

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FACULTAD DE INGENIERIA U. N. A. M.  
 CURSOS ABIERTOS

INGENIERIA DEL VALOR, INGENIERIA DE CALIDAD Y DESPLIEGUE DE LA  
 FUNCION DE CALIDAD  
 Del 23 de noviembre al 4 de diciembre de 1992

F E C H A	H O R A	T E M A	P R O F E S O R
Lunes 23 de noviembre	17:00 a 18:00 hrs. 18:00 a 21:00 "	Introducción Ingeniería del Valor I	Ing. Rubén Téllez Sánchez
Martes 24 de noviembre	17:00 a 21:00 "	Ingeniería del Valor II	" " " "
Miércoles 25 de noviembre	17:00 a 21:00 "	Ingeniería del Valor III	" " " "
Jueves 26 de noviembre	17:00 a 21:00 "	Ingeniería de Calidad I	" " " "
Viernes 27 de noviembre	17:00 a 21:00 "	Despliegue de la Función de la Calidad I	M. en I. Luis Gutiérrez Jaimes Ing. Alfonso Ramírez
Lunes 30 de noviembre	17:00 a 21:00 "	Ing. de Calidad II	Ing. Alfonso Ramírez
Martes 1o. de Diciembre	17:00 a 21:00 "	Ingeniería de Calidad III	Ing. Rubén Téllez Sánchez
Miercoles 2 de Diciembre	17:00 a 21:00 "	Ingeniería de Calidad IV	" " " "
Jueves 3 de diciembre	17:00 a 21:00 "	Ingeniería de Calidad V	" " " "
Viernes 4 de diciembre	17:00 a 21:00 "	Despliegue de la Función de Calidad II	M. en I. Luis Gutiérrez Jaimes

EVALUACION DE LA ENSEÑANZA

SU EVALUACION SINCERA NOS AYUDARA A MEJORAR LOS PROGRAMAS POSTERIORES QUE DISEÑAREMOS PARA USTED.

INGENIERIA DEL VALOR, INGENIERIA DE CALIDAD Y DESPLIEGUE DE LA FUNCION DE CALIDAD

Del 23. de nov. al 4 de Dic. de 1992.

TEMA	ORGANIZACION Y DESARROLLO DEL TEMA	GRADO DE PROFUNDIDAD LOGRADO EN EL TEMA	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO EN EL TEMA	UTILIDAD PRACTICA DEL TEMA	
INTRODUCCION					
ING. DEL VALOR I					
ING. DEL VALOR II					
ING. DEL VALOR III					
ING. DE CALIDAD I					
DESPLIEGUE DE LA FUNCION DE LA CALIDAD I					
ING. DE CALIDAD II					
INGENIERIA DE CALIDAD III					
ING. DE CALIDAD IV					
ESCALA DE EVALUACION: 1 a 10					

EVALUACION DEL PERSONAL DOCENTE

CURSO:

INGENIERIA DEL VALOR, INGENIERIA DE CALIDAD Y DESPLIEGUE DE LA FUNCION DE CALIDAD

CURSO:

FECHA:

Del 23 de noviembre al 4 de Dic. 1992.

	DOMINIO DEL TEMA	EFICIENCIA EN EL USO DE AYUDAS AUDIOVISUALES	MANTENIMIENTO DEL INTERES. (COMUNICACION CON LOS ASISTENTES, AMENIDAD, FACILIDAD DE EXPRESION).	PUNTUALIDAD	
CONFERENCISTA					
ING. RUBEN TELLEZ SANCHEZ					
M. EN I. LUIS GUTIERREZ JAIMES					
ING. ALFONSO RAMIREZ					
ESCALA DE EVALUACION: 1 a 10					

# EVALUACION DE LA ENSEÑANZA

SU EVALUACION SINCERA NOS AYUDARA A MEJORAR LOS PROGRAMAS POSTERIORES QUE DISEÑAREMOS PARA USTED.

INGENIERIA DEL VALOR, INGENIERIA DE CALIDAD Y DESPLIEGUE DE LA FUNCION DE CALIDAD

Del 23 de nov. al 4 de Dic. 1992.

T E M A	ORGANIZACION Y DESARROLLO DEL TEMA	GRADO DE PROFUNDIDAD LOGRADO EN EL TEMA	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO EN EL TEMA	UTILIDAD PRACTICA DEL TEMA		
	ING. DE CALIDAD V					
	DESPLIEGUE DE LA FUNCION DE					
	CALIDAD II					
<p>ESCALA DE EVALUACION: 1 a 10</p>						

## EVALUACION DEL CURSO

C O N C E P T O		
1.	APLICACION INMEDIATA DE LOS CONCEPTOS EXPUESTOS	
2.	CLARIDAD CON QUE SE EXPUSIERON LOS TEMAS	
3.	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO EN EL CURSO	
4.	CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL CURSO	
5.	CONTINUIDAD EN LOS TEMAS DEL CURSO	
6.	CALIDAD DE LAS NOTAS DEL CURSO	
7.	GRADO DE MOTIVACION LOGRADO EN EL CURSO	
EVALUACION TOTAL		

ESCALA DE EVALUACION: 1 A 10

1.- ¿Qué le pareció el ambiente en la División de Educación Continua?

MUY AGRADABLE

AGRADABLE

DESAGRADABLE

2.- Medio de comunicación por el que se enteró del curso:

PERIODICO EXCELSIOR  
ANUNCIO TITULADO DE  
VISION DE EDUCACION  
CONTINUA

PERIODICO NOVEDADES  
ANUNCIO TITULADO DE  
VISION DE EDUCACION  
CONTINUA

FOLLETO DEL CURSO

CARTEL MENSUAL

RADIO UNIVERSIDAD

COMUNICACION CARTA,  
TELEFONO, VERBAL,  
ETC.

REVISTAS TECNICAS

FOLLETO ANUAL

CARTELERA UNAM "LOS  
UNIVERSITARIOS HOY" GACETA  
UNAM

3.- Medio de transporte utilizado para venir al Palacio de Minería:

AUTOMOVIL  
PARTICULAR

METRO

OTRO MEDIO

4.- ¿Qué cambios haría en el programa para tratar de perfeccionar el curso?

---

---

---

5.- ¿Recomendaría el curso a otras personas?

SI

NO

5.a. ¿Qué periódico lee con mayor frecuencia?

---

---

6.- ¿Qué cursos le gustaría que ofreciera la División de Educación Continua?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

7.- La coordinación académica fué:

EXCELENTE

BUENA

REGULAR

MALA

8.- Si está interesado en tomar algún curso INTENSIVO ¿Cuál es el horario más conveniente para usted?

LUNES A VIERNES  
DE 9 a 13 H. Y  
DE 14 A 18 H.  
(CON COMIDAD)

LUNES A  
VIERNES DE  
17 a 21 H.

LUNES A MIERCOLES  
Y VIERNES DE  
18 A 21 H.

MARTES Y JUEVES  
DE 18 A 21 H.

VIERNES DE 17 A 21 H.  
SABADOS DE 9 A 14 H.

VIERNES DE 17 A 21 H.  
SABADOS DE 9 A 13 H.  
DE 14 A 18 H.

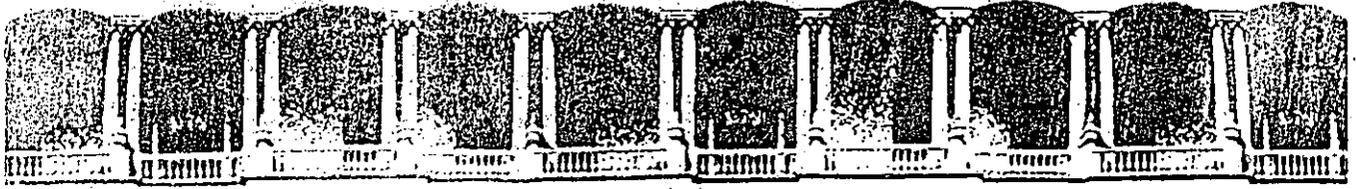
OTRO

9.- ¿Qué servicios adicionales desearía que tuviese la División de Educación Continua, para los asistentes?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

10.- Otras sugerencias:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

*INGENIERIA DEL VALOR E INGENIERIA DE CALIDAD*

*INGENIERIA DEL VALOR*

*M. EN I. RUBEN TELLEZ SANCHEZ*

## LA INGENIERIA DEL VALOR Y SUS OBJETIVOS

LA INGENIERIA DEL VALOR PROPORCIONA UNA METODOLOGIA PARA ANALIZAR Y DISEÑAR PRODUCTOS QUE SATISFAGAN LOS REQUISITOS FUNCIONALES EN EL MOMENTO Y LUGAR OPORTUNOS CON LA CALIDAD ESENCIAL AL COSTO MAS BAJO, MAXIMIZANDO LAS GANANCIAS SOBRE EL PRODUCTO A TRAVES DE ESTE PROCESO.

### PROCESO DE LA INGENIERIA DEL VALOR

- ANALISIS DE COSTOS: SE REALIZA UN ANALISIS DE COSTOS DEL PRODUCTO A TRAVES DE:
  - DIFERENCIAR LAS CLASES DE COSTOS QUE INTERVIENEN
  - DETERMINAR COSTOS POR UNIDAD, POR ELEMENTO, POR INCREMENTO, POR AÑO, POR PESO, POR DIMENSION Y POR PROPIEDAD O CARACTERISTICA
  - EVALUAR LOS COSTOS DE CALIDAD, INCLUYENDO PREVENCION, VALORACION, FALLAS INTERNAS Y EXTERNAS. LUEGO SE REALIZA UNA EVALUACION POR COMPARACION.
- ANALISIS DE FUNCIONES: SE LLEVA A CABO ANALIZANDO EL PRODUCTO CON RESPECTO A SUS FUNCIONES O QUE HACE EN LUGAR DE QUE ES. SE INCLUYEN LAS FUNCIONES DE USO Y ESTETICAS. SE EMPLEAN COMBINACIONES VERBO-SUSTANTIVO. POR EJEMPLO, LA FUNCION DE USO DE UN RELOJ PULSERA ES "INDICAR LA HORA". ALGUNAS DE SUS FUNCIONES ESTETICAS SON "MEJORAR LA APARIENCIA" Y "SENTIRSE COMODO".
- DETERMINACION DE OPORTUNIDADES: SE SEÑALAN LAS AREAS DE COSTOS ALTOS Y LAS FUNCIONES SE EVALUAN PARA DETERMINAR QUE SERA NECESARIO PARA QUE EL TRABAJO SE HAGA.
- TOMA DE DECISIONES: SOBRE COMO DISEÑAR O REDISEÑAR EL PRODUCTO
- EVALUACION, SELECCION Y EJECUCION DEL PROCESO QUE SE USARA PARA GENERAR EL NUEVO PRODUCTO.

