

II. TECNICAS Y PRINCIPIOS BASICOS DE LA INGENIERIA CONCURRENTE.

Muchos proyectos de IC tienen que ser ideados considerando con todo el cuidado las pautas que más abajo se enlistan. Cualquier proyecto de IC tiene en común lo concerniente a la medida de la calidad del diseño. La calidad puede ser expresada en las pautas que se presentan, así como el número de partes, la facilidad del ensamble, el tamaño de la tolerancia y la funcionalidad. La medida de los diseños es la clave de la IC. El significado de cada medida de un diseño es incompleto si no se especifica la calidad con que tiene que ser satisfecho.

Evaluar los diferentes aspectos de un diseño y la medida de la calidad puede tener varios caminos. La IC es la aplicación de una mezcla de las siguientes técnicas:

1. Diseño Axiomático.
2. Diseño para manufactura (DPM).
3. Diseño para ensamble (DPE).
4. El Método Taguchi para diseños robustos.
5. Asistencia de computadora para DPM.
6. Grupos de tecnología.

7. Análisis del Modo y Efecto de la Falla (AMEF).

8. Despliegue de la Función de Calidad (QFD).

9. Ingeniería del Valor.

2.1.- Diseño Axiomático.

Para poder crear un ambiente propicio para la IC dentro de una compañía, debe haber movimiento de la organización basado en el proceso y en la administración de los recursos. En las condiciones actuales de una competencia a nivel mundial, las organizaciones más eficientes son aquellas que son ágiles y pueden reaccionar rápidamente en el mercado. Pueden tener éxito porque se enfocan hacia el producto o servicio y pueden tomar rápidas decisiones ya que están microadministrando una pequeña organización en vez de una entidad de negocios grandes.

Los axiomas para la creación de un proceso que planee productos nuevos a través de la IC son:

- **Crear una cultura de calidad total dentro de la organización:** La calidad total es un elemento crítico del éxito para la IC. Es la base de la cual todas las otras ideas, procedimientos, metodologías y herramientas de la IC.

- **Introducir una organización enfocada al producto al nivel de la unidad del negocio:** Esto significa orientar el esfuerzo de los departamentos de producción, mercado e investigación y desarrollo hacia la planeación y mejora de los productos, es decir, la característica común es la gestión del producto.

- **Enfasis en el enfoque de trabajo en equipo para administrar el proyecto:** La IC parte del hecho de unir equipos integrados por personal de varios departamentos; los cuales tienen como objetivo planear el producto para satisfacer las necesidades de los clientes.

La optimización de diseños incluye consideraciones de manufactura, función, mercado y mantenimiento del producto. La optimización de alguno de estos no necesariamente optimiza el producto total. De cualquier forma no se puede optimizar un ciclo de manufactura si no se tiene suficiente conocimiento de todos los detalles del proceso.

Cuando no se tenga un conocimiento básico es posible usar reglas y algoritmos acerca de consideraciones generales para una práctica correcta de fabricación. Estas reglas son llamados axiomas. Estos son propuestos como una serie pequeña de principios globales los cuales son aplicados en la toma de decisiones en todo el sistema de manufactura. Estos axiomas constituyen pautas o reglas de decisión para maximizar la productividad del sistema total de manufactura.

Los axiomas tienen dos propiedades fundamentales: 1) ellos no pueden ser probados y 2) son verdades generales. Ejemplos de axiomas de diseño para optimización es:

1. Minimizar el número de requerimientos funcionales y restricciones.

2. Satisfacer los requerimientos funcionales más importantes primero y los menos importantes a lo último.
3. Minimizar el contenido de información.
4. Integrar requerimientos funcionales en una parte sencilla si ellos pueden ser satisfechos independientemente en la solución propuesta.
5. Existen muchas soluciones óptimas.

2.2.- Diseño para Manufactura (DPM).

