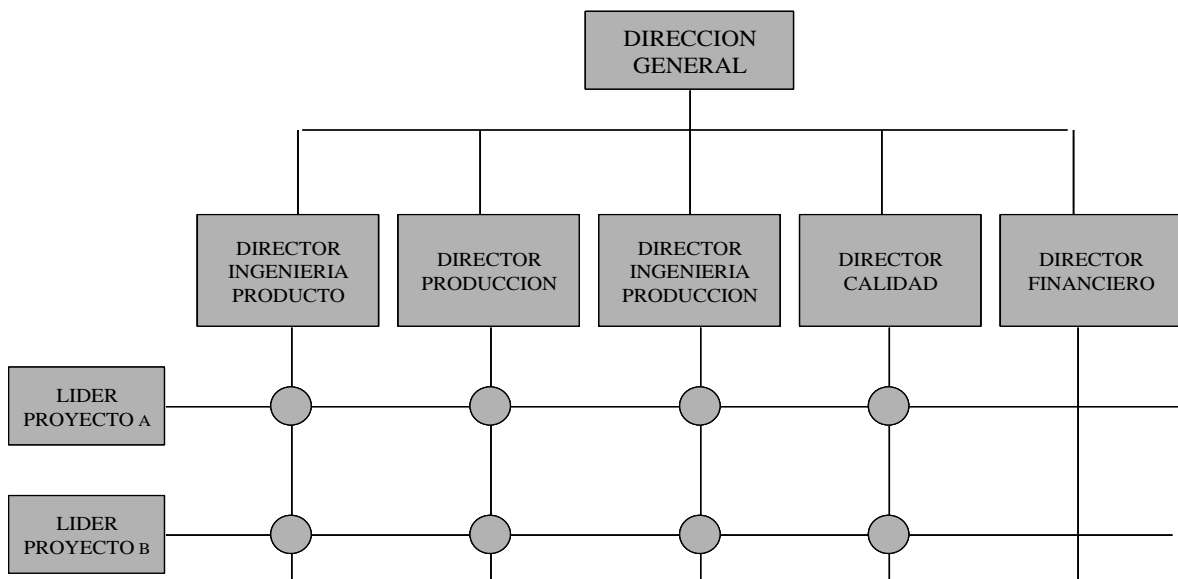


Figura 2.1 Organización Matricial de proyectos .<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Fuente: Ingeniería Concurrente Enrick Barba Ibáñez.

## **2.2.7 TIPOS DE EQUIPOS PARA DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS.**

Wheelwright y Clark, profesores de Harvard, han estudiado las diferencias significativas que existen en las estructuras organizacionales de los departamentos de desarrollo de productos, tanto en la forma de trabajo, como en los diferentes grados de implicación y eficacia de los recursos humanos empleados.

Para desarrollar eficazmente un producto es preciso integrar en el equipo a todos los miembros implicados, cosa difícil en grandes compañías en la que en los departamentos funcionales poseen un alto grado de especialización.

Existen cuatro tipos básicos de organizaciones de equipos de desarrollo de productos:

- Equipo funcional.
- Equipo matricial con líder del proyecto poco influyente.
- Equipo matricial con líder del proyecto influyente.
- Equipo autónomo.

### **2.3.3.1 EQUIPO FUNCIONAL.**

Corresponde a la organización funcional tradicional. El personal se agrupa por especialidades bajo la dirección de cada uno de los directores funcionales (DF). El nivel de trabajo es en el departamento en la función. En las reuniones previstas del proyecto se discuten los problemas que van surgiendo. A medida que pasa el tiempo la responsabilidad del proyecto pasa secuencialmente de una función a otra función.

El problema se plantea, pues el proceso de desarrollo debe de descomponerse en tareas no siempre conocidas a priori, ni subdividibles

fácilmente de un modo realista, lo que hace que la coordinación y la integración puedan verse resentidas. (Véase figura 2.2)

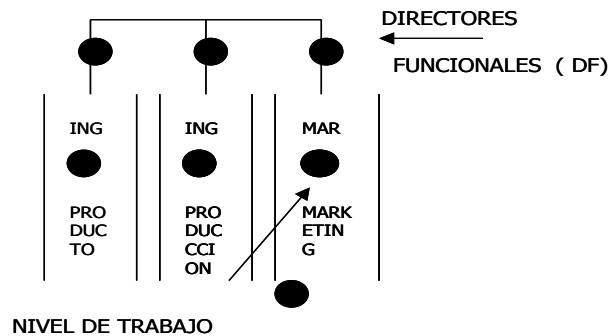


Figura 2.2. Equipo Funcional .<sup>10</sup>

### 2.3.3.2 EQUIPO MATRICIAL CON LÍDER DEL PROYECTO POCO INFLUYENTE.

Al igual que la estructura funcional, las personas asignadas a esta estructura matricial están físicamente en las áreas de los departamentos funcionales. El nivel de trabajo se sitúa en el área funcional. La diferencia estriba en que cada área designa una persona de enlace como representante en el comité de coordinación del proyecto.(véase figura 2.3) Estos representantes están dirigidos por un líder del proyecto (LP) que coordina las diferentes actividades de las funciones. Este enfoque se suele ver como un organigrama funcional, en la que los enlaces tiene además de sus obligaciones en el departamento la misión de trabajar en un equipo.

Se considera que el líder del proyecto es poco influyente por dos aspectos:

1. Aunque es un persona de experiencia notable, suele tener un estatus con influencia media en la organización.

<sup>10</sup> Fuente: Ingeniería Concurrente Enrick Barba Ibáñez.

2. Aunque informe y coordine las áreas funcionales, los recursos claves están bajo el control de los directores funcionales por lo que no tiene facultad de reasignar recursos o personas.

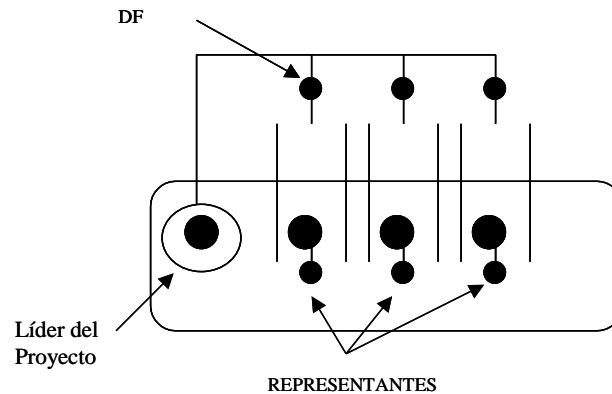


Figura 2. 3. Equipo matricial LP poco influyente <sup>11</sup>

### 2.3.3.3 EQUIPO MATRICIAL CON LÍDER DEL PROYECTO INFLUYENTE.

El líder del proyecto influye en todos los aspectos. Suele ser un directivo de una cierta categoría dentro de la organización y en algunas empresas incluso supera el rango de los directores funcionales.

Estos líderes ejercen una influencia primaria sobre las personas funcionales claves que trabajan en los equipos básicos. El grupo suele estar en el mismo lugar físico que el líder del proyecto. Los miembros del proyecto no están de carácter permanente; no obstante el líder del proyecto influyente realiza la evaluación de las aportaciones individuales. ( Véase figura 2.4)

La gran ventaja del equipo influyente es la integración de las soluciones con las necesidades de los clientes, consiguiendo subsistemas que se complementan y cumplen el segmento básico de requerimientos, utilizando los conocimientos de individuos de amplia capacitación más que los especialistas.

<sup>11</sup> Fuente: Ingeniería Concurrente Enrick Barba Ibáñez.

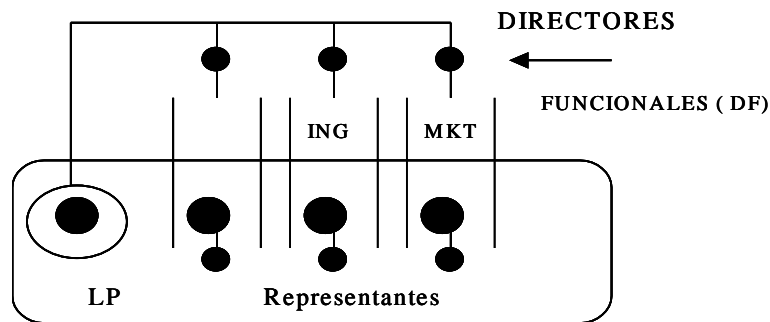


Figura 2.4. Equipo Matricial LP influyente .<sup>12</sup>

#### 2.3.3.4 EQUIPO AUTÓNOMO.

En estos equipos los individuos de diferentes funciones son asignados formalmente y situados en el mismo lugar (co-location) que el líder del proyecto, que posee el control total de los recursos aportados por los departamentos funcionales y evalúa las aportaciones personales. (véase figura 2.5) El nivel de trabajo se sitúa dentro del equipo.

Como esta muy enfocado al éxito del proyecto, desarrollan rápidamente los nuevos productos o procesos. Los problemas transfuncionales los resuelven eficientemente pues los líderes del proyecto que suelen elegir libremente a los participantes, cosa que no ocurren en los otros equipos, por lo que suele ser difícil integrar tanto el producto resultante como los miembros del equipo al concluir el proyecto, dentro de la estructura tradicional.

Al equipo autónomo no se le exige seguir métodos organizativos sino que puede creárselos (incentivo, normas de comportamiento, etc.) el éxito o el fracaso solo depende del equipo.

<sup>12</sup> Fuente: Ingeniería Concurrente Enrick Barba Ibáñez.

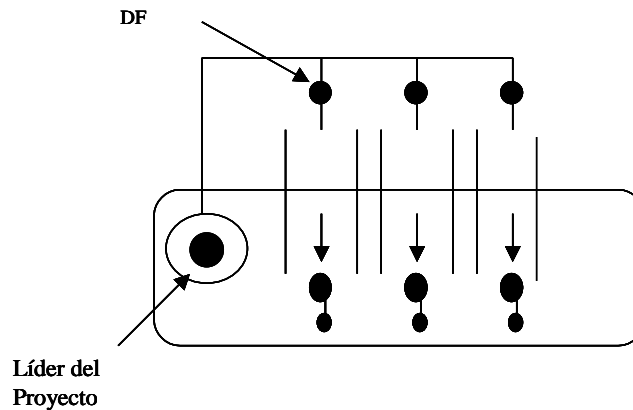


Figura 2.5 Equipo Autónomo.<sup>13</sup>

### 2.2.8 LA INGENIERÍA CONCURRENTE EN LA CADENA DE VALOR DE LA EMPRESA.

La ventaja competitiva de las empresas surgen del modo en que se organizan y ejecutan las diversas actividades de los procesos que tienen lugar en ellos (desarrollo de productos, producción, etc.).

La forma en que ejecutan estas actividades crea un valor para los clientes. Para tener una ventaja competitiva, la empresa debe ser más eficiente a la hora de ejecutar esas actividades, creando un mayor valor para el cliente que el producto equivalente de sus competidores. El valor que crea la empresa se medirá por los que los clientes están dispuestos a pagar por los productos que ésta fabrica. La empresa tendrá beneficios si ese valor supera los costes conjuntos de realizar todas las actividades de sus procesos.

<sup>13</sup> Fuente: Ingeniería Concurrente Enrick Barba Ibáñez.

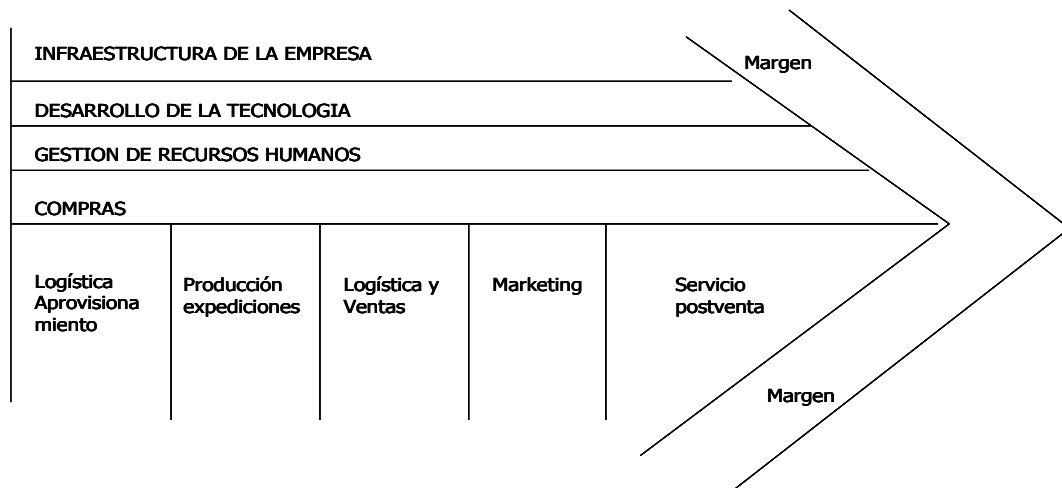


Figura 2.6 Cadena de Valor de la empresa<sup>14</sup>

Esas actividades de los procesos fundamentales de una empresa se pueden visualizar en la figura 2.6, un diagrama que Michael Porter, denomina como cadena de valor de la empresa, ya que todas esas actividades contribuye al valor que percibe el cliente.

Las actividades de la empresa se pueden agrupar en dos categorías:

- **ACTIVIDADES PRIMARIAS:** (Logística de aprovisionamiento, producción, Logística de expediciones, marketing y ventas, servicio post-venta) básicas en los procesos de fabricación y distribución de productos.
- **ACTIVIDADES QUE DAN SOPORTE:** (Compras, gestión de recursos humanos, desarrollo de tecnología e infraestructura de la empresa) al suministrarles los recursos necesarios.

Las empresas pueden ganar ventajas frente a sus competidores si conciben nuevas formas de realizar esas actividades empleando nuevos procedimientos, nuevas técnicas, en esencia si logran una sinergia entre los distintos departamentos en particular es importante el proceso de desarrollo de nuevos productos que figura dentro del proceso de actividades destinadas a innovar el producto y procesos, desde la investigación básica al desarrollo del producto.

<sup>14</sup> Fuente: Ingeniería Concurrente Enrick Barba Ibáñez.

La cadena de valor refleja que la empresa es un sistema interdependiente de procesos cuyas actividades están conectadas, mediante enlaces o vínculo. Esos enlaces crean compromisos entre la forma de ejecutar las actividades que deben ser resueltos de acuerdo con la reingeniería adoptada para los proceso afectados. En coordinar adecuadamente las actividades enlazadas en un modo importante de reducir el tiempo total que se requiere para ejecutarlas, lo que se traducirá en una importante reducción de costes. La eficiente coordinación del proceso de desarrollo de nuevos productos puede considerarse, por sí misma como una fuente de ventaja competitiva. Eso explica el que las empresas innovadoras organicen las actividades de la cadena de valor alrededor de la actividad de desarrollo de productos, como un núcleo central y unan dicha actividad mediante la ingeniería concurrente con la cadena de valor con sus proveedores.

La ingeniería concurrente es ideal para la coordinación de dos actividades enlazadas: el proceso de desarrollo de nuevos productos con los procesos de fabricación. Gracias a esta técnica podremos lograr grandes ahorros en el tiempo de lanzamiento de nuevos productos ya que se logra solapar en el tiempo actividades de ambos procesos, optimizando la ejecución de esas actividades enlazadas, mejorando además la facilidad de montaje de los productos.

Pero la cadena de valor de los procesos de una empresa está en medio de un flujo mayor de procesos, en lo que se denomina el *sistema de valor*, formado por las cadenas de valor de la empresa, de sus proveedores de materia primas, componentes y equipos de producción así como las de los distribuidores.

Podemos lograr aun mayores ventajas si sabemos optimizar las interrelaciones de este *sistema de valor*. Los enlaces ahora no solo conectan actividades de procesos internos de la empresa, sino que conectan procesos interdependientes entre la empresa y sus proveedores.

Las empresas líderes en gestión de la innovación organizan las actividades de su Cadena de Valor alrededor del proceso de desarrollo de productos, como un núcleo central y se unen mediante la ingeniería concurrente a la Cadena de Valor de sus proveedores.

Tenemos así dos enfoques posibles para lograr la reingeniería del proceso de desarrollo de nuevos productos:

- En el primero, integración interna, la ventaja competitiva resulta de la idea de una cadena de valor centrada en el proceso de desarrollo de nuevos productos, ofreciendo una estructura participativa a todos los departamentos, optimizando las actividades de dicho proceso mediante una organización matricial que involucre a toda la empresa.
- En el segundo, integración externa, se busca la reducción de los costes del producto y la reducción del tiempo de desarrollo asociado, mediante la participación de proveedores cualificados desde el inicio del proyecto.

La ingeniería concurrente nos permitirá potenciar ambos enfoques favoreciendo tanto la integración interna como una integración externa con los proveedores.

### **2.2.9 LA INGENIERÍA CONCURRENTE CON LOS PROVEEDORES.**

La ingeniería concurrente en un ámbito externo a las empresa desarrolla la idea (basada en la reingeniería de procesos) de que la empresa fabricante debe colaborar directa y abiertamente con sus proveedores de componentes o subsistemas haciéndoles participar en su proceso de desarrollo de nuevos productos, responsabilizándolos del diseño y suministro del componente o subsistema a cambio de relaciones comerciales estables.

Es el denominado desarrollo conjunto, proceso por el que los ingenieros de las empresas proveedoras durante el desarrollo del producto, trabajan de modo concurrente con los ingenieros de producto y de producción, con el objetivo de reducir costes y cumplir con los plazos previstos.

Este sistema favorece así la reducción del número de proveedores, logrando reducir los costes finales de los componentes por efectos de economía de escala e induce además un ambiente de cooperación e innovación que permite al proveedor adquirir una talla internacional.

Del mismo modo, los proveedores de los medios de producción trabajan en paralelo con el departamento de producción durante el desarrollo del producto, pudiendo definir los medios de producción con mucha anticipación.

La Ingeniería concurrente presupone así una excelente comunicación y un alto nivel tecnológico de las partes implicadas, tanto fabricante como proveedores. De modo que se logren los objetivos comunes: un producto con éxito.

#### **2.2.10 ANÁLISIS DEL COSTE DE UN PRODUCTO DESDE EL ENFOQUE DE INGENIERÍA CONCURRENTE.**

En la Ingeniería Concurrente, el equipo del proyecto trabaja en paralelo, la información se comparte a través de los mecanismos y canales de comunicación claramente establecidos. Por que los cambios se propagan rápidamente. Además, gracias a un diseño mejor definido y adaptado al sistema productivo aumenta la calidad del producto.

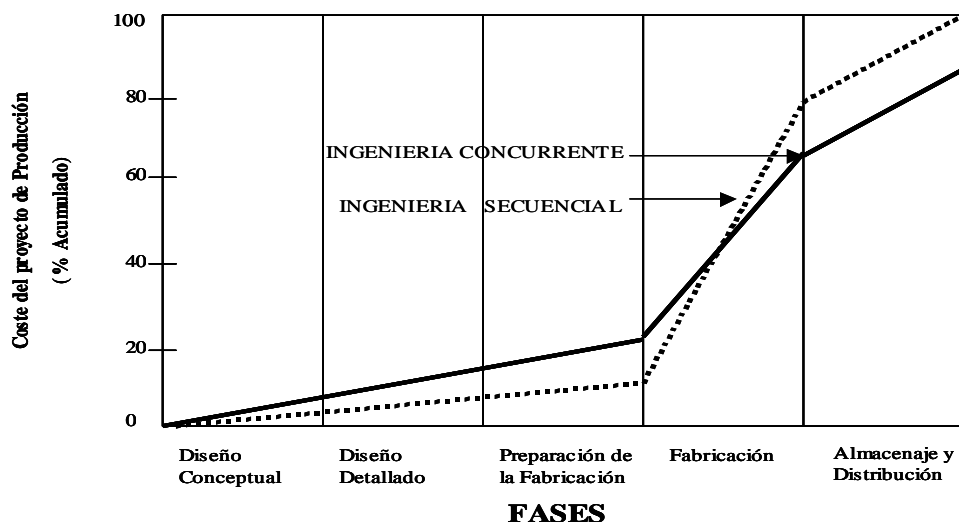
El trabajo en paralelo requiere un mayor esfuerzo de definición, captura y procesado de información, uso de métodos estructurados de diseño, reuniones de coordinación del equipo multidisciplinar de trabajo, en las fases iniciales de desarrollo del producto (diseño conceptual y diseño detallado), lo que supone una mayor cantidad de trabajo, que se traduce en una mayor

dedicación de personal y el consumo de recursos de todo tipo. Por tanto, la Ingeniería Concurrente exige una mayor inversión de tiempo y recursos (humanos y materiales) en las etapas iniciales.

Sin embargo, el mayor esfuerzo inicial revierte en un acortamiento de plazos (el producto inicia antes su fabricación) y en una reducción de costes, debido principalmente a los dos motivos siguientes:

- El mayor detalle en la definición y el análisis del producto reducen la necesidad de modificaciones y rediseños durante el proceso de fabricación.
- El conocimiento de las fortalezas y debilidades del sistema productivo permite un diseño adaptado a dicho sistema, con lo que se optimiza el coste y el tiempo de fabricación.

Si los gastos desembolsados durante el diseño, desarrollo y fabricación del producto se representan de forma agregada, se obtiene una clara interpretación de la reducción de coste que puede llegar a aportar la Ingeniería Concurrente, dado que el mayor gasto en la fase de diseño se recupera en las de fabricación y distribución. (véase figura 2.8)



**Figura 2.8** Comparación de la Inversión requerida en cada fase.<sup>15</sup>

<sup>15</sup> Fuente. Introducción al proyecto de producción: ingeniería concurrente para el diseño de producto.

En las primeras fases del desarrollo se selecciona la geometría, formas, dimensiones, materiales y procesos. Lo que implica la definición de los gastos que efectuados en fases posteriores (acopio de materiales, uso de maquinaria, empleo de mano de obra, etc.). Por tanto, cuando el diseño llega a la fase de preparación de la fabricación, quedan pocos grados de libertad para influir sobre los costes.

Dado que los mayores ahorros solo se pueden conseguir en las primeras fases del proyecto, queda justificado el mayor esfuerzo en técnicas de diseño, análisis, ensayo, etc., para el diseño conceptual y la materialización del diseño así como la necesidad de mejorar la comunicación, colaboración, coordinación e integración entre los diferentes miembros del equipo encargado del desarrollo del producto.

### **2.2.11 PRINCIPIOS DE LA INGENIERÍA CONCURRENTE.**

Aunque el concepto tiene más de una década, el problema de su implantación real en la industria aún no está resuelto. Existen importantes dificultades, algunas de las cuales seguidamente se enumeran:

- La resistencia al cambio ante una nueva forma (filosofía y entorno) de la empresa.
- La necesidad de contar con una plantilla motivada, orientada a la responsabilidad y a la calidad (trabajo bien hecho, y a la primera), y de mejorar su nivel de formación.
- La disponibilidad económica para afrontar inversiones en nuevas tecnologías tanto productivas como de la información.

Para Implantar la Ingeniería Concurrente en una industria es necesario introducir tres tipos de principios:

- Organizacionales.
- De mejora de Procesos.
- De gestión de la información.

Principios organizacionales: se basan en la introducción de nuevas estructuras organizativas (matriz de jerarquía débil, "*Task force*" o equipos de proyecto, etc, actitudes orientadas al servicio al cliente y a la colaboración con proveedores, promoción de la cooperación interdepartamental, desaparición de los niveles de mando intermedio, incremento de la responsabilidad del trabajador y promoción de su autoestima, mejora de la formación de recursos humanos.

Los Principios de Mejora de Procesos se orientan al desarrollo de mejora continua de las actividades del ciclo de vida del producto, intentando su paralelización siempre que sea posible.

Los Principios de Mejora de Procesos se orientan al desarrollo de mejora continua de las actividades del ciclo de vida del producto, intentando su paralelización siempre que sea posible.

## **2.3 DEFINICIÓN DE CONCEPTOS RELACIONADOS A LA APLICACIÓN DEL MODELO DE INGENIERÍA CONCURRENTE.**

Para la aplicación del Modelo de Ingeniería concurrente es necesario tener en cuenta los conceptos que a continuación se describen:

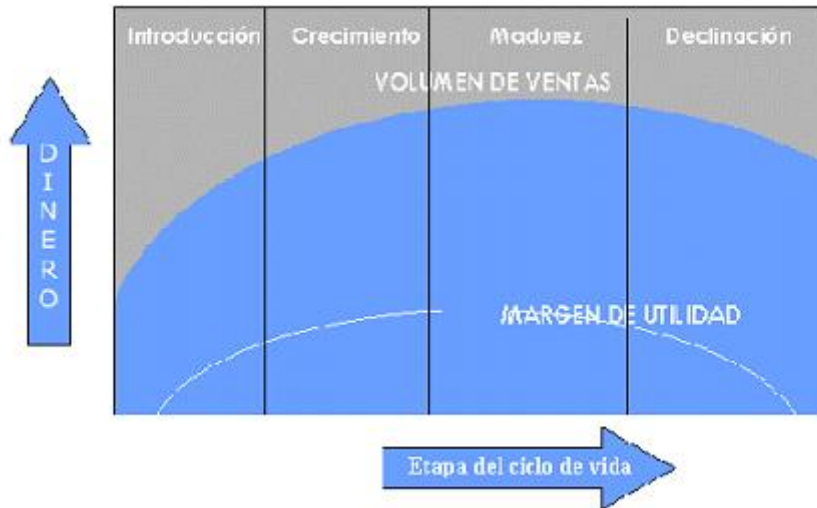
### **2.3.1 CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO.**

Los productos tienen ciclos de vida que pueden dividirse en cuatro etapas: introducción, crecimiento, madurez y declinación (envejecimiento). El éxito de la mercadotecnia de una compañía es afectado profundamente por su capacidad de entender o dirigir el ciclo de vida de sus productos. El ciclo puede ilustrarse con las curvas del volumen de ventas y utilidades, como aparece en la figura 2.9. Las formas de dichas curvas varían de un producto a otro. Sin embargo, las formas básicas y las relaciones entre dos curvas suelen ser como las de la figura.

### **CARACTERÍSTICAS DE CADA ETAPA**

Es muy importante que la gerencia reconozca en qué parte del ciclo de vida se encuentra su producto en determinado momento. El ambiente competitivo y las estrategias de mercadotecnia resultantes diferirán de ordinario según la etapa.

**INTRODUCCIÓN.** Durante la primera etapa del ciclo de vida de un producto, éste se lanza al mercado con una producción a gran escala y un programa exhaustivo de mercadotecnia. Ha pasado ya por las etapas iniciales de la evaluación de ideas, modelos piloto y pruebas de mercado. El producto entero puede ser nuevo, como una máquina que limpia electrónicamente la ropa sin usar agua. O bien puede ser que el producto básico sea bien conocido pero tenga una nueva característica o accesorio que se encuentre en la fase introductoria; por ejemplo, un motor de turbina de gas en un automóvil.



**Figura 2.9 Ciclo de Vida de un producto.**

Hay un alto porcentaje de características del producto en este periodo. Las operaciones del periodo introductorio se caracterizan por altos costos, un elevado volumen de ventas, pérdidas netas y una distribución limitada. En muchos aspectos, la etapa de introducción es la más riesgosa y cara. Sin embargo, en el caso de productos realmente nuevos, existe escasa competencia directa. El programa promocional puede diseñarse para estimular la demanda primaria más que la secundaria. Es decir, el tipo de producto se pone de relieve y no la marca del vendedor.

**CRECIMIENTO.** En el crecimiento, o aceptación del mercado, las ventas y los productos se elevan, a menudo a una gran velocidad. Los competidores entran en el mercado: en grandes cantidades si la perspectiva de utilidad resultan sumamente atractivas. Las empresas optan por una estrategia promocional de "compre mi producto" más que por la de "pruebe este producto". Crece el número de distribuidores, se introducen las economías de escala y los precios descienden un poco. Por lo regular las utilidades empiezan a disminuir al acercarse el final de esta etapa de crecimiento.

**MADUREZ.** Durante la primera parte de este periodo las ventas siguen creciendo, pero a un ritmo cada vez menor. Las ventas tienden a estabilizarse, pero disminuyen las utilidades del fabricante y de los detallistas. Los productos marginales se ven obligados a salir del mercado. La competencia de precios se

torna cada vez más enconada. El fabricante asume una participación mayor del esfuerzo promocional total en la lucha por conservar a los distribuidores y un espacio en el estante de sus establecimientos. Se introducen nuevos modelos a medida que los productores amplían sus líneas y adquieren mucha importancia las ventas en que se aceptan artículos usados como pago inicial.

DECLINACION Y POSIBLE ABANDONO. Para prácticamente todos los productos, la obsolencia se inicia de modo inexorable cuando los nuevos productos inician su ciclo de vida y reemplazan a los anteriores. El control de costos adquiere cada vez mayor importancia conforme decae la demanda. Se hace menos publicidad y varios competidores dejan el mercado. A menudo depende de la capacidad y habilidad de los gerentes de hecho de que haya que abandonar el producto o que los vendedores sobrevivientes sigan vendiéndolo con utilidades.

## **DURACIÓN DEL CICLO DE VIDA DE UN PRODUCTO**

La duración del ciclo de vida es variable entre los productos. Abarca desde unas cuantas semanas o una temporada corta (en el caso de una novedad o de moda en la ropa) hasta algunos decenios (digamos, los automóviles o teléfonos). Pero en general el ciclo de vida se abrevia con el paso de los años. Un producto puede tornarse por obsoleto ante los cambios rápidos de la tecnología. Otra posibilidad es que la competencia introduzca una versión propia de un producto de gran aceptación y éste puede pasar muy pronto a la etapa de madurez.

La figura 2.9 sugiere que las etapas del ciclo de vida comprenden periodos casi iguales, mas no es así. Las etapas del ciclo de determinado producto suelen durar diferentes periodos. Además, la duración de cada etapa varía según el producto. Algunos productos tardan años en pasar por la etapa de introducción y, en cambio, otros son aceptados al cabo de unas cuantas semanas. Más aún, no todos pasan por la totalidad de las etapas. Algunos fracasan en la de introducción y otros no pueden introducirse hasta que el mercado se encuentre

en la fase de desarrollo o madurez. Sin embargo, prácticamente en todos los casos es inevitable la declinación (envejecimiento) y el posible abandono. Ello se debe 1) desaparezca la necesidad del producto (como cuando el jugo congelado de naranja eliminó generalmente el mercado de los exprimidores de jugos); 2) se desarrolle un producto mejor o menos caro para satisfacer la misma necesidad (gracias a los circuitos electrónicos fue posible producir muchos productos de repuesto); o 3) el público simplemente se cansa de un producto (un estilo de ropa, por ejemplo), de modo que éste desaparece del mercado.

### **2.3.2 IDENTIFICACIÓN DE NUEVAS OPORTUNIDADES DE PRODUCTOS.**

Una organización no puede sobrevivir sin la introducción de nuevos productos. Los productos viejos que están madurando y los que están en período de declive deben reemplazarse. Las empresas con éxito son aquellas que han aprendido a transformar oportunidades en productos de éxito.

Entre los factores que influyen sobre las oportunidades del mercado se incluyen los cambios económicos, los cambios sociales y demográficos, los cambios tecnológicos y los cambios políticos. Además, pueden aparecer otros cambios y oportunidades por la práctica del mercado, los niveles de profesionalidad, los proveedores y los distribuidores.

### **2.3.3 INNOVACIÓN DE PRODUCTOS.**

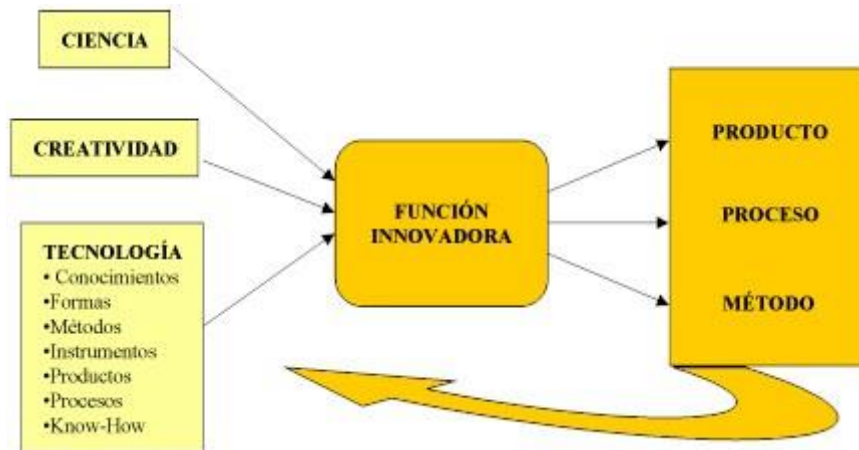
Consiste en aportar algo nuevo y aún desconocido en un determinado contexto., innovar radica en introducir modificaciones adecuadas a la moda entendiendo por moda el uso, modo y costumbre en boga. El manual de Frascati (OCDE, 1992) indica que la innovación es la transformación de una idea en un producto vendible nuevo o mejorado o en un proceso operativo en la industria y en el comercio o en nuevo método de servicio social. En otras palabras, Frascati viene a decir que la innovación es una idea que se vende. Con esta breve definición se pretende insistir en el aspecto comercial de la innovación, en el sentido propio de la palabra. Es decir, que una idea, una

invención o un descubrimiento se transforma en una innovación en el instante en que se encuentra una utilidad al hallazgo.