ESTE PROCESO SE CONCRETA MAS PRECISAMENTE A TRAVES DE LA DESCRIPCION DETALLADA DEL PLAN DE TRABAJO O METODOLOGIA DE LA INGENIERIA DEL VALOR, PARA LO CUAL INICIALMENTE SE ESTABLECE DE MANERA CONVENCIONAL EL SIGUIENTE CONJUNTO DE CONCEPTOS.

### ESQUEMA CONCEPTUAL BÁSICO DE LA INGENIERÍA DEL VALOR

- PRODUCTO: CONSTITUYE CUALQUIER COSA PRODUCIDA U OBTENIDA COMO RESULTADO DE ALGUNA OPERACION O TRABAJO, COMO POR GENERACION, CRECIMIENTO, LABOR, ESTUDIO O HABILIDAD. EL TERMINO PRODUCTO PUEDE SIGNIFICAR EL RESULTADO DE LA OPERACION DE UNA EMPRESA AGRICOLA, O CUALQUIER RESULTADO TANGIBLE DE UN TRABAJO INDUSTRIAL, ARTISTICO O LITERARIO.
- FUNCION: AQUELLO QUE HACE QUE UN PRODUCTO TRABAJE O SE VENDA. LA PALABRA "TRABAJO" SE RELACIONA DIRECTAMENTE AL VALOR DE USO Y LA PALABRA "VENDER" SE RELACIONAL AL VALOR DE PRESTIGIO. LA PALABRA "O" EN LA DEFINICION DE FUNCION ASEGURA QUE LOS COSTOS, ESPECIFICACIONES Y REQUERIMIENTOS QUE ESTAS DOS ACTIVIDADES CAUSAS, PODRAN SEGREGARSE UNOS DE OTROS. ESTA SEGREGACION PROVEE UN MEDIO POR EL CUAL PUEDEN ANALIZARSE Y EVALUARSE TOTALMENTE.
- VALOR: LA SUMA DE AQUELLAS PROPIEDADES DE UN PRODUCTO QUE LO POSIBILITAN PARA LLEVAR A CABO SUS FUNCIONES PROPUESTAS. EL VALOR INCLUYE:
  - CUALIDADES SUBJETIVAS, DETERMINADAS POR EMOCIONES
  - CUALIDADES OBJETIVAS, DETERMINADAS POR CARACTERISTICAS EXTERIORESSEGUN ARISTOTELES, SE PUEDEN CONSIDERAR LAS SIGUIENTES CLASES DE VALOR: ECONOMICO, MORAL, ESTETICO, SOCIAL, POLITICO, RELIGIOSO Y JUDICIAL. DE TODOS ESTOS, SOLO EL VALOR ECONOMICO PUEDE CONSIDERARSE OBJETIVO. EL ENFOQUE DE LA INGENIERIA ECONOMICA ESTA INTERESADO PRIMORDIALMENTE CON EL VALOR ECONOMICO.
- VALOR DE USO: PROPIEDADES DE UN PRODUCTO QUE SIRVEN PARA REALIZAR UN USO, UN TRABAJO O UN SERVICIO

- VALOR DE CAMBIO: POTENCIAL QUE TIENE UN PRODUCTO PARA SER CAMBIADO POR OTRA COSA.
- VALOR DE COSTO: SUMA DE LOS COSTOS DE LAS MATERIAS PRIMAS, MANO DE OBRA, GASTOS DE ADMINISTRACION, ETC.
- VALOR DE PRESTIGIO O DE ESTIMA: PROPIEDADES QUE HACEN DESEABLE LA POSESION DE UN PRODUCTO.
- FUNCION BASICA DE UN PRODUCTO: PROPOSITO PRIMARIO DEL PRODUCTO
- FUNCIONES SECUNDARIAS: OTROS PROPOSITOS QUE NO CONTRIBUYEN DIRECTAMENTE AL PROPOSITO PRIMARIO PERO QUE LO SOPORTAN. ESTAS FUNCIONES PUEDEN SER INNECESARIAS O DUPLICADAS.
- LA ESTRUCTURA GENERALIZADA DEL COSTO DE UN PRODUCTO DETERMINA SU PRECIO DE VENTA (FIGURA 1)

**COSTO  
TOTAL**

MANTENIMIENTO
OPERACION
RECEPCION E INSTALACION
EMBARQUE Y TRANSPORTE
PRECIO DE COMPRA (PRIMER COSTO)

- LOS COSTOS INNECESARIOS: AQUELLOS QUE NO CONTRIBUYEN SIGNIFICATIVAMENTE AL VALOR DEL PRODUCTO AL CUAL SE SUMAN, SON LA RAZON DE SER DE LA INGENIERIA DEL VALOR, ESTA TIENE COMO OBJETIVO FUNDAMENTAL DISMINUIR EL COSTO DEL PRODUCTO SIN REDUCIR SU VALOR, A TRAVES DE LOCALIZAR LOS COSTOS INNECESARIOS Y UTILIZAR TECNICAS PARA ELIMINARLOS O DISMINUIRLOS.
- ENFOQUE DE LA INGENIERIA DEL VALOR: PRODUCTO → FUNCION → FUNCION MAS BARATA.

**ESTRUCTURA GENERALIZADA DEL COSTO DE UN PRODUCTO**

<b>UTILIDAD</b>		
DISTRIBUCION Y VENTAS		
GASTOS ADMINISTRATIVOS	GASTOS GENERALES DE ADMINISTRACION	
INVESTIGACION Y DESARROLLO		
GASTOS FINANCIEROS		
SEGUROS SOBRE LA PLANTA	CARGOS FIJOS DE INVERSION	
RENTAS		
IMPUESTOS SOBRE LA PROPIEDAD		
DEPRECIACIONES Y AMORTIZACIONES		COSTOS INDIRECTOS
SERVICIOS AL PERSONAL	COSTOS INDIRECTOS FIJOS DE OPERACION	
SEGURIDAD INDUSTRIAL		
CONTROL DE CALIDAD		
SUPERINTENDENCIA DE PLANTA		
REGALIAS SOBRE PATENTE	COSTOS INDIRECTOS VARIABLES DE OPERACION	
EMPAQUE Y EMBALAJE		
MANTENIMIENTO Y REPARACIONES		
SERVICIOS AUXILIARES		
PERSONAL DE SUPERVISION		
SUMINISTROS DE OPERACION		
MANO DE OBRA DE OPERACION		COSTO PRIMO
MATERIA PRIMA DE PROCESO		

P  
R  
E  
C  
I  
O  
  
D  
E  
  
V  
E  
N  
T  
A

## COSTOS INNECESARIOS

SON AQUELLOS COSTOS QUE NO CONTRIBUYEN SIGNIFICATIVAMENTE AL VALOR DEL PRODUCTO AL CUAL SE SUMAN.

PUEDEN AGRUPARSE EN TRES CATEGORIAS:

1. COSTOS INNECESARIOS DEBIDOS A ACONDICIONAMIENTO MENTAL.
2. COSTOS INNECESARIOS DEBIDOS A PREDISPOSICION MENTAL.
3. COSTOS INNECESARIOS DEBIDOS A COMUNICACIONES DEFECTUOSAS.

### 1. COSTOS INNECESARIOS DEBIDOS A ACONDICIONAMIENTO MENTAL.

#### A) FALTA DE INFORMACION

- FALTA DE HECHOS PRECISOS Y DETALLADOS SOBRE, POR EJEMPLO, COSTOS Y ESPECIFICACIONES.
- INCOMPRESION O MALA INTERPRETACION DE LOS REQUISITOS.
- DEFINICION IMPRECISA DEL PROBLEMA.

#### B) FALTA DE IDEAS

USO Y APLICACION INSUFICIENTE DE: CAPACIDAD ACADEMICA, CONOCIMIENTO INDUSTRIAL, HABILIDADES Y ESPECIFICACIONES DE LA GENTE DENTRO DE LA COMPANIA, ESTANDARES, PENSAMIENTO CREATIVO Y TIEMPO.

#### C) CREER HONESTAMENTE EN ALGO FALSO

PUEDE RESULTAR DE LAS CONDICIONES ANTERIORES. ASI COMO DE LA ACEPTACION INMEDIATA DE OPINIONES, RUMORES, VERDADES A MEDIAS, ESPECULACIONES, Y TEORIAS PARA TODOS LOS HECHOS SIN JUSTIFICACION O VERIFICACION. ESTAS CREENCIAS AUNQUE HONESTAS, SON INCORRECTAS Y NO DE ACUERDO CON LOS HECHOS REALES.

D) CIRCUNSTANCIAS TEMPORALES

LA APLICACION CONTINUADA DE SOLUCIONES QUE SON APLICABLES A UNA CONDICION TEMPORAL O A UN CONJUNTO DE CONDICIONES DESPUES DE QUE DICHAS CONDICIONES HAN DESAPARECIDO. ESTA APLICACION IMPROPIA DE SOLUCIONES ES OCASIONADA POR LA PRESENCIA DE UNA O MAS DE LAS PRIMERAS TRES CONDICIONES.

E) HABITOS Y ACTITUDES

ESTOS ESTAN ESTABLECIDOS COMO UN RESULTADO DE LA ACEPTACION DE LAS PRIMERAS CUATRO CONDICIONES, BASICAMENTE DEBIDO A QUE EL INDIVIDUO HUMANO ES UNA CRIATURA DE HABITOS. LAS EXPERIENCIAS PASADAS, CREENCIAS Y TRADICIONES DEL INDIVIDUO LO OBLIGAN A RESOLVER PROBLEMAS SIMILARES EN FORMAS SIMILARES. DEBIDO A ESTO, UNA NUEVA SOLUCION, QUE SEA DIFERENTE DEL PATRON NORMAL, CAUSA LA ACTITUD DE "RESISTENCIA AL CAMBIO".

SE HA DICHO:

"LOS HABITOS NOS CONDUCEN A DONDE ESTUVIMOS AYER Y NUESTRAS ACTITUDES TIENDEN A MANTERNOS ALLI".