La pauta del diseño para manufactura consiste en integrar el diseño del producto y la planeación del proceso en una actividad común. El objetivo es diseñar productos que sean fáciles y económicamente manufacturables. Consideraciones de manufacturabilidad son parte esencial del DPM.

La pauta para el DPM son declaraciones de prácticas de diseños exitosos, derivadas empíricamente de muchos años de experiencia en manufactura. Esta pauta difiere de los axiomas de diseño en que estos son verdades evidentes por si mismas que no necesitan demostración. En cambio los axiomas de la pauta del DPM son generados para examinar un proceso completo con base en principios generales. Los corolarios son aplicaciones de otros axiomas y alternativamente la pauta es un estándar con la cual hacer juicios.

La pauta abajo mostrada intenta reducir los costos de manufactura con base a una lista de guías que se deben usar en el diseño del proceso:

1. Diseñar para el mínimo número de partes.
2. Desarrollar diseños modulares.
3. Minimizar la variación de las partes.
4. Diseñar partes multifuncionales.
5. Diseñar partes para el multiuso.
6. Diseñar partes de fácil fabricación.
7. Minimizar las direcciones del ensamble.
8. Maximizar la confianza a través de las facilidades de ensamble.
9. Evaluar los métodos de ensamble.
10. Evitar los componentes flexibles. Ellos dificultan el manejo.
11. Use partes de capacidad conocida.
12. Admitir la máxima intolerancia de las partes.
13. Minimizar los subensambles.
14. Usar nuevas tecnologías solamente cuando sea necesario.
15. Énfasis en la estandarización.
16. Simplifique las operaciones.
17. Minimizar los setups y las intervenciones.

Estas pautas para el diseño pueden ser ideas o sugerencias que resultan en alta calidad , bajo costo y diseños manufacturables.

2.3.- Diseño para ensamble (DPE).

Una subserie del proceso total de manufactura es el ensamble de las partes. Se ha estimado que hasta el 50% de los costos de manufactura están ligados al proceso de ensamble. Usualmente los diseñadores trabajan para la función y quizá la manufactura pero raramente ellos consideran el proceso de ensamble.

El DPE es un método que incluye dos partes. Primero un catalogo de partes genéricas y clasificadas por el método de grupos de tecnología para facilitar que las partes alimenten los ensambles de procesos manuales o automáticos. La estimación está dada por el tiempo de ensamble. Un diseñador puede estimar el tiempo de ensamble consultando este catálogo. Usualmente el tiempo de ensamble es directamente proporcional al costo de ensamble.

La segunda parte del DPE son reglas concernientes a una buena práctica de diseño. Las pautas para el DPM son los criterios a usarse en la lista anteriormente referida.

2.4.- El Método Taguchi para diseño robusto.

Además del diseño para manufactura y el diseño para el ensamble, se debe dirigir la atención hacia el aseguramiento de que el producto sea hecho con un alto nivel de calidad. Es decir, se quiere garantizar que el desempeño de las partes esté encaminado a su

funcionamiento sin importar las circunstancias. Esto es lo que se le llama diseño robusto y se le denomina Método Taguchi para optimizar productos y procesos.

A principios de la década de los ochenta Taguchi introdujo su método para usar el diseño experimental en:

1. Diseño de productos o procesos de modo que sean robustos ante las condiciones ambientales.
2. Diseño y desarrollo de productos de modo que sean robustos a la variación respecto a un valor objetivo.
3. Minimización de las variaciones respecto a un valor objetivo.

La filosofía de Taguchi considera tres etapas en el desarrollo de un producto o proceso: Diseño del sistema, diseño de parámetros y diseño de tolerancias. En el diseño del sistema se utilizan principios científicos y de ingeniería para determinar la configuración básica.

En la etapa de diseño de parámetros, se determinan los valores específicos para los parámetros del sistema. Usualmente, el objetivo es especificar estos valores de los parámetros de tal modo que se minimice la variabilidad transmitida por variables incontrolables (el ruido).