Se puede hablar de tres grandes tipos de innovación, si bien la primera de ellas es la de mayor peso debido a los efectos económicos que produce:

- **La innovación tecnológica** comprende los cambios introducidos en los productos y en los procesos:
  - La innovación de producto consiste en fabricar y comercializar nuevos productos (innovación radical) o productos ya existentes mejorados (innovación gradual).
  - La innovación de proceso corresponde a la instalación de nuevos procesos de producción que, por lo general, mejorarán la productividad, la racionalización de la fabricación y, por consiguiente, la estructura de costes.
- **La innovación social** intenta proponer soluciones nuevas a los problemas de desempleo sin trastocar la eficiencia de la empresa.
- **La innovación en métodos de gestión** reúne las innovaciones que no se pueden incluir en las dos anteriores categorías. Son innovaciones como las realizadas en los ámbitos comerciales, financieros, organizativos, que acompañan, apoyan y potencian la corriente innovadora de la empresa.

Como se ve en la figura 2.10, la tecnología constituye un input para el proceso de innovación del que se obtendrán unos outputs que podrán transformarse, a su vez, en unos inputs siempre que estos últimos encierren unas tecnologías que realimenten otro proceso de innovación.



**Figura 2.10** Proceso de innovación

Toda innovación supone modificar la situación actual, la forma de hacer las cosas en una determinada organización, un re-análisis y re-valorización de las actividades anteriores y nuevas. Y eso afecta a las personas implicadas en el proceso que, algunas veces, se resisten a aceptar los cambios; algo que, como recoge la cita de arriba, ya se había observado hace 500 años.

### 2.3.3.1 I+D E INNOVACIÓN



Figura. 2.11 Proceso de innovación

La figura 2.11 representa esquemáticamente la relación existente entre la innovación, la innovación tecnológica, y la I+D. Como se puede ver, la **innovación tecnológica** es un tipo particular de innovación en la que la tecnología juega un papel fundamental.

Por otro lado, la investigación científica y el desarrollo tecnológico conduce normalmente a procesos de innovación pero:

- La actividad de I+D ni es **suficiente** porque si no llega al mercado no hay innovación. En muchos casos, los resultados de la I+D no son utilizados nunca.
- Tampoco es estrictamente **necesaria**. Parte de los procesos de innovación tecnológica y los que no lo son no descansan en actividades de I+D sino en una actividad de mejora tras la observación de deficiencias y posibles soluciones. En algunos casos, eso se produce trasladando desarrollos de un dominio de uso a otro distinto.

Una parte de la actividad de investigación científica no pretende, ni siquiera a largo plazo, generar ningún proceso de innovación (ni tecnológica ni de ningún otro tipo). Eso sucede con parte de la investigación básica o la ligada con las Humanidades. Como ejemplo, un mejor conocimiento de la Grecia

clásica no tiene como fin ninguna innovación (a no ser la generación lateral de unas técnicas historiográficas diferentes de las empleadas).

#### **2.3.4 CLASES DE INNOVACIÓN**

##### **SEGÚN EL OBJETO DE LA INNOVACIÓN**

**Producto.** Fabricación y comercialización de nuevos productos o mejores versiones de productos existentes, ya sea mediante tecnologías nuevas (microprocesadores, videocasetes, etc.) o mediante nuevas utilizaciones de tecnologías existentes (walkman, agenda electrónica, etc.). Un ejemplo de este tipo de innovación es el teléfono móvil, donde si analizamos las tres condiciones simultáneas que debía tener un producto para ser innovador, tenemos la siguiente situación:

1. Tecnología de comunicaciones celulares: muy diferente de la convencional, pero suficientemente madura.
2. Necesidad de la sociedad: hablar en cualquier momento, desde cualquier sitio.
3. Coste aceptable: equiparación progresiva a los costes de la telefonía fija.

**Proceso.** Instalación de nuevos procesos de producción para mejorar la productividad o racionalizar la fabricación, ya sea para la fabricación de productos nuevos o para la fabricación más eficiente de productos existentes (como por ejemplo la nueva técnica de litografía para fabricación de memorias RAM).

## **SEGÚN EL IMPACTO DE LA INNOVACIÓN**

Viene determinada por la relación con la situación anterior de las necesidades de la sociedad.

Incremental. Se parte del conocimiento adquirido y de la identificación de sus problemas. Se suele buscar una mejor eficiencia en el uso de materiales y una mejor calidad de acabados a precios reducidos.

*Ejemplo:* electrónica de consumo japonesa.

Radical. Se desarrolla a partir de resultados de investigación. Su éxito comercial (condición para que puedan considerarse realmente innovaciones) depende de muchos factores pero uno es básico: responder a necesidades insatisfechas del ser humano en un momento histórico determinado que son repentinamente aceptadas por la mayoría.

*Ejemplo:* transistor frente a válvula de vacío.

## **SEGÚN EL EFECTO DE LA INNOVACIÓN**

Continuistas. Buscan mejorar las prestaciones (reduciendo costes, incrementando la funcionalidad, respondiendo a problemas identificados previamente en el proceso de fabricación, etc.) pero sin alterar dos elementos básicos:

- El mercado al que van dirigidos es el mismo (usuarios y necesidades predefinidos).
  - La funcionalidad básica de los productos se mantiene
- Ejemplo:* DRAM 64Mb (frente a RAM 4Mb).

Rupturistas. Suelen ser innovaciones que conducen a productos con prestaciones inferiores, a corto plazo. Pero presentan otras características que los clientes valoran por encima de los productos anteriores (más

barato, más simple, más pequeño o más fácil de usar) Ejemplo: PC (peores prestaciones que el mini ordenador).

### 2.3.5 MODELOS DE INNOVACIÓN

Se definen dos modelos de innovación muy utilizados, como son el modelo lineal y el modelo de enlaces en cadena.

#### Modelo lineal

La figura 2.12 sugiere que un mismo proceso de investigación y desarrollo puede dar origen a multitud de procesos de innovación posteriores, en muchos casos, durante periodos dilatados de tiempo. Algunos de ellos pueden tener éxito y otros no.

Por otro lado, el modelo lineal no implica que el proceso innovador se derive necesariamente de una actividad de I+D directamente ligada. En muchos casos, las innovaciones de carácter continuista y no radicales pueden surgir de una observación de mejora o del análisis del mercado sin que exista una actividad de desarrollo tecnológico. En este sentido, existen fuertes diferencias de un sector a otro.

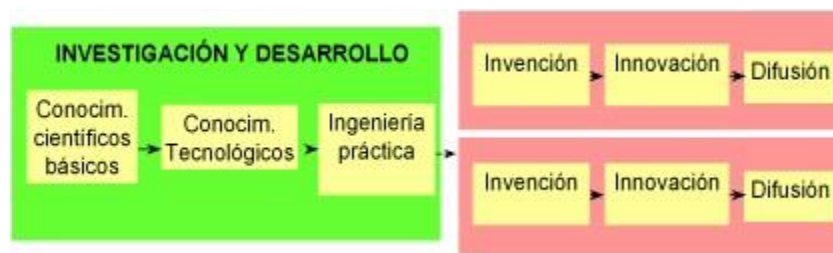


Figura 2.12 modelo lineal de Innovación

En este modelo se presentan ciertas deficiencias, como son las siguientes:

- Considera el proceso de innovación como una sucesión de distintas etapas.
- Da demasiada importancia a la I+D como desencadenante del proceso.

No representa la realidad económica, ya que algunos países que destinan pocos recursos a la I+D han incrementado su participación en el

intercambio de productos manufacturados mediante una apropiación adecuada de los resultados de la I+D realizada por otros. De la misma forma, numerosas empresas innovan con éxito con relativamente pocos recursos para I+D, aunque bien integrados en la estrategia empresarial.

## MODELO DE ENLACES EN CADENA



Figura 2.13 Modelo de enlaces en cadena.

La innovación en este modelo se considera como un conjunto de actividades relacionadas las unas con las otras y cuyos resultados son frecuentemente inciertos. A causa de esta incertidumbre no hay progresión lineal entre las actividades del proceso. (Véase Figura 2.13)

- La I+D no es una fuente de invenciones sino una herramienta que se utiliza para resolver los problemas que aparecen en cualquier fase del proceso.
- La investigación aborda los problemas que no pueden resolverse con los conocimientos existentes, para así ampliar la base de conocimientos.
- La empresa dispone de una base de conocimientos a la que acude para resolver los problemas que se le plantean al innovar.

Este modelo promueve una cultura de la innovación en toda la empresa.

Los incentivos a la plantilla están también en función de su creatividad y su capacidad de aprender cosas nuevas.

### **2.3.6 MEJORA CONTINUA Y PRODUCTIVIDAD.**

En la actualidad para obtener una posición competitiva; las empresas necesitan orientarse hacia un cambio organizacional, que dirigido hacia el mejoramiento continuo irradie hacia todos los niveles de la estructura organizativa, requiriéndose entonces una nueva visión de gerente a quien cada día se le coloca ante el reto de mejorar sus estándares de productividad.

La calidad está asociada no sólo con los productos y servicios, sino también con la forma en que la gente trabaja, la forma en que las máquinas son operadas y la forma en que se trata con sistemas y procedimientos. Incluye todos los aspectos del comportamiento humano.

No cabe duda que con la capacitación se puede mejorar la productividad, pero esencialmente hay que introducir en la organización, un compromiso conjunto de participación en un proceso continuo de mejora, que involucre tanto a la gerencia como a los trabajadores.

### **2.3.7 ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS (AMEF)**

El objetivo del análisis de modo y efecto de fallas es:

- Ayudar en el análisis de procesos nuevos o existentes.
- Garantizar que posibles modos y efectos de fallas del proceso sean tomados en consideración.
- Identificar las deficiencias del proceso y posibilitar el desarrollo de controles para resolver los problemas:

Eliminar o reducir la frecuencia de resultados inaceptables.

Aumentar la posibilidad de detección de resultados inaceptables.

- Identificar características críticas y características importantes que aportan al desarrollo de un plan de control completo.
- Definir, a través de análisis de riesgo, las prioridades de las actividades de mejoramiento del proceso.
- Proveer la documentación referente al diseño de procesos automáticos a los efectos de orientar el desarrollo de futuros procesos de prestación de servicios.

### **2.3.8 VISION GENERAL CONCEPTUAL DEL AMEF DEL PROCESO**

El AMEF del proceso examina cada operación:

- Identificando posibles modos de fallas del proceso. Los modos de fallas del proceso pueden estar relacionados con la calidad o con la confiabilidad.
- Evaluando posibles efectos de las fallas.
- Identificando posibles causas de fallas en el proceso.
- Identificando variables de control del proceso para prevención y/o detección de condiciones de fallas.
- Sugiriendo acciones recomendadas para mejorar los controles o eliminar las causas.

Posibles modos de fallas:

- Una descripción de no conformidades
- Un posible modo de falla es una manera por la cual el proceso podrá eventualmente no cumplir las especificación y / o los objetivos del diseño; es una descripción de no conformidades referentes a la operación en cuestión.

### Asociación con las operaciones

- Las fallas son examinadas relativamente a cada operación.
- Los modos de fallas son relacionados a las características del producto y del proceso en cuanto a la operación en cuestión.

### Normalizados

- Las modalidades de fallas pueden ser relacionadas en una tabla estándar para garantizar uniformidad.

### Posibles efectos y causas de la falla

- Los efectos están relacionados con el cliente.
- Los posibles efectos de una falla son los efectos que el modo de falla tiene sobre el cliente. El cliente puede ser la próxima operación, operaciones subsiguientes y / o el usuario final del producto.
- Es conveniente tener una lista disponible de efectos genérico para ayudar al equipo en el brainsforming

### Lista parcial de posibles efectos genéricos:

- Mala apariencia
- Insatisfacción del cliente
- Visión perjudicada
- No puede ser apretado
- Decoloración
- Pieza congestiona próxima operación
- Pierde potencia
- Pierde intensidad
- No trabaja
- No se puede leer
- No se ajusta por igual
- Se atasca al molde, Etc.

### **2.3.9 PRINCIPIOS SOBRE EL ANALISIS COSTO - BENEFICIO<sup>16</sup>**

Cualquier problema existente que se analice con el objetivo de encontrar soluciones, deberá incluir en el análisis de alternativas, un estudio de la relación costo-beneficio, ésta permitirá no solamente fijar prioridades entre diferentes problemas a resolver, sino también definir cuál alternativa de solución a un problema específico se debe implementar.

Para estimar la importancia del problema, uno de los aspectos relevantes es evaluar el costo de la solución la cual se proyectará a 10 años, considerando los índices de inflación en el país estimados para este período. Para cada una de éstas, debe estimarse el costo de la solución (c) que a su vez se reflejan en la matriz de comparación financiera que consiste simplemente en la cantidad identificada para cada una de las soluciones. De acuerdo con el concepto mencionado anteriormente, dicho valor corresponde a la estimación del costo de la solución propuesta.

Otro punto de relevancia en este análisis es la rentabilidad, que consiste en hacer una comparación entre el beneficio o valor de la solución, en relación al costo de ésta.

En el caso particular del trabajo, dado que esta inversión se hace con fin de aumentar la competitividad de la empresa, mediante la reducción de tiempo, el beneficio que se obtiene en es carácter intangible

Por tal razón el análisis se llevara a cabo de dos maneras:

- Cuantitativa: donde se escogerá la alternativa de menor costo según los resultados de cada una de ellas.

---

<sup>16</sup> Fuente: Taller de Gestión para altos Ejecutivos.

- Cualitativa: se evaluarán las desventajas o ventajas de las alternativas planteadas.

Con las cotizaciones de los servicios de consultoría y capacitación se obtendrá un monto total anual, el cual será el costo del primer año. Para los años subsiguientes se incrementará ese costo, debido a la inflación la cual no es más que el Índice de Precios al Consumidor (IPC).

Para obtenerlo se observan los precios de los bienes y servicios que se consideran son los necesarios para la población como: alimentos, vestuario, transporte, vivienda y medicina

### **2.3.10 PROYECCIÓN DE LA TASA DE INFLACIÓN O ÍNDICE DE PRECIOS AL CONSUMIDOR (IPC) <sup>17</sup>**

Para determinar la tasa de inflación de cada año subsiguiente, se empleará el método de tendencias, el cual se basa en el uso de datos estadísticos de años inmediatos anteriores. Este método solo es aplicable para una serie de años impares.

#### **PROCEDIMIENTO:**

- Se escoge el año intermedio como base, a los años anteriores a éste se le resta el valor de 1, y a los valores de los años siguientes se le incrementa el valor de 1. Este proceso significará el valor de la variable Z para cada año.
- Se multiplica el valor de la tasa de inflación con su respectivo Z, así sucesivamente para todos los años; dicho resultado tomará el valor de YZ.
- Se eleva el valor de Z al cuadrado para todos los años.

---

<sup>17</sup> Fuente: Evaluación de Proyectos, Baca Urbina.

- Calcular las sumatorias de cada variable.
- Calcular el valor del incremento mediante la siguiente fórmula.
- Incremento =  $YZ / Z^2 * (n / 2)$   
Donde n representa el número de años excepto el año base.
- Para determinar el valor de la tasa de inflación del año siguiente, sumar al año base, el valor del incremento.

Este proceso es similar para determinar los años siguientes, sin perder de vista que el número de años debe ser siempre impar, lo cual implica eliminar de los cálculos el año más inferior.

### **2.3.11 CALCULO DEL VALOR ACTUAL NETO DEL COSTO DE LAS PROPUESTAS.**

El valor actual Neto (VAN) significa traer del futuro al presente cantidades monetarias a su valor equivalente, para lo cual se utiliza una tasa de descuento, denominada así.

Para el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) se utilizó la siguiente fórmula:

$$VAN = P + FF1 / (1 + i)^1 + FF2 / (1 + I)^2 + FF3 / (1 + I)^3 + \dots + FF_n / (1 + I)^n$$

Todos estos temas servirán de base para implementar con éxito nuestro modelo de ingeniería concurrente.

CAPITULO III: SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE DISEÑO E INNOVACIÓN DE MOLDES DENTRO DEL SECTOR DE MANUFACTURA Y PROCESAMIENTO DE PLÁSTICOS.	85
3.1 METODOLOGIA A EMPLEAR.	85
3.1.1 ASPECTOS GENERALES DE LA METODOLOGÍA	85
3.1.2 EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN.	85
3.2 APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS INGENIERILES PARA EL ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR DE MANUFACTURA Y PROCESAMIENTOS DE PRODUCTOS DE PLÁSTICOS QUE UTILIZAN EL MOLDEO POR INYECCIÓN.	88
3.2.1 DESARROLLO DEL ANÁLISIS FODA DEL SECTOR DE MANUFACTURA Y PROCESAMIENTO DE PRODUCTOS DE PLASTICO QUE UTILIZAN MOLDEO POR INYECCION.	90
3.2.2 DIAGRAMA DE PARETO.	99
3.2.3 DESARROLLO DEL DIAGRAMA DE PARETO.	99
3.2.4 DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO.	101
3.2.5 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS PROBLEMA 1.	106
3.2.6 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS PROBLEMA 2.	106
3.2.7 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS PROBLEMA 3.	106
3.2.8 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS PROBLEMA 4.	106
3.3 DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR DE MANUFACTURA Y PROCESAMIENTO DE PRODUCTOS PLÁSTICOS QUE UTILIZAN MOLDEO POR INYECCION.	107
3.3.1 GENERALIDADES	107
3.3.2 PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA	108

## **CAPITULO III: SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE DISEÑO E INNOVACIÓN DE MOLDES DENTRO DEL SECTOR DE MANUFACTURA Y PROCESAMIENTO DE PLÁSTICOS.**

### **3.1 METODOLOGIA A EMPLEAR.**

Habiendo presentado en los capítulos anteriores una reseña amplia acerca de la historia y conceptos que resaltan en la investigación y como una base para el su comprensión, se procede al planteamiento de la metodología de investigación que se desarrollará.

Este capítulo describe la forma en que se llevará a cabo el trabajo, partiendo del diseño del instrumento para recolectar información referente al proceso de moldeo por Inyección para productos plásticos<sup>18</sup>.

#### **3.1.1 ASPECTOS GENERALES DE LA METODOLOGÍA**

En la presente etapa la metodología incluirá las siguientes fases:

- Investigación.
- Análisis.
- Diseño.

#### **3.1.2 EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN.**

##### **Investigación Descriptiva**

La mayoría de los estudios de investigación incluyen la investigación descriptiva. La mayor parte de los estudios de esta naturaleza depende

---

<sup>18</sup> Vease inciso 1.4.4 Moldeo por Inyeccion

principalmente de la formulación de preguntas, a sus encuestados y la disponibilidad de datos en fuentes secundarias.

Existen 82 empresas de elaboración de productos de plásticos, de las cuales el 14 empresas utilizan el moldeo por inyección<sup>19</sup>

Determinando de esta forma una Población total de la muestra.

## Selección de la Muestra

Tomando en cuenta los objetivos de la investigación<sup>20</sup>; del total de las empresas de elaboración de productos de plásticos (82 empresas), catorce reúnen las características para poder realizar este trabajo, ya que son las que poseen el proceso de inyección. Se ha estimado conveniente centralizar o enfocar los esfuerzos en una proporción de ellos.

Para calcular la muestra<sup>21</sup> se utilizó el siguiente modelo matemático para poblaciones finitas, tomando un nivel de confianza del 95%:

$$n = \frac{Z^2 PQN}{(N-1)E^2 + Z^2 PQ}$$

Donde:

N: Numero de trabajadores involucrados en el proceso (Población Total)

n: Tamaño de la muestra

Z: Nivel de confianza requerido para generalizar. 95%

P,Q: Probabilidad de éxito y fracaso respectivamente.(0.5) Se toman estos valores, cuando no se conoce el fenómeno con exactitud.

E: Margen aceptable de error. Menores al 11 %

Por lo tanto:

$$n = \frac{(1.96)^2(0.5)(0.5)(14)}{\quad}$$

<sup>19</sup> Datos proporcionados por ASIPLASTIC

<sup>20</sup> Véase Objetivos de la Ingeniería Concurrente pag.45

<sup>21</sup> Kinnear, Taylor; Investigación de Mercados, 5 Edición McGraw Hill

$$n = \frac{(14-1)(0.11)^2 + (1.96)^2 (0.5)(0.5)}{0.02} \sim 12$$
$$n = 12$$

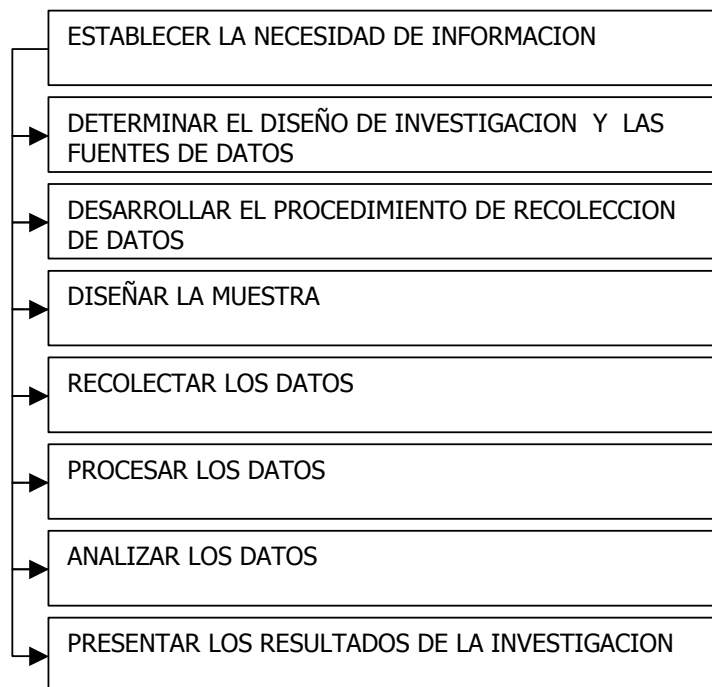
### **RECOLECCIÓN DE DATOS.**

La calidad de la información recopilada depende en gran parte del buen diseño del formato, de igual forma del conocimiento que se tenga del proceso y del orden en que ésta se va recolectando.

Para obtener esta información se realizarán visitas a las instalaciones de las empresas seleccionadas así como también entrevistas telefónicas, que no solamente tendrá como finalidad recolectar las características del proceso, sino también tener contacto con los involucrados e identificar la importancia del proceso en la generación de los productos. Toda esta información recopilada se presentará una tabulación de datos así como el formato de estas entrevistas y encuestas. **(VÉASE ANEXO 3.1)**

### 3.2 APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS INGENIERILES PARA EL ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR DE MANUFACTURA Y PROCESAMIENTOS DE PRODUCTOS DE PLÁSTICOS QUE UTILIZAN EL MOLDEO POR INYECCIÓN.

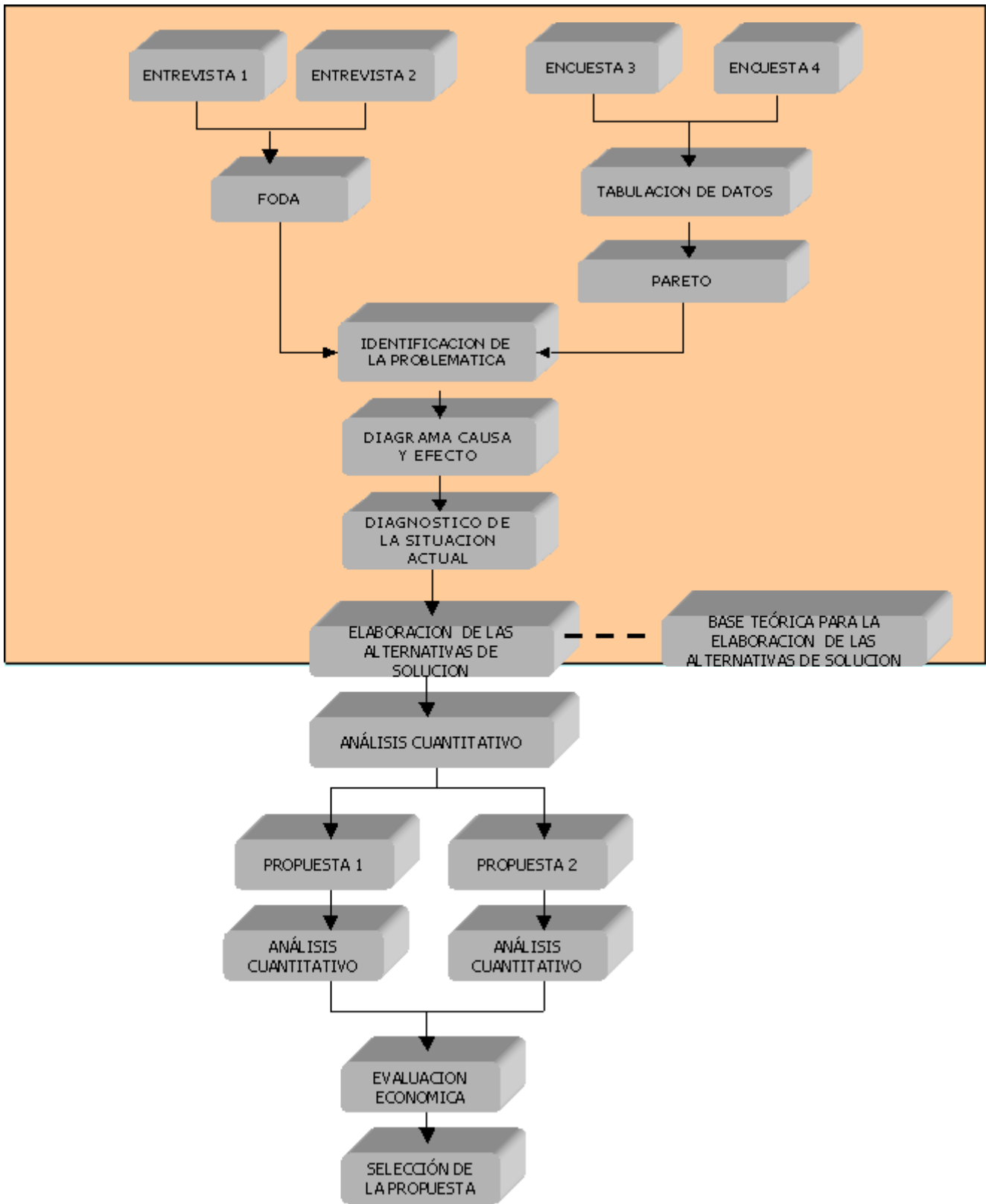
Para la realización de una manera eficaz la investigación es esencial prever todos los pasos a realizar que se detallan anteriormente<sup>22</sup>, este proceso se detalla en el siguiente esquema ( Véase Esquema 3.1)



**Esquema 3.1 Plan de recolección de Información**

Para la recolección y procesamiento de los datos se ha seguido la siguiente secuencia (Véase esquema 3.2 en este capítulo se realiza solo la parte sombrada, en el capítulo 4 se desarrolla lo demás); de la encuesta 1 y 2 se ha recabado la información que sustenta el análisis FODA. De la encuesta 3 y 4 se recopiló la información que se analizó por medio de Diagrama de Pareto procedente del personal que se encuentran directamente involucrados con el proceso de moldeo por inyección.

<sup>22</sup> Véase Pág. 46



**Esquema 3.2 Plan de selección de propuesta.**

### **3.2.1 DESARROLLO DEL ANÁLISIS FODA DEL SECTOR DE MANUFACTURA Y PROCESAMIENTO DE PRODUCTOS DE PLASTICO QUE UTILIZAN MOLDEO POR INYECCION.**

El desarrollo del análisis FODA, es el resultado de los datos obtenidos en las entrevistas realizadas (Véase Plan de recolección de información en Esquema 3.2) en las empresas que poseen el proceso de moldeo por inyección. Estos datos fueron clasificados posteriormente en factores Internos (Fortalezas y Debilidades) y externos (Oportunidades y Amenazas), generalizando por el número de incidencias, es así como se llegó a determinar cada uno de los elementos involucrados en los siguientes apartados:

#### **FORTALEZAS**

##### **F1: Nivel de experiencia que posee el sector en el desarrollo de productos**

Esto le permite al sector beneficiarse de los conocimientos adquiridos a través de la experiencia que posee el sector en la elaboración de productos de plástico. La industria plástica inicio en el año 1955 y desde entonces se mantiene como uno de los sectores productivos más importantes para el país.

##### **F2 : Comunicación entre Departamentos y Proveedores**

Esta es una de las fortalezas más importantes del sector, ya que permite que el flujo de información sea más ágil y eficiente; a su vez mejora el proceso de producción y de generación de ideas para diseños de nuevos productos.

Si bien la comunicación entre departamentos constituye una de las bases fundamentales para el éxito de una empresa; esto no siempre se cumple.

La comunicación entre los proveedores mejora el proceso de desarrollo del producto; ya que las empresas que poseen este tipo de comunicación tienen mayor flexibilidad y velocidad de repuesta al cambio.

### **F<sub>3</sub>: Ubicación Geográfica:**

La mayoría de empresas encuestadas encuestadas, manifiestan tener accesibilidad a carreteras principales, facilitando el ingreso de materia prima y a la salida de producto terminado, futuras ampliaciones. Su cercanía con centros poblacionales le permite la accesibilidad de la mano de obra y disponibilidad de los servicios (energía eléctrica, agua, líneas telefónicas), ya que estos son de vital importancia para la operación de la planta.

### **F<sub>4</sub>: Formación profesional del sector.**

A través de la participación del sector en programas de capacitación ofrecidos por ASIPLASTIC, INSAFORP, Universidad Don Bosco (UDB) con la carrera de Técnico en plásticos; impartidos a mandos medios y a personal involucrado en el proceso.

### **F<sub>5</sub>: Minimización de tiempos perdidos.**

La existencia de los programas de Mantenimiento hacen posible una detección de anomalías del sistema productivo y su corrección inmediata eliminando daños inesperados y desperdicios de materia prima, además provoca una disminución de paros dentro del proceso de producción, reduciendo los costos y aumentando la calidad del producto terminado.

## **AMENAZAS**

### **A<sub>1</sub>: Incremento de Precios de Materia Primas**

El incremento de los precios afectan directamente los costos de producción; aumentando el precio de venta, por ende disminuyendo la demanda.

Los precios de materia prima se harían notar más en países como El Salvador, ya que son los más dependientes de la importación del petróleo.

Un aumento del precio del petróleo (véase anexo 3.3) provoca, como primer efecto inmediato, una subida de la inflación ya que se incrementan los costes en, prácticamente, todos los sectores.

### **A<sub>2</sub>: Alto numero de Empresas del sector plástico en el mercado.**

En El Salvador existe un alto numero de empresas nacionales y extranjeras que ofrecen los productos al mercado cada vez con mayores estándares de calidad y a un menor costo; tal es el caso de la eminente competencia ocasionada por la llamada invasión china (véase anexo 3.4).

Haciendo necesaria una innovación constante de los productos, de lo contrario éste se ve amenazado a perder presencia en el mercado.

### **A<sub>3</sub>: Situación Económica del País**

La inflación económica de El Salvador es susceptible; a los cambios de las políticas económicas exteriores, afectando los costos de producción, ya que estos sufren un aumento y la empresa disminuye su poder adquisitivo.

### **A<sub>4</sub>: Tratados de Libre Comercio**

Con la introducción de los Tratados de Libre Comercio, ingresan al país empresas mas sólidas que ofrecen a los consumidores, una gran variedad de productos, afectando directamente al sector industrial del país. China es una de las principales amenazas.

### **A<sub>5</sub>: Constante cambios tecnológicos**

Una empresa que no tome en cuenta los cambios tecnológicos tiende a que el proceso se vuelva obsoleto, perdiendo de esta manera competitividad.

Otro factor que es importante mencionar es la calidad de un producto que es mejorada con la utilización de maquinaria reciente (acabado superficial, colores, dimensiones, etc.).

Una empresa con maquinaria obsoleta eleva los costos de mantenimiento y la vuelve menos eficiente.

## **OPORTUNIDADES**

### **O<sub>1</sub>: Representación corporativa a nivel centroamericano**

Permitiendo que se establezcan contactos comerciales, acuerdos sobre transferencias de tecnología, y alianzas estratégicas con el fin de mejorar la competitividad de las empresas.

### **O<sub>2</sub>: Tratados de Libre Comercio**

Con los tratados de libre comercio estos favorecen al sector; ya que brinda la oportunidad de introducir sus productos a nuevos mercados y de esta forma abrir nuevos nichos a nivel internacional.

### **O<sub>3</sub>: Demanda de productos de plásticos en el mercado.**

En los mercados locales existe una necesidad de productos de plástico; lo que le permite al sector ofrecer una diversificación de productos a los consumidores.