2. COSTOS INNECESARIOS DEBIDOS A PREDISPOSICIONES MENTALES O FIJACION DE UNA SOLA SOLUCION.

LO QUE SUCEDE AQUI, ES QUE CUANDO SE PRESENTA UN PROBLEMA, LA MENTE LO ASIMILA, ENCUENTRA UNA SOLUCION Y ENTONCES INMEDIATAMENTE DEJA DE FUNCIONAR. CUANDO YA SE HA LLEVADO A CABO ESTA REACCION, UNO ALCANZA EL ESTADO EN EL CUAL LOS HABITOS Y ACTITUDES JUEGAN SU PARTE. SE HA ENCONTRADO QUE CUANDO OCURRE UN PROBLEMA SIMILAR, LA MENTE REGRESA A SU SISTEMA DE MEMORIA Y BUSCA LA SOLUCION ORIGINAL Y LA APLICA AL PROBLEMA SIN NINGUNA MODIFICACION O DESVIACION.

### 3. COSTOS INNECESARIOS DEBIDOS A COMUNICACIONES DEFECTUOSAS.

#### 1. FALTA DE COMUNICACION

LAS COMUNICACIONES ESTAN SUJETAS A MALAS INTERPRETACIONES E INCOMPRESIONES QUE TIENEN SU ORIGEN EN LA PREPARACION, ENTRENAMIENTO Y EXPERIENCIA EL INDIVIDUO.

CUANDO ASI SUCEDE, ELLAS SON UNA FUENTE IMPORTANTE DE ACCIONES NEGATIVAS Y DECISIONES ERRONEAS.

#### 2. SIGNIFICADOS MULTIPLES

ESTA CONDICION ES DONDE LA PREPARACION, EDUCACION Y ENTRENAMIENTO DEL INDIVIDUO JUEGA LA PARTE MAS IMPORTANTE. ESTAS PARTES DE LA PERSONALIDAD DE CADA INDIVIDUO NOS DICEN CON MAS PRECISION DE SU HABILIDAD PARA COMPRENDER LA PALABRA HABLADA Y ESCRITA Y PARA HACERSE COMPRENDER A SI MISMO.

## FASES DEL PLAN DE TRABAJO DE LA INGENIERÍA DEL VALOR.

- I. FASE DE SELECCION E INICIO DEL PROYECTO
- II. FASE DE INFORMACION
- III. FASE DE CREACION
- IV. FASE DE EVALUACION Y SELECCION
- V. FASE DE EJECUCION

### I. LA FASE DE INICIO Y SELECCIÓN DEL PROYECTO.

#### FASE GENERAL DE INICIO Y ORGANIZACION:

- . "USAR BUENAS RELACIONES HUMANAS"
- . "INSPIRAR TRABAJO EN EQUIPO"
- . "TRABAJAR EN COSAS ESPECIFICAS"
- . "VENCER LA RESISTENCIA AL CAMBIO"
- . "APLICAR UN BUEN JUICIO PARA LA NEGOCIACION"

#### TECNICAS USADAS EN LA SELECCION DE PROYECTOS:

- . "EL METODO ABC"
- . "LAS REGLAS DEL 20-80 PORCIENTO"
- . "LOS DIAGRAMAS DE PARETO"

## EL MÉTODO ABC

ORDENAMIENTO POR CATEGORIAS DE TODOS LOS PRODUCTOS DE UNA COMPANIA EN TERMINOS DEL COSTO TOTAL ANUAL.

CATEGORIA A: 10-15% DE TODOS LOS PRODUCTOS, QUE REPRESENTAN EL 60-80% DEL COSTO TOTAL.

CATEGORIA C: 60-80% DE TODOS LOS PRODUCTOS, REPRESENTAN EL 10-15% DEL COSTO TOTAL.

CATEGORIA B: LOS PRODUCTOS QUE CAEN ENTRE LAS DOS CATEGORIAS A Y C.

LOS PRODUCTOS SE SELECCIONAN INICIANDO EN LA PARTE SUPERIOR DE LA CATEGORIA A Y SIGUIENDO CON LA CATEGORIA B (DEPENDIENDO DE LOS RECURSOS).

EL METODO ABC MODIFICADO CONSIDERA OTRAS CARACTERISTICAS COMO: NUMERO DE PARTES, CANTIDAD DE OPERACIONES DE MANUFACTURA, FUNCIONES, COMPLEJIDAD, DESPERDICIOS, MATERIALES, HORAS-HOMBRE REQUERIDAS, CONFIABILIDAD, MANTENIMIENTO.

### REGLAS DEL 20/80 PORCIENTO.

REGLA 1: COSTOS FIJOS = 20% DEL COSTO, Y COSTOS VARIABLES = 80% DEL COSTO.

REGLA 2: COSTOS DE MANO DE OBRA = 20% DEL COSTO VARIABLE, Y COSTOS DE MATERIALES = 80% DEL COSTO VARIABLE.

REGLA 3: 20% DE LAS PARTES = 80% DEL COSTO, Y 80% DE LAS PARTES = 20% DEL COSTO.

REGLA 4: FUNCION BASICA = 20% DEL COSTO, Y FUNCION SECUNDARIA = 80% DEL COSTO.

### LAS CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO:

- . GRANDES VOLUMENES DE PRODUCCION
- . ALTO COSTO UNITARIO
- . ALTO COSTO Y PEQUEÑA GANANCIA
- . NUEVOS PRODUCTOS A MANUFACTURAR
- . GRAN DEMANDA ACTUAL O POTENCIAL
- . BAJA DESACOSTUMBRADA EN LAS VENTAS
- . MUCHA COMPETENCIA
- . ALTO PORCENTAJE DE RECHAZOS
- . ALTO PORCENTAJE DE DESPERDICIOS

### LAS CARACTERÍSTICAS DE LA ACTIVIDAD.

- . CARGA DE TRABAJO DESBALANCEADA CON ALGUNOS TRABAJADORES QUE TIENEN MUCHO TIEMPO INACTIVOS, MIENTRAS QUE OTROS ESTÁN TRABAJANDO EN FORMA EXCESIVA.
- . AMONTONAMIENTOS O CUELLOS DE BOTELLA EN LOS CUALES SE EMPIEZA A ACUMULAR EL TRABAJO.
- . DEMORAS EXCESIVAS.
- . EQUIPO O MAQUINARIA SUBUTILIZADOS
- . GASTOS EXCESIVOS DE MATERIALES
- . PRODUCTOS DEFECTUOSOS
- . DESCOMPOSTURAS MUY FRECUENTES
- . AREAS CON ALTO INDICE DE ACCIDENTES
- . GRANDES DESPERDICIOS DE MATERIALES

## DIAGRAMA DE PARETO

### PRINCIPIO DE PARETO.

DESPUES DEL DIAGRAMA CAUSA-EFECTO, LA APLICACION DEL PRINCIPIO DE PARETO HA SIDO LA HERRAMIENTA MAS PODEROSA UTILIZADA PARA LA INTERPRETACION Y ANALISIS DE DATOS.

EN EL SIGLO XIX, EL ITALIANO VILFRIDO PARETO CONCLUYO EN SUS ESTUDIOS SOCIO-ECONOMICOS QUE, "LA MAYOR PARTE DE LA RIQUEZA ESTABA EN MANOS DE UN PORCENTAJE PEQUEÑO DE LA POBLACION, MIENTRAS QUE LA MAYORIA DE LOS INDIVIDUOS VIVIAN EN CONDICIONES MISERABLES". DESDE ENTONCES, MUCHOS AUTORES E INVESTIGADORES HAN COMPROBADO QUE ESTE FENOMENO SE PRESENTA EN DIVERSOS ASPECTOS DE LA NATURALEZA Y DE LA SOCIEDAD.

POR LA PROPORCION NUMERICA QUE EXISTE ENTRE LOS EVENTOS RELACIONADOS POR ESTE FENOMENO, AL PRINCIPIO DE PARETO SE LE CONOCE TAMBIEN CON EL NOMBRE DE "LA REGLA 80-20". CABE ACLARAR QUE SU APLICACION ES VALIDA A PESAR DE QUE NO SE CUMPLA RIGUROSAMENTE DICHA PROPORCION.

EN EL CONTEXTO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS Y LOS PROBLEMAS QUE EN ELLOS SE PRESENTAN, EL PRINCIPIO DE PARETO PUEDE ENUNCIARSE EN VARIAS FORMAS, POR EJEMPLO:

- EL 20% DE LAS CAUSAS PROVOCAN EL 80% DE UN PROBLEMA.
- LAS MEJORAS MAS SIGNIFICATIVAS A UN PROCESO SE LOGRAN MODIFICANDO EXCLUSIVAMENTE UN GRUPO PEQUEÑO DE PASOS O PARTES DE DICHO PROCESO.
- APROXIMADAMENTE EL 20% DE LOS PROBLEMAS DE UN GRUPO DE TRABAJO PRODUCEN EL 80% DEL IMPACTO TOTAL (PROBLEMÁTICA).

### \*EJEMPLOS DEL PRINCIPIO DE PARETO (REGLA 80-20).

- APROXIMADAMENTE EL 20% DE LOS CLIENTES EN UNA INSTITUCION BANCARIA APORTAN EL 80% DE LOS RECURSOS MONETARIOS.
- EN UNA EMPRESA DE VENTAS, APROXIMADAMENTE EL 80% DE SUS INGRESOS PROVIE-NEN DEL 20% DE SUS CLIENTES.

- EN UN DIA NORMAL DE TRABAJO, UNA PERSONA OCUPA DOS TERCERAS PARTES DE SU TIEMPO (16 HORAS) EN SOLO DOS ACTIVIDADES: TRABAJAR Y DORMIR; MIENTRAS - QUE LA OTRA TERCERA PARTE LA DESTINA AL RESTO DE ACTIVIDADES QUE REALIZA.
- LAS MEJORAS MAS SIGNIFICATIVAS A UN PROCESO SE LOGRAN MODIFICANDO EXCLUSIVAMENTE UN GRUPO PEQUEÑO DE PASOS O ETAPAS DE DICHO PROCESO.

EL DIAGRAMA DE PARETO ES UNA GRAFICA DE BARRAS QUE MUESTRA LOS DATOS DE UN PROCESO O UN PROBLEMA EN ORDEN DESCENDENTE CON RELACION A SU IMPORTANCIA, EN TERMINOS DE FRECUENCIA, COSTO O TIEMPO.