El objetivo debe determinar una serie razonable de tolerancias que reflejen el funcionamiento de la parte y su manufacturabilidad. Regularmente las compañías de hoy fijan las tolerancias erráticamente y a veces sin razón. Usualmente, estas tolerancias es un rango donde la máquina o proceso puede ser manejado si la tolerancia es estrecha es por la necesidad de la función del producto.

El Método Taguchi usa diseño estadístico de experimentos para seleccionar los parámetros más importantes que influyen en el diseño y establecimiento de tolerancias. Adicionalmente otros componentes del Método Taguchi es el diseño del sistema, es decir, el desarrollo de un concepto del producto y el diseño de tolerancias que significa su cambio si los parámetros actuales no producen la calidad deseada.

Un primer componente del Método Taguchi es el diseño de parámetros para determinar las características que optimizan la funcionalidad del producto y que minimicen la sensibilidad al ruido. Este concepto de ruido incluye todos los factores incontrolables del diseño. Típicamente el ruido es una variable impredecible.

La calidad de un producto es la (mínima) pérdida impartida por el producto a la sociedad desde que este se empa. ca. Esta declaración del Dr. Genichi Taguchi expresa la filosofía hacia la minimización de pérdidas de la sociedad al tener buena calidad. Esto significa funcionalidad expuesta al ruido.

La función de pérdida de Taguchi es una parábola donde el desempeño objetivo (target) está en el mínimo, es decir, el desempeño ideal con sus desviaciones en el valor de una característica de calidad.

La función de pérdida de calidad está dada por: $L(Y) = K(Y-M)^2$

Donde:

Y= Valor de la característica de calidad (largo, ancho, acabado-superficial)

L(Y) = Pérdida en \$ cuando la característica de calidad es = Y

M = Valor Meta de Y

K = Constante

En la fig. 2.1 se muestra la función de pérdida de calidad.

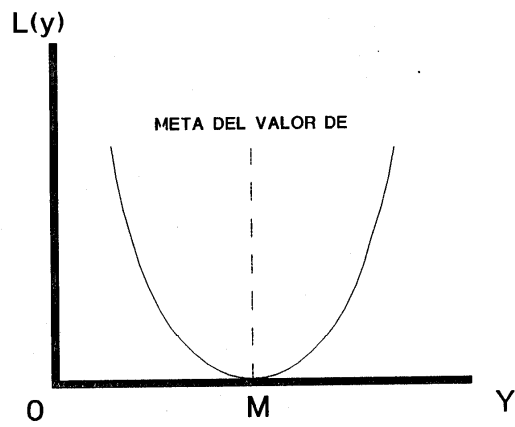


FIG. 2.1 FUNCION DE PERDIDA DE CALIDAD

2.5.- Asistencia de computadora para DPM.

El DPE, el Método Taguchi, y las otras técnicas se pueden implementar por medio de la computadora como un juego de herramientas para los diseñadores. Estas usualmente son métodos específicos de manufactura porque los diseñadores necesitan guiar la gran cantidad de conocimientos en cada fase de manufactura.

La computadora como herramienta de diseño permite definir la geometría de los productos, además proporciona información acerca del tipo de material e información de las características de las partes que componen el producto. La esencia de esta forma de diseñar es una establecer una relación entre el producto deseado por el cliente (funcionalidad), el proceso de manufactura y el diseño mismo. Lo anterior se puede concentrar en una base de datos que permitirá al diseñador definir el producto con suficiente detalle.

El auto cad es un programa disponible para llevar a cabo el diseño con interfaces posibles para la manufactura (CAD-CAM). Esto significa la fase inicial de un programa de automatización.

2.6.- Grupos de Tecnología

La complejidad es el principal problema de la manufactura por lo que la simplificación de los procesos es un paso fundamental para el logro de MCM. Los Grupos de Tecnología tienen como objeto un programa de computadora de gran capacidad para codificar y clasificar miles de piezas y componentes en grupos o familias de productos.