Una forma de representar esta demanda es el Producto Interno Bruto (PIB); que es la aportación del sector manufacturero en este caso productos de plásticos.

En el periodo analizado de 1998-2002 se ve un aumento gradual; lo cual representa un aumento en la demanda (Véase página 8).

#### **O4: Miembro de ASIPLASTIC.**

Facilita el acceso a contactos con que el sector puede entablar negociaciones y de esta manera obtener beneficios, así como la inclusión a los programas y proyectos de la Asociación en las acciones formativas y de capacitación en las áreas gerenciales, técnica, de supervisión, etc. con el objetivo de prepararse en una forma mas competitiva y enfrentarse a los desafíos del mercado.

#### **DEBILIDADES.**

##### **D1: Desperdicios de materia prima.**

Estos desperdicios de materia prima son ocasionados por distintos factores entre los cuales podemos mencionar: problemas con el diseño de los moldes, fallos de la maquinaria y largas corridas de producción (desgastes en los moldes); trayendo consigo perdidas e incrementos en los costos de producción.

##### **D2: Largo periodo de diseño y elaboración de un producto.**

Afectando la puesta del producto en el mercado; ya que éste es colocado tarde en el mismo, dando lugar a que la competencia gane terreno, el largo periodo de desarrollo de un producto trae consigo un incremento en los costos de producción, por lo tanto también se ven incrementados los precios de venta; esto porque las modificaciones finales en los moldes son frecuentes y muy costosas, ya que al no haber sido previstas requieren cambios de maquina y herramienta; y a la vez provocan tiempos muertos y retrasos en la producción.

##### **D3: Falta de innovación de los productos.**

La base del éxito de una empresa esta en la capacidad de innovación que ésta posea. Las necesidades del mercado son cambiantes a cada momento, lo que obliga que una empresa este innovando constantemente.

Un proceso de innovación con éxito conduce a la empresa a un nivel mayor de satisfacción del cliente y a una mayor rentabilidad de la empresa; tiene que estar focalizado en el mercado; que tenga en cuenta las necesidades de los clientes, las actividades de la competencia y las tendencias del mercado.

#### **D4: Falta de técnicas y especialistas de diseño.**

No permite aprovechar los recursos; alargando muchas veces el periodo de diseño y evitando la incorporación de todos los componentes involucrados; también incrementa los costos y fallos dentro del proceso provocando a las empresas una pérdida de competitividad; además la inclusión de técnicas y profesionales en el diseño de un producto mejoran la efectividad de un producto .

Si se quiere reducir los plazos de desarrollo de nuevos productos, sigue siendo imprescindible disponer de suficientes recursos humanos y técnicas adecuadas que contribuyan a lograr el desarrollo mas rápido y mas efectivo.

### **MATRIZ DE INTERACCIONES**

Después de obtener un análisis de las Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, se ponderaran y ordenaran por importancia cada uno a efecto de realizar una evaluación en todo su entorno. (Véase ANEXO 3.5)

### **ESTRATEGIAS.**

#### **Estrategias DA (Mini-Mini) (Debilidades Vs. Amenazas).**

El objetivo de la estrategia es el de minimizar tanto las debilidades como las amenazas.

- Rediseñar de una manera flexible los procesos de elaboración de un producto permitiendo cambios constantes en éstos y así disminuir desperdicios de materia prima; logrando una mayor productividad y a su vez mejorar su competitividad. (A<sub>2</sub>, D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>).

- Incorporar técnicas sistemáticas de diseño de un producto y profesionales eficientes en esta área que permitan la innovación continua de productos y procesos con los cuales la empresa pueda elevar sus niveles de calidad; de esta manera enfrentar los Tratados de Libre Comercio y la competencia generada por el mercado local. (A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>,D<sub>2</sub>,D<sub>3</sub>,D<sub>4</sub>).

### **Estrategias DO (Mini-Maxi) (Debilidades Vs. Oportunidades)**

Esta intenta minimizar las debilidades y maximizar las oportunidades, identificando las oportunidades que le permiten aprovechar ventajas en el mercado.

- Elaborar un análisis del proceso de desarrollo de nuevos productos con el fin de eliminar las deficiencias que éste presenta; con el objetivo de satisfacer la demanda existente de productos de plásticos en el mercado. (O<sub>3</sub>,D<sub>2</sub> D<sub>3</sub>, D<sub>4</sub>).
- Contratar profesionales especialistas en el proceso de diseño de productos, con el fin de inyectar dinamismo a este proceso, de esta forma el sector puede hacerle frente a los Tratados de Libre Comercio a través de la reducción del Lead Time, y la innovación continua. (O<sub>2</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>,D<sub>4</sub>)

### **Estrategias FA (Maxi-Mini) (Fortalezas Vs. Amenazas).**

Se basa en las fortalezas de la institución que pueden ser afectadas por el medio ambiente externo; su objetivo es maximizar las primeras mientras se minimizan las segundas.

- Integrar equipos de trabajo con los cuales se agilice el flujo de información entre los departamentos, a través de capacitaciones permitiendo una mayor fluidez dentro del desarrollo de un producto. (F<sub>2</sub>, F<sub>4</sub>, A<sub>2</sub>)
- Aplicar los planes de mantenimiento preventivo con el objetivo de disminuir el mantenimiento correctivo; así de esta manera eliminar los paros dentro del proceso que permitan trabajar con un índice mayor de productividad para la generación de una ventaja competitiva del sector. (F<sub>5</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>)
- Aprovechar la imagen que el sector proyecta a través de la experiencia de esta forma ganar terreno ante la competencia internacional, Explotar la ventaja que se tiene al poseer el historial del mercado local (F<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>)

### **Estrategias FO (Maxi-Maxi) (Fortalezas Vs. Oportunidades)**

Consiste en utilizar las fortalezas para aprovechar las oportunidades que tiene la empresa.

- Consolidar la cobertura de los productos a través de la formulación de políticas donde se fomente la participación de la voz del cliente; como la integración directa de los proveedores y el personal de trabajo, a través del flujo efectivo de información entre los departamentos en el desarrollo de un producto en forma paralela, tomando en cuenta la experiencia adquirida en el mercado. (F<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>,)
- Fortalecer las políticas de mejora continua dentro de la empresa aprovechando los conocimientos adquiridos de los mandos medios y el personal y de esta manera hacer mas fácil la introducción a los mercados abiertos con los Tratados de Libre Comercio. ( F<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>)

## **Conclusión del Análisis FODA**

Al examinar el entorno interno y externo del sector de elaboración de productos plásticos mediante la utilización del Análisis FODA se identificaron los siguientes puntos críticos más relevantes:

El largo Periodo de elaboración de un producto; así como la poca innovación en el diseño son propiciados por la falta del uso de técnicas adecuadas para el desarrollo de estos.

El sector se beneficiaría con la aplicación de las políticas donde se integre a proveedores, empleados y clientes, que con la participación de éstos se lograría una reducción considerable de tiempo; y la eliminación de inconvenientes causados por una mala planeación y por un mal diseño.

La Perdida de Competitividad que es el resultado de una cadena de fallas que se dan dentro del sistema productivo y organizativo de las empresas, entre ellos podemos mencionar la falta de innovación, poca flexibilidad en los procesos etc, permitiendo que la competencia se posicione en el mercado; es por ello que es necesario impulsar los programas de mejora continua con el objetivo de aprovechar al máximo las oportunidades y hacerle frente a los retos existentes en la actualidad; como lo son los Tratados de Libre Comercio, Globalización, etc.

### 3.2.2 DIAGRAMA DE PARETO.

#### ELABORACIÓN DEL DIAGRAMA DE PARETO.

Para la construcción de este diagrama se ha tomado como referencia los principales problemas determinados en el cuestionario que se les realizó al personal involucrados en el proceso. (Véase ANEXO 3.2)

### 3.2.3 DESARROLLO DEL DIAGRAMA DE PARETO.

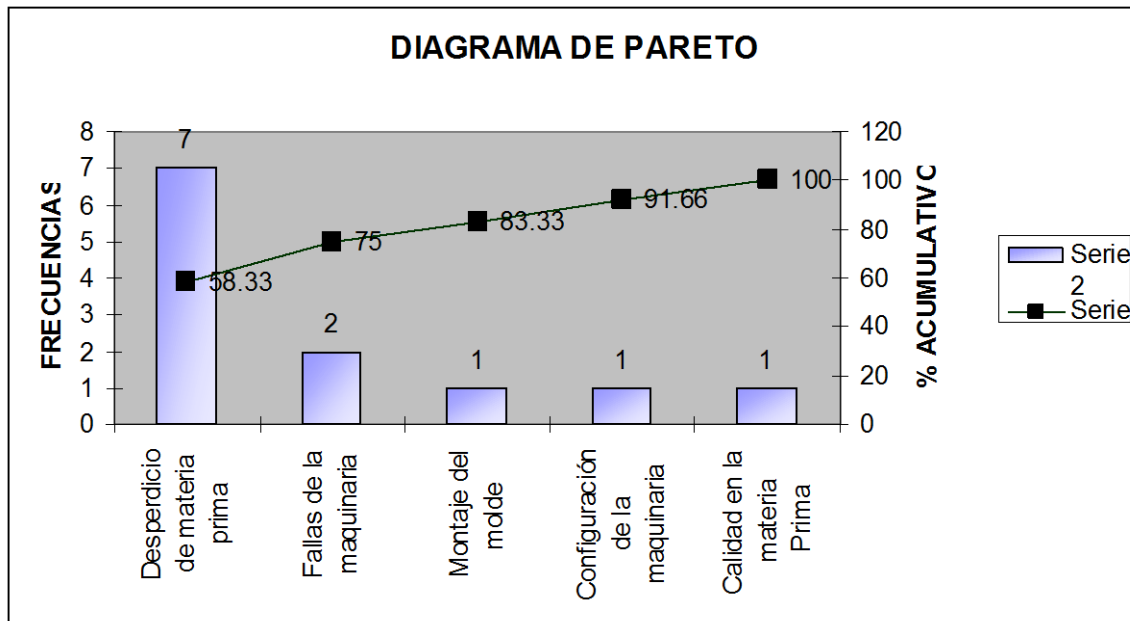
El desarrollo del Diagrama de Pareto es el resultado de los datos obtenidos en las entrevistas realizadas a personal involucrado con el proceso de moldeo por inyección; el numero correspondiente a la muestra tomado es de 12 empresas de un total de 14 empresas. Estos datos fueron tabulados y posteriormente clasificados por su numero de ocurrencias, determinándose de esta forma los principales problemas.

#### TABLA DE CONTEO DE DATOS.

<b>PROBLEMAS</b>	<b>No DE OCURRENCIAS</b>	<b>% INDIVIDUAL</b>	<b>% ACUMULATIVO</b>
<b>Desperdicio de materia prima</b>	7	58.33	58.33
<b>Montaje del molde</b>	2	16.67	75.00
<b>Fallas de la maquinaria</b>	1	8.33	83.33
<b>Configuración de la maquinaria</b>	1	8.33	91.66
<b>Calidad en la materia Prima</b>	1	8.33	100.00

CUADRO 3.1 Tabla de conteo de datos.

## CONSTRUCCIÓN DEL DIAGRAMA DE PARETO.



Esquema 3.3 DIAGRAMA DE PARETO

## Resultados.

Con la realización del diagrama se identifican 2 problemas principales los cuales son Desperdicios de Materia Prima y Fallas en la maquinaria.

Por lo que a continuación se analizarán las causas que originan los problemas principales a atacar Desperdicios de Materia Prima y Montaje de moldes, ya que se consideran que estos son los que tienen más incidencia dentro del proceso de desarrollo del producto; para ello se hace uso del Diagrama Causa y Efecto.

### **3.2.4 DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO.**

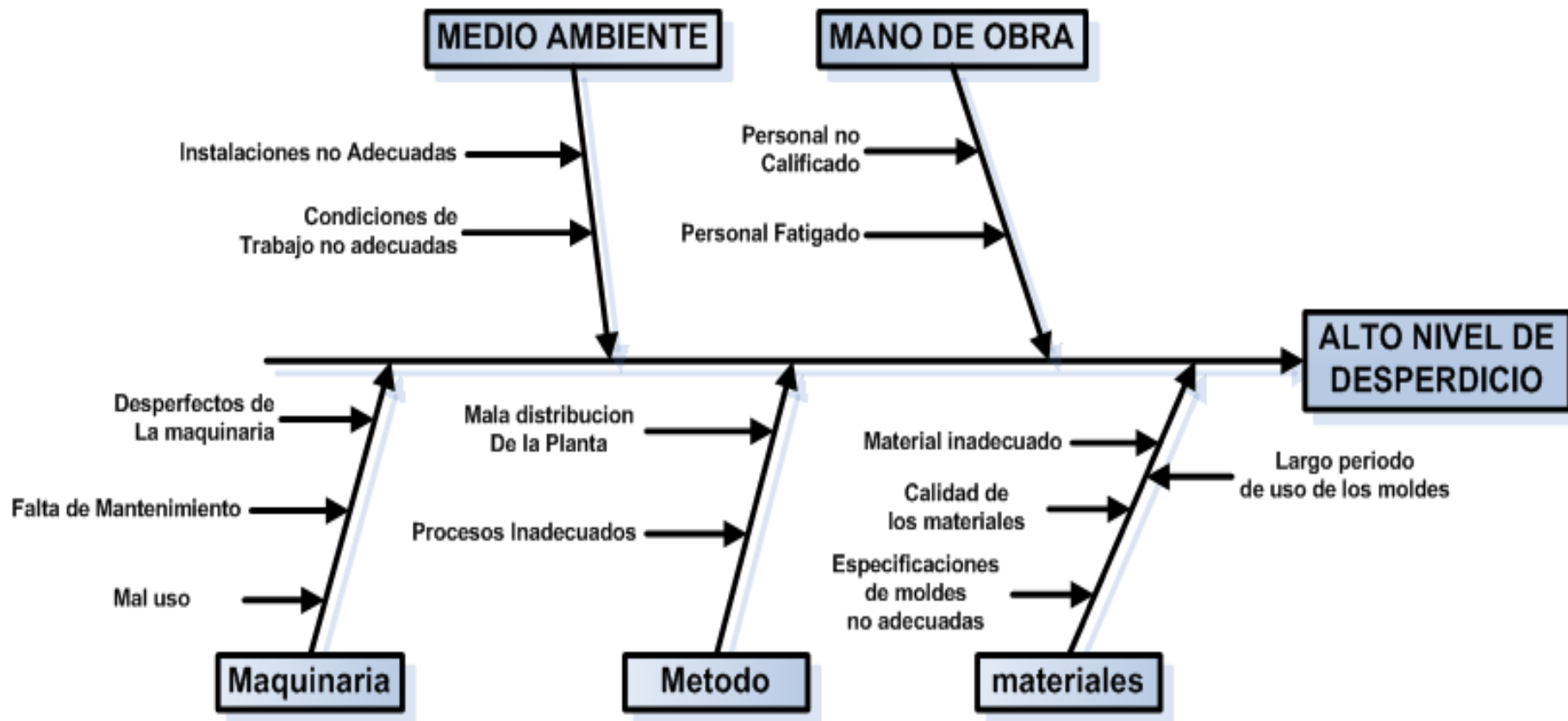
#### **ANÁLISIS DE DIAGRAMA CAUSA Y EFECTO.**

Decisión de los problemas a atacar.

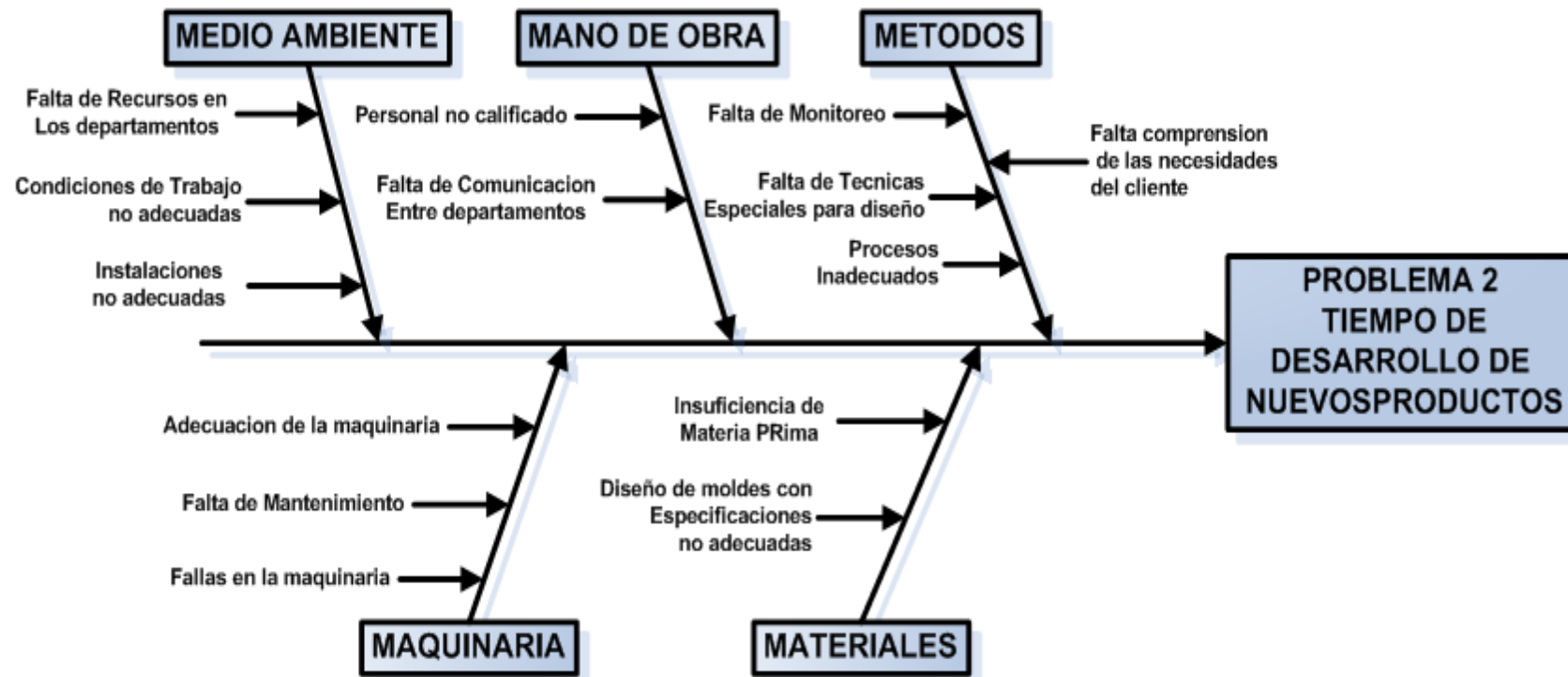
Al realizar el análisis FODA y el diagrama de pareto, la información obtenida de las encuestas realizadas al personal de la empresas en estudio se llego a determinar los factores más importantes y generales que crean la fluctuación dentro del proceso entre los cuales están:

- Alto nivel de desperdicio.
- Tiempo de desarrollo de un producto.
- Perdida de la competitividad.
- Montaje de los moldes.

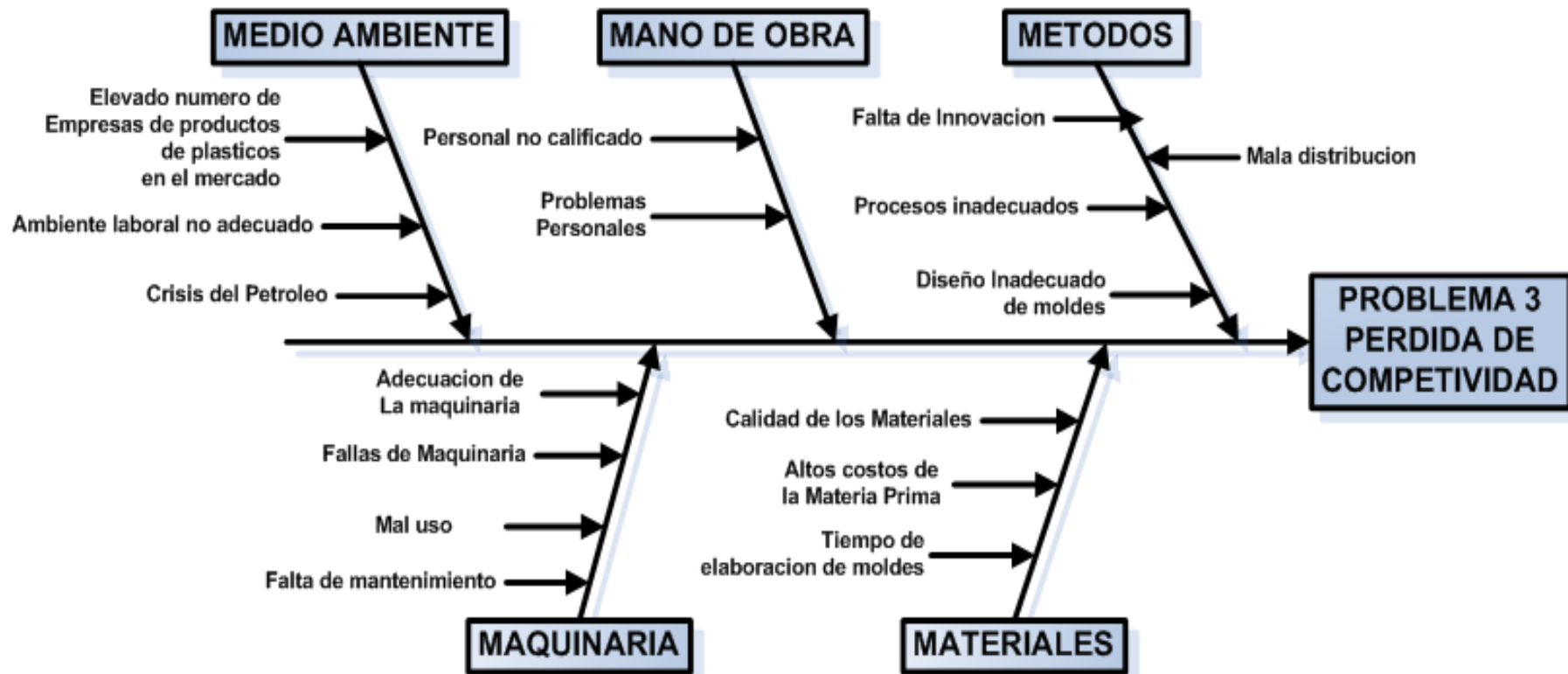
# VERIFICACIÓN DEL ENTORNO AL PROBLEMA 1 DETERMINADO MEDIANTE EL USO DEL ANÁLISIS DE PARETO



## VERIFICACIÓN DEL ENTORNO AL PROBLEMA 2 DETERMINADO MEDIANTE EL USO DE ANÁLISIS FODA.



### VERIFICACIÓN DEL ENTORNO AL PROBLEMA 3 DETERMINADO MEDIANTE EL USO DE ANÁLISIS FODA.



**VERIFICACIÓN DEL ENTORNO AL PROBLEMA 4 DETERMINADO MEDIANTE EL USO DE ANÁLISIS FODA.**



### **3.2.5 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS PROBLEMA 1.**

Dentro de estos núcleos o ramas valoramos como factor determinante: LARGO PERIODO DE USO DE LOS MOLDES; ya que a la hora del proceso se presentan; problemas con el sistema hidráulico del molde; con la temperatura etc, y la calidad del producto tiende a no ser la misma por factores que dentro del proceso han ocasionado un deterioro al molde; teniendo como consecuencia desperdicios.

### **3.2.6 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS PROBLEMA 2.**

Dentro de estos núcleos o ramas valoramos como factor determinante: DISEÑO DE MOLDES CON ESPECIFICACIONES NO ADECUADAS. Ya que todas las modificaciones que se le realizan al molde generan retrasos en el tiempo de desarrollo de un producto.

### **3.2.7 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS PROBLEMA 3.**

Dentro de estos núcleos o ramas valoramos como factor determinante: FALTA DE INNOVACIÓN. Como se ha mencionado anteriormente el éxito de una empresa se basa en su capacidad de innovación; ya que a medida ésta, renueva sus productos adquiere una mejor competitividad en el mercado.

### **3.2.8 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS PROBLEMA 4.**

Dentro de estos núcleos o ramas valoramos como factor determinante: Falta de experiencia en el diseño del molde.

### **3.3 DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR DE MANUFACTURA Y PROCESAMIENTO DE PRODUCTOS PLÁSTICOS QUE UTILIZAN MOLDEO POR INYECCION.**

#### **3.3.1 GENERALIDADES**

Dentro del sector de manufactura y procesamiento de productos plásticos, las empresas que se encuentran agremiadas a ASIPLASTIC son 82 y las que están directamente relacionados con el proceso de inyección son 14; para efectos del estudio se tomará una muestra de 12 empresas, de la muestra equivalente al 85.71% del total de la población involucrada en dicho proceso.

#### **PRODUCTOS**

El sector tiene diversificación de productos entre los cuales tenemos: cucharas envases, bolsas, cantaros, líneas para el consumo domésticos, línea de productos de limpieza entre otros, los cuales dan a conocer sus productos por medio de ventas directas y promociones, utilizando mayoristas y un propio canal de distribución, es decir Productor-Consumidor.

#### **TECNOLOGIA**

El tipo de Tecnología que se utiliza en el sector de plásticos en los procesos es automatizada y semi-automatizada.

#### **MATERIA PRIMA**

La materia prima del sector es adquirida en el Extranjero, proveniente de países como EEUU, Colombia, Venezuela y México.

## **ENTORNO EXTERIOR E INTERIOR**

Al analizar el entorno exterior e interior del sector se identificaron los siguientes puntos críticos:

Un alto porcentaje de desperdicio de materia prima; ocasionado en su mayoría de veces por fallas en la maquinaria, por desperfectos en los moldes debido al uso, además se debe a que el producto tiene que presentar una mejor calidad lo que provoca que se acumula un mayor desperdicio, esto se determinó mediante la tabulación de las entrevistas y encuestas a personal involucrado con los procesos

El largo periodo en la elaboración de un producto y la poca innovación en el diseño de productos trae consigo que el sector en estudio pierda competitividad en el mercado. Todas estas problemáticas son incrementadas por la falta de uso de técnicas especiales para diseñar con las cuales se puede resolver problemas identificados dentro del proceso como lo son simplificar la manipulación de las piezas; así como el diseño de componentes y analizar la simetría de éstos con el objetivo de reducir y optimizar la producción.

### **3.3.2 PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA**

Con los datos obtenidos en la investigación de campo (entrevistas a mandos medios, y encuestas al personal relacionado con el proceso realizadas en el sector), se identificaron cuatro problemas principales.

El primer problema: Alto Nivel de Desperdicio, se identifico en el proceso de producción; al encuestar a una muestra de 12 empresas que forman el 14.63% del total de empresas agremiadas a ASIPLASTIC. Se tabularon los datos y luego

fueron analizados mediante el diagrama de Pareto de aquí se determino que es el problema mas incidente en el área de producción, ocasionados por diferentes factores y el mas relevante es el largo uso de la vida útil de los moldes; ya que con el uso frecuente de los moldes sin el debido mantenimiento, éstos tienden a deteriorarse o a presentar fallas que repercuten en la calidad del producto final o en la fluidez del proceso.

El segundo problema identificado mediante el análisis FODA es el Tiempo de desarrollo de un producto el cual fue identificado con datos proporcionados de entrevistas a mandos medios dentro del sector; dentro de las causas principales encontradas mediante el uso del diagrama Causa y Efecto son las siguientes: el Ambiente laboral entre departamentos, Falta de comunicación entre departamentos, Falta de flexibilidad en los procesos, Adecuación en la maquinaria; siendo la causa principal de este problema el Diseño de moldes con especificaciones no adecuadas ya que ocasiona retardos en la producción con las modificaciones que se le realizan a éste.

El tercer problema identificado mediante el análisis FODA es la Perdida de competitividad el cual fue identificado con datos proporcionados de entrevistas a mandos medios dentro del sector; dentro de las causas principales encontradas mediante el uso del diagrama Causa y Efecto son las siguientes: la Falta de innovación de productos, Personal no calificado, el Uso de métodos no inadecuados para el diseño, Falta de mantenimiento en la maquinaria, Calidad de los materiales; siendo la causa mas relevante la Falta de innovación.

El cuarto problema identificado mediante las técnicas de diagrama de Pareto es el montaje de los moldes, el cual fue identificado con datos proporcionados de entrevistas a mandos medios dentro del sector, dentro de las principales encontramos el tiempo de las montadas del molde ya que el armado y montado

del molde toma tiempo el realizar esta acción, y el realizar las corridas para controlar factores como temperatura, presión de aire etc.

Teniendo identificados los cuatro principales problemas se analizó su entorno con el diagrama Causa y Efecto, con el objetivo de determinar las causas que originan estos problemas y de esta manera plantear las alternativas de solución en el siguiente capítulo.

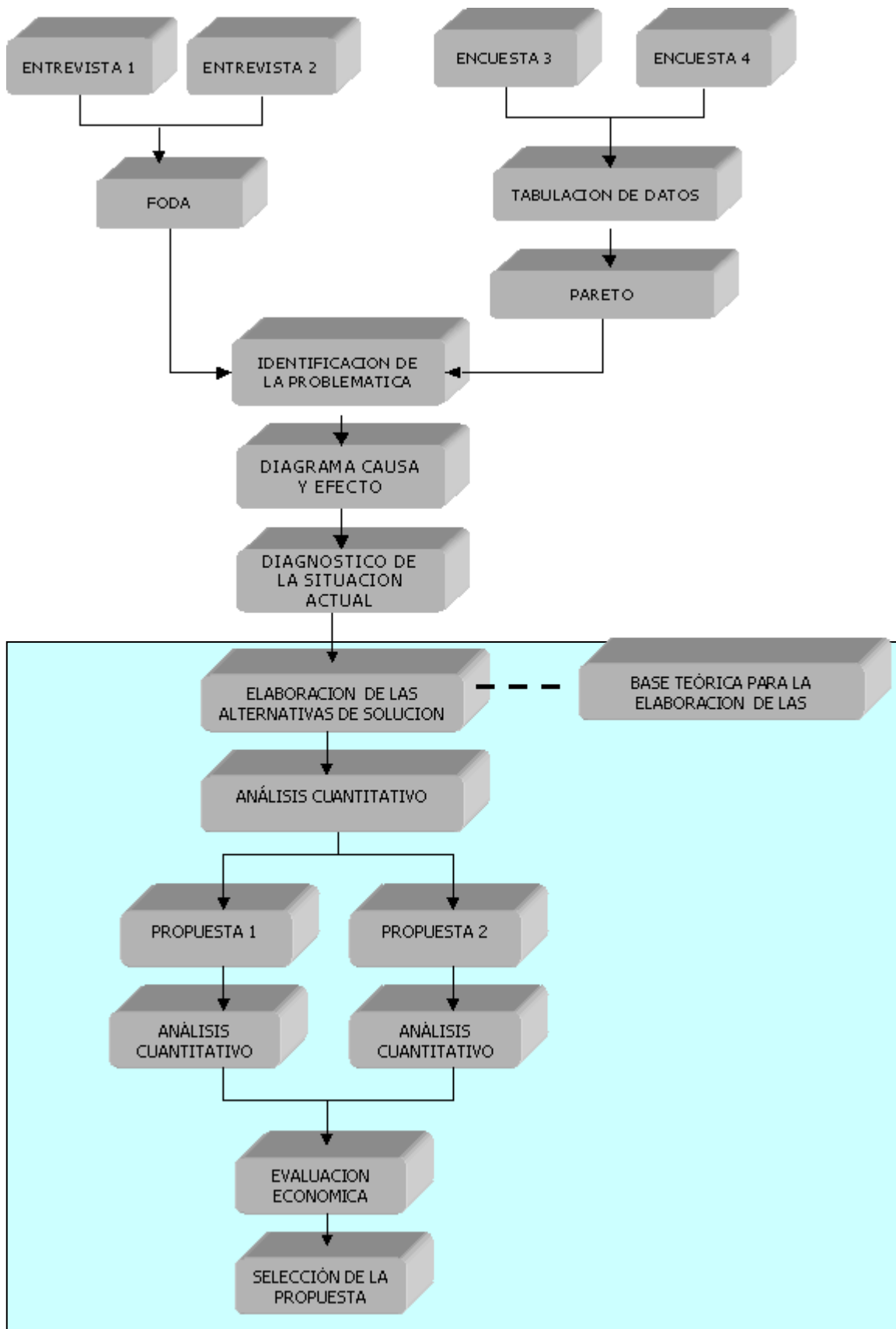
<b>CAPITULO IV.</b>	
<b>DETERMINACIÓN, EVALUACIÓN Y SELECCION DE LAS ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN.</b>	111
4.1 PROPUESTAS DE SOLUCIÓN.	113
4.1.1 PROPUESTA 1 Contratación externa de consultores especialistas en la implantación de la Ingeniería Concurrente y herramientas de calidad.	114
4.1.2 PROPUESTA 2 Capacitación del personal en la aplicación de técnicas para el diseño y desarrollo de un producto a través de la Ingeniería Concurrente.	120
4.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS DE SOLUCION	126
4.3 IMPACTO ECONOMICO DE LA IMPLEMENTACION DE LA INGENIERIA CONCURRENTENTE EN EL SECTOR DE ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE PLÁSTICOS.	133
4.4 EVALUACIÓN ECONOMICA/ COSTO BENEFICIO DE LA PROPUESTA SELECCIONADA	135

#### **CAPITULO IV. DETERMINACIÓN, EVALUACIÓN Y SELECCION DE LAS ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN.**

En este capítulo se diseñarán y evaluarán las alternativas que darán solución a la problemática planteada en el capítulo anterior. Y se definirá cuál o cuáles de ellas son viables y factibles para dicho estudio.