EL DIAGRAMA DE PARETO ES DE MUCHA UTILIDAD EN VARIOS PASOS DE LA METODOLOGIA LA INGENIERIA DEL VALOR DONDE SE APLICA CON MAYOR EXITO Y FRECUENCIA ES EN LA SELECCION DEL PROBLEMA, EN LA DETERMINACION DE LAS CAUSAS QUE PRODUCEN EL MAYOR IMPACTO Y EN LA DECISION DE LA SOLUCION MAS APROPIADA. ES TAMBIEN UNA HERRAMIENTA UTIL PARA REPRESENTAR LOS RESULTADOS O MEJORAS QUE PRODUCE UNA SOLUCION Y COMPARARLOS CON LA SITUACION ORIGINAL, ES DECIR, PERMITE OBSERVAR CON FACILIDAD LOS CAMBIOS EN EL PROCESO, ORIGINADOS POR LA SOLUCION.

#### BENEFICIOS

- USO OPTIMO DE RECURSOS (HUMANOS Y MATERIALES)
- OBTENCION DE RESULTADOS EN EL MENOR TIEMPO POSIBLE
- FACILIDAD PARA LA TOMA DE DECISIONES POR CONSENSO.
- ASIGNACION DE PRIORIDADES CON UN ALTO GRADO DE CONFIANZA.

#### PROCESO DE ELABORACION

LOS PASOS PARA CONSTRUIR UNA GRAFICA O DIAGRAMA DE PARETO SON:

1. CLASIFICAR ADECUADAMENTE LA INFORMACION Y ESPECIFICA CON CLARIDAD LAS CATEGORIAS QUE DESEAS REPRESENTAR EN EL GRAFICA. POR EJEMPLO: TIPOS DE DEFECTOS, TIPOS DE PRODUCTOS, PASOS O ETAPAS DE UN PROCESO, TIPOS DE ERRORES, ETC.

2. REGISTRAR EL PERIODO DE TIEMPO CUBIERTO POR EL DIAGRAMA. ESTO ES IMPORTANTE PARA PODER COMPARAR CORRECTAMENTE DOS O MAS DIAGRAMAS QUE REPRESENTEN EL MISMO FENOMENO. LO ANTERIOR TAMBIEN ES VALIDO CUANDO EN LUGAR (O ADEMÁS) DEL PERIODO DE TIEMPO CUBIERTO, SE UTILICE EL NUMERO TOTAL DE CASOS COMO CRITERIO IMPORTANTE EN EL PROCESO DE OBTENCION DE DATOS, YA SEA MEDIANTE UN EXPERIMENTO DE OBSERVACION O DE MEDICION.
3. DIBUJAR LOS EJES DEL DIAGRAMA USANDO LA ESCALA Y UNIDADES APROPIADAS E INDICANDO SUS TITULOS. SE ACOSTUMBRA UTILIZAR EL EJE HORIZONTAL PARA UBICAR LAS DIFERENTES CATEGORIAS, REPRESENTADAS POR BARRAS DEL MISMO ANCHO, Y EL EJE VERTICAL PARA INDICAR LA VARIABLE DE MEDICION (COSTO, TIEMPO, NUMERO DE CASOS, ETC.).
4. DIBUJAR LAS BARRAS ORDENANDOLAS DE IZQUIERDA A DERECHA EN FUNCION DE SU TAMAÑO, COMENZANDO POR LA DE MAYOR ALTURA Y DIBUJALAS EN EL PLANO DELIMITADO POR LOS EJES, INDICANDO SU ROTULO O DESCRIPCION.  
  
CUANDO EXISTAN VARIAS CATEGORIAS (BARRAS) PEQUEÑAS, ES RECOMENDABLE --AGRUPARLAS BAJO EL RUBRO "OTROS" Y DIBUJAR SU BARRA EN LA POSICION EXTREMA DERECHA DEL EJE. NO IMPORTA QUE EL TAMAÑO DE ESTA BARRA RESULTE MAYOR QUE EL DE ALGUNAS QUE LE ANTECEDAN. PARA LOGRAR UN DIAGRAMA CLARO, SE ACONSEJA NO MANEJAR MAS DE DIEZ CATEGORIAS (BARRAS).
5. DIBUJAR EN LA MISMA GRAFICA LA FUNCION ACUMULADA DEL HISTOGRAMA. CON EL OBJETO DE FACILITAR LA LECTURA DE ESTA FUNCION, SE PUEDE AGREGAR EN EL DIAGRAMA OTRO EJE VERTICAL (UBICADO EN EL EXTREMO DERECHO DEL HORIZONTAL) QUE MUESTRE LA ESCALA PORCENTUAL (0-100%).
6. ESCRIBIR TODA LA INFORMACION RELEVANTE PARA LA CORRECTA INTERPRETACION Y FUTURAS REFERENCIAS DEL DIAGRAMA. INCLUIR: FECHAS, CONDICIONES DEL EXPERIMENTO, INSTRUMENTOS UTILIZADOS, FUENTES DE DATOS Y PERSONAS RESPONSABLES DE SU OBTENCION, PERIODO DE TIEMPO CUBIERTO POR EL DIAGRAMA, TAMAÑO DE LA MUESTRA, METODO DE MUESTREO, ETC.

### OBSERVACION IMPORTANTE

CUANDO UN TIPO DE DEFECTO O ERROR REPRESENTA MAYOR COSTO QUE OTRO, ES MUY PROBABLE QUE SU FRECUENCIA NO SEA LA VARIABLE ADECUADA PARA MEDIR SU INFLUENCIA SOBRE EL PROBLEMA. POR EJEMPLO: SI 100 DEFECTOS DEL TIPO "A" REPRESENTAN UN COSTO DE \$5'000,000.00, MIENTRAS QUE 60 DEFECTOS DEL TIPO "B" IMPLICAN UN COSTO DE \$6'200,000.00, RESULTA EVIDENTE LA CONVENIENCIA DE ELIMINAR PRIMERO LOS DEFECTOS DEL TIPO "B". EN ESTA SITUACION, PARA QUE EL DIAGRAMA DE PARETO SEA DE UTILIDAD, DEBE CONSTRUIRSE EMPLEANDO LA VARIABLE COSTO (\$) PARA COMPARAR EL IMPACTO DE LAS DIFERENTES CAUSAS O FACTORES. EN GENERAL, SE RECOMIENDA QUE, CUANDO EL CRITERIO DE MEDICION (HORAS TRABAJADAS, # DE CASOS, CANTIDAD DE ERRORES, ETC.) NO ESTE DIRECTAMENTE RELACIONADO CON EL COSTO QUE REPRESENTAN LAS CAUSAS, SE CONSTRUYA LA GRAFICA DE PARETO UTILIZANDO LA VARIABLE MONETARIA.

EJERCICIO: UNA EMPRESA TIENE GASTOS MUY ELEVADOS POR CONCEPTO DE LLAMADAS TELEFONICAS DE LARGA DISTANCIA. CON EL PROPÓSITO DE ESTUDIAR LA POSIBILIDAD DE REDUCIR DICHO COSTO, SE REGISTRARON LOS DATOS DE DESTINO Y DURACION DE TODAS LAS LLAMADAS DE LARGA DISTANCIA EFECTUADAS DURANTE UNA SEMANA.

POR OTRO LADO, SE HA ESTIMADO EL COSTO PROMEDIO POR MINUTO QUE SE PAGA EN CADA CASO.

CONSTRUYA EL DIAGRAMA DE PARETO QUE PERMITA IDENTIFICAR LOS CASOS MAS CRITICOS Y AYUDE A RESOLVER EL PROBLEMA.

DESTINO	\$/MINUTO
GUADALAJARA (GUA)	200
MONTERREY (MTY)	350
QUERETARO (QRO)	150
TORREON (TOR)	300
LAREDO (LAR)	500
SAN FRANCISCO (SF)	1000
OTROS (OT)	600

REGISTRO DE LLAMADAS DESTINO - DURACION (MINUTOS)

LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
GUA-25	MTY-24	GUA-32	LAR-22	GUA-04
MTY-20	MTY-10	MTY-44	MTY-19	SF- 18
GUA-15	SF- 29	GUA-10	LAR-47	LAR-26
QRO-10	QRO-06	GUA-08	GUA-20	OT- 16
SF- 30	TON-12	MTY-59	SF- 13	SF- 21
OT- 12	TON-03	QRO-10	OT- 40	TON-26
OT- 17	OT- 14	GUA-21	TON-23	QRO-10
SF- 05	SF- 30	MTY-16	QRO-19	QRO-02
MTY-25	GUA-63	OT- 35	GUA-09	TON-06
GUA-43	GUA-02	TON-10	LAR-25	MTY-12
QRO-05	GUA-17	SF- 18	GUA-12	GUA-08
TON-15	MTY-20	OT- 08	MTY-18	GUA-18
GUA-38	QRO-22	GUA-11	MTY-14	SF- 14
MTY-13	OT- 07	MTY-22	GUA-26	LAR-55
GUA-19	QRO-46	GUA-17	--	--
MTY-05	MTY-13	LAR-30	--	--
SF- 28	GUA-40	--	--	--

## II. FASE DE INFORMACION

### **EL PROPOSITO DE REUNIR DATOS**

UNA DE LAS PARTES CRITICAS EN EL PROCESO DE SOLUCION DE PROBLEMAS, ES CONTAR CON LOS DATOS QUE REFLEJEN LO MAS FIELMENTE POSIBLE EL FENOMENO BAJO ESTUDIO.

SI NO SE TIENEN LOS DATOS NECESARIOS PARA ANALIZAR UN PROBLEMA, O SI LOS DATOS SON INCORRECTOS, SERA BASTANTE DIFICIL (SI NO ES QUE IMPOSIBLE) ENCONTRAR UNA SOLUCION EFECTIVA. UNA BUENA SOLUCION, GENERALMENTE ESTA SOPORTADA POR UN ANALISIS COMPLETO E INSEGADO DEL PROBLEMA.

LA INFORMACION, CUANTITATIVA Y CUALITATIVA, TIENE APLICACIONES DIVERSAS, DEPENDIENDO DEL CONTEXTO EN EL QUE SE MANEJE Y DEL PROPOSITO QUE SE PERSIGA. DENTRO DE LA METODOLOGIA DE LA INGENIERIA DEL VALOR SE UTILIZA PARA: IDENTIFICAR PROBLEMAS, DISTINGUIR LOS PARAMETROS IMPORTANTES DE LOS QUE NO LO SON, IDENTIFICAR Y VERIFICAR CAUSAS, ASEGURARSE DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION, VERIFICAR HIPOTESIS SOBRE ALGUN EVENTO, COMPARAR LA EFICIENCIA DE DOS O MAS PROCESOS, CONOCER EL NIVEL DE SATISFACCION DE LOS CLIENTES, ETC.