A este concepto de Grupos de Tecnología se le han agregado otras aplicaciones donde su empleo ha sido exitoso; así se ha convertido en una filosofía para ordenar y simplificar operaciones de fabricación, esto es disponer y localizar máquinas en el piso ya que, la distribución de los elementos de fabricación es uno de los factores más importantes que afectan la calidad y el costo de los productos.

Los Grupos de Tecnología proveen un medio para agrupar familias de partes y grupos de máquinas dentro de células de trabajo. Una célula utiliza los mismos materiales, herramientas, procedimientos de preparación, destrezas laborales, tipos de ciclo y, en especial flujo o trayectoria del trabajo. En otras palabras los procesos son bastante repetitivos, aunque la familia de productos difiera un poco. A la organización celular se le conoce como Grupos de Tecnología.

2.7.- Análisis del Modo y Efecto de la Falla (AMEF)

El AMEF es un método inductivo de análisis de seguridad y/o fiabilidad del funcionamiento de un sistema, utilizando para ello el estudio sistemático de las causas y consecuencias de los fallos que puedan afectar los elementos de un sistema (3).

El fallo significa que un componente o sistema no satisface o no funciona de acuerdo con la especificación. Ejemplos son: espesores de pintura, acabado superficial, cargas y duración.

(3) Calidad en el Diseño, Asociación Industrial Navarra.

El modo de falla es la manera en que una pieza o sistema no satisface la especificación dada. El modo de falla es la respuesta a la pregunta, ¿cómo ha podido fallar el componente?. Ejemplos de modos de fallas típicos son los siguientes: fatiga, rotura, pandeo, fuga, quemadura, corrosión, corto circuito, etc.

El objetivo del AMEF es lograr la aplicación del concepto de prevención a través del estudio anticipado de posibles modos de falla con el fin de establecer los controles adecuados que dicten la ocurrencia de defectos.

El AMEF permite evaluar la probabilidad de ocurrencia de una falla así como los efectos de la misma. Este análisis es una disciplina mental que se debe adquirir para prever los problemas potenciales durante la planeación de un producto o proceso.

Se recomienda implantar el AMEF en el diseño de partes y procesos en general, pero es conveniente establecerlo por lo menos en partes y procesos vitales, así como en aquellos puntos que hayan tenido algún tipo de problemas.

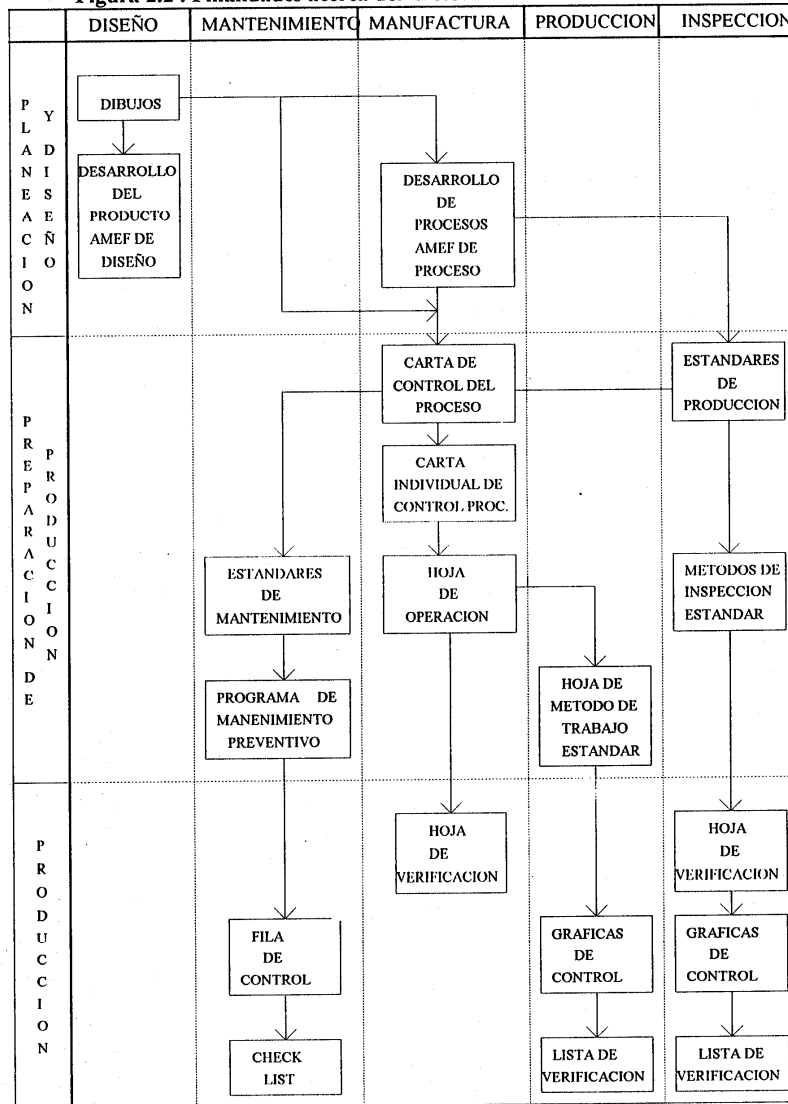
El AMEF debe ser elaborado por un equipo de trabajo, es decir, el grupo- diseño- manufactura- mercado.