Para la elaboración de las propuestas de solución a la problemática identificada se representa en el siguiente diagrama (Figura 4.1 se desarrolla en este capítulo solo la parte sombreada, la primera fase se desarrollo en el capítulo 3) así como la secuencia a seguir para la elaboración de éstas, bajo el entorno de Ingeniería Concurrente.

La sustentación teórica de la aplicación del modelo en la solución de la problemática planteada esta basada en que la ingeniería concurrente tiene consigo una reducción en el plazo de desarrollo de un producto que utilizan molde por inyección, respecto al procedimiento secuencial, al producirse un menor número de cambios de ingeniería en las fases mas avanzadas del proyecto lo que se traduce en una mayor eficiencia de los recursos del proyecto, humanos y financieros y así aumentando la productividad de la empresa.



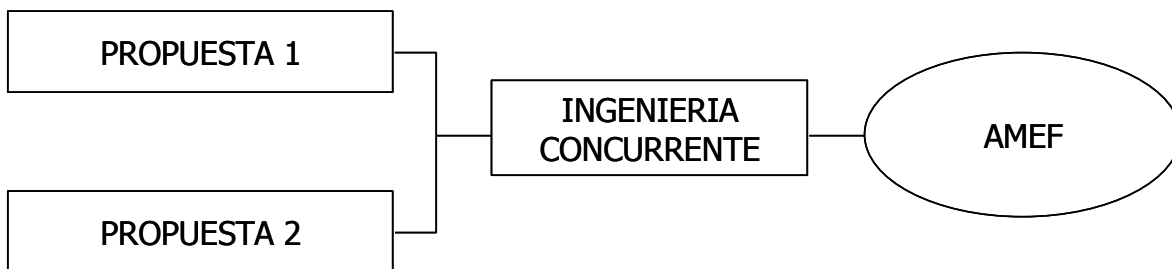
**Figura 4.1 Plan para elaboración de las propuestas**

Trabajar bajo el entorno de Ingeniería Concurrente implica recurrir a una serie de técnicas, que son utilizadas habitualmente como ayuda para desarrollar y fabricar moldes por inyección para productos de calidad. Es por ello que las propuestas de solución están orientadas a la aplicación de estas técnicas.

Se concluyó este capítulo con la presentación de las propuestas de solución las cuales son:

1. Contratación externa
2. Capacitación del personal

La siguiente grafica (figura 4.2) esta relacionada con la figura 4.1 ya que es el seguimiento de la etapa del desarrollo de las propuesta y bajo que esta sustentada la propuesta.



**figura 4.2 ESQUEMA DE SOLUCION PARA LAS PROPUESTAS**

#### **4.1 PROPUESTAS DE SOLUCIÓN.**

Para dar solución a lo planteado en esta investigación e identificado en el capítulo anterior, se tienen dos alternativas, las cuales son:

1. Contratación externa de consultores especialistas en la implantación de la Ingeniería Concurrente y herramientas de calidad.

2. Capacitación del personal en la aplicación de técnicas para el diseño y desarrollo de moldes para el proceso de inyección de un producto a través de la Ingeniería Concurrente.

#### **4.1.1 PROPUESTA 1 Contratación externa de consultores especialistas en la implantación de la Ingeniería Concurrente y herramientas de calidad.**

La propuesta en consultoría consiste en desarrollar acciones que tiendan a satisfacer las necesidades actuales y futuras del sector productivo de elaboración de productos de plástico, colaborando para que los mismos brinden productos de calidad adecuada; así como un proceso continuo de mejora, permitiendo aumentar el valor agregado de sus productos, logrando la apertura de mercados, y la optimización de su gestión.

Se presentará una propuesta de oferta técnica y económica diferencial para la Consultoría en técnicas sistemáticas de diseño para el sector plástico, con la finalidad de prepararlo para una acción más dinámica y flexible que le permita adecuarse y atender los cambios de la demanda y el medio. Considerando en forma sustantiva la satisfacción de los clientes y el valor agregado a los productos. Minimizando las posibles etapas de bajo valor agregado, detectado y maximizando aquellas de mayor valor, logrando una racionalización global y una administración efectiva de los recursos.

Para mejor comprensión de nuestra propuesta técnica, subdividimos la misma en tres componentes:

- Generalidades ( Alcance, Objetivos, Mejora de Procesos)
- Diseño ( Diagnóstico y Evaluación)
- Desarrollo (Capacitación del personal, Desarrollo de la Auditoria)



#### **4.1.1.1 Generalidades**

##### Alcance

El alcance del servicio de consultoría es el de Desarrollar un diagnóstico de las condiciones actuales y de las acciones a ejecutar para diseñar e implantar un modelo de ingeniería concurrente; Esto incluye las capacitaciones en herramientas de la Calidad (QFD, AMEF, DFMA) y Cursos de lanzamiento.

#### **4.1.1.2 Objetivos Generales y Específicos de la propuesta de Contracción de servicios de consultoría.**

Desarrollar un Diagnóstico para evaluar y rediseñar (si fuera necesario) la estructura organizacional y operativa de los procesos de creación e innovación de productos de plásticos, orientado a la Ingeniería Concurrente.

- Desarrollar el proceso de capacitación de lanzamiento del modelo de ingeniería concurrente para el personal del equipo multidisciplinario y alta dirección.
- Ejecutar una Auditoría Interna del plan de implementación del modelo de Ingeniería Concurrente para todos los procesos involucrados en el diseño e innovación de la medición, análisis y mejora de productos plásticos.
- Ejecutar las capacitaciones de Ingeniería Concurrente basadas en técnicas sistemáticas para el diseño de productos.

#### **4.1.1.3 Mejora de los procesos**

En el desarrollo de la consultoría se atenderán a los siguientes objetivos:

- Evaluar y rediseñar la estructura organizacional y operativa basada en los procesos y sus interrelaciones.
- Bases para el desarrollo posterior de indicadores de satisfacción del cliente externo.
- Bases para el desarrollo posterior de indicadores de satisfacción del cliente interno.

El rediseño y la reorganización se basan en los resultados del diagnóstico, en el transcurso de la consultoría se desarrollarán ambos en forma conjunta, ya que el diseño se inicia con los primeros resultados de análisis y continúa después de realizado el mismo a través de una etapa de diagnóstico.

#### **4.1.1.4 Diagnóstico y evaluación.**

El objetivo será establecer los factores críticos del éxito, acordar las fases del proyecto, las etapas fundamentales, definir responsables, plazos, procesos, motivar el trabajo en conjunto apuntando a los objetivos de la consultoría.

#### **Puntos a evaluar por los servicios de consultoría .**

- Registrar en forma temprana todos los factores de influencia sobre el proyecto de implantación en la etapa de diseño e innovación de los productos de plástico que utilizan los moldes de inyección.
- Reconocer en forma temprana los potenciales y las áreas con problemas.
- Evaluar las consecuencias del funcionamiento actual.
- Comprobar las dependencias con otros procesos.
- Definir los clientes del servicio.

- Establecer los procesos principales de realización del servicio (procesos cliente-cliente) a ser objeto del desarrollo del modelo de Ingeniería Concurrente.
- Establecer las interrelaciones de los procesos
- Establecer los puntos de control de los procesos
- Establecer los puntos de mejora
- Estudio de la documentación en cada parte de los diferentes procesos.
- Bases para la evaluación por competencias del personal del equipo multidisciplinar.

#### **4.1.1.5. Desarrollo de los Módulos producto del diagnóstico.**

En coordinación con el personal asignado a la contraparte de la consultoría del equipo multidisciplinar se desarrollara cada uno de los módulos propuestos en el Diagnóstico los cuales serán desarrollados con un componente alto de participación del personal con el fin de transferir el “know how” a los funcionarios del sector de plásticos.

El desarrollo de estos módulos se llevaran a cabo de forma paralela al desarrollo de todo la consultoría, esto es, muchos de estos módulos podrán realizarse de forma rápida y otros bastara con la decisión de la alta dirección de las empresas.

La obtención de las cotizaciones presentadas posteriormente, se obtuvieron a través de los diferentes sitios web de cada entidad, por medio de e-mail y llamadas telefónicas; los costos de los viáticos han sido tomados para una persona consultora.

## EMPRESAS QUE BRINDAN SERVICIOS DE CONSULTORIA

### GRUPO KAISEN

Es una empresa Costarricense que brinda consultoría profesional, principalmente en el Área Centroamericana y el Caribe. Se solicito cotización de consultoria en la Técnica del QFD (Quality function Deployment) ó DFC (Despliegue de la función de Calidad), AMEF (análisis de modos y efectos de fallos).

La empresa propone desarrollar un taller de consultoria en donde, se puedan desplegar ejemplos propios de la organización que la contrata, posteriormente brinda seguimiento.

- Duración de la Consultoria: 16 horas se incluyen algunos elementos del Análisis de Modo y efecto de Falla, otra técnica de gran ayuda para el análisis del proceso.
- Costo del Consultoría: \$1200,00 más gastos de transporte, hospedaje y alimentación.

A continuación se presentan en el siguiente cuadro los costos asignados a la propuesta del grupo Kaisen:

	Costo diarios	Costo ( 3 días)
Costo Consultoria*		\$3,600.00
Hospedaje	\$50.00 diarios	\$150.00
Alimentación	\$15.00 diarios	\$ 45.00
Transporte terrestre desde Costa Rica		\$ 300.00
<b>COSTO TOTAL</b>		<b>\$4,095.00</b>

Cuadro 4.1 costos de la Empresa Kaisen.

\* Nota:

Costo de consultoría = \$1,200.00

Costo de seguimiento ( 3 de \$800.00 c/u) = \$2,400.00

## OMNEX INC.

Omnex Inc, es una empresa internacional de consultoria, que se especializa en la organización del entrenamiento para crear los sistemas de gerencia que elevan el funcionamiento de los sistemas de calidad.

Omnex inc. Tiene sedes en países como: Canadá, Estados Unidos, México, Alemania, China, Arabia Saudita, etc.

La empresa brinda consultoría en técnicas para el desarrollo de productos como: QFD, AMEF, etc.

Duración de la consultoria : 2 días

Costo de consultoria: \$845.00

	Costo diarios	Costo ( 3 días)
Costo Consultoria*		\$2,945.00
Hospedaje	\$50.00 diarios	\$150.00
Alimentación	\$15.00 diarios	\$ 45.00
Transporte Aéreo desde México		\$ 500.00
<b>COSTO TOTAL</b>		<b>\$3,640.00</b>

Cuadro 4.2 costos de la Empresa Omnex Inc.

\*Nota:

Costo de consultoría = \$ 845.00

Costo de seguimiento ( 3 de \$700.00 c/u) = \$2,100.00

### 4.1.2 PROPUESTA 2 Capacitación del personal en la aplicación de técnicas para el diseño y desarrollo de un producto a través de la Ingeniería Concurrente.

La formación debe ser reconstruida totalmente, la organización necesita que el personal en los equipos conozca a fondo a la empresa, uno de los desperdicios

mas importantes que hay, es el de no aprovechar las habilidades del personal, ya que estos tiene efectos perjudiciales.

La organización debe considerar que el dinero gastado en educación, y capacitación no aparece reflejado en el balance y por ende no incrementa el valor neto de la compañía como seria en el caso de la adquisición de inventarios, herramientas y equipos.

El propósito de capacitar a los participantes del curso en técnicas de:

- QFD es ajustarse a las necesidades de los clientes.
- AMEF para controlar la fiabilidad del producto.
- DFMA para reducir los costes de fabricación y simplificar el montaje.

### **Capacitar al equipo multidisciplinar**

**Objetivo:** Capacitar al equipo multidisciplinar en las técnicas de diseño propias de la ingeniería concurrente tales como: QFD, AMEF, DFMA etc. para que cuenten con el conocimiento previo en la planificación, realización y documentación del proceso de diseño y desarrollo de productos de plásticos que para su fabricación utilizan moldes. Esta capacitación se realiza a través de un estudio de caso.

### **Los Beneficios de esta capacitación serán:**

Al acabar este curso, los participantes deben ser capaces de:

1. Establecer sistemas y procesos de gestión de proyectos.
2. Evaluar metodologías y herramientas informáticas de ayuda a la gestión de proyectos.
3. Dirigir proyectos de ingeniería
4. Dirigir equipos de I+D.
5. Aplicar técnicas y métodos de ingeniería concurrente.

Requisitos del personal a capacitar:

- Profesional que tenga conocimientos en varios departamentos de la empresa.
- Conocimientos de herramientas CAD-CAM.
- Conciente de la política de innovación de la empresa.
- Aptitudes de Liderazgo.
- Dinámico.
- Responsable.

### **CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA CAPACITACION.**

1	2	3	4	5	6	7	8	PLAN DE CAPACITACION A DESARROLLAR
X								Informe de desarrollo de la capacitacion, que incluye el programa de trabajo de la misma
	X	X						Informe de diagnostico de la etapa de diseño e innovacion de productos de plasticos que utilizan moldes de inyeccion para la implementacion de la Ingenieria Concurrente.
		X	X	X	X	X		Desarrollo de la capacitacion en las técnicas sistematicas de diseño de Ingenieria concurrente (QFD, AMEF)
							X	Informe de resultados del proceso de capacitacion del personal del equipo multidisciplinar, para el lanzamiento del proceso de la implantacion del modelo de Ingenieria Concurrente.

**Cuadro 4.3 Plan de Capacitación**

## **EMPRESAS QUE BRINDAN SERVICIOS DE CAPACITACIÓN**

### **INSTITUTO TÉCNICO CATALAN.**

Es un Instituto con iniciativa pionera en el sector de la formación, cuando los esfuerzos de múltiples especialistas en formación y en nuevas tecnologías.

El instituto Catalán ofrece:

#### **Información general del curso para la capacitación:**

Duración del curso: 105 horas el propósito del curso es el de capacitar a los participantes del curso en tecnologías:

- QFD para ajustarse a las necesidades de los clientes.
- AMEF para controlar la fiabilidad del producto.
- DFMA para reducir los costes de fabricación y simplificar el montaje.
- Análisis funcional y de valor para conseguir la mejor relación calidad / coste.
- Planificación y programación, supervisión y control.
- Normativas para el aseguramiento de la calidad.
- Tecnologías de Comprensión del Tiempo (TC): CAD / CAE/ Rapid Prototyping.

Al acabar este curso, los participantes serán capaces de:

- Establecer sistemas y procesos de gestión de proyectos.
- Evaluar metodologías y herramientas informáticas de ayuda a la gestión de proyectos.
- Dirigir proyectos de ingeniería
- Dirigir equipos de R+D+I.
- Aplicar técnicas y métodos de ingeniería concurrente.

	Costo diarios	Costo ( 13 días)
Costo Capacitación		\$1650.00
Hospedaje	\$60.00 diarios	\$780.00
Alimentación	\$21.00 diarios	\$ 273.00
Transporte Aéreo para Barcelona, España		\$ 1500.00
<b>COSTO TOTAL</b>		<b>\$4203.00</b>

Cuadro 4.4 Cuadro Empresa Instituto Técnico Catalán

### **OMNEX INC. (A través de FUSADES).**

FUSADES brinda servicios de capacitación con la participación de especialistas en calidad que forman parte de Omnex inc. en donde se desarrolla la problemática de las empresas contratantes, todo acorde a las necesidades de cada empresa.

La propuesta de FUSADES permite iniciar con su plan estratégico o bien a partir de éste; si la empresa no cuenta con uno. El proceso inicia con el planteamiento de la hipótesis para cada tema y construcción del mapa estratégico. Posteriormente se establecen objetivos, indicadores, inductores y metas para cada perspectiva.

Beneficios tangibles para la empresa:

- Disminución del tiempo de desarrollo
- Eliminación de cambios de último momento
- Costos de diseño más bajos
- Mayor confiabilidad en el diseño
- Controles de producción económicos

Beneficios intangibles para la empresa:

- Mayor satisfacción del cliente
- Mejor aseguramiento de la calidad
- Documentación del proceso
- Base para el mejoramiento continuo

Otros:

- Permite definir inicialmente objetivos claros en función del mercado y negocio
- Enfoque entre producto y proceso
- Claridad en como fijar prioridades para asignar recursos
- Mejor comunicación en el trabajo
- Los productos satisfacen las necesidades del cliente
- Los productos tienen ventajas competitivas

	Costo diarios	Costo ( 5 días)
Costo Capacitación		\$1190.00
Hospedaje	\$50.00 diarios	\$250.00
Alimentación	\$15.00 diarios	\$ 75.00
Transporte Aéreo desde México		\$ 500.00
<b>COSTO TOTAL</b>		<b>\$2015.00</b>

Cuadro 4.5 Empresa Omnex inc.

## 4.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS DE SOLUCION

El valor actual neto será calculado, para un periodo de 10 años, esto se debe a que en lapso de tiempo mayor, la economía en nuestro país es poco estable y sufre considerables cambios en sus tasas de inflación, etc.

En donde:

FF1: Flujo de fondos para el año 1.

FFn: Flujo de fondos para el año n.

$I_{TMAR}$  (Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento), esta dada por la dirección general o por los propietarios de la empresa. Su valor siempre estará basado en el riesgo que corra la empresa en forma cotidiana en sus actividades productivas y mercantiles.

TMAR = inflación + premio al riesgo;

Inflación = 10%

Premio al riesgo= 8%

$I_{TMAR}$ = 18 %

Los datos estadísticos han sido obtenidos por medio del boletín informativo que emite el Banco Central de Reserva de El Salvador (BCR), **CUADRO 4.6.**

## EVALUACION DEL INDICE DE PRECIOS DEL CONSUMIDOR EN EL SALVADOR

Meses/Año	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Enero	7.50	1.50	3.10	-0.50	5.50	0.90	2.80
Febrero	7.80	1.30	2.60	0.20	4.80	1.40	2.70
Marzo	7.40	1.50	2.00	0.50	4.90	1.70	2.40
Abril	7.10	2.70	0.10	1.10	5.00	2.00	2.00
Mayo	6.10	3.50	-1.00	2.40	4.50	1.80	1.90
Junio	4.90	3.20	-1.20	3.60	3.50	2.30	1.60
Julio	4.00	2.80	-1.10	2.90	3.60	2.50	1.00
Agosto	1.80	2.20	0.10	3.40	3.50	1.80	1.70
Septiembre	2.10	1.50	1.50	3.30	3.30	1.40	2.10
Octubre	1.70	1.90	2.00	2.70	2.30	2.50	2.30
Noviembre	2.20	4.30	-0.70	3.40	3.00	1.40	2.60
Diciembre	1.90	4.20	-1.00	4.30	1.40	2.80	<b>2.50</b>
<b>Promedio</b>	<b>4.54</b>	<b>2.55</b>	<b>0.53</b>	<b>2.28</b>	<b>3.78</b>	<b>1.88</b>	<b>2.13</b>

Cuadro 4.6. Evolución del IPC en El Salvador.

A Continuación se presentan el cuadro 4.7 mostrando el calculo del IPC para el año 2006

### CALCULOS DEL IPC PARA CADA AÑO Año 2006

Años	IPC(%)	Z	YZ	Z <sup>2</sup>
1999	0.53	-3	-1.60	9
2000	2.28	-2	-4.55	4
2001	3.78	-1	-3.78	1
2002	1.88	0	0.00	0
2003	2.13	1	2.13	1
2004	1.70	2	3.40	4
2005	3.80	3	11.40	9
<b>Sumatoria</b>			7.01	28

Cuadro 4.7. Calculo del IPC para el año 2006(\*)

$$\mathbf{Incremento=(YZ/Z^2)(n/2)}$$

$$\text{Incremento}= 0.7508929$$

$$\text{IPC}(2006)= \text{IPC(año base)}+\text{incremento}$$

$$\text{IPC}(2006)= \mathbf{2.63\%}$$

(\*) Este cálculo se realizara de igual forma para los años posteriores

## TABLA RESUMEN DEL IPC

A continuación se presenta una tabla conteniendo la tasa calculada del IPC para los próximos diez años:

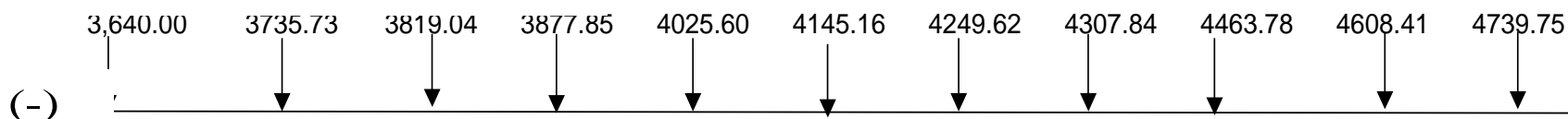
AÑO	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2014	2015	2016
IPC	2.63	2.23	1.54	3.81	2.97	2.52	1.37	3.62	3.24	2.85

## EVALUACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE CONSULTORIA

### PROPUESTA DEL GRUPO OMNEX INC.

AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
3,640.00	3735.73	3819.04	3877.85	4025.60	4145.16	4249.62	4307.84	4463.78	4608.41	4739.75

### FLUJO DE FONDOS

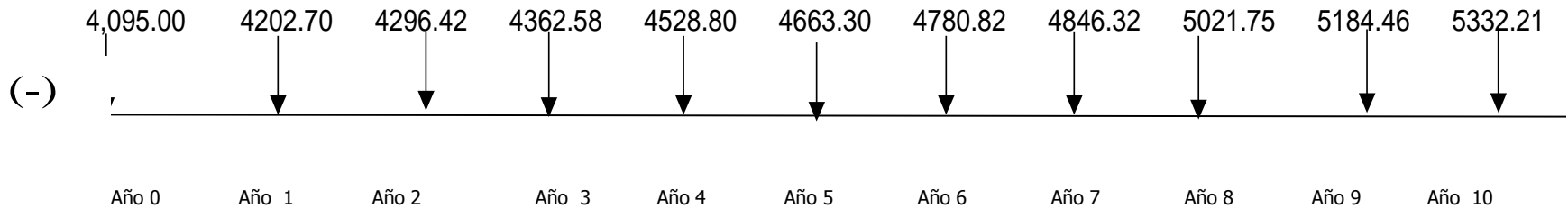


VAN=	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
	-3,640.00	-3165.87	-2742.77	-2360.18	-2076.36	-1811.89	-1574.19	-1352.34	-1187.54	-1038.99	-905.60
<b>VAN=</b>		<b>-21,855.73</b>									

PROPUESTA DEL GRUPO KAISEN

AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
4,095.00	4202.70	4296.42	4362.58	4528.80	4663.30	4780.82	4846.32	5021.75	5184.46	5332.21

FLUJO DE FONDOS



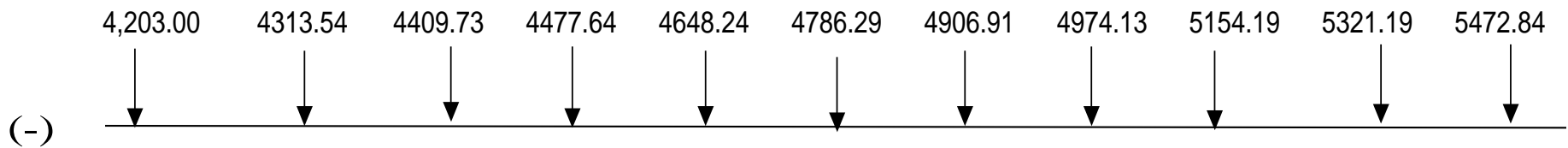
VAN=

-4,095.00	-3561.61	-3085.62	-2655.20	-2335.90	-2038.37	-1770.97	-1521.38	-1335.98	-1168.87	-1018.80
VAN=	-24,587.70									

## EVALUACIÓN DE LA PROPUESTAS DE CAPACITACION.

### PROPUESTA DEL INSTITUTO TECNICO CATALAN

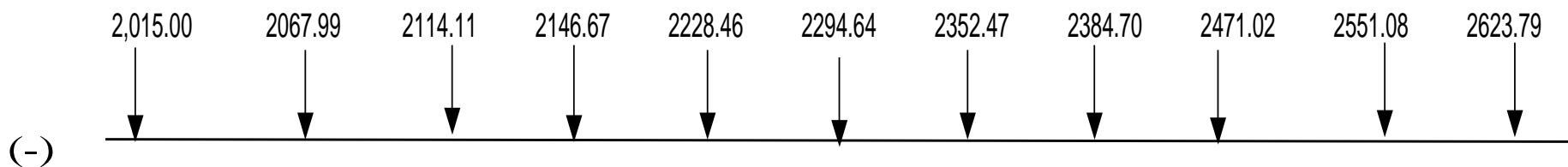
AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 10
4,203.00	4313.54	4409.73	4477.64	4648.24	4786.29	4906.91	4974.13	5154.19	5321.19	5472.84



VAN=	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
	-4203.00	-3655.54	-3167.00	-2725.23	-2397.51	-2092.13	-1817.67	-1561.50	-1371.21	-1199.69	-1045.67
<b>VAN=</b>	<b>-25,236.16</b>										

**PROPUESTA DE OMNEX, INC.**

AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
2,015.00	2067.99	2114.11	2146.67	2228.46	2294.64	2352.47	2384.70	2471.02	2551.08	2623.79



VAN=	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
	-2,015.00	-1752.54	-1518.32	-1306.53	-1149.41	-1003.01	-871.43	-748.62	-657.39	-575.16	-501.31
VAN=		-12,098.71									

En la siguiente tabla se presenta una comparación económica de las alternativas:

AÑO	PROPUESTA 1		PROPUESTA 2	
	GRUPO KAISEN	GRUPO OMNEX	INSTITUTO TECNICO CATALAN	GRUPO OMNEX
0	4095	3640	4203	2015
1	4202.7	3735.732	4313.54	2067.99
2	4296.42	3819.04	4409.73	2114.11
3	4362.58	3877.85	4477.64	2146.67
4	4528.8	4025.6	4648.24	2228.46
5	4663.3	4145.16	4786.29	2294.64
6	4780.82	4249.62	4906.91	2352.47
7	4846.32	4307.84	4974.13	2384.7
8	5021.75	4463.78	5154.19	2471.02
9	5184.46	4608.41	5321.19	2551.08
10	5332.21	4739.75	5472.84	2623.79

**Cuadro 4.8 comparación económica**

El cuadro 4.8 presenta una representación del flujo de efectivo para cada uno de las propuestas con el objetivo de una mejor visualización de su comportamiento en el tiempo.

Al finalizar el análisis se determinó que la alternativa de menor costo es la alternativa de capacitar al personal en técnicas de diseño (propuesta OMNEX. INC) y la que se percibe conveniente para la implementación del modelo de ingeniera concurrente en nuestro estudio para el sector plástico.

### **4.3 IMPACTO ECONOMICO DE LA IMPLEMENTACION DE LA INGENIERIA CONCURRENTE EN EL SECTOR DE ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE PLÁSTICOS.**

Para conocer el impacto económico de la implementación se tomo en cuenta el tiempo invertido por los participantes en la realización de las distintas actividades del plan, mas los costos de la capacitación y la compra de un software para el prototipado rápido de moldes para productos de plásticos

Para esto se siguieron los siguientes pasos:

Se estimo un aproximado al sueldo de los participantes del equipo, estos datos son detallados en el siguiente cuadro:

Para la estimación del costo por actividad se utilizo la siguiente formula:

**Costo por Actividad** = Tiempo estimado para la actividad x Numero de participantes x Horas diarias invertidas x costo Hora/hombre

Donde :

Costo Hora /Hombre : es el sueldo asignado a los participantes por el tiempo invertido en el proyecto. ( este se incluye en el sueldo base del Participante)

EQUIPARAR

El siguiente cuadro presenta el costo que incurrirá la empresa en la realización de cada una de las actividades realizadas por los miembros del equipo multidisciplinar para el desarrollo de un nuevo producto, se le ha asignado un periodo de tiempo determinado para que esta operación se efectúe, luego se multiplica por el numero de encargados en la realización de dicha operación, se le asigna un costo por hora hombre y de esta forma se obtiene el costo por actividad, para conocer el costo total de la implantación es la sumatoria del costo de todas las actividades mas el costo de la capacitación del equipo multidisciplinar.

Actividad	Duracion de la actividad (Dias)	Numero de Participantes	Horas diarias	Costo P/ participacion (\$) /Hrs	Costo por actividad (\$)
Crear equipo enfocado hacia el cliente	5	1	2	2,5	25,00
Desarrollar el cronograma del programa	6	1	2	2,5	30,00
Fijar las metas de diseño	3	7	1	2,5	52,50
Fijar las metas de confiabilidad y calidad	3	7	1	2,5	52,50
Fijar metas de costos	3	7	1	2,5	52,50
Obtener los volúmenes de Planificación de capacidad	3	7	2	2,5	105,00
Desarrollar lista de contactos clave	1	7	2	2,5	35,00
Completar AMEF	3	7	3	2,5	157,50
Selección de Instalación	3	7	1	2,5	52,50
Consolidar los estimados de costos preliminares	3	7	1	2,5	52,50
Comenzar el desarrollo del flujograma	3	7	2	2,5	105,00
Revisión Gerencial ( Factibilidad)	1	1	3	2,5	7,50
Revisión del Diseño pre- Liberación de producción	4	7	2	2,5	140,00
Revisión del concepto avanzado de diseño	1	7	1	2,5	17,50
Desarrollar / actualizar lista de materiales preliminar	3	7	1	2,5	52,50
Comenzar la estrategia de suministros	3	7	2	2,5	105,00
Comenzar los planos liberación -X	3	7	2	2,5	105,00
Revisión del concepto de diseño con el cliente	4	7	2	2,5	140,00
Desarrollar AMEF de diseño	6	7	2	2,5	210,00
Desarrollar lista preliminar de características especiales de producto	4	7	2	2,5	140,00
Desarrollar Plan de Control de construcción del prototipo	8	7	2	2,5	280,00
Desarrollar la construcción de prototipos	11	1	2	2,5	55,00
Realizar las pruebas de prototipos	2	1	3	2,5	15,00
Validación del desempeño de Prototipos	1	1	3	2,5	7,50
Desarrollar flujograma de proceso	6	7	3	2,5	315,00
Desarrollar plan de Control de producción	21	7	3	2,5	1102,50
Revisión Gerencial ( Factibilidad)	1	1	3	2,5	7,50
<b>TOTAL DE COSTO DE ACTIVIDADES</b>					<b>3.420,00</b>
<b>COSTO POR LA COMPRA DEL SOFTWARE</b>					<b>40.000,00</b>
<b>COSTO DE LA CAPACITACION</b>					<b>2.015,00</b>
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>45435,00</b>

Cuadro 4.9 Impacto económico

#### **4.4 EVALUACIÓN ECONOMICA/ COSTO BENEFICIO DE LA PROPUESTA SELECCIONADA ( Propuesta OMNEX. INC)**

Teniendo en cuenta el costo de la inversión inicial \$ 45,435 del cuadro 4.9 se procede a determinar los beneficios económicos percibidos por la implementación de la propuesta de ingeniería concurrente.

Para esto se realizo el siguiente procedimiento:

1. Se determino el numero de días laborables por año:

365 días al año (-)

52 domingos (-)

10 días Feriados

Se tiene un total de 303 días laborables equivalente a 50.5 semanas al año.

2. Determinación del numero de piezas producidas por hora

Para determinar este numero es necesario saber cuantas horas están disponibles para la producción.

$50.5 \text{ Sems.} \times (6 \text{ días/ semana}) \times (16 \text{ Hrs/ día}) = 4,848 \text{ Hrs.}$

Menos el tiempo destinado para cambio de moldes estimado en 2.5 hrs. y se cambia aproximadamente 2 veces a la semana tenemos:

$4,848 \text{ hrs.} - 252.5 \text{ hrs. destinadas a cambio de moldes} = 4,595.5 \text{ hrs. disponibles para la producción.}$

Tomando un promedio de producción de 10,000,000 piezas producidas al año tenemos:

$10,000,000 \text{ piezas} / 4595.5 \text{ hrs.} = 2176.04 \text{ piezas/ hrs.}$

De la aplicación del AMEF se proyecta reducir las potenciales fallas y estas son expresadas en tiempo:

Fallas ocasionadas por el sistema de enfriamiento 48 Hrs.