PUESTO QUE SERVIRAN DE BASE PARA ADOPTAR MEDIDAS Y DECISIONES, LOS DATOS QUE SE DEBAN RECOGER DE LAS OPERACIONES DE LA FABRICA DEPENDERAN DEL PROCEDIMIENTO INDUSTRIAL DE QUE SE TRATE. HE AQUI UNA CLASIFICACION DE ESTOS DATOS SEGUN LOS DISTINTOS PROPOSITOS QUE SIRVEN.

#### 1) DATOS PARA AYUDAR A COMPRENDER LA SITUACION REAL

ESTOS DATOS SE RECOGEN PARA VERIFICAR LA DISPERSION DEL TAMAÑO DE LAS PIEZAS QUE SALEN DE LA MAQUINARIA, O PARA EXAMINAR EL PORCENTAJE DE PIEZAS DEFECTUOSAS QUE CONTIENEN LOS LOTES RECIBIDOS. CUANDO AUMENTA LA CANTIDAD DE DATOS, SE LOS PUEDE ORDENAR ESTADISTICAMENTE A FIN DE FACILITAR LA COMPRESION, COMO SE EXPLICARA MAS ADELANTE. SE PODRA ENTONCES HACER ESTIMACIONES SOBRE EL ESTADO DE LOS LOTES RECIBIDOS Y SOBRE EL PROCESO DE FABRICACION, MEDIANTE COMPARACIONES CON CIFRAS ESPECIFICADAS, CIFRAS ESTANDAR, CIFRAS FIJADAS COMO OBJETIVO, ETC.

## 2) DATOS PARA EL ANALISIS

LOS DATOS ANALITICOS PUEDEN EMPLEARSE, POR EJEMPLO, PARA EL EXAMEN DE LA RELACION ENTRE UN DEFECTO Y SU CAUSA. SE REUNEN DATOS EXAMINANDO RESULTADOS PREVIOS Y HACIENDO NUEVAS PRUEBAS. PARA OBTENER INFORMACIONES CORRECTAS, SE RECURRE EN ESTE CASO A DIVERSOS METODOS ESTADISTICOS.

## 3) DATOS PARA EL CONTROL DEL PROCESO

UNA VEZ INVESTIGADA LA CANTIDAD DEL PRODUCTO, SE PUEDE UTILIZAR ESTE TIPO DE DATOS PARA DETERMINAR SI EL PROCESO DE FABRICACION ES NORMAL O NO. PARA ESTA EVALUACION SE EMPLEAN GRAFICOS DE CONTROL Y, SOBRE LA BASE DE ESOS DATOS, SE ADOPTAN LAS MEDIDAS DEL CASO.

## 4) DATOS DE REGULACION

SON LOS DATOS QUE SIRVEN DE BASE, POR EJEMPLO, PARA AUMENTAR O DISMINUIR LA TEMPERATURA DE UN HORNO ELECTRICO A FIN DE MANTENER UN NIVEL TERMICO ESTANDAR. SEGUN CADA DATO OBTENIDO, SE PRESCRIBEN LAS MEDIDAS QUE ES PRECISO ADOPTAR.

## 5) DATOS PARA ACEPTACION O RECHAZO

ESTE TIPO DE DATOS SE UTILIZA PARA APROBAR O RECHAZAR PIEZAS O PRODUCTOS DESPUES DE LA INSPECCION. HAY DOS METODOS: INSPECCION TOTAL Y MUESTREO. LA INFORMACION OBTENIDA PERMITE DECIDIR QUE SE DEBE HACER CON LAS PIEZAS O PRODUCTOS.

## CLASES DE DATOS

EL PROPOSITO DE REUNIR DATOS NO CONSISTE EN TRADUCIR TODO EN CIFRAS CONCRETAS, SINO EN SUMINISTRAR UNA BASE PARA ADOPTAR MEDIDAS. LOS DATOS PUEDEN EXPRESARSE EN CUALQUIER FORMA.

EN GENERAL, LOS DATOS SE PUEDEN DIVIDIR EN LOS SIGUIENTES GRUPOS:

- A. DATOS DE MEDICION: DATOS CONTINUOS  
LONGITUD, PESO, TIEMPO, ETC.

B. DATOS SOBRE CANTIDADES: DATOS DE RECuento  
CANTIDAD DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS, CANTIDAD DE DEFECTOS, PORCENTAJE DE PIEZAS DEFECTUOSAS, ETC.

PERO TAMBIEN EXISTEN:

- C. DATOS SOBRE MERITOS RELATIVOS
- D. DATOS SOBRE SERIES
- E. DATOS SOBRE NIVELES DE GRADACION

### ANALISIS DE LOS DATOS

UNA VEZ REUNIDOS LOS DATOS, SE LOS ANALIZA Y SE EXTRAE INFORMACION - MEDIANTE METODOS ESTADISTICOS. POR ESE MOTIVO, ES MENESTER RECOGER LOS DATOS DE FORMA QUE SE SIMPLIFIQUE EL ANALISIS ULTERIOR.

EN PRIMER TERMINO, SE DEBE REGISTRAR CLARAMENTE LA INDOLE DE LOS DATOS. SI TRANSCURRE CIERTO TIEMPO ENTRE LA RECOLECCION Y EL ANALISIS, - NADIE ESTARA EN CONDICIONES DE RECORDAR EL ORIGEN DE LOS DATOS. HAY MUCHISIMOS DATOS EN UN ESTABLECIMIENTO FABRIL: PERO MUY FRECUENTEMENTE SE VUELVEN OBSOLETOS PORQUE NO SE DEJA CLARA CONSTANCIA DE SU INDOLE. HAY QUE REGISTRAR NO SOLO EL PROPOSITO DE LA MEDICION Y SUS CARACTERISTICAS SINO TAMBIEN LA FECHA, LOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS, LA PERSONA QUE LLEVO A CABO LA TAREA, EL METODO EMPLEADO, ETC.

ASIMISMO, EL REGISTRO DEBE EFECTUARSE DE MANERA QUE SE FACILITE LA - UTILIZACION DE LOS DATOS. DADO QUE A MENUDO SE CALCULAN LUEGO TOTALES GENERALES, PROMEDIOS Y AMPLITUDES, LA TAREA SE SIMPLIFICA SI ELLO SE - TIENE PRESENTE EN EL MOMENTO DE REGISTRAR LOS DATOS.

AL REUNIR DATOS, PRESTE ATENCION A LOS SIGUIENTES PUNTOS:

1) ACUERDESE DE ADOPTAR MEDIDAS DE CONFORMIDAD CON LOS DATOS

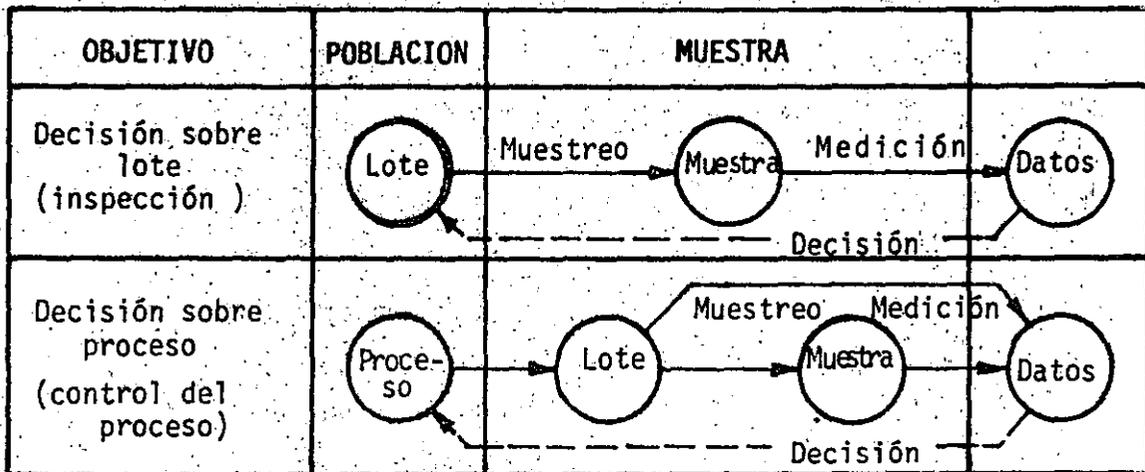
SIEMPRE ES PRECISO RECORDAR QUE LOS DATOS DEBEN SERVIR COMO BASE DE ACCION, DE LO CONTRARIO, NO SE LOS COMPILARA DE MANERA POSITIVA. ACOS- TUMBRESE A ENCARAR LOS PROBLEMAS TOMANDO LOS DATOS COMO BASE Y A RESPE- TAR LA REALIDAD QUE LOS DATOS PONEN DE MANIFIESTO.

2) ACLARE EL PROPOSITO DE REUNIR DATOS

ADEMAS DE LO ANTERIOR, TODAVIA ES NECESARIO DEJAR EN CLARO EL OBJETIVO. SOLO ENTONCES SE PODRA DETERMINAR QUE COMPARACIONES SE NECESITAN Y QUE TIPO DE DATOS HAY QUE RECOGER. ES IMPORTANTE REEXAMINAR EL PROPOSITO DE LOS DATOS QUE SE ESTAN REUNIENDO Y COMPROBAR SI EN REALIDAD SE LOS UTILIZA EFICAZMENTE.

3) ACUERDESE DE INCLUIR TODO EN LOS DATOS

NO POR HABER DETERMINADO QUE TIPO DE DATOS ES MENESTER REUNIR SERA AUTOMATICAMENTE FACTIBLE RECOLECTARLOS. NO ES RARO TROPEZAR CON PROBLEMAS DE FALTA DE INSTRUMENTOS O DE PERSONAL, DIFICULTADES DE CUANTIFICACION, ETC. LO ESENCIAL EN ESTA ETAPA ES TENER VOLUNTAD E INGENIO PARA RECOLECTAR LOS DATOS. LA CLAVE DE LA SOLUCION DEPENDE DE LA HABILIDAD QUE SE TENGA PARA REUNIRLOS.