En general los pasos básicos para realizar AMEF son:

- a) Identificar los modos de falla potenciales.
- b) Identificar las causas y efectos de cada modo de falla.
- c) Señalar las prioridades al identificar los modos de falla de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia, severidad y detección.
- d) Recomendaciones de acciones correctivas.
- e) Verificación de las acciones correctivas.

En la Figura 2.2 se agregan otras finalidades acerca de este método.

Figura 2.2 . Finalidades acerca del método AMEF.



2.8.- Función de Despliegue de Calidad (QFD)

La función de despliegue de calidad (Quality Function Deployment) es una técnica que identifica los requerimientos del consumidor y proporciona disciplina para asegurar que esos requerimientos estén presentes en el diseño del producto y en el proceso de planeación (4).

Entender las necesidades del consumidor y transformar esas necesidades en acciones, es algo indispensable en el ambiente competitivo actual. Las direcciones y acciones que son desplegadas a través de planeación, ingeniería y planeación es tan solo una dentro de las muchas técnicas que se encuentran bajo el concepto de administración de la calidad. La búsqueda de la calidad ha pasado por diferentes etapas de la siguiente forma:

ETAPA 1.- Inspección después de la producción. Orientada al producto.

ETAPA 2.- Control de calidad durante la producción. Orientada al proceso.

ETAPA 3.- Aseguramiento de la calidad involucrando a todos los departamentos.
Orientada al sistema.

ETAPA 4.- Educación y entrenamiento. Aspecto humanístico de la calidad.

ETAPA 5.- Optimización de productos y procesos. Método Taguchi. Orientada a la sociedad.

ETAPA 6.- Función de pérdida de Taguchi. Orientada al costo.

ETAPA 7.- Despliegue de la función de calidad (QFD). Orientada al consumidor.

El QFD es una herramienta de planeación que introduce el control de calidad en el desarrollo del producto. Es un mecanismo formal para asegurar que la "voz del consumidor" sea escuchada a lo largo del desarrollo del producto. También identifica

(4) The QFD Book, Lawrence Quinto, Nancy Praizler.

por todas las actividades funcionales de la compañía.

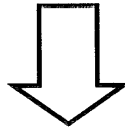
La "voz del consumidor" , es información que muchas veces debe ser trasladada al lenguaje técnico. Se utilizan varias matrices al implementar QFD en las etapas de desarrollo y producción. A pesar que estas matrices son complicadas, su misión es muy simple: buscan establecer una manera sistemática de asignar responsabilidades para desplegar la voz del consumidor y trasladar esos requerimientos en parámetros de diseño y manufactura.