Fallas ocasionadas por el material del molde	48 Hrs.
Fallas por las dimensiones del molde	96 Hrs.
Fallas por el molde desgastado	36 Hrs.
<b>Total de Hrs adicionales</b>	<b>228 Hrs.</b>

3. Determinación del número de piezas adicionales producidas por la aplicación de Ingeniería Concurrente.

$$228 \text{ Hrs.} \times 2,176 \text{ piezas} = 496,128 \text{ piezas}$$

$$496,128 \text{ piezas} \times \$ 0.045 \text{ ( costo del producto )} = 22,325.76$$

Para llevar acabo el análisis cuantitativo, fue necesario determinar la tasa de inflación a través del método de tendencias, el cual se basa en datos estadísticos de años anteriores, además de auxiliarnos del cuadro 4.6 que contiene los costos obtenidos de las cotizaciones realizadas a los distintos Instituciones que brindan el servicio de consultoría y capacitación en las técnicas de diseño de la ingeniería concurrente, proyectando todos éstos a un periodo de 10 años.

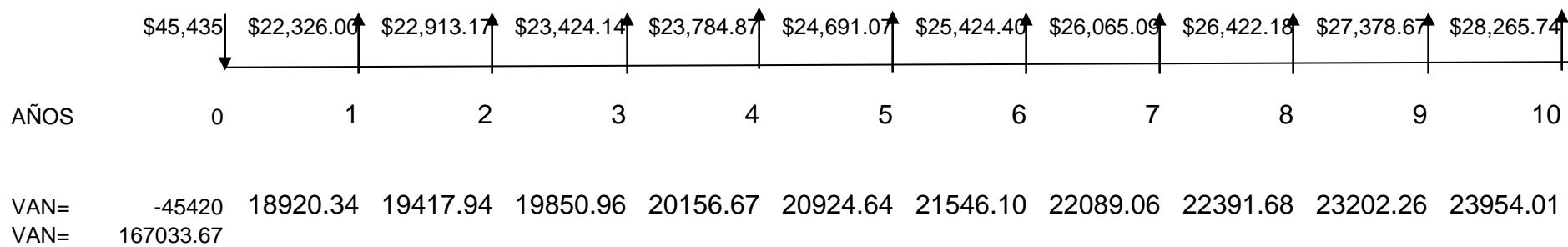
Del desarrollo de este análisis se determinó que la alternativa de menor costo es la alternativa de capacitar al personal en técnicas de diseño (propuesta OMNEX. INC) y la que se percibe conveniente para la implementación de la ingeniera concurrente en nuestro estudio para el sector plástico, luego se pasa hacer el análisis del costo beneficio para evidenciar la factibilidad de la propuesta, como se muestra a continuación.

## ANALISIS DE COSTO BENEFICIO

AÑO	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2014	2015	2016
IPC	2.63	2.23	1.54	3.81	2.97	2.52	1.37	3.62	3.24	2.85

RETORNO ECONOMICO PARA LOS SIGUIENTES 10 AÑOS

AÑO1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
22,326.00	22,913.17	23,424.14	23,784.87	24,691.07	25,424.40	26,065.09	26,422.18	27,378.67	28,265.74



B/C

1.57

Nuestra proyecto resulta factible ya que de un dólar invertido se genero un costo beneficio de \$1.57 el cual genera la implementación para nuestro modelo el cual se detalla en el siguiente capítulo.

<b>CAPITULO V. DISEÑO DEL MODELO DE IMPLEMENTACION DE INGENIERIA CONCURRENTE EN LA FASE DE DISEÑO DE MOLDES POR INYECCIÓN PARA PRODUCTOS DE PLÁSTICOS.</b>	<b>138</b>
5.1 MODELO DE IMPLANTACIÓN DE LA INGENIERIA CONCURRENTE.	138
5.1.1 CATALIZADORES ORGANIZATIVOS	141
5.1.2 CATALIZADORES TECNOLÓGICOS	146
5.2 ETAPAS DEL MODELO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA INGENIERIA CONCURRENTE.	150
5.2.1 ETAPA 1 ELABORACION DE UN NUEVO PROCEDIMIENTO DE DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS PLASTICOS POR MOLDES POR INYECCION.	152
5.2.1.1 PARTE 1 Revisión de contrato y Plan del Programa	152
5.2.1.2 PARTE II Desarrollo de Diseño y AMEF de Diseño	159
5.2.2 ETAPA 2 NOMBRAMIENTO DEL LIDER DEL PROYECTO Y DE LOS MIEMBROS DEL EQUIPO	192
5.2.3 ETAPA 3 FORMACION DEL EQUIPO DE IC EN LAS TECNICAS DE DISEÑO Y/O CALIDAD APROPIADAS	199
5.2.4 ETAPA 4 EDICION DEL CALENDARIO DE REUNIONES DEL EQUIPO DE IC SEGÚN EL PLAN DE DESARROLLO	200
5.2.5 ETAPA 5 EDICION DEL PLAN DE ACTIVIDADES SEGÚN EL PLAN DE DESARROLLO	201
5.2.6 ELEMENTOS POST AMEF DE DISEÑO.	204
5.2.6 ELEMENTOS POST AMEF DE DISEÑO.	205
v. CONCLUSIONES	224
vi: RECOMENDACIONES	227
vii BIBLIOGRAFIA	230
viii GLOSARIO	
ix ANEXOS	

## **CAPITULO V. DISEÑO DEL MODELO DE IMPLEMENTACION DE INGENIERIA CONCURRENTENTE EN LA FASE DE DISEÑO DE MOLDES POR INYECCIÓN PARA PRODUCTOS DE PLÁSTICOS.**

Este capitulo describirá la elaboración de un nuevo procedimiento de desarrollo de nuevos productos en la etapa de diseño de moldes por inyección para productos de plásticos y mejorar el proceso de los ya existentes. Aquí se detallará las diferentes etapas para que se lleve a cabo el plan de implementación de ingeniería concurrente y a su vez que se pueda realizar exitosamente.

### **5.1 MODELO DE IMPLANTACIÓN DE LA INGENIERIA CONCURRENTENTE.**

La implementación de nuestro modelo de Ingeniería Concurrente en una empresa del sector plástico ó de cualquier otro sector, requiere una serie de etapas a realizar (Vease Pág. 140), cuya responsabilidad recae principalmente en la dirección de la empresa.

Solo si la dirección esta plenamente convencida de los beneficios de la Ingeniería Concurrente se puede pasar a la etapa de implantación que debe seguir un proceso top-down (de arriba abajo) en la empresa.

Por eso recordemos las ventajas competitivas de introducir rápidamente nuevos productos:

- Ventas en un plazo mas breve para recuperar la inversión
- Ventas en el momento de mayor potencial de beneficios
- Menor necesidad de cambiar las especificaciones

- Realimentación mas rápida del mercado para poder tomar decisiones
- Anticiparnos a la competencia

Tales ventajas justifican que una empresa salvadoreña, intente reducir los plazos de desarrollo mediante la Ingeniería Concurrente, un equipo de producto multidisciplinar que sigue un plan de desarrollo de productos plásticos con actividades concurrente.

Aunque sugerimos empezar por un proyecto sencillo a fin de garantizar el éxito de la implantación, deberá implantarse en todos los proyectos de nuevos productos, reduciendo al mínimo la fase de transición a la nueva metodología.

En la Figura 5.1 se visualiza nuestro modelo de implementación de la Ingeniería Concurrente. El mecanismo central para su implantación es la secuencia de etapas a desarrollar dentro de la estructura de un equipo de Ingeniería Concurrente enfocado en el producto; así mismo desarrollar una serie de etapas a realizar que incluya expertos de las diferentes disciplinas involucradas. La operación efectiva de este equipo requiere catalizadores tanto organizativos como tecnológicos.

# MODELO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA INGENIERIA CONCURRENTE

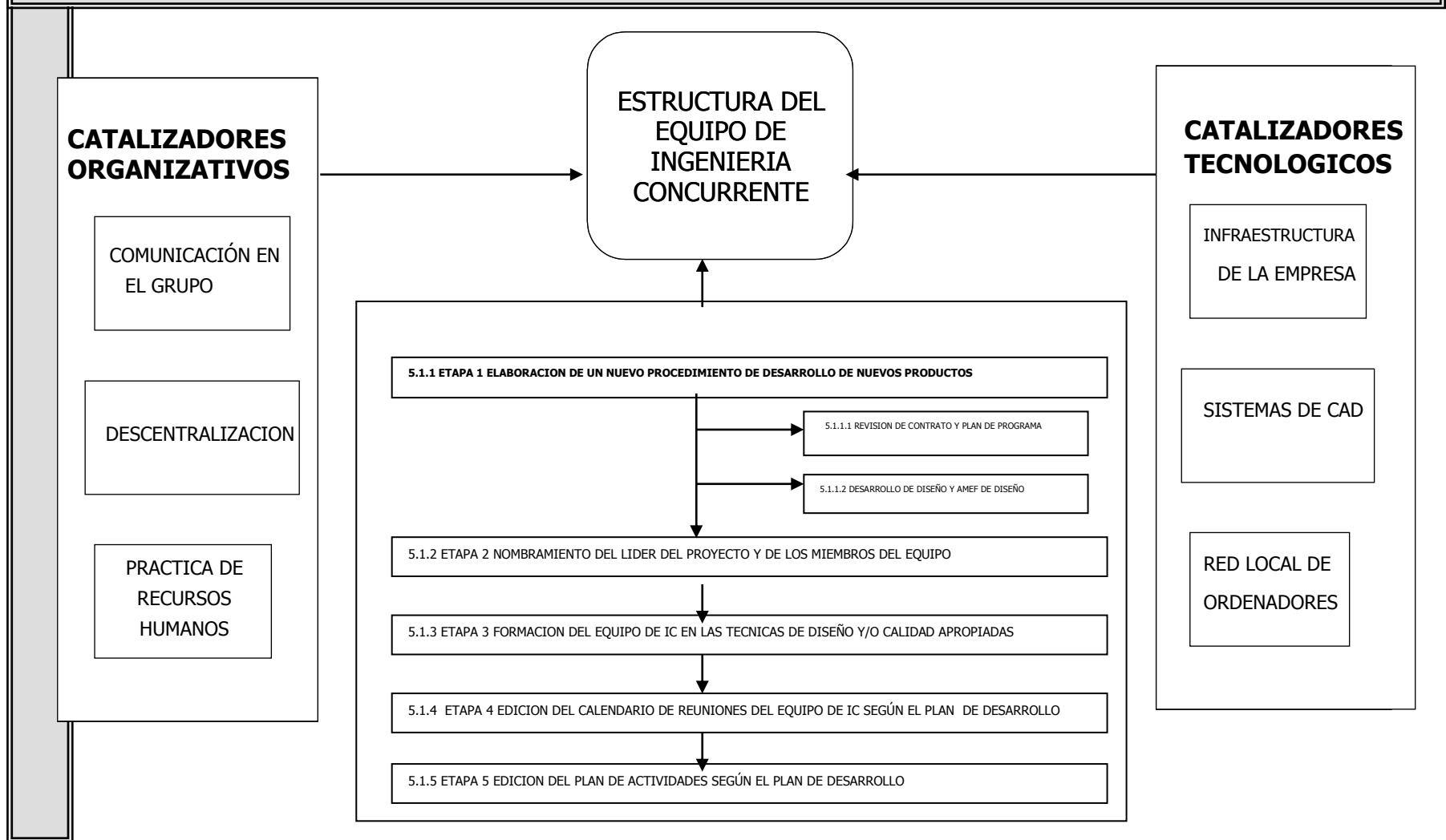


FIGURA 5.1 Modelo de Implementación de Ingeniería Concurrente.

### **5.1.1 CATALIZADORES ORGANIZATIVOS**

Los catalizadores organizativos son los cambios requeridos en la estructura y práctica de la empresa que permiten que el equipo de Ingeniería Concurrente logre la integración funcional, comparta información en el grupo de trabajo y colabore a través de las áreas funcionales para resolver los problemas del proyecto por consenso. Estos cambios incluyen la comunicación dentro del grupo, la toma de decisiones descentralizada y participativa y práctica de recursos humanos que animen la ruptura de los límites entre departamentos y del control del flujo de información entre áreas funcionales.

La comunicación tanto interna como externa adquiere un valor estratégico en el cumplimiento de los objetivos y es considerado un importante recurso para mejorar las relaciones humanas y comerciales.

La comunicación en el grupo consiste en canalizar la constante información que el cliente proporciona de las exigencias del mercado y del funcionamiento del sector.

Debido al desarrollo de la estructura de comunicación es posible procesar esta información y aumentar el conocimiento, transmitiendo al resto de sectores las estrategias a seguir en cada momento, siempre con el objetivo de incrementar el valor del servicio que se le ofrece a los clientes.

El desarrollo de medios en los que se trabaja para mejorar día a día la comunicación y capacidad de aprendizaje, los podemos resumir en los siguientes puntos:

- **Formación:** El Grupo viene proporcionando a todo su personal tanto formación genérica, como especializada por sectores, dirigida a una mayor profesionalización en el puesto de trabajo.
- **Comunicación interna:** Como una vía ágil para transmitir información entre el personal y los distintos departamentos del sector, esto se logra implantando una red INTRANET, que tiene a disposición desde información general hasta información referente a las publicaciones corporativas, comunicaciones internas y externas, información comercial, etc.
- **Comunicación externa:** Con la conexión a INTERNET y la creación de una página Web de la empresa o el sector y sus servicios se da a conocer al mercado de una manera atractiva e innovadora.

Para la aplicación del modelo de Ingeniería Concurrente también es necesario una buena comunicación que es esencial para el adecuado funcionamiento de los grupos, para organizar reuniones, compartir información, llegar a acuerdos y llevar a cabo acciones. Es más, mejorar la comunicación es una manera de construir el propio grupo.

Existen muchos problemas que pueden llegar a afectar al equipo multidisciplinar:

- La desinformación: la difusión de información falsa con objeto de provocar problemas.
- Las tensiones entre las y los miembros del grupo, causadas por los diferentes estilos que tiene cada persona (y bastante comunes, incluso cuando no existen cosas que amenacen desde fuera al grupo).

- Disfunciones del grupo, como personas que dominan al resto, la cultura del murmuro malicioso, aceptación tácita de comportamientos abusivos o de la dependencia excesiva en determinados individuos.
- Falta de recursos para la comunicación, como por ejemplo, no tener acceso al correo electrónico ni a los teléfonos móviles.
- Sistemas de comunicaciones precarios, como por ejemplo, mala información sobre las reuniones y las decisiones tomadas.
- Falta de preparación para comunicarse en las emergencias.

Se pueden hacer muchas cosas para superar las dificultades de comunicación. En lugar de tener un solo canal de comunicación, como por ejemplo el teléfono, podrían utilizarse varios canales, como quedar para verse, el correo electrónico y la radio de onda corta.

### **DESCENTRALIZACIÓN:**

Otro de los puntos importantes a impulsar para el aceleramiento de aplicación de la Ingeniería concurrente es la descentralización que la definimos de la siguiente manera:

Etimológicamente es quitar, desplazar lo que está en el centro, y lo que mora en ese espacio puede ser por naturaleza o por apropiación en este último caso debe regresarse a su propietario lo que hemos expropiado y conservar aquello que es legítimo, esto implica cantidad, calidad, forma y procedimiento.

**Principios de la Descentralización:** La autoridad para tomar o iniciar la acción debe ser delegada tan próxima de la escena cuanto fuere posible.

### **Ventajas de la Descentralización.**

- A).- Los jefes están más cerca del punto donde se deben tomar las decisiones.
- B).- Permite aumentar la eficiencia aprovechando mejor el tiempo y aptitud de los funcionarios.
- C).- Permite mejorar la calidad de las decisiones a medida que su complejidad y volumen se reducen.
- D).- Se reduce o desaparece el papeleo burocrático.

### **Tipo de Descentralización.**

- 1.- Descentralización por funciones
- 2.- Por regiones geográficas
- 3.- Por divisiones de Productos

Como enfoque general hay dos maneras de descentralizar las estructuras industriales.

- 1.- Dejando las unidades descentralizadas cual si fuesen divisiones íntegras y no habiendo más que una sola dirección.
- 2.- Descentralizar por medio de la organización de compañías subsidiarias.

### **PRACTICA DE RECURSOS HUMANOS:**

Las áreas de Gestión Humana deben estar en dirección hacia la Planeación Estratégica, Hablar de planeación es PROYECTARSE AL FUTURO. Definir un curso de acción a seguir tomando en cuenta los recursos disponibles.

Debemos de tomar en cuenta que el futuro debe estar en un ambiente en el cual la empresa vive. Toda empresa debe tener clara su razón de ser basado en objetivos, misión, visión.

La administración empieza con la elaboración de PLANES. Una de las actividades de planear es formular PRONOSTICOS. buscando la participación en el proceso productivo; de esta manera la prioridad de Gestión Humana debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- Promover el desarrollo de los ejecutivos de la organización, motivando su participación como sujetos activos, gestores y motivadores del cambio.
- Desarrollar estrategias buscando un mejor entendimiento entre las unidades de negocio y direccionando los procesos de transformación organizacional.
- Liderar los procesos de desarrollo del Talento Humano como provisión, reclutamiento, selección, inducción, responsabilidad social y evaluación del desempeño.

Conociendo ya la importancia que merece el Área de Gestión Humana en la organización, su determinante intervención en procesos de mejoramiento humano y su valioso aporte al hombre como individuo, es importante tomar conciencia igualmente de la necesidad de tomar en serio la Gestión Humana, buscando que esta sea una tarea constante y a cuyos procesos puedan dársele continuidad.

Teniendo en cuenta que la organización en la que se ve afectada por el entorno y por todos aquellos elementos que son necesarios para la implementación del modelo, es necesario entender igualmente que el hombre como sistema individual, desempeña un papel fundamental en el éxito o fracaso del mismo. Ahora bien, cuando una empresa no es consciente del riesgo que toma por no tener en cuenta

para su proceso, el elemento humano, puede fácilmente dirigirse hacia un final seguro; sin embargo, son muchas las organizaciones que para la actualidad han decidido invertir en quienes hacen posible su razón de ser sus colaboradores.

El área de Talento Humano debe direccionar su acción hacia la implementación del modelo de ingeniería concurrente que asegure la viabilidad de los procesos de manera continua, buscando comprometer a todas las áreas de la empresa en el desarrollo de los mismos.

La Gestión Humana se ubicará como Área Asesora a todo nivel, logrando su participación y brindando su apoyo en todos los procesos organizacionales, garantizando el desarrollo óptimo de los mismos.

### **5.1.2 CATALIZADORES TECNOLÓGICOS**

La tecnología es el factor más importante que diferencia competidores en el mercado. Es por ello que el desarrollo tecnológico debe practicarse en todas las áreas de las empresas para defender, apoyar y expandir las actividades existentes, desarrollar nuevos negocios y finalmente para profundizar y ampliar las capacidades tecnológicas de la empresa.

**INFRAESTRUCTURA ORGANIZACIONAL:** Contempla aquellas actividades involucradas en la dirección general, planificación, sistemas de información, finanzas, contabilidad y dirección de calidad.

En cuanto a los procesos, para comparar a la competencia internacional en los parámetros básicos de desempeño (costo, tiempo y calidad), es necesario hacer uso de todas las prácticas descritas detalladamente en este modelo como:

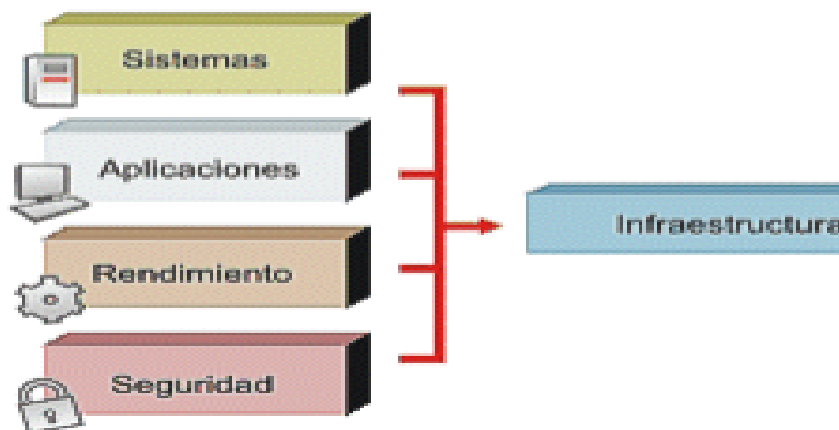
calidad total, rediseño de procesos, benchmarking, automatización de procesos, entre otros todo esto sirve para ser mas competitivos en el mercado.

El ser competitivo hoy en día significa tener características especiales que nos hacen ser escogidos dentro de un grupo de empresas que se encuentran en un mismo mercado buscando ser los seleccionados.

### **SISTEMAS CAD:**

Los catalizadores tecnológicos son los sistemas y equipos informáticos que determinan la arquitectura del diseño, los sistemas de CAD, la red local de ordenadores y también el diseño de los espacios físicos en las oficinas que dan apoyo a la cohesión del equipo de Ingeniería Concurrente y que favorecen la integración funcional, compartir la información y la colaboración en la resolución de problemas en la fases iniciales del proyecto.

La infraestructura informática –hardware (Véase figura 5.2) son las líneas de comunicación, bases de datos, que dan soporte a los servicios de negocio de facturación o producción, mejorando la capacidad de la empresa de gestionar de forma efectiva dentro del contexto de la gestión del negocio.



**Figura 5.2 infraestructura informática**

Las soluciones de diseño asistido por ordenador (CAD), ingeniería asistida por ordenador (CAE), fabricación asistida por ordenador (CAM) y gestión de datos del producto (PDM) etc.(véase tabla 5.1) están siendo usadas por compañías de diseño y fabricación que quieren mejorar la calidad, reducir el tiempo de respuesta al mercado y disminuir costes. Estas soluciones son vistas por estas compañías como ayudas para gestionar conjuntamente disciplinas y procesos de ingeniería.

Técnicas		Sistemas portadores	
CAD	Computer Aided Design	Planificación	MPR II, JIT (Just in Time)
CAE	Computer Aided Engineering	Control estadístico procesos	
CAM	Computer Aided Manufacturing	Calidad Total	
CAPP	Computer Aided Process Planning	Simulación	
FMS	Flexible Manufacturing Systems	Inteligencia Artificial	
FAS	Flexible Assembly Systems	Sistemas expertos	
CNC	Computer Numerical Control		
AMH	Automated Material Handling		
Robots	Manipuladores carga/descarga		
Sensores	Visión, tacto		

**Tabla 5.1 sistemas informáticos**

Los nuevos enfoques y tecnologías como son la Internet ofrecen a las empresas la capacidad de intercambiar información a nivel global a muy bajo

precio. Al mismo tiempo, la reducción de las barreras comerciales está permitiendo a las empresas buscar nuevos mercados potenciales mucho más lejos. Para llegar mejor a estos mercados desconocidos, muchas compañías están estableciendo alianzas estratégicas empresariales con el objetivo de compartir experiencias y disminuir los costes de desarrollo.

El futuro del desarrollo de productos descansa en un entorno colaborativo que fomenta a cada uno participar en el producto para aportar su experiencia e ideas.

Para hacer frente a los cambios asociados a la implementación del modelo de Ingeniería concurrente, el entorno Co-Creativo puede gestionar la interacción entre personas y procesos. Están emergiendo muchas herramientas como extensiones lógicas para gestionar los flujos de trabajo y la colaboración basada en la Web. Las capacidades del flujo de trabajo pueden extenderse hasta incluir todo el diseño del producto y el prototipado digital.

En la actualidad se busca automatizar el proceso de mantener todos los miembros del equipo sincronizados, sin importar donde estén ubicados. Las herramientas para facilitar la colaboración Web ya están disponibles, y permiten realizar el diseño en un espacio Internet compartido.

El éxito del uso de estos sistemas dependerá en gran manera de las variables como el trabajo en el equipo, mecanismos de integración donde son las prácticas que facilitan la Ingeniería concurrente dentro del equipo de desarrollo de producto.

## **5.2 ETAPAS DEL MODELO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA INGENIERIA CONCURRENTES.**

El modelo de Ingeniería Concurrente consta de las etapas siguientes y están representadas en la figura 5.1.

Teniendo en cuenta los catalizadores descritos anteriormente para la implementación de nuestro modelo es necesario también describir el tipo de **GESTION DE CALIDAD** el cual será utilizado para que este se pueda aplicar a cualquier empresa del sector plástico o a cualquier otro sector independientemente del tipo de calidad.

Es necesario que **el SISTEMA DE GESTION DE LA CALIDAD** a utilizar permita, establecer política y objetivos propios de la empresa, lograr dichos objetivos para dirigir y controlar la organización con respecto a la calidad.

Es necesario una definición de política y objetivos claros, aclarar la organización estructural: organigrama, descripción de puestos o de roles, representaciones de la estructura jerárquica; así como también aclarar la organización operativa: descripciones de los procesos, descripción de las operaciones, los puntos magnitudes de medición, hasta el nivel mas detallado de la descripción de las tareas a realizar.

Con todo esto se asegura el estándar de calidad del producto, mejora la organización y la rentabilidad para reducir los costos y lograr un total sistema de calidad.

Los beneficios que se obtienen al establecer este sistema de calidad son:

- Se ganan y/o se mantienen clientes, que exigen proveedores con sistemas de calidad
- Se gana en imagen y confiabilidad de la empresa en el mercado
- Se logra diferenciación frente a la competencia no calificada
- Las empresas proveedores de entes o empresas estatales se ven obligadas a seguir patrones similares, cuando los organismos lo establecen como requisito para participar en licitaciones.

Y todo esto se logra bajo principios de calidad los cuales se mencionan a continuación:

**Enfoque al cliente:** Entender, satisfacer y tratar de superar las expectativas de los clientes.

**Liderazgo:** La conducción establece el objetivo y la dirección de la organización y crea un ambiente interno adecuado.

**Participación del personal:** Los empleados son la esencia y deben usar sus aptitudes

**Enfoque de sistema basado en procesos:** los recursos y las actividades se manejan como procesos

**Enfoque de sistema de gestión:** Identificar, entender y gestionar proceso interrelacionados

**Mejora continua:** mejora continua como objetivo permanente

Teniendo en cuenta todo lo anterior se procede a detallar paso a paso las etapas a realizar para la implementación de nuestro modelo de ingeniería concurrente las cuales se deben apoyar con lo descrito anteriormente como son los catalizadores tecnológicos como organizacionales y los sistemas de gestión de la calidad que buscan la mejora continua en las empresas.

### **5.2.1 ETAPA 1 ELABORACION DE UN NUEVO PROCEDIMIENTO DE DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS PLASTICOS DE MOLDEO POR INYECCION.**

En esta primera etapa se requiere editar un procedimiento formal, documentado y específico, que sin crear una burocracia excesiva, sirva para definir las actividades a realizar de modo integrado por el equipo de Ingeniería Concurrente durante el proceso de desarrollo del nuevo producto por moldes por inyección. El procedimiento debe figurar en el manual de calidad de la empresa si está certificada según ISO 9000.

El modelo debe dividirse en varias etapas, compuestas de actividades para las que debe quedar claro el qué, quién cuándo, dónde y cómo a fin de fijar las responsabilidades, las formas previstas de comunicación, los tipos y frecuencia de las reuniones, los documentos a editar por cada miembro del equipo y sobre todo concretar, sin ambigüedades, las relaciones del líder del equipo con los directores de los departamentos funcionales con objeto de tener definido de antemano el proceso a seguir en caso de conflicto de intereses.

Para establecer este procedimiento formal se llevaran a cabo las siguientes partes:

#### **5.2.1.1 PARTE 1 Revisión de contrato y Plan del Programa**

##### **Objetivo**

El objetivo de esta parte es determinar las necesidades y expectativas del cliente. Este conocimiento proveerá el fundamento sobre el cual podrá elaborarse un efectivo plan de calidad.

- Entender la función de las revisiones de contrato y factibilidad. (Véase ANEXO 5.1 )

- Evaluar el riesgo de implementación del programa
- Desarrollar un plan que atienda o supere las expectativas del cliente

## **Datos de entrada de la Parte 1**

### **Historial de garantía e información de calidad**

Evaluación de inquietudes y deseos del cliente.

Recolección de informaciones sobre clientes recibirán tareas específicas para la recolección y expectativas del cliente.

### **¿Quiénes son nuestros clientes?**

El alcance de las investigaciones del equipo multidisciplinar incluyen todos los clientes cuyas expectativas sean externas a las esferas de influencias del equipo.

Para el sector de fabricación de productos plásticos sus clientes son:

- Compradores de productos: son las personas que compran los productos que el sector plástico fabrica.
- Usuarios de productos: las personas que usan los productos que el sector plástico fabrica.
- Interesados financieros: son los propietarios, accionistas, y los directores de la empresa, bancos.
- Empleados: por su seguridad y bienestar de los empleados.

## **Datos de entradas para el conocimiento de las expectativas del cliente.**

Dentro de las expectativas del cliente se deben tomar en cuenta los siguientes datos:

### **Investigaciones del mercado**

- Grupos de enfoque
- Entrevistas de enfoque
- Encuestas de satisfacción

### **La voz del cliente**

- Entrevista a clientes
- Cuestionarios y encuestas con clientes
- Estudio de calidad y confiabilidad de nuevos productos
- Estudios de la calidad de productos competitivos
- Informes de cosas que salieron bien
- Devoluciones

Para la recolección de información sobre las expectativas de los clientes referentes a la elaboración e innovación de nuevos productos de plásticos para moldeo por inyección, el equipo multidisciplinar podrá utilizar planillas como lo muestra la Figura 5.3 en las cuales se clasifica por categorías y expectativas del cliente.

PLANILLA DE LOS BENCHMARKS						
Equipo Multidisciplinar					Fecha:	
					Pag:	de:
	Importancia de las Expectativas de los Clientes	Escala de los Benchmarks Qualitativos				
	5 Crucial 4 M.y Importante 3 Importante 2 Poco Importante 1 Irrelevante	A Mejor de Categoría B Encima de la Media C Media D Debajo de la Media E Peor de la Categoría				
Expectativas de los Clientes		Donde Estamos				Donde Precisamos estar
Categoría	Expectativas	Imp	Nosotros	Competidores	El mejor	
Desempeño de la Empresa	Garantía de la calidad de los productos	5	C	B	A	
	Preocupacion Constante de la organización por satisfacer las necesidades del cliente	5	C	B	A	
	Servicios Post-venta	4	D	B	A	
Lanzamiento de Productos	Tiempos de entrega cortos	5	B	B	A	
	Reduccion del tiempo de desarrollo de productos nuevos	5	D	B	A	
	Cumplimiento de todas las Expectativas del cliente	5	C	B	A	
Calidad de los Productos	Buen aspecto Físico	5	C	B	A	
	Homogeneidad en los colores	5	C	B	A	
	Que no se Deteriore al manipularlo	5	B	B	A	
Costo del Producto	Productos Económicos	5	B	B	A	

**FIGURA 5.3 PLANILLAS DE LOS BENCHMARKS**

## Plan de negocios y estrategias de mercadeo

El plan de negocios y estrategias de mercadeo son la base del plan de calidad del producto y puede definir la dirección que el equipo tomara en lo que se refiere a:

- tiempo
- costo
- inversiones
- Posicionamiento del producto
- Investigación y desarrollo

### **La estrategia de mercadeo definirá:**

- Clientes objetivo
- Punto clave de ventas
- Competidores clave

### **Benchmarks**

El benchmark ayuda a fijar objetivos de desempeño.

- Identificar benchmarks apropiados
- Identificar el espacio entre la situación actual, el benchmark y tomar una de las siguientes medidas
  - Acortar la distancia
  - Igualar el benchmark
  - Superar el benchmark

A continuación se presenta el proceso de identificación de Benchmark (Véase figura 5.4) para el sector de elaboración de productos plásticos por moldes de inyección e identifica las expectativas principales de los clientes y luego se agrupan bajo las principales las expectativas secundarias.



**Figura 5.4** Esquema de identificación de los benchmark para el sector de Elaboración de productos de plástico

### **Conjetura sobre producto y proceso**

Dentro de la conjetura de producto y proceso se asumen que el producto ya tiene ciertas características, conceptos de diseño o proceso; las cuales son:

- Innovaciones técnicas
- Materiales avanzados
- Estimaciones de confiabilidad
- Nueva tecnología

## **Estudios de confiabilidad del producto**

Los estudios de confiabilidad del producto comparan la frecuencia de reparaciones / reemplazo de piezas con los resultados de los ensayos de confiabilidad / durabilidad a largo plazo

## **Ensayos**

Para elementos que se van a someter a un proceso de fabricación en cadena, es normal fabricar previamente prototipos, fuera de la cadena de montaje. Los prototipos se fabrican con el propósito de detectar posibles errores en el modelo o la especificación, y en caso contrario, servir de validación del modelo. Los prototipos no tienen que ser necesariamente un ejemplar completo del elemento a fabricar, pudiendo utilizarse para validar tan solo determinadas propiedades

## **Prototipos Metálicos:**

Estos han solventado muchos de los problemas con los que se encontraban al inicio del uso de esta tecnología (control dimensional, acabado superficial, cavidades, fuerza de cierre, pruebas de reconstrucción de piezas deterioradas, etc.)