**METODOS GRAFICOS DE REGISTRO DE INFORMACION**

LOS METODOS GRAFICOS QUE RESULTAN UTILES EN LA FASE DE INFORMACION DE LA INGENIERIA DEL VALOR SON:

1. DIAGRAMA DE ISHIKAWA O DE CAUSA-EFECTO

LA PRINCIPAL TECNICA UTILIZADA PARA LA IDENTIFICACION, ORGANIZACION Y PRESENTACION DE LAS CAUSAS POTENCIALES DE UN PROBLEMA, CONSISTE EN LA CONSTRUCCION E INTERPRETACION DEL DIAGRAMA CAUSA-EFECTO, INVENTADO POR

EL DR. KAORU ISHIKAWA A PRINCIPIOS DE LA DECADA DE LOS 50's. DURANTE -  
ALGUNOS AÑOS, ESTA HERRAMIENTA SE APLICO FUNDAMENTALMENTE EN EL AMBIEN-  
TE DE PROCESOS DE MANUFACTURA, SIN EMBARGO, SU CONTRIBUCIÓN HA SIDO TAN  
SIGNIFICATIVA QUE, HOY EN DIA ES UTILIZADA PARA LA SOLUCIÓN DE CUALQUIER  
TIPO DE PROBLEMA.

EL DIAGRAMA CAUSA-EFECTO (CONOCIDO TAMBIEN, POR SU APARIENCIA, COMO  
"ESQUELETO DE PESOADO") ES UNA REPRESENTACION GRAFICA DE LAS RELACIONES  
QUE TIENE UN PROBLEMA (EFECTO) CON SUS POSIBLES CAUSAS, CLASIFICADA POR  
TIPOS O CATEGORIAS.

EL BENEFICIO PRINCIPAL DE SU APLICACION, CONSISTE EN DISMINUIR CONSI-  
DERABLEMENTE EL RIESGO DE ANALIZAR CAUSAS QUE NO SON LAS DE MAYOR IMPAC-  
TO, Y DARSE CUENTA DE ELLO CUANDO EL PROCESO DE SOLUCION ESTA MUY AVAN-  
ZADO. INDUDABLEMENTE, HABRA CASOS DONDE LA IDENTIFICACION DE LA CAUSA  
PRINCIPAL RESULTE OBVIA, NO OBSTANTE, LA CONSTRUCCION DEL DIAGRAMA AYU-  
DA A DISEÑAR LA ESTRATEGIA DE OBTENCION Y ANALISIS DE DATOS. ALGUNAS -  
PERSONAS LO UTILIZAN COMO UN EXCELENTE SOPORTE PARA LA TOMA DE DECISIO-  
NES, PUES PERMITE QUE LOS INVOLUCRADOS COMPARTAN LA MISMA INFORMACION -  
RELACIONADA CON EL PROBLEMA BAJO ESTUDIO.

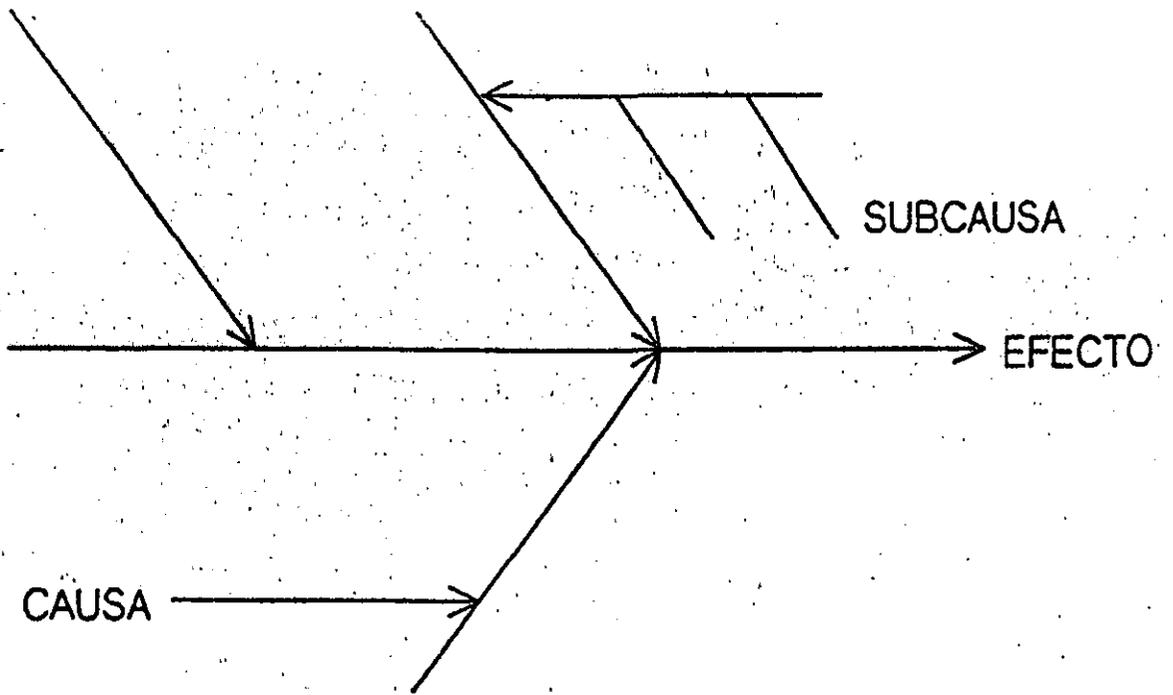
EL DIAGRAMA CAUSA-EFECTO ES UNA REPRESENTACION GRAFICA DE LAS RELA-  
CIONES QUE TIENE UN PROBLEMA (EFECTO) CON SUS POSIBLES CAUSAS, CLASIFI-  
CADAS EN DIFERENTES CATEGORIAS. ES UNA REPRESENTACION GRAFICA DE LOS -  
FACTORES POTENCIALES (CAUSAS) QUE PRODUCIRAN EL RESULTADO DESEADO (EFEC-  
TO).

LOS BENEFICIOS DEL DIAGRAMA CAUSA-EFECTO SON:

- DISMINUIR EL RIESGO DE ANALIZAR CAUSAS QUE NO SON LAS REALES
- UNIFORMIZAR EL ENTENDIMIENTO DEL PROBLEMA AL PRESENTAR LA MISMA  
INFORMACION A TODOS LOS INVOLUCRADOS
- FACILITAR LA CREACION DE UNA ESTRATEGIA ADECUADA PARA LA OBTEN-  
CION Y REGISTRO DE DATOS

DIAGRAMA CAUSA-EFECTO  
(COMPONENTES)

CATEGORIA



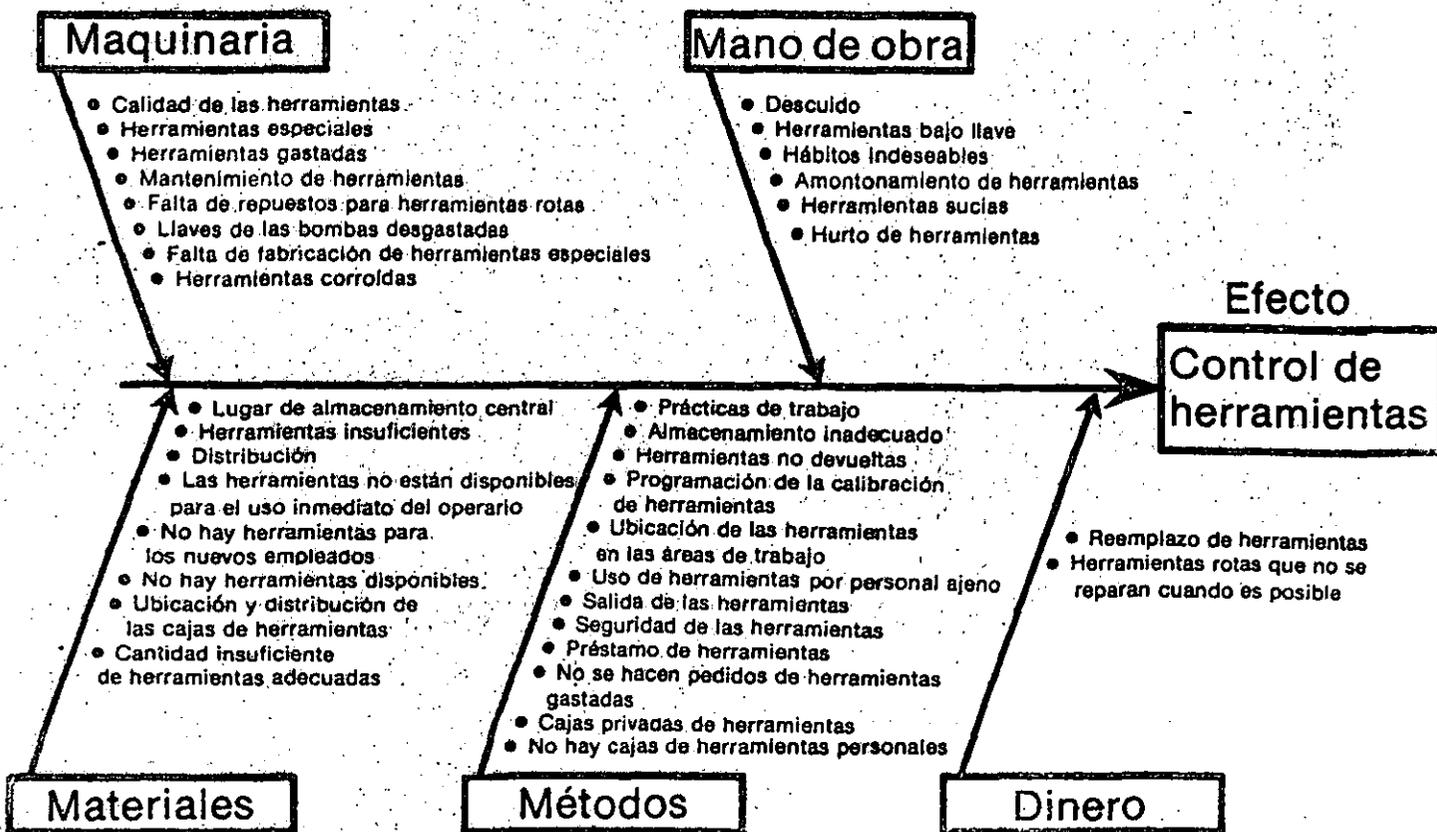
LAS RAZONES/BENEFICIOS DEL DIAGRAMA CAUSA-EFECTO SON:

- A. OBTENER INFORMACION SOBRE LAS CAUSAS PROBABLES QUE AFECTAN UN PROCESO
- B. ORGANIZAR Y DOCUMENTAR LAS CAUSAS POTENCIALES DE UN EFECTO/INDICADOR DE CALIDAD
- C. IDENTIFICAR LA RELACION QUE EXISTE ENTRE CAUSA Y SUBCAUSA Y EL IMPACTO QUE ESTOS TIENEN SOBRE EL PROBLEMA AL QUE SE ESTAN REFIRIENDO
- D. REDUCIR LA TENDENCIA DE ENFOCARSE A LA CAUSA "UNICA" DEBIDO AL RIESGO QUE SE CORRE DE IGNORAR OTRAS CAUSAS POTENCIALES.
- E. PERMITE CONCENTRAR NUESTROS PENSAMIENTOS EN LA MEJORA DEL PROCESO
- F. PERMITE IDENTIFICAR LINEAS CLARAS DE RESPONSABILIDAD PARA LOGRAR UN EFECTO.