Para cada uno de los requerimientos del consumidor, se determina un grupo de requerimientos del diseño. En la figura 2.3 se muestra el enfoque del QFD.

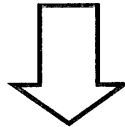
En la figura 2.4 se presenta el QFD mediante el enfoque de sistemas, donde se muestra el flujo general del modelo el cual integra varias herramientas de calidad. La piedra angular del sistema son los requerimientos del cliente y la matriz de características técnicas y de ingeniería . De aquí se generan todas las demás matrices y estudios.

Este proceso ayuda a la difícil transición de llevar un producto en desarrollo a manufactura. Además de brindar información necesaria para el área de manufactura se tiene la oportunidad de hacer un producto con alta calidad.

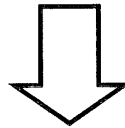
REQUERIMIENTOS DEL CONSUMIDOR



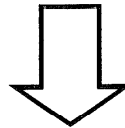
REQUERIMIENTOS DE DISEÑO



CARACTERISTICAS DE LAS PARTES

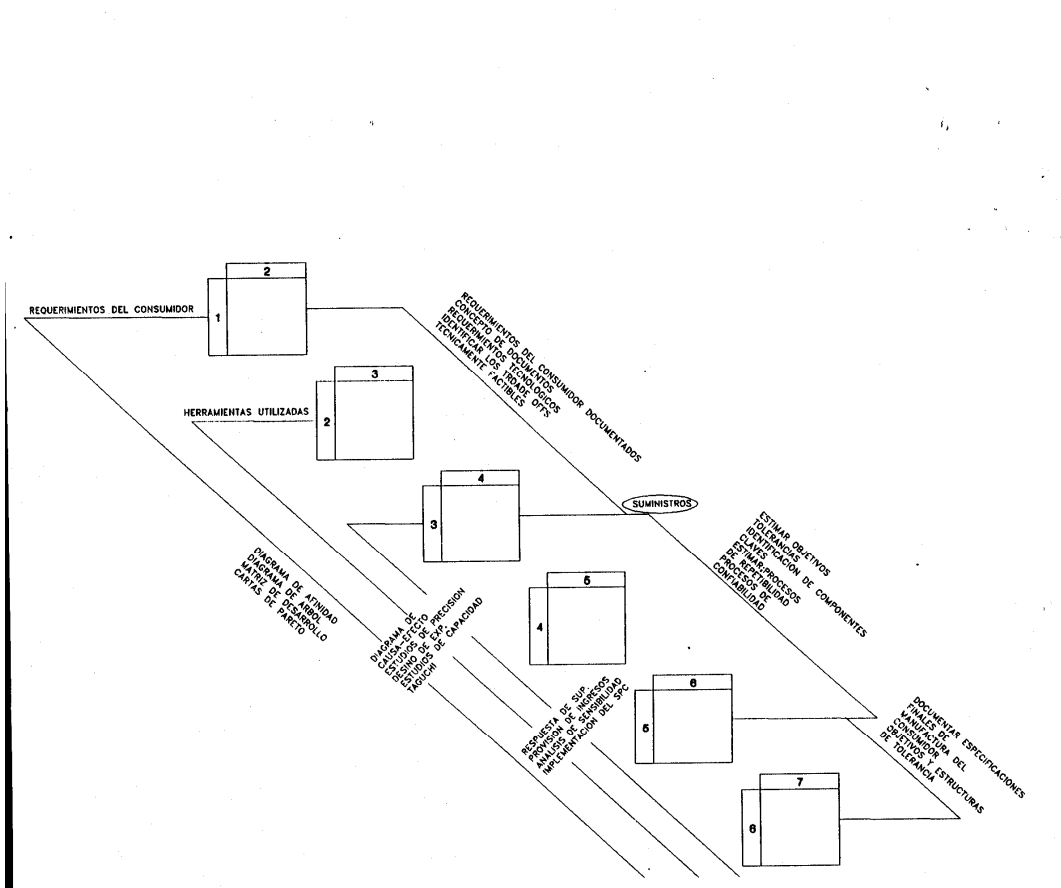


OPERACIONES DE MANUFACTURA



REQUERIMIENTOS DE PRODUCCION

FIG. 2.3 ENFOQUE DE QFD



- 1-REQUERIMIENTOS DEL CONSUMIDOR
- 2-CARACTERISTICAS TECNICAS DE INGENIERIA
- 3-APLICACION DE TECNOLOGIA
- 4-PASOS DEL PROCESO DE MANUFACTURA
- 5-PASOS DE CALIDAD DE MANUFACTURA
- 6-SPC