Con ellos se está consiguiendo precisiones dimensionales con errores de 2 o 3 décimas sobre la pieza original. En el acabado superficial, ha conseguido desarrollar técnicas de pulido sobre las piezas e insertos metálicos sin necesidad de recurrir al CNC para la definición final de las piezas.

## **Documentación.**

Una vez validado el diseño se pasa a documentarlo. La documentación debe contener la información suficiente como para poder abordar la construcción del sistema (Véase Figura 5.5). La documentación puede estar formada por información muy diversa:

Descripción del sistema y de sus componentes, esquemas de montaje, lista de componentes, etc.

## **Revisión de contrato y factibilidad**

La revisión de contrato y factibilidad del programa, pueden ser las mismas para proveedores ISO 9001, la revisión de factibilidad es realizada también después del desarrollo del diseño del producto.

### **5.2.1.2 PARTE II Desarrollo de Diseño y AMEF de Diseño**

En la segunda parte del desarrollo que es la elaboración del AMEF; se deben responder las siguientes interrogantes:

#### **¿Cuándo deberían utilizarse equipos multidisciplinarios para el desarrollo de procesos?**

La necesidad del uso de equipos multidisciplinarios puede ser determinado por los siguientes criterios:

- El grado de similaridad de la nueva parte con las familias de partes existentes (producto completamente nuevo vs. Producto existente), es decir, materiales, flujograma de manufactura, funciones, herramientas, calibradores, etc.

- El riesgo total involucrado en lanzar / producir la parte / producto en términos de : el volumen de producción proyectado, % que representa el negocio, grado de complejidad de manufactura (procesos especiales, equipos/ habilidades especiales requeridas) experiencia anterior con partes similares, programación/ tiempo, expectativas del cliente mas elevadas, limitaciones de presupuesto y benchmarking
- El grado de importancia del lanzamiento de la parte / producto (en términos del plan de negocios y objetivos de la empresa)

### **¿Quién debe participar en el equipo multidisciplinario de desarrollo de procesos?**

El equipo debería incluir personal de todas las áreas de la compañía, tales como ingeniera, manufactura, compras, mercadotecnia, control de inventario, calidad, etc.

#### **¿Quién?**

- Liderado por ingenieros responsables de proyecto/ diseño
- Fabricación, calidad, proveedores clave, clientes, otros
- Posible Lider

#### **¿Cuándo?**

- Comenzar cuando el concepto es definido
- Cumplir sobre bases regulares
- Completar antes lanzar
- Revisar con datos de entrada provenientes de prototipo y corridas de producción
- Revisar cuando los problemas son encontrados o requerimientos nuevos son conocidos

### **¿Por qué?**

- Compartir experiencia
- Capturar conocimiento base
- Tormenta de ideas
- Asistir en solución de problemas
- Compartir objetivos, planes e información

### **¿Qué?**

- Generar
- Publicar
- Revisar
- Mantener

### **Claves para el éxito del equipo de AMEF**

- Apoyo por la gerencia
- Alcance no muy largo
- Objetivos bien definidos
- Objetivos considerados significantes
- Una medición para éxito
- Equipo clasificado según tamaño para la tarea
- Tiempo repartido para mejora y análisis
- Entrenamiento
- Actividad acorde con la organización y el plan de desarrollo del producto
- El ingreso de información esta disponible

### **AMEF de diseño**

Aunque el método del AMEF generalmente ha sido utilizado por las industrias automotrices, éste es aplicable para la detección y bloqueo de las causas de fallas

potenciales en productos y procesos de cualquier clase de empresa, ya sea que estos se encuentren en operación o en fase de proyecto; es así que hemos considerado implementar esta herramienta para las industrias del sector de plásticos en la fase de diseño para moldes por inyección.

### **Responsabilidad de gerenciamiento del programa:**

La responsabilidad del gerenciamiento del programa es asegurar que:

- El equipo multidisciplinar a cargo de un diseño desarrolle el AMEF de diseño
- El AMEF de diseño sea preparado usando un formato aprobado por el cliente.
- Sean tomados en cuenta al desarrollar un AMEF de diseño: las campañas, las reiteraciones de llamadas para sustitución de piezas, las inquietudes de los usuarios de la planta, los AMEF's de diseño de piezas similares de los moldes, las cosas que salieron mal y datos de la garantía son dirigidos durante el desarrollo del AMEF de diseño.
- Toda función de proyecto de cada componente esta incluida en el AMEF de diseño.
- Los modos de falla estén descritos en términos físicos, técnicos y medibles
- Los efectos de falla dirigen el efecto a cada parte, ensamble inmediatamente superior, sistema, moldes, deseos del cliente y regulaciones gubernamentales.
- Las acciones correctivas, responsabilidades, y fechas de términos son atribuidas en números de alta severidad y de alta prioridad de riesgo.
- Los números de prioridad son revisados para cuantificar el impacto de las acciones correctivas.
- Las características especiales potenciales de producto son identificadas.
- Las causas potenciales de falla son identificados para todos los modos de falla.

## **Evaluación de situación e informe:**

El rastreo del proceso del proyecto debería ser a través del departamento de Diseño y las revisiones gerenciales. El desarrollo de planes de recuperación según sea necesario para asegurar el cumplimiento de fechas necesarias del programa y las expectativas de calidad.

## **Medidas**

- Numero de problemas antes del lanzamiento
- Numero de cosas que salieron mal en el lanzamiento
- Numero de problemas de garantía después del lanzamiento
- Numero de RPN

## **Habilidades y Herramientas**

- Mantener una lista de los miembros del equipo multidisciplinario entrenados en el uso del AMEF.
- Comprensión de los conceptos de control de diseño
- Conocimiento de la metodología del cliente para la indicación de características críticas / especiales
- Procedimientos e instrucciones de trabajo efectivos.

Después de tener en cuenta todo lo anterior; se procede a la construcción del AMEF el cual se detalla paso a paso de una forma sencilla para proceder hacer llenado.

## **CONSTRUCCIÓN DE UN AMEF DE DISEÑO DE MOLDES**

### **El AMEF de diseño analiza cada ítem / función**

**Identificando modos de falla potenciales de diseño. Los modos de falla de diseño pueden estar relacionadas con calidad o con la confiabilidad.**

- Evaluando efectos potenciales de falla.
- Identificando causas potenciales, mecanismos o fallas de diseño.
- Identificando controles de diseño.
- Sugiriendo acciones recomendadas para mejorar los controles o eliminar las causas.

### **Creatividad**

El construir un AMEF de diseño es un proceso "creativo" que involucra a un equipo multifuncional

Creatividad e investigación son necesarios al ...

- Identificar modos de falla potenciales, sus efectos y causas
- Desarrollar acciones recomendadas para reducir el riesgo de modos de falla
- Cuantificar la severidad, ocurrencia y detección

### **Herramientas**

Diferentes herramientas de investigación y solución de problemas deberán ser utilizadas durante el procesos, incluyendo:

- Datos objetivos
- Requerimientos del cliente
- Tormenta de ideas
- Diagramas de causa y efecto
- Experiencia proveniente de diseños anteriores
- Diagrama de Paretto
- Problemas en campo, Historial de garantía

- Tendencias de calidad de Vehículos competitivos
- Datos de modelado y de pruebas
- Otras

## **INFORMACIÓN DEL ENCABEZADO (1-8)**

### **Numero de AMEF(1)**

Un numero interno para la localización del mismo

### **Sistema , subsistema o nombre y numero de componente(2)**

Clasificación del proceso basada según pertenezca al sistema, subsistema o componente. Incluye nombre y numero.

### **Responsable del diseño(3)**

Nombre, departamento y responsabilidad del grupo

### **Preparado por (4)**

Nombre, teléfono, y compañía de la persona que esta preparando el AMEF

### **Año del modelo / programa(5)**

El año del modelo del producto y vida de uso del producto

### **Fecha clave (6)**

Fecha en que debe estar listo el AMEF

### **Fecha de AMEF(7)**

Fecha original de preparación del AMEF

### **Equipo principal (8)**

Nombre, departamento y teléfonos de los miembros de equipo de AMEF / revisión de producto.

AMEF DE DISEÑO																			
Sistema: (2)		Responsable del Diseño: (3)				Numero de AMEF				Pag de									
Subsistema:																			
Nombre: Clasificación del Proceso										(1)									
Modelo: (5)						Preparado por: (4)													
Fecha de AMEF: (8)		Fecha clave: (6)				Equipo principal: (8)													
Item (9)	Funcion	Modo (10)	Potencial de Falla	Efectos (11)	Potenciales de Falla	(12) sev	(13) clas	Causas /mecanismos Potenciales de Falla (14)	(15) Occ	Controles (16)	Potenciales de Falla	(17) Det	(18) RPN	Acciones (19) Recomendadas	Responsabilidad (20) Para Acciones Tomadas	Resultado de las Acciones (21)			
																Acciones tomadas	sev	occ	Det

Sistema: (2)
Subsistema:
Nombre: Clasificación del Proceso
Modelo: (5)
Fecha de AMEF: (8)

a)

Responsable del Diseño: (3)
Fecha clave: (6)

b)

Numero de AMEF	Pag de
Preparado por: (4)	(1)
Equipo principal: (8)	(8)

c)

FIGURA 5.5 Información del Encabezado

**ITEM / FUNCION (9) (Véase figura 5.6)**

El AMEF puede ser completado de izquierda a derecha o de arriba hacia abajo

AMEF DE DISEÑO																						
Sistema: (2)		Responsable del Diseño: (3)				Numero de AMEF				Pag de												
Subsistema:										(1)												
Nombre: Clasificación del Proceso																						
Modelo: (5)						Preparado por: (4)																
Fecha de AMEF: (8)		Fecha clave: (6)				Equipo principal: (8)																
Item (9)	Función	Modo (10)	Potencial de Falla	Efectos (11)	Potenciales de Falla	(12)	(13)	Causas /mecanismos	(14)	(15)	Controles	(16)	(17)	(18)	Acciones	(19)	Responsabilidad	(20)	Resultado de las Acciones (21)			
					sev	clas	Potenciales de Falla	Occ	Potenciales de Falla	Det	RPN	Recomendadas	Para Acciones Tomadas	Acciones tomadas	sev	occ	Det	RPN				

Item (9)	Función

**FIGURA 5.6 Ítem / función**

Producto o nombre de material y función son requeridos. Responder la pregunta sobre que es lo que se supone que la parte debe hacer

- Numero de parte/item
  - Proporcione el nombre y numero para la parte que esa siendo evaluada
  - Muestre el nivel de diseño según el plano de ingeniería
- Función
  - Enumere cada función por separado
  - Describa la función en términos que puedan ser medidos, tales como:
    - Almacenar fluidos (litros)
    - Tapadera del recipiente (kg)

- Haga referencia a la Hoja de trabajo de función de la parte, para organizar la información antes de completar el AMEF de diseño.
- Cuando una pieza deba funcionar bajo ciertas condiciones, es útil el anotar cuales son estas.

### **Artículo y Descripción de la función**

#### **Listado de material**

- Cada ítem debería ser dirigido en el AMEF de diseño.

#### **Dibujo**

- Relativo a colocación y forma

#### **Ensamble**

- Relaciones, ataduras y secuencias esperadas

#### **Función de cada producto / material**

- Para cada cliente

Comprador

Usuario

Manejo de materiales

Ensamblador

Gerente

Gobierno

Sociedad

- A todos los niveles

Componente

Ensamble

Subsistema

Sistema

- Bajo todas las condiciones

Almacenamiento

Uso normal

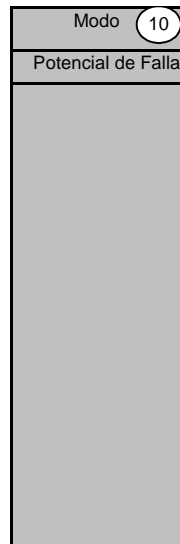
Uso excesivo

Abuso

## **MODO(S) POTENCIAL(ES) DE FALLA(10)**

- Un modo potencial de falla (Véase figura 5.7) es una manera en que el producto pudiera potencialmente fallar a causa del diseño, el cumplimiento de requisitos funcionales, intento de diseño o intento de procesamiento. Esta es una descripción de no conformidad de esas características de diseño.
- Las fallas son examinadas en base a características por características
- Los modos de falla están asociados con características de producto, solo para la característica del diseño que está siendo considerada. Las fallas provenientes de otras características deberían ser tratadas a esos niveles.
- Para determinar los modos de falla, haga las siguientes preguntas:
  - Qué se supone que el producto / material hace?
  - Qué no se supone que el producto / material hace?
  - Cuál es la medida del cumplimiento de objetivos?
  - Cómo puede este diseño fallar?
  - Indiferencia de fabricaciones/ impresiones, que más podría ser objetable?
  - Qué podría suceder durante la fabricación, ensamble y/o uso de campo?
- Existe una tendencia para los miembros del equipo a discutir los modos de falla para otras características. El equipo debe asumir que el producto está libre de fallas al entrar en la característica que está siendo considerada.
- El enumerar los modos de falla para un nuevo producto es un proceso creativo/ orientado hacia la prevención, que examina lo que podría pasar.
- Para productos existentes, la historia de calidad del producto y de diseños similares proporcionará una lista realista de los modos de falla
- Los modos de falla deberían ser descritos en términos "físicos" o "técnicos", y no necesariamente como un síntoma notable por parte del cliente.
- Las tablas pueden ser usadas como un prefijo para una descripción larga de la falla





**FIGURA 5.7** Modo(s) potencial(es) de falla

## **EFFECTOS POTENCIALES, SEVERIDAD Y CLASIFICACIÓN (11-13)**

### **EFFECTOS POTENCIALES DE FALLA(11)**

- El efecto de una falla (Véase figura 5.8) es la consecuencia de su modo de falla sobre el siguiente nivel de ensamble.
- Revisar AMEF's históricos y sustitutos, datos de garantía, reportes de problemas, reportes de campo y otros documentos aplicables.
- Haga una tormenta de ideas de los efectos potenciales, preguntando "si el producto o materiales falla, cuales serán las consecuencias sobre":
  - La operación, función o estado del producto o material?
  - La operación, función o estado del nivel siguiente mas alto del ensamble?
  - La operación, función o estado del sistema?
  - La operación, manejabilidad o seguridad del producto?

AMEF DE DISEÑO																						
Sistema: ②		Responsable del Diseño: ③				Numero de AMEF				Pag de												
Subsistema:										①												
Nombre: Clasificación del Proceso																						
Modelo: ⑤						Preparado por: ④																
Fecha de AMEF: ⑥		Fecha clave: ⑦				Equipo principal: ⑧																
Item ⑨	Funcion	Modo ⑩	Potencial de Falla	Potenciales de Falla	Efectos ⑪	⑫	⑬	Causas /mecanismos	Potenciales de Falla ⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	Acciones ⑲	Responsabilidad ⑳	Para Acciones Tomadas	Resultado de las Acciones ㉔					
					sev	clas			Occ	Potenciales de Falla	Det	RPN	Recomendadas				Acciones tomadas	sev	occ	Det	RPN	

Efectos ⑪	⑫	⑬
Potenciales de Falla	sev	clas

**FIGURA 5.8 Efectos potenciales, severidad y clasificación**

- Si un modo potencial de falla pudiera tener un efecto adverso sobre el funcionamiento seguro del producto, o resultar en un no cumplimiento con algún reglamento gubernamental, entonces coloque un enunciado apropiado.
- Es de gran ayuda tener una lista de efectos genéricos disponibles para ayudar al equipo durante la tormenta de ideas

**Ej. Efectos típicos**

- Mala apariencia
- Daño visible

- Descolorido
- No cierra

*Nota:* explique con suficiente detalle sobre el asunto, condiciones y ubicación donde la severidad puede ser evaluada y tomar las acciones que puedan ser apropiadas

## **SEVERIDAD(12)**

- La severidad es una evaluación de la gravedad del efecto del modo de falla potencial sobre el cliente
- La severidad solo aplica a los efectos
- Solo los cambios de diseño reducen las clasificaciones de severidad
- La severidad es utilizada para establecer el nivel de riesgo asociado con el modo de falla.
- Se calcula en una escala del 1 al 10 (utilizando la tabla 5.2)
- El modo de falla potencial puede causar también fallas en un nivel mas alto del sistema
- Para los clientes que están fuera del área de conocimiento o experiencia del equipo (planta de ensamble o usuario final), deben consultar el AMEF de diseño, al ingeniero de diseño, o al cliente
- Para los clientes internos, el equipo debería utilizar de entrada proveniente de los operadores

## **CLASIFICACIÓN (13)**

Utilizando para clasificar características del componente, subsistema o sistema.

## **EFFECTOS POTENCIALES, SEVERIDAD Y CLASIFICACIÓN (11-13)**

**Cuando se recomienda que las acciones sean tomadas...**

Como el documento vivo es actualizado para reflejar en las columnas de acciones recomendadas (18-22), debemos considerar cambios en donde tendremos:

- Modos de falla eliminados
- Efecto migrado
- Cambio de diseño relacionado a la características del producto
- Cambio de modo de falla o efecto sobre el desempeño del producto

<b>Criterios de la evaluación y sistema de graduación sugeridos para la severidad de los efectos para un diseño AMEF</b>		
<b>Efecto</b>	<b>Criterios: Severidad del efecto para AMEF</b>	<b>Fila</b>
Alerta peligrosa	El incidente afecta la operación segura del producto o implica la no conformidad	10
– peligroso; con alarma	El incidente afecta la operación segura del producto o implica la no conformidad	9
Muy Arriba	El producto es inoperable con pérdida de función primaria.	8
Alto	El producto es operable, pero en el nivel reducido del funcionamiento.	7
Moderado	El producto es operable, pero el item(s) de la comodidad o de la conveniencia es inoperable.	6
Bajo	El producto es operable a un nivel reducido de funcionamiento.	5
Muy Bajo	La mayoría de los clientes notan los defectos.	4
De menor importancia	Los clientes medios notan los defectos.	3
Muy De menor importancia	Los clientes exigentes notan los defectos.	2
Ninguno	Ningún efecto	1

**Tabla 5.2 Severidad del efecto para AMEF**

## **CAUSAS DE FALLA Y OCURRENCIA (14 – 15)**

### **CAUSAS / MECANISMOS POTENCIALES DE FALLA (14)**

- La causa de un modo de falla es la deficiencia de diseño que resulta en el modo de falla
- La identificación de las causas debería comenzar con aquellos modos de falla que tengan la severidad mas alta. El equipo del AMEF de diseño debería considerar las causas de modos de falla bajo dos suposiciones. La primera es que los modos de falla pueden resultar de deficiencias en el diseño y que la pieza es fabricada/ ensamblada dentro de las especificaciones de ingeniería. La segunda es que los modos de falla pueden ser causados por una mala construcción durante la fabricación / ensamble, pero la mala construcción es causada por deficiencias en el diseño. Es decir, una deficiencia en el diseño induce un error en el proceso de fabricación o de ensamble por lo tanto, la identificación de las causas es tratada en dos interacciones diferentes.

Asuma que la pieza o material es fabricado/ ensamblado dentro de las especificaciones de ingeniería.

Revise los reportes históricos de fallas, datos de ingeniería, reportes de problemas, recalls, reportes de campo y otros documentos aplicables. También revise los AMEF`s de piezas de nivel anterior o similares. Enumere los factores causales conocidos de los modos de falla.

Haga una tormenta de ideas de las causas potenciales de cada modo de falla, preguntando:

Qué pudo hacer que la pieza material fallara en esta manera?

Qué circunstancias pudieron causar que la pieza o material dejara de realizar su función?

Cómo o porque puede la pieza o material deja de cumplir con sus especificaciones de ingeniería?

Qué puede causar que la pieza o material deje de realizar la función para la cual fue diseñada?

Cómo podría el diseño causar/ permitir errores en el procesamiento o ensamble?

Cómo podría el diseño romper el procesamiento o ensamble?

Identifique las causas de primer nivel. Una causa de primer nivel es la causa inmediata de un modo de falla. Ella hará directamente que el modo de falla ocurra. En un diagrama de causa y efecto, este será un ítem en la " espina" principal del diagrama.

La razón de identificar las causas raíz es para enfocarse en acciones correctivas de diseño.(Véase figura 5.9) Las acciones correctivas de diseño son mas efectivas cuando se enfocan en la eliminación o en la reducción de la ocurrencia de las causas raíz, en vez de las causas de nivel intermedio.

Por ejemplo, una acción de diseño (aumentar la dureza) dirigida a la causa de primer nivel material agrietado (el cual es un efecto de la causa raíz) no seria tan efectivo como una acción de diseño (aumentar espesor) dirigida a la causa raíz material muy delgado.

Algunos modos de falla de diseño pueden resultar solo cuando dos o mas causas ocurren al mismo tiempo. Si esto es una preocupación, entonces estas causas deberían ser enlistadas juntas.

## **CAUSAS DE FALLA Y OCURRENCIA (14-15)**

Las típicas causas de falla pueden incluir, pero no son limitadas a:

- Especificación de material incorrecto

- Suposición inadecuada de la vida de diseño
- Sobre \_ tensión
- Insuficiente capacidad de lubricación
- Instrucciones de mantenimiento inadecuadas
- Algoritmo incorrecto
- Instrucciones de mantenimiento impropias
- Especificación impropia de software
- Especificaciones impropia de superficie terminada
- Especificación de inadecuada de transportación
- Fricción de material específico impropio
- Calor excesivo
- Tolerancia especificada impropia

## **CAUSAS/ MECANISMOS POTENCIALES DE FALLA Y MATRIZ DE DISEÑO (14)**

Asuma que el diseño de la pieza puede incluir una deficiencia que puede causar una variación inaceptable en el proceso de fabricación o ensamble. Revise las deficiencias de diseño en el pasado que han causado mala construcción en fabricación o ensamble, que a su vez hayan causado un modo de falla. Algunos ejemplos incluyen:

- Especificar un tratamiento térmico de material tan que algún material (en el lado superior de la tolerancia de especificación) no puede ser maquinado para estar dentro de la especificación
- Un diseño simétrico que permite a un producto o material sean instaladaza al revés

En volumen de materiales, use la Matriz de Diseño y el Impacto negativo sobre las expectativas del cliente para dar prioridad a los modos de falla de las características.

Los mecanismos están generalmente descritos como debajo o sobre del umbral, en donde se definen los límites de la aprobación del producto y los requerimientos subsecuentes para la notificación del cambio.

### CAUSAS DE FALLA Y NUMERO DE OCURRENCIAS(14-15)

AMEF DE DISEÑO																			
Sistema: (2)		Responsable del Diseño: (3)				Numero de AMEF				Pag de (1)									
Subsistema: Clasificación del Proceso																			
Modelo: (5)						Preparado por: (4)													
Fecha de AMEF: (8)		Fecha clave: (6)				Equipo principal: (8)													
Item (9)	Funcion	Modo (10)	Efectos (11)	Potenciales de Falla (12)	Causas /mecanismos (13)	Potenciales de Falla (14)	OCC (15)	Controles (16)	Potenciales de Falla (17)	Det (18)	RPN (18)	Acciones (19)	Responsabilidad (20)	Resultado de las Acciones (22)					
														Recomendadas	Para Acciones Tomadas	Acciones tomadas (21)	sev	occ	Det

Causas /mecanismos (15)	OCC (15)
Potenciales de Falla (14)	OCC (15)

FIGURA 5.9 Efectos potenciales, severidad y clasificación

Los típicos mecanismos de falla pueden incluir pero no estén limitados a:

- Rendimiento
- Fatiga
- Material inestable
- Arrastre
- Uso
- Corrosión
- Oxidación química
- Electromigración

### **CATEGORIZANDO OCURRENCIAS (15)**

La frecuencia de ocurrencias (Véase tabla 5.3) en que la causa o falla es proyectada a que ocurra sobre la vida del diseño de la parte. La apreciación o inspección reducirá el número de detección. Esta es medida sobre una escala del 1 al 10. la prevención de actividades reducirá el número de ocurrencia.

<b>Criterios de la evaluación y sistema de graduación sugeridos para la ocurrencia del incidente en un diseño AMEF</b>		
Probabilidad del incidente	Porcentajes de averías	Fila
Muy Arriba: El incidente es casi inevitable	1 en 2	10
	1 en 3	9
Alto: Incidentes repetitivos	1 en 8	8
	1 en 20	7
Moderado: Incidentes ocasionales	1 en 80	6
	1 en 400	5
	1 de 2000	4
Bajo: Relativamente pocos incidentes	1 en 15.000	3
	1 en 150.000	2
Telecontrol: El incidente es inverosímil	1 en 1.500.000	1

**TABLA 5.3 OCURRENCIAS**

## Controles Actuales de Diseño y Detección (16-17)

AMEF DE DISEÑO															
Sistema: (2)		Responsable del Diseño: (3)				Número de AMEF (3)				Pag. de (1)					
Subsistema: (2)		Clasificación del Proceso				Preparado por: (4)				Modelo: (5)					
Fecha de AMEF: (8)		Fecha clave: (6)				Equipo principal: (8)				Item (9)					
Función		Modo (10)		Efectos (11)		Causas /mecanismos (12)		Controles (16)		Acciones (19)		Responsabilidad (20)		Resultado de las Acciones (21)	
Potencial de Falla		Potenciales de Falla		sev clas		Potenciales de Falla (14)		Occ Potenciales de Falla		Recomendadas		Para Acciones Tomadas		Acciones tomadas (21)	

Controles (16)	(17)
Potenciales de Falla	Det

FIGURA 5.10 Controles Actuales de Diseño y Detección

## CONTROLES ACTUALES DE DISEÑO(16)

1. La lista de prevención, validación/ verificación de diseño, o otras actividades que han sido completadas o comprometidas para asegurar la adecuación del diseño para el modo de falla y/o causa / mecanismo bajo consideración. Los controles actuales (ej. Revisión de diseño, falla / diseños, estudios matemáticos, equipo / laboratorio, revisión de viabilidad, pruebas de prototipo) son algunos que han sido o están siendo usados con el mismo o

similar diseño. El equipo debería siempre estar enfocado sobre la mejora del control del diseño (Véase figura 5.10).

2. Hay dos tipos de controles a considerar:

**Prevención:** Prevenir la causa/ mecanismo de falla o modo de falla de donde ocurre, o reducir su tasa de ocurrencia.

**Detección:** detectar la causa/ mecanismo de falla o modo de falla, ya sea por métodos físicos o analíticos, antes de que el ítem sea liberado para producción.

Un enfoque preferido es primero usar controles de prevención, de ser posible. La categoría inicial de ocurrencias será afectada por los controles de prevención proporcionados ellos están integrados como parte del intento de diseño. Las categorías iniciales de prevención estarán basadas sobre los controles de diseño que ya sea detecten las causas / mecanismo de falla o detecten el modo de falla.

Si un formato de una columna(para controles de diseño) es usado, entonces los siguientes prefijos deberían ser usados. Para controles preventivos, poner una "P" antes de cada control preventivo enlistado. Para controles de detección, poner una "D" antes de cada control de detección enlistado.

Una vez que los controles de diseño han sido identificado, se deben revisar todos los controles de prevención para terminar si alguna categoría de ocurrencia necesita ser revisada.

## **DETECCIÓN (17)**

Enumerar la calificación de detección correspondiente a la probabilidad de que una técnica de evaluación de diseño potencial detectara el modo de falla de una pieza antes de que sea liberada para la producción.

Determinar si alguno de los controles enumerados en la columna de controles actúales puede destacar la causa. Si es así la calificación de ocurrencia puede también ser afectada

Para disminuir la calificación de detección, los controles actuales de validación/ verificación deben ser mejorados.

Evaluación de la probabilidad que los controles de diseño detectaran el modo de falla o la causa de que la parte sea liberada para producción. Una escala del 1 al 10 es usada. (según tabla 5.4)

<b>Criterios de la evaluación y sistema de graduación sugeridos para la detección de una causa del incidente o del modo de fallo en un diseño AMEF.</b>		
<b>Detección</b>	<b>Criterios: Probabilidad de la detección por control del diseño</b>	<b>Fila</b>
Incertidumbre Absoluta	El control del diseño no detecta una causa potencial del incidente o del modo de fallo subsecuente; o no hay control del diseño	10
Muy Alejado	La probabilidad muy alejada de que el control del diseño detecte una causa potencial del incidente o del modo de fallo subsecuente	9
Alejado	La probabilidad alejada de que el control del diseño detectará una causa potencial del incidente o del modo de fallo subsecuente	8
Muy Bajo	La probabilidad muy baja el control del diseño detectará un potencial Causa del incidente o del modo de fallo subsecuente	7
Bajo	La probabilidad baja el control del diseño detectará un potencial Causa del incidente o del modo de fallo subsecuente	6
Moderado	La probabilidad moderada de que el control del diseño detectará una causa potencial del incidente o del modo de fallo subsecuente	5

Moderadamente Alto	La probabilidad moderado alta de que el control del diseño detectará una causa potencial del incidente o del modo de fallo subsecuente	4
Alto	La alta probabilidad de que el control del diseño detectará una causa potencial del incidente o del modo de fallo subsecuente	3
Muy Alto	La probabilidad muy alta de que el control del diseño detectará una causa potencial del incidente o del modo de fallo subsecuente	2
Casi Seguro	El control del diseño detectará casi ciertamente una causa potencial del incidente o del modo de fallo subsecuente	1

**TABLA 5.4 DETECCIÓN**

**Criterio de evaluación sugerido:**

El equipo debe estar de acuerdo con los criterios de evaluación y sistema de calificación que sea consistente, aun si es modificado para el análisis individual de productos.

**CONTROLES ACTUALES DE DISEÑO (18)**

Los controles de diseño necesitan ser considerados tanto para las causas de un modo de falta como para los modos de falta mismos.

Luego de la identificación, las causas potenciales necesitan ser evaluadas. La salida desea de aplicar una técnica de evaluación de diseño es el exponer una deficiencia potencial (causa).

Entonces, una acción correctiva de diseño puede ser tomada para eliminar la causa o reducir su tasa de ocurrencia.

### **Para identificar los controles de diseño:**

1. Hacer una lista de todas las técnicas de evaluación de diseño utilizadas históricamente que puedan ser utilizadas para detectar las causas de primer nivel enumeradas.
2. Identifique y enumere todas las técnicas que pueden ser utilizadas para detectar los modos de falla. Se empieza con aquellos modos de falla con el índice de severidad mas alto.

### **NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO (RPN)**

- El RPN es usado para clasificar los modos de falla, el riesgo aceptable es determinado.
- Posteriormente se toman acciones correctivas para reducir los RPN
- Independientemente del numero de RPN (Véase figura 5.11), de debe prestar atención especial a los modos de falla con números altos de severidad.

El número de prioridad de riesgo (NPR) es el producto matemático de la severidad, la ocurrencia y la detección, es decir:

$$NPR = S * O * D$$

Este valor se emplea para identificar los riesgos más serios para buscar acciones correctivas.

AMEF DE DISEÑO																			
Sistema: ②			Responsable del Diseño: ③				Numero de AMEF			Pag de									
Subsistema: Nombre: Clasificación del Proceso										①									
Modelo: ⑤							Preparado por:			④									
Fecha de AMEF: ⑧			Fecha clave:				Equipo principal:			⑥									
Item ⑨	Funcion	Modo ⑩	Potencial de Falla	Efectos ⑪	Potenciales de Falla	⑫ ⑬	Causas /mecanismos	⑭	⑮	Controles ⑯	⑰	⑱	Acciones ⑲	Responsabilidad ⑳	Resultado de las Acciones ㉔				
					sev	clas	Potenciales de Falla ⑭	Occ	Potenciales de Falla	Det	RPN	Recomendadas	Para Acciones Tomadas	Acciones tomadas ㉕	sev	occ	Det	RPN	



**FIGURA 5.11** Numero de prioridad de riesgo (RPN)

**ACCIONES (19-22).**

Quando los modos de falla han sido ordenados por el NPR, las acciones correctivas deberán dirigirse primero a los problemas y puntos de mayor grado e ítemes críticos. La intención de cualquier acción recomendada es reducir los grados de ocurrencia, severidad y/o detección. Si no se recomienda ninguna acción para una causa específica, se debe indicar así.

Un AMEF de proceso tendrá un valor limitado si no cuenta con acciones correctivas y efectivas. Es la responsabilidad de todas las actividades afectadas el

implementar programas de seguimiento efectivos para atender todas las recomendaciones.

Área/individuo responsable y fecha de terminación (de la acción recomendada)

Se registra el área y la persona responsable de la acción recomendada, así como la fecha meta de terminación.

### **Acciones tomadas.**

Después de que se haya completado una acción, registre una breve descripción de la acción actual y fecha efectiva o de terminación.

### **NPR resultante.**

Después de haber identificado la acción correctiva, se estima y registra los grados de ocurrencia, severidad y detección finales. Se calcula el NPR resultante, éste es el producto de los valores de severidad, ocurrencia y detección.