FORMA DE ELABORAR UN DIAGRAMA CAUSA-EFECTO:

- 1. REGISTRAR EL EFECTO (PROBLEMA O RESULTADO DESEADO)
- 2. REALIZAR UNA LLUVIA DE IDEAS SOBRE LAS CAUSAS POTENCIALES
- 3. IDENTIFICAR LAS CAUSAS PRINCIPALES Y CLASIFICARLAS POR CATEGORIAS
- 4. DIBUJAR UN DIAGRAMA CAUSA-EFECTO
- 5. TRANSFERIR AL DIAGRAMA LAS CAUSAS POTENCIALES UBICANDOLAS EN SUS RESPECTIVAS CATEGORIAS.
- 6. IDENTIFICAR CUALQUIER OTRA CAUSA O SUB-CAUSA ADICIONAL
- 7. ADICIONAR EL ENCABEZADO Y DOCUMENTACION DEL DIAGRAMA

### Ejemplo de diagrama causa y efecto



LA HOJA DE VERIFICACION DEL DIAGRAMA CAUSA-EFECTO:

1. ¿ESTA EL EFECTO CORRECTAMENTE DEFINIDO?
2. ¿SE ENUMERARON TODAS LAS CAUSAS POTENCIALES EN LAS QUE SE PUEDE PENSAR EN ESTE MOMENTO?
3. ¿ESTAN LAS CAUSAS CLASIFICADAS EN LAS CATEGORIAS CORRESPONDIENTES?
4. ¿LAS CAUSAS ENUNCIADAS REFLEJAN REALMENTE CAUSAS Y NO SOLUCIONES?
5. ¿LAS CAUSAS ENUNCIADAS ESTAN RELACIONADAS CON EL PROBLEMA QUE SE ESTA ANALIZANDO?
6. ¿ESTA EL DIAGRAMA COMPLETO Y COHERENTE?

OBSERVACIONES IMPORTANTES

- 1) NO EXISTE UN LIMITE PARA EL NIVEL DE DETALLE QUE SE QUIERA REFLEJAR EN EL DIAGRAMA. EN ALGUNOS CASOS, A LAS CAUSAS PRINCIPALES SE LES ASOCIA UNA SERIE DE SUB-CAUSAS, ESTABLECIENDO CADENAS CAUSA-EFECTO DENTRO DEL MISMO DIAGRAMA, SIN EMBARGO, SE RECOMIENDA NO COMPLICAR DEMASIADO EL DIAGRAMA PARA NO PERDER LA FACILIDAD DE SU INTERPRETACION.
- 2) ASIMISMO, NO ES DIFICIL ENCONTRAR SITUACIONES DONDE LA RELACION CAUSAL SE DE EN AMBOS SENTIDOS, ES DECIR, "A" PUEDE SER UNA DE LAS CAUSAS DE "B", PERO AL MISMO TIEMPO, "B" INFLUYE EN LA EXISTENCIA DE "A". LO MAS RECOMENDABLE EN TAL SITUACION, ES NO PERDER DE VISTA EL PROBLEMA O EFECTO DEFINIDO ORIGINALMENTE Y, SI ES NECESARIO, CONSTRUIR OTRO DIAGRAMA QUE MUESTRE LA SITUACION CAUSAL DEL FACTOR QUE PRESENTA LA RELACION BILATERAL. AL COMPARAR LOS DOS DIAGRAMAS ES MAS SENCILLO DETERMINAR EN QUE SENTIDO SE DA MAS FUERTE LA RELACION CAUSA-EFECTO Y, DE ESTA FORMA, PUEDE DECIDIRSE COMO CONTINUAR EL ANALISIS.
- 3) ES IMPORTANTE RECONOCER QUE EL DIAGRAMA NO PONDERA EL GRADO DE INFLUENCIA QUE TIENEN LAS CAUSAS INDIVIDUALES SOBRE EL EFECTO. ESTO TIENE QUE DETERMINARSE CON LA AYUDA DE OTRAS HERRAMIENTAS, POR EJEMPLO, EL DIAGRAMA DE PARETO.

## DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO

### PROPÓSITO

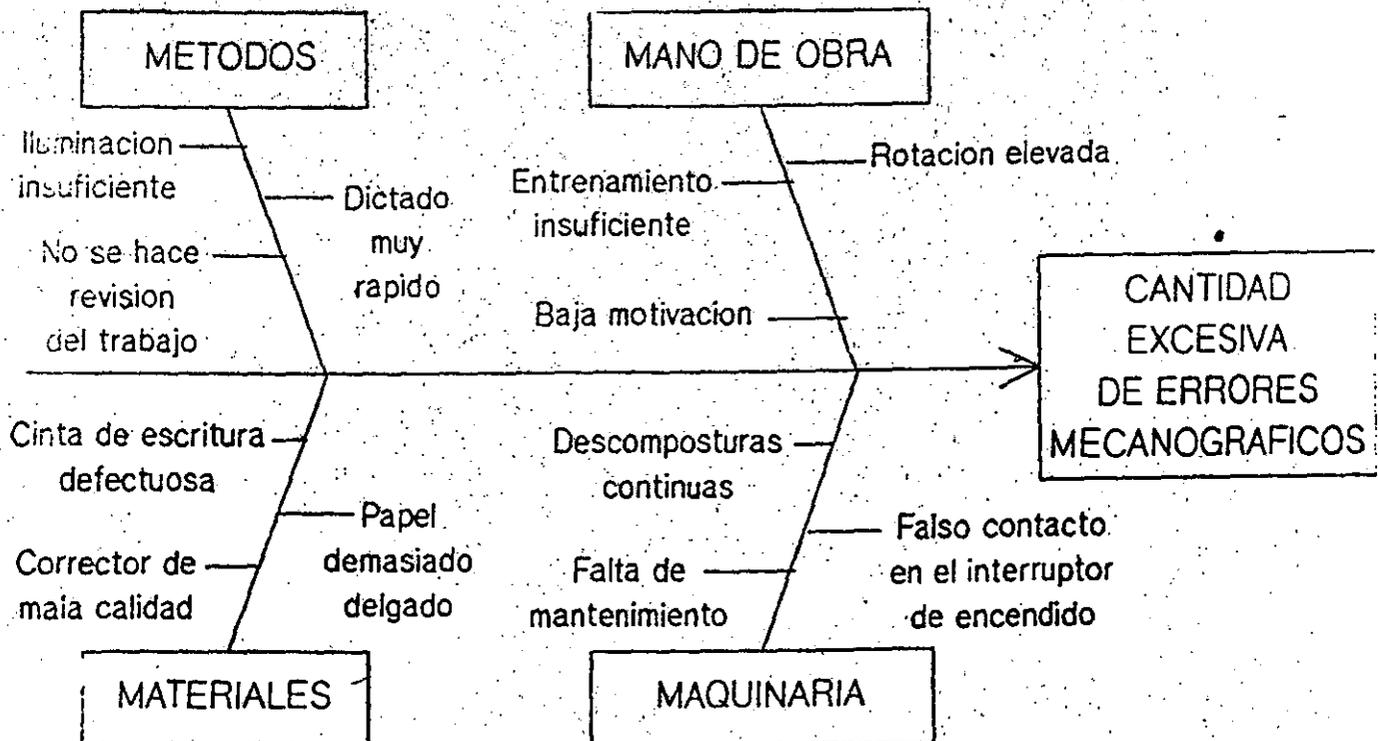
- REPRESENTAR VISUALMENTE CAUSAS PROBABLES EN CATEGORIAS ESPECIFICAS
- AYUDAR AL GRUPO A VISUALIZAR EL PROBLEMA
- PRACTICAR PENSAMIENTO DIVERGENTE

### REGLAS

- EL PROBLEMA QUE APARECE EN EL CUADRO EFECTO, ES UN PRODUCTO O PROCESO MENSURABLE
- CUALQUIER COSA QUE PUEDA PRODUCIR EL EFECTO SE CONSIDERA UNA CAUSA PROBABLE

### PROCEDIMIENTO

- UNO A LA VEZ, LOS MIEMBROS SUGIEREN LAS CAUSAS PROBABLES DEL PROBLEMA OBTENIENDO SUS IDEAS DE UNA TORMENTA DE IDEAS Y DE DESCUBRIMIENTOS DE HECHOS.
- EL LIDER REGISTRA LAS CAUSAS EN EL DIAGRAMA O EN UN ROTAFOLIO POR CATEGORIAS.



## ESTRATIFICACION

### PROPOSITO

- PARA USAR COMO AYUDA EN LA SOLUCION DE PROBLEMAS CUANDO SE APLICA A TRES AREAS PRINCIPALES: 1) RECOPIACION DE DATOS 2) ANALISIS DE DATOS 3) MUESTRAS Y PRUEBAS.
- DIVIDIR O CLASIFICAR LOS DATOS EN GRUPOS RELACIONADOS PARA QUE ASI CADA GRUPO PUEDA SER ESTUDIADO EN FORMA SEPARADA.
- USAR UNA TECNICA DE PENSAMIENTO CONVERGENTE

### REGLAS

- ESTRATIFICAR SIGNIFICA DIVIDIR U ORDENAR EN CLASES: POR TANTO, LOS DATOS DE FUENTES SEPARADAS DEBEN MANTENERSE SEPARADOS.
- ESTRATIFICAR LOS DATOS POR TRABAJADOR, MAQUINAS, EQUIPO, PROCESOS, ETC.
- SI LOS DATOS NO ESTAN ESTRATIFICADOS EN GRUPOS SEPARADOS ANTES DE REPRESENTARLOS EN TABLAS O EN GRAFICAS, RESULTARA DIFICIL VER LAS TENDENCIAS O ANORMALIDADES, Y PUEDE LLEGARSE A CONCLUSIONES ERRONEAS DEL ANALISIS.
- LA ESTRATIFICACION ES IMPORTANTE EN EL ANALISIS DE DATOS PARA:
  - A.- GRAFICAS
  - B.- GRAFICAS DE CONTROL
  - C.- DIAGRAMAS DE PARETO

### PROCEDIMIENTO

- RECOPIAR DATOS
- HACER MUESTRAS CORRECTAS, ESTRATIFICAR LOTES EN SUS LOTES VERDADEROS
- REPRESENTAR CADA LOTE EN FORMA SEPARADA
- ANALISAR LOS DATOS REPRESENTADOS

### EJEMPLO DE ESTRATIFICACION

UN GRUPO RECIENTEMENTE TRATO DE REDUCIR LA CANTIDAD DE PARTES DEFECTUOSAS QUE PRODUCIA SU DEPARTAMENTO. ESTE PRODUCIA SOPORTES EN TRES MAQUINAS DIFERENTES. EL GRUPO DESCUBRIO QUE EL DIAMETRO INTERNO DEL SOPORTE MUCHAS VECES NO ERA RESISTENTE, EL GRUPO RECOPILO DATOS Y ELABORO UN HISTOGRAMA, EL QUE ESTUDIARON DURANTE ALGUN TIEMPO PERO NO PUDIERON LLEGAR A UNA CONCLUSION.