- 7-CUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES

FIG. 2.4 MODELO DEL DIAGRAMA QFD SEGUN ENFOQUE DE SISTEMAS

2.9.- Análisis del Valor

Este término cubre el uso de técnicas de ingeniería antes del lanzamiento de un diseño. Generalmente hoy en día Análisis del Valor e ingeniería del valor se consideran sinónimos y se les utiliza indiferentemente (5).

Este método es un esfuerzo organizado y concentrado para mejorar significativamente el valor de un producto, procedimiento, sistema o servicio, suministrándole un precio más bajo sin disminuir su calidad y fiabilidad. La técnica pone un especial énfasis en todas las partidas de costo elevado (ya sean materiales, producción, etc.) y en los resultados del estudio de las posibles alternativas para disminuir dichos costos excesivos.

El objetivo del análisis del valor consiste en fomentar entre los miembros del grupo- diseño- mercadeo- manufactura una actitud permanente que propicie la disminución en los costos de los productos, procedimientos y sistemas sin disminuir la calidad y fiabilidad.

La figura 2.5 describe brevemente el método de esta técnica.

(5) Calidad en el Diseño, Asociación Industrial Navarra.

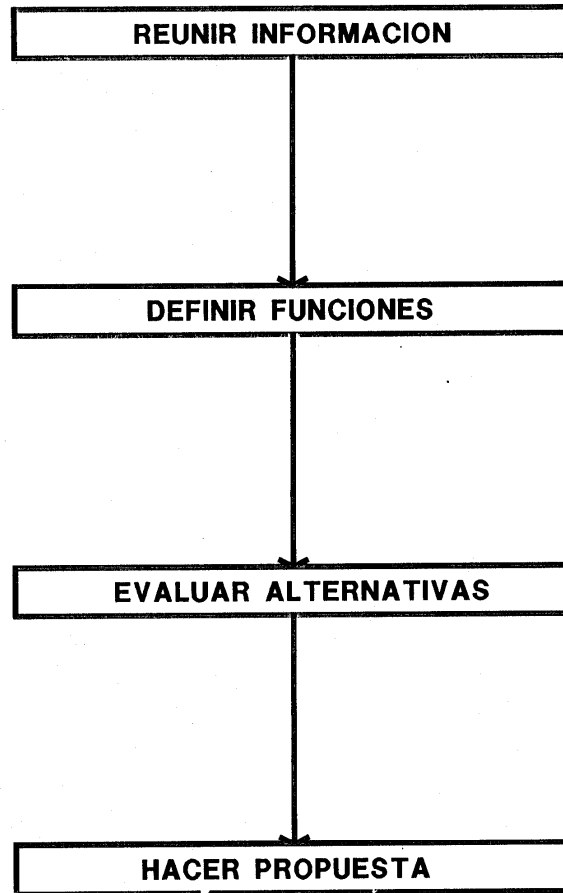


FIG. 2.5 DESCRIPCION DEL METODO ANALISIS DEL VALOR