El AMEF es un documento viviente y deberá reflejar siempre el último nivel de diseño.

### **ACCIONES RECOMENDADAS (19).**

- Avanzar en la calificación de Severidad mejorando el Diseño,
- El objetivo de cualquier acción recomendada es reducir cualquiera o todas las calificaciones de ocurrencia, severidad y/o detección.

## ACCIONES SUGERIDAS

<b>Para Reducir:</b>	<b>Considere esta acción</b>	<b>Para Lograr Esto</b>
Severidad	Cambiar el diseño	Eliminar o reducir la severidad del modo de falla.
Ocurrencia	Cambiar el diseño o mejorar la especificación de ingeniería.	Prevenir causas o reducir la tasa de ocurrencia.
Detección	Añadir o mejorar técnicas de evaluación de diseño.	Mejorar la habilidad para detectar la causa o el modo de falla.

Tabla No 5.5 Acciones sugeridas.

- **ESTRATEGIA DE LA ACCION CORRECTIVA**

- En severidad de 9 o 10 se espera el "Debido Cuidado". Características Críticas.

- Problemas de seguridad.
- Una reducción adicional no puede ser posible.
- Una larga exposición

- La severidad moderada y la ocurrencia moderada podrían dictar una característica significativa.

- Uso efectivo de recursos.
- Incorporación en una mejora continua.

- **DETERMINANDO ACCIONES.**

- El desarrollar acciones recomendadas es un proceso creativo. Los miembros del equipo deben ser libres de discutir varias sugerencias sin miedo a tener que acomodarse a otros.

- Generalmente, una acción recomendada (véase tabla 5.5) deberá dar solución a la causa de la falla de diseño.
- Si un curso de acción recomendada no está claro, el equipo puede realizar varias pruebas de diseño para estudiar en forma sistemática las diversas opciones sugeridas por los miembros del equipo.
- Las acciones deben ser verificadas para garantizar que ellas fueron correctas y efectivas. Un AMEF sin seguimiento no tiene ningún valor (Véase figura 5.12).

• **RESPONSABILIDAD PARA ACCIONES RECOMENDADAS.**

Ingresar el nombre de la organización y el responsable individual de cada acción recomendada y la fecha objetivo para su finalización.

• **ACCIONES TOMADAS**

Descripción breve de la acción actual y la fecha de implementación.

- **RESULTADOS DE LA ACCIÓN** Después de que la acción preventiva / correctiva ha sido identificada, se estima el record de severidad, ocurrencia y clasificación de detección resultantes.

AMEF DE DISEÑO																					
Sistema: ②		Responsable del Diseño: ③			Numero de AMEF		Pag de														
Subsistema: Nombre: Clasificación del Proceso							Preparado por: ④														
Modelo: ⑤							Fecha de AMEF: ⑧			Fecha clave: ⑥		Equipo principal: ⑨									
Item ⑩	Funcion	Modo ⑩	Potencial de Falla	Efectos ⑪	Potenciales de Falla	Causas /mecanismos ⑫	sev	clas ⑬	Potenciales de Falla ⑭	Occ ⑮	Potenciales de Falla	Det ⑰	RPN ⑱	Acciones ⑲	Responsabilidad ⑳	Resultado de las Acciones ㉔					
														Recomendadas	Para Acciones Tomadas	Acciones tomadas ㉔	sev	occ	Det	RPN	

Acciones <sup>19</sup>	Responsabilidad <sup>20</sup>	Resultado de las Acciones <sup>22</sup>				
Recomendadas	Para Acciones Tomadas	Acciones tomadas <sup>21</sup>	sev	occ	Det	RPN

FIGURA 5.12 Acciones

### SECUENCIA DE PROCEDIMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN DEL AMEF

Una vez identificados los elementos del AMEF, es necesario conocer cómo se debe llevar a cabo, es decir, el orden lógico que deben de llevar las operaciones.

Cabe Destacar que previamente se debe de haber definido al equipo responsable para la ejecución del AMEF, así como también se debe realizar un análisis previo para la recolección de datos.

El Papel del AMEF en los sistemas de calidad se pueden considerar como los objetivos principales de cualquier sistema de calidad, la prevención y la solución de problemas. Para la prevención de problemas los sistemas de calidad emplean el Despliegue de la Función Calidad (QFD) y el AMEF, él cual es un elemento importante para la prevención y la solución de problemas y es utilizado principalmente para el mejoramiento continuo.

A continuación se presenta un AMEF de diseño realizado para un molde estándar (Véase Cáp. 1) por inyección para un producto de plástico.

**AMEF DE DISEÑO**

Sistema: <span style="float:right">②</span>		Responsable del Diseño: Inga. Marjorie Lisette Garcia Mauricio <span style="float:right">③</span>		Numero de AMEF : N2PEPF		Pag 1 de 2											
Subsistema: Molde Estandar Nombre:Placa A Clasificacion del Proceso		Dpto. de Diseño				①											
Modelo: EPPB 05 <span style="float:right">⑤</span>				Preparado por: Ing. Manuel Arevalo Tel.XXX - XX - XX Compañía: XX		④											
Fecha de AMEF: 22 de Agosto 2005 <span style="float:right">⑧</span>		Fecha clave: 30 Febrero 2006 <span style="float:right">⑥</span>		Equipo principal: Inga. Marjorie Lisette García (Ing. de producto Diseño) , Ing. Manuel Arevalo ( Ing. producción), Ing. Sandra Barrera(Ing. mercadeo)		⑧											
Item <span style="float:right">⑨</span>	Funcion	Modo <span style="float:right">⑩</span> Potencial de Falla	Efectos <span style="float:right">⑪</span> Potenciales de Falla	⑫ sev	⑬ clas	Causas /mecanismos <span style="float:right">⑭</span> Potenciales de Falla	⑮ Occ	⑯ Potenciales de Falla	⑰ Det	⑱ RPN	Acciones <span style="float:right">⑲</span> Recomendadas	Responsabilidad <span style="float:right">⑳</span> Para Acciones Tomadas	Resultado de las Acciones <span style="float:right">㉒</span>				
													㉑	sev	occ	Det	RPN
Manipulación de la resina	Resina húmeda Resina fría Degradación	La Humedad excesiva durante el procesamiento producira una degradación del peso molecular. Las líneas de soldadura seran deficientes si la resina esta fría o no esta suficientemete compactada Las temperaturas excesivamente altas o los tiempos largos de residencia pueden causar una degradación termica.		8		Tolerancia especificada impropia	7	p	3	168	Eliminar o reducir la severidad del modo de falla	Ing. Producción	Asegurarse de que la resina este seca incrementar la presion , tiempo de sostenimiento temperatura del molde velocidad de inyección para evitar degradacion se disminuye el tiempo de enfriamiento				
Sistema de enfriamiento	Flujo refrigerante Canal de enfriamiento numero de canales plastico inyectado	sobrecalentamiento		7		Instrucciones de mantenimiento Calor excesivo	5	D	2	70	Añadir o mejorar técnicas de evaluación de diseño	Ing. Diseño	- Calcular el peso total del plástico inyectado (producto y colado) por ciclo. - Calcular el calor hacer removido del molde por ciclo de inyección. - Calcular la cantidad de flujo refrigerante requerido para remover el calor. - Seleccionar el diámetro adecuado para el canal de enfriamiento. - Calcular el número de canales y la separación entre ellos y la cavidad.				

**AMEF DE DISEÑO**

Sistema: <span style="float:right">②</span> Subsistema: Molde Estandar Nombre: Placa A <span style="float:right">Clasificación del Proceso</span>	Responsable del Diseño: Inga. Marjorie Lisette Garcia Mauricio Dpto. de Diseño <span style="float:right">③</span>	Numero de AMEF : N2PEPF <span style="float:right">Pag 1 de 2</span>
Modelo: EPPB 05 <span style="float:right">⑤</span>		Preparado por: Ing. Manuel Arevalo Tel.XXX - XX - XX Compañía: XX <span style="float:right">④</span>
Fecha de AMEF: 22 de Agosto 2005 <span style="float:right">⑧</span>	Fecha clave: 30 Febrero 2006 <span style="float:right">⑥</span>	Equipo principal: Inga. Marjorie Lisette García (Ing. de producto Diseño) , Ing. Manuel Arevalo ( Ing. producción), Ing. Sandra Barrera(Ing. mercadeo) <span style="float:right">⑧</span>

Item <span style="float:right">⑨</span> Funcion	Modo <span style="float:right">⑩</span> Potencial de Falla	Efectos <span style="float:right">⑪</span> Potenciales de Falla	⑫ sev	⑬ clas	Causas /mecanismos <span style="float:right">⑭</span> Potenciales de Falla	⑮ Occ	Controles <span style="float:right">⑯</span> Potenciales de Falla	⑰ Det	⑱ RPN	Acciones <span style="float:right">⑲</span> Recomendadas	Responsabilidad <span style="float:right">⑳</span> Para Acciones Tomadas	Resultado de las Acciones <span style="float:right">㉒</span>					
												Acciones tomadas <span style="float:right">㉑</span>	sev	occ	Det	RPN	
Rebaba	agrietado muy espeso	mala apariencia desperdicio de material	6		Especificaciones impropia de superficie terminada	7	D	8	336	Añadir o mejorar tecnicas de evaluacion de diseño	Ing. Producción	Disminuir la presión y tiempo sostenimiento Disminuir la presion de inyección					
Material del molde	fracturado corroido oxidado y mohoso	daño visible	9		Suposicion inadecuada de la vida de diseño Instrucciones de matto impropias	5	D	2	90	Añadir o mejorar tecnicas de evaluacion de diseño	Ing. Producto Diseño	Los aceros tienen las cualidades ideales, porque sus propiedades pueden ser modificadas por los elementos de aleación. Volumen proyectado de producción. Tipo de material a inyectar. Tipo de acabado superficial en la pieza. Estabilidad dimensional. Maquinabilidad.					
Union del plastico Boquilla Cavidades Husillos Correderas coladas	Dimensiones inadecuadas de producto a inyectar. Mala distribucion de los productos en el molde. Desconocimiento de la fuerza de cierre. Inexactitud en el  calculo de la presion Especifica en base a la longitur de recorrido del flujo	Escurrimiento de boquilla  las piezas se pegan las correderas se pegan Material acumulado en la cavidad y orificios de ventilación	7		Especificaciones de material incorrecto sobre-tension instrucción de mantenimiento inadecuados Especificaciones impropia de superficie terminada Friccion de material especifico impropio	4	P	3	84	Eliminar o reducir la severidad del modo de falla	Ing. Diseño	Tomar en consideración la cantidad pedida de producto y realizar una evaluacion economica, con el fin de decidir si se utilizaran los materiales adecuados para el diseño del molde numero de cavidades si no se cuenta con una maquina de inyeccion previamente establecida Se determina el área proyectada por el producto y la maquina					

## **5.2.2 ETAPA 2 NOMBRAMIENTO DEL LIDER DEL PROYECTO Y DE LOS MIEMBROS DEL EQUIPO**

En la segunda etapa se debe nombrar al líder del proyecto. Los directores de las áreas funcionales asignaran a sus representantes al equipo de IC. Interesa sobre todo en los primeros proyectos seleccionar con cuidado al personal de modo que el proyecto de implantación sea un éxito. Eso suscitara en la organización un mayor interés en los futuros proyectos basados en equipos de IC.

**Para esto se deben de establecer los objetivos bien definidos para el equipo de IC: costes, plazos y calidad**

El éxito del equipo de IC pasa por lograr alcanzar los objetivos que la dirección debe fijar para el proyecto de desarrollo del nuevo producto en términos de plazo tiempo de lanzamiento al mercado, coste global del proyecto, coste final del producto, prestaciones y calidad porcentaje de defectos internos y en el mercado.

Un objetivo puede ser reducir el tiempo de lanzamiento en un 25 por ciento, o bien reducir el coste final del producto en un 30 por ciento respecto al producto perecedero. Deben ser pues medibles a fin de controlar el progreso a lo largo del proyecto.

Los objetivos basados en satisfacer las necesidades de los clientes detectadas por un QFD suelen garantizar el éxito de ventas del producto. Debe pedirse la opinión de todos los miembros del equipo sobre los aspectos mas importantes del proyecto y de los objetivos previstos, para analizar su factibilidad.

En cualquier caso los objetivos, deben quedar claros para todos los miembros del equipo de IC a fin de resolver conflictos entre los intereses de las áreas funcionales y el equipos de IC.

Después de establecer los objetivos se debe proceder a realizar el plan de implementación el cual se describe a continuación:

## **PLAN DE IMPLEMENTACION .**

### **FORME UN EQUIPO .**

- Formar un equipo eficaz de solución de problemas
- Definir las Normas Básicas del equipo

### **Asegurar el involucramiento y el compromiso de la alta gerencia**

Es necesario explicar a la alta gerencia....

El proceso de las herramientas de ingeniería concurrente,

Las etapas de implementación de la ingeniería concurrente

Las responsabilidades del comité ejecutivo y del incentivador

El grado de compromiso y envolviendo exigido por la alta gerencia

Si la alta gerencia no fuera involucrada y empeñada....

## **RESPONSABILIDADES DEL EQUIPO MULTIDISCIPLINAR**

### **Asegurar el alineado.**

El equipo multidisciplinar deberá asegurar que todo el mundo dentro de la empresa esté alineado en el sentido de tener un conjunto de metas comunes.

## **Producir hechos.**

El equipo deberá asegurar que sean emprendidas acciones para alcanzar las metas comunes de la empresa. Es ella la que "produce hechos", durante la implementación de la Ingeniería concurrente.

## **Facilitar la comunicación**

El equipo multidisciplinar actúa como un eje de comunicación. Deberá existir comunicación entre los miembros del equipo, entre el equipo y el resto de la empresa y entre la empresa y sus clientes

## **Implementación de la ingeniería concurrente**

- Adoptar e implementar un enunciado de la misión
- Identificar las expectativas de los clientes
- Identificar los benchmarks de desempeño
- Asegurar el alineado del proyecto
- Gerenciar el cambio.

## **Gerenciar la ingeniería concurrente**

- Concentrarse en las metas que no fueron alcanzadas
- Auditar el progreso de las mejoras
- Iniciar actividades de solución de problemas y mejora
- Asignar recursos de proyecto
- Motivar y estimular
- Realizar reuniones regulares
- Mantener la información de la ingeniería concurrente
- Facilitar la documentación

### **Garantizar la representación multidisciplinar:**

Deberán estar representadas en el equipo multidisciplinar tantas áreas multifuncional como sean necesarias:

### **La representación multidisciplinar:**

- Asegurará que serán representados todos los procesos claves.
- Ayudara a facilitar la aceptación de la ingeniería concurrente por toda la empresa.
- Auxiliara a romper las barreras entre los departamentos.

### **Las posibles áreas que podrán ser representadas incluyen:**

- Producción
- Mercadeo y ventas
- Operaciones
- Dirección administrativa
- Ingeniería de productos
- Compras
- Sistemas computarizados

### **Indicar en función del cargo y/o de la experiencia:**

- Incluye a los altos mandos de la organización, representando los centro de productos.
- Los gerentes de los niveles de apoyo deben de ser incluidos en el proyecto, si su representación es necesaria para la empresa.

- En términos generales se debe mantener la representación, no mas de una persona por función.
- En las empresas pequeñas los miembros podrán representar funciones múltiples.

## **FORME UN EQUIPO MULTIDISCIPLINAR APROPIADO**

### **Forme un equipo en el nivel apropiado:**

Los equipos multidisciplinares pueden ser creados en cualquier nivel de la empresa, pero deben ser formados lo mas próximos posible del proceso de creación e innovación de productos.

### **Considere el tamaño del equipo:**

Los equipos multidisciplinares en general son constituidos de 4 a 7 miembros. El equipo puede buscar la ayuda de especialistas cuando sea necesario.

### **Incluya a las Personas Adecuadas:**

- La mayoría de los miembros son aquellos que son afectados o involucrados en el proceso de creación e innovación de productos. Ellos estarán también, por lo general en condiciones de implementar las soluciones y mejoramiento determinados por el equipo.
- Los especialistas en los temas tratados pueden ser miembros del equipo o pueden se invitados a participar de reuniones cuando sea necesario.

### **Delegue Autoridad a los Miembros del equipo:**

A los miembros del equipo debe ser delegada la autoridad para efectuar cualquier modificación necesaria, incluso invitar a las personas adecuadas que deben

contribuir a la solución del problema. Estas personas deben tener la propiedad **(control y responsabilidad)** del proceso afectado por el problema.

### **DEFINA LAS FUNCIONES DEL EQUIPO:**

#### **INCENTIVADOR:**

El incentivador es un miembro asignado que forma parte de la gerencia de la empresa y tiene autoridad para sancionar los mejoramientos. El incentivador provee los recursos y crea el clima para una solución eficaz de la problemática.

#### **LIDER DEL EQUIPO:**

El líder del equipo es el portavoz del mismo. El/ ella es responsable por el desarrollo de los trabajos, programa las reuniones y coordina las actividades de todos los miembros del equipo.

#### **FACILITADOR:**

El facilitador ayuda al equipo a través del proceso de creación e innovación de productos. El /ella puede no tener conocimiento del problema, mas esta íntimamente familiarizado(a) con el proceso de solución de problema. Verifique si el proceso esta siendo seguido, si las ideas están siendo solicitadas y si todos están involucrados.

#### **SECRETARIO:**

Documenta cada etapa del proceso de creación e innovación de productos y garantiza la comunicación del avance de los trabajos a todas las personas involucradas.

#### **MIEMBROS:**

Los miembros deben ser elegidos en base a su conocimiento y experiencia.

### **Consolide o Cambie Funciones, si es Necesario:**

La composición del equipo puede ser alterada con el avance del proceso de creación e innovación de productos.

### **ESTABLEZCA LAS NORMAS Y DISCIPLINA BASICAS.**

#### **ANALICE LOS LINEAMIENTOS DEL GRUPO:**

- Sin criticas – La opinión de todos es importante
- Todos contribuyen, es permitido dejar pasar a alguien de vez en cuando, pero todos participan.
- Todos asisten a las reuniones.
- Para tener éxito, no deje de seguir el proceso de creación y desarrollo del producto.
- Empiece y finalice las reuniones a la hora prevista.
- Documente el proceso

#### **DETERMINE LAS REGLAS DE TOMA DE DECISIONES**

- Decisión por consenso.
- Si no se llega a un consenso, entonces prevalece la decisión de la mayoría.

#### **ESTABLEZCA LA DISCIPLINA DE LAS REUNIONES**

- **Lista de los miembros del equipo**  
la lista del equipo deberá ser llenada y agregada a la documentación del equipo de la ingeniería concurrente apenas el equipo haya sido seleccionada véase Anexo 5.2, la lista del equipo multidisciplinar debe ser el primer formulario incluido en la documentación del proyecto.
- **Calendario de las reuniones**

El calendario de las reuniones deberá ser respetado e indicar todas las reuniones programadas, que irán a conducirlas. En términos reales la mayoría de empresas necesitaran de 4 a 8 meses para implantar la ingeniería concurrente, es necesario aclarar que para la implantación del modelo debe ser paulatinamente empezando por proyectos pequeños a proyectos de mayor complejidad, así mismo los resultados dependerán del tipo de empresa en la cual se implemente el modelo. VEASE ANEXO 5.3

- **Agenda de las Reuniones**

Deberá ser distribuida antes de cada reunión del equipo. VEASE ANEXO 5.4

- **Plan de Acción**

El plan de acción deberá ser elaborado y distribuido al final de cada reunión y revisado al comienzo de la reunión siguiente. VÉASE ANEXO 5.5

### **EMPIECE LA IMPLEMENTACION DEL PROCESO:**

- Inicie un informe de solución de problemas
- Establezca las metas del equipo antes de considerar los métodos y Recursos.

### **5.2.3 ETAPA 3 FORMACION DEL EQUIPO DE IC EN LAS TECNICAS DE DISEÑO Y/O CALIDAD APROPIADAS**

Después de nombrar los lideres del modelo se pasa a dar formación especifica al líder del proyecto y al resto de miembros del equipo sobre la organización de proyecto basada en la IC, así como en las técnicas que se consideren relevantes de entre las descritas en el capítulo IV de formación especifica en los programas informáticos que se consideren oportunos (CAD / CAM, gestión de proyectos, etc) (Véase inciso 5.1.2 catalizadores tecnológicos)

## **5.2.4 ETAPA 4 EDICION DEL CALENDARIO DE REUNIONES DEL EQUIPO DE IC SEGÚN EL PLAN DE DESARROLLO**

Ya Formados los miembros del equipo de ingeniería concurrente los cuales son la estructura de todo el modelo se requiere editar un calendario planificado las reuniones periódicas del equipo de IC, así como las reuniones principales del proyecto, los hitos normalmente asociados a reuniones de revisión del diseño en las que participara dirección general autorizando o no el avance del proyecto

Siguiendo los siguientes puntos:

### **EL CRONOGRAMA DEL PLAN**

#### **BASE**

Análisis del programa de fechas necesarias (PND)

#### **USOS**

- El cronograma del programa provee un formato consistente para seguir el progreso de rastro y organizar agendas de reuniones
- Un método de camino crítico cronológico ( i. e. , grafico de gantt o pert) pueden ser usado para mostrar:
  - Interrelaciones
  - Pronostico avanzado de problemas
  - Identificación de responsabilidades
  - Identificación, asignación y nivelación de recursos

### **Elementos del cronograma**

Los elementos de tiempo que forman parte del cronograma (grafica de Gantt) son:

- Tareas
- Asignaciones
- Acciones
- Limites de tiempo

Los integrantes del equipo deben estar de acuerdo con los elementos:

- A cada elemento debe tener una fecha de "inicio" y de "termino"

El punto actual de progreso debe ser registrado.

### **5.2.5 ETAPA 5 EDICION DEL PLAN DE ACTIVIDADES SEGÚN EL PLAN DE DESARROLLO**

Finalmente se debe editar y seguir un plan de actividades del proyecto según el nuevo plan de desarrollo donde consten las duraciones y responsables previstos (PERT O GANT)

Aunque es difícil planificar el desarrollo de conceptos realmente innovadores hay que admitir que estos suelen ser un pequeño porcentaje del trabajo total; el resto puede y debe planificarse, con objeto de mejorar la productividad del equipo de IC.

Se recomienda utilizar programas informáticos para el control de proyectos, con objeto de controlar el avance del proyecto, los costes y poder distribuir fácilmente la información relevante a todos los miembros del equipo de IC (Vease tabla 5.6.)

**PARTE I: PLANIFICAR Y DEFINIR / RESUMEN DE REVISION GERENCIAL (FACTIBILIDAD)**

ACTIVIDAD TAREA	RESPONSABILIDAD	RESULTADOS	FECHA DE CIERRE	AVANCE
Crear equipo enfocado hacia el cliente	Gerente del programa	Hoja de Planificacion de Reunion de Arranque		
Comenzar una bitacora de asuntos pendientes	Gerente del programa	Base de datos de Gerencia del Programa		
Conseguir informacion/ requisitos/tiempo cliente	Gerente de Ventas y Mercadeo	Checklist de factibilidad		
Desarrollar el cronograma del programa	Gerente del programa	Grafica de GANTT		
Fijar las metas de diseño	Gerente de Ing de Diseño	metas en las Minutas de Reunion		
Fijar las metas de confiabilidad y calidad	Gerente de Ventas y Mercadeo	Presupuestos		
Fijar metas de costos	Gerente de programa	Resumen de Objetivos de costos		
Obtener los volúmenes de Planificacion de capacidad	Gerente de Ventas y Mercadeo	Presupuestos		
Desarrollar lista de contactos clave	Gerente de programa	Lista de Contactos		
Completar AMEF	Gerente de Ing de Diseño	Estudios de Especificacion		
Selecion de Instalacion	Gerente de Produccion	Base de datos de Gerencia del Programa		
Consolidar los estimados de costos preliminares	Gerente de programa	Estimacion de Cotizacion		
Comenzar el desarrollo del CER	Gerente de programa	CER Preliminar		
Comenzar el desarrollo del flujograma	Gerente de produccion	Flujograma preliminar del proceso		
Revision Gerencial ( Factibilidad)				

Aprobacion del Gerente, seguir adelante con el programa  
Lista de Asuntos Pendientes:




























**PARTE II: DISEÑO Y DESARROLLO DEL PRODUCTO/ RESUMEN DE REVISION GERENCIAL ( FACTIBILIDAD)**

ACTIVIDAD TAREA	RESPONSABILIDAD	RESULTADOS	FECHA DE CIERRE	AVANCE
Revision del Diseño pre-Liberacion de produccion	Gerente de Ing de Diseño	Minutas de Reunion		
Revision del concepto avanzado de diseño	Gerente de Ing de Diseño	Minutas de Revision de diseño		
Desarrollar / actualizar lista de materiales preliminar	Gerente de Ing de Diseño	Lista de Materiales		
Comenzar la estrategia de suministros	Gerente de ventas y mercadeo	Listas de proveedores aprobados		
Comenzar los planos liberacion -X	Gerente de Ing de Diseño	Planos liberacion -X		
Revision del concepto de diseño con el cliente	Gerente de Ing de Diseño	Minutas de Revision de diseño		
Desarrollar AMEF de diseño	Gerente de Ing de Diseño	AMEF de Diseño		
Desarrollar lista preliminar de características especiales de producto	Gerente de Ing de Diseño	Actualizar AMEF de Diseño		
Desarrollar Plan de Control de construccion del prototipo	Gerente de Produccion	Plan de control de prototipo		
Desarrollar la construccion de prototipos	Gerente de Produccion	Partes del Prototipo		
Realizar las pruebas de prototipos	Gerente de Ing de Diseño	Reportes de Pruebas		
Validacion del desempeño de Prototipos	Gerente de Ing de Diseño	Validacion del prototipo		
Desarrollar flujograma de proceso	Gerente de Produccion	Flujograma del proceso		
Desarrollar plan de Control de produccion	Gerente de Produccion	Plan de control de prototipo		
Revision Gerencial ( Factibilidad)				

Aprobacion del Gerente, seguir adelante con el programa  
Lista de Asuntos Pendientes:

**Tabla 5.6 Responsables de cada etapa del modelo**

## DIAGRAMA DE GANT

		Nombre de tarea	Responsable	Duración	Comienzo	Fin
1		Catalizadores Organizativos: comunicacion en el grupo, descentralizacion en la toma de decisiones , practica de RRHH animan a la integracion de la organización	Gerencia de la organización	1 día	lun 11/04/05	lun 11/04/05
2		Catalizadores Tecnológicos: Integracion de Red local de ordenadores, infraestructura de la empresa, sistemas computarizados de diseño	Gerente de Ing de Diseño	2 días	lun 11/04/05	lun 12/09/05
3	✓	Comenzar una bitacora de asuntos pendientes	Gerente de Ing de Diseño	1 día?	vie 29/07/05	vie 29/07/05
4		Crear equipo : 1. Asegurar el involucramiento de la Gerencia; 2. Definir las responsabilidades del equipo; 3. Garantizar la representacion multidisciplina	Gerente de Ing de Diseño	5 días	vie 15/07/05	jue 22/09/05
5	✓	Conseguir informacion/ requisitos/tiempo cliente: a través de Investigaciones de mercado, 2 La voz del cliente 3. Historial de Garantia y calidad.	Gerente de ventas y mercadeo	1 día?	lun 11/04/05	lun 11/04/05
6		Desarrollar el cronograma del programa: Detallando los elementos de tiempo, tarea, asignaciones, acciones, Limites de Tiempo.	Gerente de Ing de Diseño	7 días?	lun 08/08/05	vie 23/09/05
7		Fijar las metas de diseño: funcionalidad, manejo de materiales, componentes, condiciones de almacenamiento, uso	Gerente de Ing de Diseño	3 días?	lun 08/08/05	mié 10/08/05
8		Fijar las metas de confiabilidad y calidad:	Gerente de Ing de Diseño	3 días?	lun 08/08/05	mié 10/08/05
9		Fijar metas de costos: costo unitario, costo de materia prima, compo	Gerente de Ing de Diseño	3 días?	lun 15/08/05	mié 17/08/05
10		Obtener los volúmenes de Planificacion de capacidad: a través de pronosticos de venta, historial de ventas, y ventas proyectadas, ventas por familia	Gerente de Produccion	5 días?	mar 02/08/05	mié 24/08/05
11		Desarrollar lista de contactos clave: proveedores de materia prima, componentes, ( revision de su historial en la empresa, fallas, tiempos de entrega etc.)	Gerente de Produccion	1 día?	lun 22/08/05	mié 24/08/05
12		Completar AMEF: desarrollar un análisis por componente, funcion parte a través de encontrar sus potenciales fallas.	Gerente de Ing de Diseño	3 días?	lun 29/08/05	mié 31/08/05
13		Selecion de Instalacion: condiciones ambientales, iluminacion etc.	Gerente de Ing de Diseño	3 días?	lun 05/09/05	mié 07/09/05
14		Consolidar los estimados de costos preliminares: manufactura, empaque, materia prima, equipo, mano de obra etc.	Gerente de Produccion	3 días?	lun 12/09/05	mié 14/09/05
15		Comenzar el desarrollo del flujograma: identificacion de procesos clave, elementos indicadores del proceso, acciones de mejora	Gerente de Produccion	3 días?	lun 19/09/05	mié 21/09/05
16		Revisión Gerencial ( Factibilidad)	Gerente de produccion	1 día?	lun 26/09/05	lun 26/09/05
17		Revisión del Diseño pre- Liberacion de produccion: disponibilidad de Materia Prima, maquinaria, herramienta	Gerente de Ing de Diseño	4 días?	mié 28/09/05	lun 03/10/05
18		Revisión del concepto avanzado de diseño	Gerente de Ing de Diseño	1 día?	mié 05/10/05	mié 05/10/05
19		Desarrollar / actualizar lista de materiales preliminar: elaboracion de lista de materiales, tiempos de entrega, proveedores	Gerente de Ing de Diseño	3 días?	lun 10/10/05	mié 12/10/05
20		Comenzar la estrategia de suministros: tiempo de abastecimiento, proveedores potenciales, proveedores secundarios	Gerente de ventas y mercadeo	3 días?	lun 10/10/05	mié 12/10/05
21		Comenzar los planos liberacion -X: inicio de los planos de especificaciones del molde antes de iniciar la siguiente etapa	Gerente de Ing de Diseño	3 días?	lun 10/10/05	mié 12/10/05
22		Revisión del concepto de diseño con el cliente: revision de las especificaciones requeridas por el cliente,	Gerente de Ing de Diseño	4 días?	mié 12/10/05	lun 17/10/05
23		Desarrollar AMEF de diseño: elaboracion del AMEF con las especificaciones finales del molde de inyeccion	Gerente de Ing de Diseño	6 días?	lun 17/10/05	lun 24/10/05
24		Desarrollar lista preliminar de características especiales de producto: elaboracion de la actualizacion del AMEF con las especificaciones adicionales del molde	Gerente de Ing de Diseño	4 días?	mié 19/10/05	lun 24/10/05
25		Desarrollar Plan de Control de construccion del prototipo: Revisión representativa del diseño de produccion si cumple con requisitos como: ambientales, funcionales, confiabilidad, durabilidad	Gerente de Produccion	8 días?	lun 10/10/05	mié 19/10/05
26		Realizar las pruebas de prototipos	Gerente de Produccion	2 días?	vie 04/11/05	lun 07/11/05
27		Desarrollar la construccion de prototipos: Garantizar la validacion de producto y proceso de componentes y montajes a través de todas las fases de desarrollo de diseño y a lo largo del lanzamiento	Gerente de Ing de Diseño	11 días?	mar 08/11/05	mar 22/11/05
28		Validacion del desempeño de Prototipos: Garantizar la validacion de producto y proceso de componentes y montajes a través de todas las fases de desarrollo de diseño y a lo largo del lanzamiento	Gerente de Ing de Diseño	1 día?	mié 23/11/05	mié 23/11/05
29		Desarrollar flujograma de proceso :	Gerente de Produccion	6 días?	mié 19/10/05	mié 26/10/05
30		Desarrollar plan de Control de produccion	Gerente de Produccion	21 días?	mié 12/10/05	mié 09/11/05
31		Revisión Gerencial ( Factibilidad): Revisión Final del proceso listo para la fabricacion		1 día?	lun 14/11/05	lun 28/11/05

## **DIAGRAMA DE GANT**

## **5.2.6 ELEMENTOS POST AMEF DE DISEÑO.**

Luego de realizar el AMEF de diseño se requiere una etapa la cual sirve para llevar a cabo un monitoreo y una revisión a los diseños por medios de ensayos y que sirva de una mejora continua a los AMEF realizados la cual denominamos POST AMEF y se detalla a continuación:

- **REVISIÓN DE DISEÑO**

Las revisiones de diseño son regularmente reuniones programadas dirigidas por la Gerencia del proyecto y tienden a prevenir problemas y evitar malas interpretaciones; además de supervisar el desarrollo de las actividades de diseño e informar a la Gerencia.

Las revisiones de diseño son más que inspecciones de ingeniería; son más bien evaluaciones de:

- Consideraciones de requerimientos de diseño /funcionalidad.
- Matriz de diseño para materiales por volumen.
- Metas de confiabilidad y confianza formales.
- Ciclo de funcionamiento de componentes / subsistemas/ sistemas
- Resultados de simulación computarizada y de ensayos en blanco.
- AMEF's de diseño.
- Revisión del esfuerzo del diseño para fabricación y ensamble.
- Ensayo de fallas y acciones correctivas.
- Progreso del plan de verificación de diseño.

Una función importante de la revisión de diseño es rastrear el uso del DVP  
Proceso de Verificación de Diseño para...

- Garantizar la verificación del diseño.
- Garantizar la validación de producto y proceso de componentes y montajes a través de todas las fases de desarrollo de diseño y a lo largo del lanzamiento.

## **RESPONSABILIDAD DEL GERENCIAMIENTO DEL PROGRAMA.**

### **REVISIÓN DE DISEÑO Y DESARROLLO.**

Las fases convenientes, revisiones sistemáticas de diseño y desarrollo deben ser desempeñadas de acuerdo con los arreglos planteados.

- a) Para evaluar la habilidad de los resultados del diseño y desarrollo para cumplir con los requerimientos.
- b) Para identificar cualquier problema y acciones propuestas necesarias.

### **REVISIÓN DE DISEÑO.**

## **MONITOREO**

Las dimensiones en fases especificadas de diseño y desarrollo deben ser definidas, analizadas y reportadas con resultados resumidos como en los datos de entrada en la revisión gerencial.

- **La responsabilidad del programa gerencial es asegurar que....**
  - Los requerimientos de diseño sean cumplidos.
  - Identificar cualquier problema y acción necesaria propuesta.
  - Registrar y mantener los resultados de la revisión y cualquier acción necesaria.

- Estas revisiones deberían ser coordinadas con el proceso de diseño y desarrollo de fabricación.
- Las inquietudes de viabilidad de diseño son resueltas a tiempo para cumplir con cada fecha de material requerida.
- Problemas traídos en el plan de verificación de diseño y reporte son direccionados.
- Problemas de viabilidad, costo y tiempo son identificados.
- Todos los diseñadores técnicos apropiados participan en la revisión de diseño.

### **EVALUACIÓN DE SITUACION E INFORME.**

A través de informes y análisis críticos del equipo de AMEF mantener la estimación de situación y planes de recuperación definidos según sea necesario para asegurar el cumplimiento del programa de fechas necesarias.

### **HABILIDADES Y HERRAMIENTAS.**

- Procesamiento formalizado de revisión de diseño.
- Agendas.
- Entrenamiento individual en el uso de técnicas de verificación de análisis de diseño.
- Patrones de calibración y dispositivos de calibrado apropiados.

### **PLAN DE VERIFICACIÓN DE DISEÑO (DVP)**

El plan de verificación de diseño es un solo documento que contiene tanto el plan de ensayos como el informe de ensayos.

El plan de ensayos detalla todos los necesarios para garantizar que los criterios funcionales y de confiabilidad y los requisitos de metas son cumplidos y a la vez específica:

- Responsabilidad por ensayos.
- Cantidades de ensayos.
- Requerimientos de ritmo.

El informe de ensayo proporciona resultados de ensayos y avance realizado hacia metas de diseño especificadas por el plan de ensayos.

El plan de ensayos permite moverse hacia el proyecto / programa.

## **USOS.**

El Plan de Verificación de diseño DVP es un documento de trabajo destinado a ayudar al personal de ingeniería a:

- Desarrollar ensayos minuciosamente planificados necesarios para asegurar que determinado componente o sistema cumple con todos los requisitos de ingeniería.
- Garantizar que la confiabilidad del producto cumple los objetivos orientados al cliente.
- Indicar situaciones en que el ritmo del cliente requiere un plan de ensayo acelerado.
- Sintetizar requerimientos de ensayos funcionales, de durabilidad y confiabilidad, en un solo documento.
- Proveer para el análisis crítico de diseño informes brevemente elaborados sobre situaciones y progresos de ensayos.
- Identifica las necesidades de correcciones de diseño.
- Evalúa la sensibilidad hacia la variación esperada de materiales y proceso.

- Después del diseño y antes de liberar para herramental.
- Antes de utilizar piezas de producción en pruebas de validación en el vehículo.
- Pruebas de validación continuas de producto y de proceso.

### **PROGRAMA DE ENSAYOS.**

- Prototipos.
- Pre-lanzamiento/ pre- producción/ piloto.
- Validación de producto (PAP).
- Validación de producto y ciclo de vida del producto.

### **FASES DE ENSAYOS DE PRODUCTOS.**

El plan de Ensayos documenta las actividades de ensayo durante cada fase de desarrollo del producto.

Los ensayos de Desarrollo de Ingeniería (ED) son efectuados durante el diseño de producto para desarrollo funcional, para detectar fallas que dependen del tiempo.

- Análisis de diseño y requisitos.
- Identificación de problemas potenciales.
- Realización de proceso interactivo ensayo-análisis-arreglo-repetición de ensayo.
- Provee de acciones correctivas /verificadas de eficacia tempranamente.

Las Muestras de Verificación de Diseño (DV) son prototipos representativos del diseño objetivo de producción y demuestran que el producto cumple los siguientes requisitos:

- Ambientales.
- Funcionales.
- Confiabilidad.
- Durabilidad

Los ensayos de Validación de la Producción (PV) son similares a los de DV con la diferencia de que aquellos usan muestras representativas de herramientas y procesos de producción. Las muestras representativas aseguran que variables no adversas han sido introducidas.

Los Ensayos de Conformidad Continua (CC) son realizados en base continua para garantizar la conformidad con todos los requisitos de producto y proceso.

### **DESARROLLO DE PLAN DE ENSAYO.**

El Plan de verificación de diseño (DVP) es desarrollado por el ingeniero a cargo del diseño /desarrollo y participación del proveedor, si es necesario, ya en la fase inicial de diseño de todos los nuevos productos.

El Plan es revisado siempre que ocurran modificaciones significativas en el medio ambiente, diseño y /o reglamentaciones gubernamentales.

La sección de informe se usa para resumir los resultados del programa de ensayos.

- Es un informe oficial usado en actividades de ensayo y desarrollo.
- Sirve para presentar un informe de resultados a la gerencia.
- Consistencia a través de toda la empresa y provee una comunicación concisa entre las agencias de ensayo.
- Se mantienen registros amplios.

Un Proceso de Desarrollo de Plan de Ensayos consistente en tres fases básicas de proceso:

- Identificar el ensayo apropiado.
- Establecer especificaciones de ensayo.
- Documentar plan de ensayos.

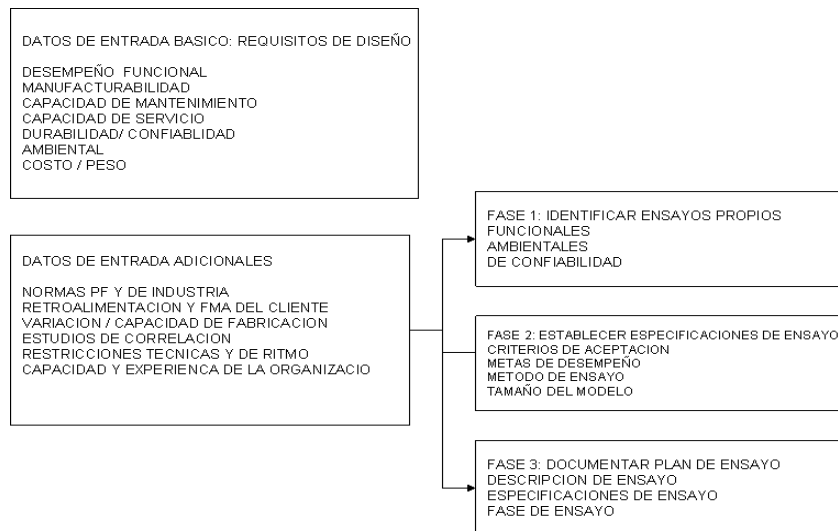


FIGURA 5.11 DVP

## POST AMEF DE DISEÑO

### Información del encabezado (1-14)

#### Componente/ Ensamble(1)

Nombre del componente/ensamble que esta siendo diseñado

#### P/N(2)

Numero de parte

#### MY(3)

Año del modelo

**APLICACIONES (4)**

Plataforma automotriz en que será utilizada esta parte

**FUENTE(5)****DVP No. (6)**

Numero de control asignado al DVP específico por la actividad de diseño

**FECHA DEL PLAN (7)**

Día de preparación del DVP

**CONCURRENCIA (8)**

Concurrencia de ser necesaria del supervisor (es) de la actividad(es) adicionalmente a la aprobación del gerente

**FECHA DEL REPORTE (9)**

La fecha en la que el reporte fue preparado ( una vez que la pruebas DV fueron completadas)

**DEPARTAMENTO No. (10)**

Departamento que prepara el DVP

DESIGN VERIFICATION PLAN & REPORT										DVP No. 6		DEPARTAMENTO No. PAGINA 10 14			
COMPONENTE / ENSAMBLE 1					P/N 2					FECHA DEL PLAN 7		CREADOR DEL PROGRAMA 11			
MY 3			APLICACIONES 4		FUENTE 5					CONCURRENCIA 8		APROBACION DEL GERENTE 12			
										FECHA DEL REPORTE 9		REPORTE DE INGENIERIA 13		NOTAS 26	
TEST PLAN													NOTAS		
15	16	17	18	19	20	21	22		23	24		25			
ITEM No.	PROCEDIMIENTO O NORMA	DESCRIPCION DE LA PRUEBA	CRITERIO DE ACEPTACION	REQUERIMIENTOS OBJETIVO	RESPONSABILIDAD DE PRUEBAS	ETAPA DE PRUEBA	MUESTRA		TIEMPO	MUESTRAS ENSAYADAS		RESULTADOS ACTUALES			

**FIGURA 5.12 POST AMEF DE DISEÑO**

**CREADOR DEL PROGRAMA (11)**

Autor del DVP

**APROBACION DEL GERENTE (12)**

Aprobación de la autoridad supervisora de la persona/ equipo que prepara el plan de diseño

**REPORTE DE INGENIERIA (13)**

Nombre del ingeniero a cargo / participante en el DVP

**PAGINA (14)**

Numero de página del reporte

**Plan de pruebas (15-23)****Ítem No. (15)**

Cada prueba debe ser enumerada en forma secuencial

**Procedimiento o norma (16)**

Identificación del procedimiento de pruebas o norma que aplica a este numero de ítem

**Descripción de la prueba (17)**

Descripción verbal de la prueba a ser realizada

**Criterio de aceptación (18)**

El criterio específico que debe ser cumplido o excedido para pasar este ítem de prueba

**Requerimiento Objetivo (19)**

Los requerimientos para una prueba exitosa según lo especificado por el ente normativo apropiado o por el cliente

**Responsabilidad de pruebas (20)**

Especifique que organización / persona realizara la prueba

**Etapas de prueba (21)**

Según el código

**Muestra (22)**

Mínimo de piezas que van a ser ensayadas.

**Tiempo (23)**

Cuando comenzó la prueba y cuando fue completada

**Reporte de pruebas (24-26)****Muestras Ensayadas (24)**

La cantidad y tipo de pruebas que fueron realizadas la fase de la prueba actualmente completada para pruebas en donde se tiene mas de una fase.

**Resultados Actuales (25)**

Los resultados actuales obtenidos durante la prueba

**Notas (26)**

Use según sea necesario para ampliar sobre las pruebas, métodos de pruebas o resultados y/o requerimientos poco usuales

## **RESPONSABILIDAD DE GERENCIAMIENTO DEL PROGRAMA.**

La Responsabilidad del Gerenciamiento del Programa es para asegurar que:

- El ingeniero de diseño es responsable de la ejecución del plan.
- Está constituido un equipo multifuncional para la conclusión del plan de verificación de diseño. (Proveedores deberían ser parte del equipo).
- Ensayos, métodos, equipamientos, criterios de aceptación, tamaños de modelo, nivel de diseño y control del ritmo especificados; estén documentados claramente en el plan de verificación de diseño.
- Los ensayos comprenden la variación dentro de la tolerancia sobre características de producto seleccionadas por el equipo.
- El plan de verificación de diseño incluye requisitos de repetición de ensayo para diseño, material o alteraciones de proceso de fabricación que se produzca antes de la línea piloto de la producción.
- El plan incluye efectuar ensayos de envejecimiento al ambiente, desgaste dimensional y fatiga de material.
- El plan incluye someter a ensayos el perfil de uso y ciclo de trabajo al "90 percentil" del cliente.
- El plan incluye efectuar ensayos de la vida útil del producto.
- El plan incluye efectuar ensayos de los efectos del ambiente externo (clima, condiciones de superficie de carreteras, etc.)
- El plan incluye efectuar ensayos de los efectos del ambiente interno creado por subsistemas circundantes.
- El plan incluye efectuar ensayos de las interfases físicas entre componentes o sistemas.
- El plan incluye ensayos que detecten falla usando datos de variables. Una falla tanto puede ser significativa-parcial, degradada, intermitente, como puede ser una falla total del producto.
- El equipo esta de acuerdo sobre las definiciones de falla y éxito.

- El plan incluye proceso de documentación y reacción cuando no se cumplen metas de diseño de distribución de fallas de producto y de confiabilidad.
- Muestras de ensayo, equipo, instalaciones, servicios y recursos son disponibles y aplicados para verificación.
- Los ensayos son logros de acuerdo al DVP y al diagrama de tiempo del proyecto.
- Los resultados son revisados, analizados y direccionados.

## **EVALUACIÓN DE SITUACIÓN E INFORME.**

A través de los informes y análisis críticos del equipo de Ingeniería concurrente, mantengan al día el Checklist de Clasificación de Elementos del plan de implementación. Desarrolle planes de recuperación según sea necesario, para garantizar el cumplimiento del programa de fechas necesarias y las expectativas de calidad.

## **OTRAS TÉCNICAS USADAS DURANTE EL DESARROLLO DEL DISEÑO DE MOLDES**

### **DFM Y DFA.**

- Diseño para fabricación y ensamble es un proceso simultaneo de ingeniería diseñado para optimizar la relación entre función del diseño, fabricación y facilidad de montaje.
- Costos de Ensamble
  - Tiempo de Ensamble
  - Niveles de Ensamble
  - Método de Ensamble
  - Ciclo del Tiempo
  - Cuenta de la Parte
  - Opciones
  - Calidad
  - Estándares
  - Tolerancias
  - Manejabilidad

- Volúmenes
- JIT
- Costo de Fabricación
  - Materiales
  - Tolerancias
  - Proceso
  - Tamaño
  - Volumen
  - Estandares
  - Herramientas
  - Proveedores
  - Características
  - Prototipos
  - Terminado
  - Calidad
- Acercamientos
  - Consolidación de Parte
  - Comunicación
  - Factibilidad, Prueba contra Alineación
  - Manejo Automatizado
  - Eliminación de dificultades de manejo
  - Operaciones no ciegas
  - Minimizar Herramientas
  - Mismo- Sujetado
  - Apoyar pesos fuertes
  - Usar gravedad
  - Construir una base rigida
  - No ajustes finales
- Factores de Éxito
  - Ingeniería Concurrente
  - Debe ser Equivalente al proceso
  - Cosas no muy tempranas
  - Gente crea valor en los procesos
  - Procesos manejan los resultados
  - Pensar en la Comercialización en vez de listas de satisfacción
  - Esforzarse por la mejora continua y cambios mayores en el proceso
  - El desarrollo del producto es la raíz de todos los resultados

## **DISEÑO DE EXPERIMENTOS (DOE)**

- Un diseño de experimentos es un ensayo o serie de ensayos en que variables de procesos con potencial de influencia son alteradas sistemáticamente de acuerdo a una matriz de diseño prescrita.

## **O TRAS TÉCNICAS USADAS DURANTE EL DESARROLLO DEL DISEÑO**

- Las evaluaciones son elaboradas bajo varias condiciones para:
  - Identificar variables influyentes entre ensayos.
  - Calificar efectos a través del rango que representan por niveles de variables.
  - Comparar efectos e interacciones.
- La aplicación temprana en el ciclo de desarrollo producto/proceso puede resultar en:
  - Rendimiento mejorado del proceso.
  - Reducción del tiempo de desarrollo.

## **TÉCNICAS DE VERIFICACIÓN- ANALÍTICAS DE DISEÑO**

- Análisis de la variación de la construcción de un ensamble.
- Benchmarking.
- Diagrama de Causa y Efecto.
- Matriz de características.
- Método de camino crítico.
- Diseño para fabricación y ensamble.
- Plan de verificación e informe de diseño.
- Plan de control dinámico.

## **OTRAS TÉCNICAS USADAS DURANTE EL DESARROLLO DEL DISEÑO**

- Diagrama de flujo de procesos

Una forma visual para demostrar el flujo de procesos relacionados. Incluidos datos de entrada requeridos, controles de proceso y verificación de producto y proceso.

- Despliegue de funciones de calidad

Un método sistemático de las expectativas del cliente en demandas técnicas y despliegue de procesos y controles para lograr esto.

- AMEF de sistema.

Un enfoque que cubra el análisis de funciones e interacciones antes de que las herramientas estén definidas.

## **INGENIERIA DE VALORES**

Como mínimo, estos ítems deberían ser considerados por el equipo de Ingeniería Concurrente:

- Diseño, concepto, función y sensibilidad a la variación de fabricación.
- Proceso de fabricación/ensamble.
- Tolerancias dimensionales.
- Requerimientos de desempeño.
- Numero de componentes.
- Ajustes de procesos.
- Manejo de materiales.

## **PLAN DE CONTROL DE PROTOTIPO**

Definición y Objetivo.

- Los planes de control de prototipo describen las mediciones dimensionales, materiales y ensayos funcionales que ocurrirán durante la fabricación del prototipo.
- El Plan de Control de Prototipo se evoluciona dentro del Plan de Control de Producción.
- Es usado para medir la capacidad preliminar de características especiales "potenciales" identificadas durante el proceso de desarrollo del AMEF de diseño y/o AMEF de proceso.
- Los prototipos deben ser producidos usando equipamientos de producción, cuando sea posible.

### **RESPONSABILIDADES DEL GERENCIAMIENTO DEL PROGRAMA.**

La responsabilidad del Gerenciamiento del Programa es para asegurar que:

- Se emplea un equipo multifuncional para concluir el Plan de Control Fabricación de Prototipo.
- Las características especiales potenciales son identificadas claramente en el Plan de Control.
- Son desarrollados planes de inspección para todas las especificaciones de material e ingeniería.
- Los calibres y equipamientos de ensayo deben ser precisos, definidos, repetibles y reproductibles.
- El Plan de Control comprende procedimientos, técnicas y datos de referencia de medición documentados.
- Al cliente se le brinda la oportunidad para aprobar el Plan de Control del Prototipo.
- Siempre que sea posible, los prototipos son producidos sobre herramientas del grado de producción.

## **FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO**

- Las construcciones de prototipo se destinan para la fabricación de componentes, sistemas o subsistemas suministrados al cliente para construcciones con anterioridad a la Línea Piloto de la Producción.
- El prototipo les brinda al equipo y al cliente la oportunidad para evaluar si el producto o servicio cumple bien o no los objetivos de la Voz del cliente.

## **DIBUJOS Y ESPECIFICACIONES DE INGENIERÍA**

### Objetivo

- Los diseños y especificaciones abarcan todos los dibujos de ingeniería, datos CAD, especificaciones de material y especificaciones de ingeniería.
- Los diseños del cliente no impiden que el equipo de planificación tenga la responsabilidad de revisar los diseños de ingeniería.

## **CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DE PRODUCTO Y PROCESO.**

- El equipo de planificación de la calidad del producto debe analizar críticamente la lista preliminar de características especiales de producto y proceso; además de llegar a un consenso durante el desarrollo y diseño.
- El consenso debe ser documentado en el Plan de Control.
- El proveedor puede tener requisitos propios para aprobación.

## **COMPROMISO DE FACTIBILIDAD DEL EQUIPO.**

- El equipo de planificación avanzada de la calidad de productos debe estimar la factibilidad de fabricar el diseño propuesto.

- La propiedad de diseño del cliente no le impide al proveedor la obligación de estimar la factibilidad del diseño.
- El equipo debe estar satisfecho de que el diseño propuesto sea apto para el uso que satisface las expectativas del cliente.

### **REVISION MENSUAL DEL AVANCE DEL PROYECTO EN RELACION A LOS OBJETIVOS PREVISTOS**

Para finalizar nuestro modelo de ingeniería concurrente se recomienda que mensualmente el líder del proyecto informe a la dirección general del avance del proyecto respecto a todos los objetivos previstos.

De ese modo funciona eficazmente la organización matricial integrado la estructura del equipo de IC con la organización funcional a través de su equipo directivo

## **v. CONCLUSIONES.**

Al finalizar el trabajo de graduación es importante hacer notar el cumplimiento de los siguientes puntos:

Mediante la elaboración de un marco histórico y teórico de los plásticos, se logro dar a conocer los conceptos relacionados con los mismos; además se presento el tema de Ingeniería Concurrente el cual se utilizo como la herramienta sistemática a utilizar en el proceso de generación de las alternativas de solución.

Al elaborar el diagnostico de la situación actual del sector de productos de plástico se selecciono una muestra de 12 empresas agremiadas a ASIPASTIC las cuales sirvieron de base para implementar nuestro modelo.

Identificando la problemática de la situación actual del sector se presentaron dos propuestas de solución las cuales son: Contratación externa de consultores especialistas en la implantación de la Ingeniería Concurrente y herramientas de calidad y la Capacitación del personal en la aplicación de técnicas para el diseño y desarrollo de un producto a través de la Ingeniería Concurrente, seleccionando la segunda de estas, dicha elección se obtuvo por medio de una evaluación económica, eligiendo así la de menor costo (OMEX, a través de FUSADES).

La aplicación de esta propuesta tienen como objetivo de registrar en forma temprana todos los factores de influencia<sup>23</sup> sobre el modelo de implantación en la etapa de diseño e innovación de los moldes por inyección para productos de plásticos, reconociendo en forma temprana los potenciales, las áreas con problemas y evaluando las consecuencias del funcionamiento actual.

Todo esto mejora la productividad, obteniendo un aumento en de 496,128 piezas más, justificando la aplicación de estas técnicas, facilitando la detección de puntos críticos en el proceso de diseño e innovación de moldes de inyección para producto plásticos, y de esta forma lograr una disminución en los cambios realizados en las etapas posteriores del desarrollo de un producto.

Al realizar el modelo de Ingeniería Concurrente, se estableció la importancia y el alcance de los beneficios que proporciona el Análisis de Modo y Efectos de Falla Potencial (AMEF), como una herramienta para examinar todas las formas posibles en que un producto o proceso pueda fallar; además se hizo una revisión de la acción que debe tomar para minimizar la probabilidad de falla o el efecto de la misma.

Por estos motivos, es deseable colocar en el mercado un producto o proceso que minimice los defectos, y para tal fin se presentó una construcción de AMEF de diseño (Análisis de modos y efectos de fallas potenciales) como un procedimiento de gran utilidad para aumentar la confiabilidad y buscar soluciones a los problemas planteados.

Como solución a los problemas planteados en el capítulo 3 se obtuvieron los siguientes resultados: Alto Nivel de Desperdicio debido al largo uso de la vida útil de los moldes, determinándose que era la situación de mayor incidencia en el área de producción; ya que con el uso frecuente de los moldes sin el debido mantenimiento, éstos tienden a deteriorarse o a presentar fallas que repercuten en la calidad del producto final o en la fluidez del proceso, es por ello que mediante el AMEF se redujo el número de ocurrencia (en su equivalente en horas); dando como resultado una reducción de 3 horas en el proceso (de 7 a 4 horas).

---

<sup>23</sup> VEASE AMEF DE DISEÑO DE MOLDE PAG.190 Y 191

El segundo problema identificado mediante el análisis FODA fue el Tiempo de desarrollo de un producto; siendo la causa principal de este problema el diseño de moldes con especificaciones no adecuadas, ocasionando retraso en la producción ; para ello se elaboro un modelo de implementación de Ingeniería Concurrente, en el cual se llevo a cabo un diagrama de gant con una integración paralela el cual redujo de 6 meses a 4 meses el desarrollo de este.

El tercer problema identificado es la perdida de competitividad: debido a la falta de innovación de productos, personal no calificado, uso de métodos inadecuados para el diseño, falta de mantenimiento a la maquinaria, Calidad de los materiales; siendo la causa mas relevante la falta de innovación, estas situaciones se pueden solventar mediante el Modelo de implementación de la Ingeniería Concurrente a través de los catalizadores donde se establece la elaboración de un nuevo procedimiento de desarrollo de moldes para el proceso de inyección de nuevos productos plásticos.

El cuarto problema identificado es el montaje de los moldes, dentro de las principales causas encontramos el tiempo de las montajes del molde ya que el armado y montado del molde toma tiempo el realizar esta acción, y el realizar las corridas para controlar factores como temperatura, presión de aire etc.; es por eso que en el AMEF de diseño se controla, se analiza los modos, efectos, mecanismos y controles potenciales de fallas para el montaje de moldes el cual se obtuvo una reducción de 2.5 a 2 horas.

Además en la investigación se presentó un seguimiento de post-AMEF para un monitoreo que ayuda a la mejora continua y así implementar con éxito la Ingeniería Concurrente.

## **vi. RECOMENDACIONES.**

A ASIPLASTIC:

Que exista mas documentación acerca de todo lo relacionado al sector industrial plástico y que dicha documentación este a disposición de todos los que lo soliciten.

Actualización de la información existente con respecto al sector en estudio.

Al Sector Industrial plástico:

Para una implementación con éxito de la Ingeniería concurrente en una empresa es aconsejable lo siguiente:

La implementación de un sistema de gestión de calidad para afrontar la elevada competitividad que traerán consigo los TLC. Se debe tener Cooperación dentro de los equipos de Ingeniería Concurrente.

Una innovación de productos con éxito requiere más que solo un buen diseño. Requiere una organización competitiva, excelente, pero en todas las áreas, no solo en ingeniería de producto. Todos los departamentos deben contribuir al éxito del nuevo diseño. Esa es la base de la Ingeniería Concurrente.

Desde el inicio del proyecto todos los miembros del equipo de Ingeniería Concurrente deben tener claros los objetivos, las especificaciones, el coste, las tecnologías, los clientes, los proveedores, etc. A lo largo del proyecto esta información debe ser la base de la cooperación continua entre los miembros del equipo de Ingeniería Concurrente, por el que todas las áreas funcionales trabajan en paralelo, en lugar de secuencialmente. Ello resulta en una realimentación más

temprana de los problemas con el resultado de mejores diseños, mejores procesos y un inicio de producción anticipado.

La tecnología, el proceso, los útiles forman la base de un buen diseño de producto y este debe basarse en la información que proporcionan los que son expertos en cada área funcional. Solo de este modo la actividad de diseño se convierte en un esfuerzo cooperativo.

Eso afecta también a los proveedores de útiles y componentes con quienes se deben lograr una cooperación estrecha lo antes posible en el desarrollo para reducir costes y plazos de entrega.

La innovación va asociada a la incertidumbre. Cuando vamos por delante en el uso de una tecnología, no podemos seguir a nadie de modo que hay que prever la incertidumbre en el proyecto. Un número sustancial de retardos en un proyecto se originan de problemas subestimados. El trabajo estándar, sin innovaciones, con bajo riesgo, puede planificarse exactamente. El problema surge al aplicar nuevos componentes o nuevas tecnologías. La prioridad de un plan de desarrollo es entregar a tiempo un diseño con una especificación acordada, de modo que cualquier factor que pueda evitar que se cumpla este objetivo debe analizarse de antemano a fin de intentar solucionarlo con soluciones en paralelo o duplicadas, mediante ensayar dicha tecnología aparte en productos ya existentes, bajo control y solo en caso de un ensayo satisfactorio se introducen en el nuevo producto.

Los planes de desarrollo hechos sin asignar recursos suficientes ni prever retardos suelen terminar con retardos considerables. Es mejor prever de antemano un retardo en la duración de las actividades del proyecto, es decir, las fechas previstas de finalización deben incluir un porcentaje de retardo, variable en función del grado de novedad del diseño y de los datos históricos de que dispongamos.

La mejora de la eficiencia y calidad de un proceso de producción es un proceso gradual, que conlleva tiempo. De ahí que la adopción de una nueva tecnología debe hacerse con el consenso de todas las disciplinas involucradas en el equipo.

Los cambios que impliquen el uso de nuevas tecnologías en productos y procesos deben introducirse gradualmente, no de forma abrupta, solo cuando la calidad y su posible fabricación en serie se hayan validado en la práctica o mediante ensayos.

Se sugiere que el equipo de Ingeniería Concurrente diseñe en base a modificaciones incrementales, construyendo sobre la posición existente. Productos totalmente nuevos deben ensayarse en paralelo con los actuales, con objeto de, en caso de fallo, no tener problemas que afecten a nuestra cuota de mercado.

Cualquier producto actual es inmejorable. Podemos hacerlo más pequeño, más simple, más barato o más sofisticado. La mejora continua de los productos debe ser una prioridad de los equipos de Ingeniería Concurrente y ello no necesariamente implica diseñar productos radicalmente nuevos con nuevas tecnologías nunca antes ensayadas.

## **vii. BIBLIOGRAFÍA**

- Enric Barba, Ingeniería concurrente, Guía para su implantación en la empresa diagnóstico y evaluación, Ediciones Gestión 2000, S.A., Barcelona, 2000
- Salvador Capuz Rizo, Introducción al Proyecto de Producción, ingeniería concurrente para el diseño de producto, Edición original publicada por Universidad Politécnica de Valencia 2001 Alfa omega grupo editor S.A. de C.A.
- Manuel Ramos y Ramos, Diagnóstico de las funciones administrativas de la mediana empresa industrial salvadoreña sub. sector plásticos, Tesis Universidad de El Salvador, Marzo de 1988.
- Alexander Granados Paz, Diseño de sistemas Auxiliares para el mejoramiento en el funcionamiento de una inyectora de plástico del polígono industrial Don Bosco. Tesis de Universidad Don Bosco, 1999.
- Caballero Franco, Arely Eliett, Propuesta de implementación de un sistema de gestión y aseguramiento para la calidad ISO 9001, en la industria dedicada al procesamiento del Polietileno tereftalato (PET), Tesis de Universidad Don Bosco, 2000
- Asesor Dr. Gottfried Huss, Introducción de gestión de la calidad en instituciones de El Salvador. Módulo I.
- Revista Trimestral octubre – diciembre 2003 del Banco Central de Reserva de El Salvador.

- Manual Practico de inyección de Plásticos, Primera Edición, Ing. Oliver Alejandro Hernández Jaimes, Abril 2004, Instituto Mexicano del plástico Industrial.
- Moldes y Maquinas de inyección para la transformación de Plásticos. Segunda Edición, Gianni Bodini / Franco Cacchi Pessani.
- Análisis De Fallas. Horacio Helman y Paulo Pereira. Escuela de Ing. De UFMG. Brasil 1995. Manual AMEF Ford Motor Company. 1991
- Luz Emilia Flores, La investigación una forma de aprender, Editorial EUNA, San José, Costa Rica 1996
- Portillo Echegoyen, Ruddy Abel, Propuesta de aplicación de la filosofía SEIS SIGMA a las empresas certificadas con ISO 9000, tesis de Universidad Don Bosco , noviembre 2004

## **SITIOS WEB**

- [WWW.DiagramadePareto.htm](http://WWW.DiagramadePareto.htm)
- [WWW.ingconcurrente.htm](http://WWW.ingconcurrente.htm)
- [www.PrototiposRapidosyMoldes\\_PROTORAPID\\_com.htm](http://www.PrototiposRapidosyMoldes_PROTORAPID_com.htm)
- [www.Asiplastic.com](http://www.Asiplastic.com)
- [www.plastymet.com.sv](http://www.plastymet.com.sv)
- [www.intraplas@intraplas.pt](mailto:www.intraplas@intraplas.pt)
- [www.solucionesong.org](http://www.solucionesong.org)
- [www.infomipyme.com](http://www.infomipyme.com)
- [www.bcr.gob.sv](http://www.bcr.gob.sv)
- [www.bde.es/infoest/e0203.pdf](http://www.bde.es/infoest/e0203.pdf)
- [www.caltechnix.com.mx/](http://www.caltechnix.com.mx/)
- [www.conacyt.gob.sv](http://www.conacyt.gob.sv)

- [www.economia-nmx.gob.mx](http://www.economia-nmx.gob.mx)
- [www.icontec.org.co](http://www.icontec.org.co)
- [www.indecopi.gob.pe](http://www.indecopi.gob.pe)
- [www.udb.edu.sv](http://www.udb.edu.sv)
- [www.monografia.com](http://www.monografia.com)
- FUSADES, Encuentro Empresarial Plásticos 2003, San Salvador.