EL GRUPO DECIDIO USAR LA TECNICA DE ESTRATIFICACION. SE SEPARARON LOS DATOS SEGUN LA MAQUINA USADA Y SE ELABORARON TRES HISTOGRAMAS QUE MOSTRARON CON CLARIDAD QUE LA MAQUINA A PRODUCIA PARTES BUENAS, QUE LA MAQUINA B NECESITABA SER AJUSTADA, Y QUE LA MAQUINA C NECESITABA SER CONTROLADA COMPLETAMENTE.

## 2. DIAGRAMA DE FLUJO SIMPLIFICADO

UNA VEZ SELECCIONADO EL PROBLEMA A RESOLVER, SE DEBE IDENTIFICAR EL PROCESO EN DONDE OCURRE DICHO PROBLEMA.

EL 85% DE LOS PROBLEMAS QUE SE GENERAN EN UN GRUPO DE TRABAJO SE DEBEN AL SISTEMA O CONJUNTO DE PROCESOS QUE MANEJA DICHO GRUPO, Y UNICAMENTE EL 15% ESTA RELACIONADO CON LA GENTE. POR ELLO ES CONVENIENTE ENFOCARSE HACIA EL MEJORAMIENTO CONTINUO DE LOS PROCESOS.

"GENERALMENTE LAS PERSONAS NO HACEN MAL SU TRABAJO PORQUE ASI SE LO PROPONGAN."

"CUALQUIER OPERACION O ACTIVIDAD DE TRABAJO DEBE VERSE Y CONCEPTUALIZARSE COMO UN PROCESO."

### DEFINICION DE UN PROCESO:

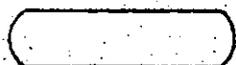
UNA SERIE DE ACTIVIDADES O ACCIONES DIRIGIDAS A OBTENER UN RESULTADO ESPECIFICO. ALGUNOS EJEMPLOS DE PROCESOS SON: UN PROCEDIMIENTO DE CUENTAS POR PAGAR, SELECCION Y CONTRATACION DE PERSONAL, HACER UNA INVESTIGACION DE MERCADO, DAR MANTENIMIENTO A UN EQUIPO, SESIONES DE ENTRENAMIENTO, ESTABLECIMIENTO DE CUOTAS, ETC.

### CARACTERISTICAS DE UN PROCESO

1. PUEDE SER REPRESENTADO GRAFICAMENTE CON UN DIAGRAMA DE FLUJO
2. PUEDE MEDIRSE SU DESEMPEÑO O RENDIMIENTO
3. PUEDE MEJORARSE MEDIANTE LA ALTERACION DE SUS COMPONENTES Y RELACIONES, UNA VEZ QUE SE CONOCE OBJETIVAMENTE (MEDIDAS DE RENDIMIENTO) SU SITUACION ACTUAL.

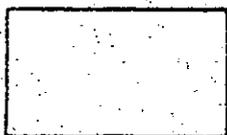
DIAGRAMA DE FLUJO DE UN PROCESO: REPRESENTACION GRAFICA DE LA SECUENCIA DE PASOS QUE CONSTITUYEN DICHO PROCESO. DIAGRAMA QUE ESPECIFICA LAS ETAPAS DEL PROCESO.

ELEMENTOS DE UN DIAGRAMA DE FLUJO



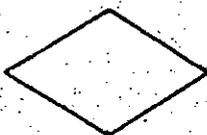
:

INICIO/FIN



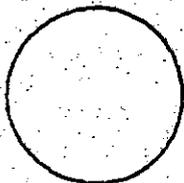
:

PASO/ETAPA  
ACCION DE PROCESO



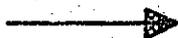
:

DECISION (SI/NO)



:

PERIODO DE ESPERA  
PARA CONTINUAR CON EL  
PROCESO



:

SECUENCIA DEL PROCESO



:

CONECTORES DEL DIAGRAMA

LAS RAZONES Y BENEFICIOS DE UN DIAGRAMA DE FLUJO DE UN PROCESO SON:

- A. DAR UNA REPRESENTACION VISUAL DEL PROCESO ANALIZADO
- B. MOSTRAR LA RELACION QUE EXISTE ENTRE VARIOS PASOS Y DEPARTAMEN--  
TOS INVOLUCRADOS EN EL PROCESO
- C. AYUDA A COMUNICAR O EXPLICAR LOS PROCESOS A OTRAS PERSONAS
- D. AYUDAR A IDENTIFICAR AREAS CON PROBLEMAS, ACTIVIDADES INNECESA--  
RIAS Y A SIMPLIFICAR LOS PROCESOS.
- E. IDENTIFICAR LAS AREAS EN DONDE RECOLECTAR DATOS Y FACILITAR LA -  
INVESTIGACION POSTERIOR.
- F. IDENTIFICAR LOS ELEMENTOS QUE PUEDEN IMPACTAR EL PROCESO
- G. AYUDAR EN LA DOCUMENTACION Y ESTANDARIZACION DE LOS PROCESOS

HOJA DE VERIFICACION DEL DIAGRAMA DE FLUJO

A CONTINUACION SE LISTAN ALGUNAS IDEAS QUE PUEDEN SER DE UTILIDAD PA  
RA VERIFICAR LA VERACIDAD DEL DIAGRAMA DE FLUJO:

1. ¿ESESTE EL VERDADERO PROCESO? CONFIRMARLO CON EL PERSONAL QUE -  
LO CONOCE Y UTILIZA.
2. ¿TIENE TITULO, FECHA Y AUTOR?
3. ¿REQUIERE DE ALGUNA LEYENDA EXPLICATORIA O ACLARATORIA?
4. ¿SE INDICO CLARAMENTE EL INICIO Y EL FIN?
5. ¿SE UTILIZARON CORRECTAMENTE LOS ELEMENTOS (SIMBOLOS)?
6. EN LOS PASOS DE DECISION ¿SE INDICO EL "SI" Y EL "NO" CORRESPON--  
DIENTE?
7. ¿EL DIAGRAMA ES CLARO Y COHERENTE? ES DECIR, ¿TODOS LO ENTEN--  
DEN DE LA MISMA FORMA?
8. ¿NO SE OMITIO ALGUN PASO O ETAPA FUNDAMENTAL?

### OBSERVACIONES IMPORTANTES

1. AL CONSTRUIR UN DIAGRAMA DE FLUJO DEBE TENERSE ESPECIAL CUIDADO EN REPRESENTAR LA "SITUACION ACTUAL" DEL PROCESO, CON EL OBJETO DE NO DISTORSIONAR EL ANALISIS POSTERIOR. VALE LA PENA HACER ES TA ACLARACION PORQUE EXISTE LA TENDENCIA NATURAL DE REFLEJAR INCONSCIENTEMENTE EN EL DIAGRAMA LOS CAMBIOS QUE, A JUICIO DEL RES PONSABLE, AYUDARIAN A ELIMINAR LA PROBLEMATICA BAJO ESTUDIO, ES DECIR, SE ESTARIA SUGIRIENDO UNA SOLUCION PARCIAL O TOTAL ANTES DE COMPLETAR EL ANALISIS PROPUESTO POR LA METODOLOGIA.
2. ES COMUN ENCONTRAR LA SITUACION DE QUE NO TODAS LAS PERSONAS REA LIZAN EL MISMO PROCESO EXACTAMENTE DE LA MISMA FORMA (CON LOS - MISMOS PASOS, SECUENCIA, ETC.). EN TAL CASO DEBERA REPRESENTAR- SE EN EL DIAGRAMA LA FORMA EN QUE LA MAYORIA LLEVA A CABO EL PRO CESO Y TOMAR NOTA DE LAS DIFERENCIAS, PUES PUEDEN SER UTILES POS TERIORMENTE.

### PARAMETROS DE MEDICION DE LOS PROCESOS

DESPUES DE HABER VERIFICADO EL DIAGRAMA DE FLUJO, ES NECESARIO ESTABLECER LOS INDICADORES DE CALIDAD QUE PERMITAN CONOCER EL RENDIMIENTO - O ESTADO DEL PROCESO. EN OTRAS PALABRAS, SE REQUIERE SABER OBJETIVAMENTE EN QUE MEDIDA EL PROCESO ESTA CUMPLIENDO CON LAS NECESIDADES DE LOS CLIENTES, Y ESTO SE LOGRA MEDIANTE LOS PARAMETROS DE MEDICION.

"MI OPINION ES QUE CUANDO ALGUIEN PUEDE MEDIR Y REPRESENTAR NUMERICA MENTE LO QUE EXPRESA, ESA PERSONA SABE Y CONOCE UN POCO ACERCA DE LO - QUE ESTA EXPRESANDO. PERO CUANDO NO LO PUEDE HACER, SU CONOCIMIENTO AL RESPECTO ES POBRE E INSATISFACTORIO". LORD KELVIN (1824-1907).

LAS MEDIDAS DE RENDIMIENTO EN LOS PARAMETROS DE MEDICION DE LOS PRO CESOS. SUS CRITERIOS DE MEDICION QUE DIAGNOSTICAN EL ESTADO ("SALUD") DE UN PROCESO CONSISTEN EN:

1. INDICADOR DE CALIDAD: CANTIDAD; DURACION/PUNTUALIDAD; EFICIENCIA/PRECISION/EFICACIA; CONFIABILIDAD; COSTO.

2. UNIDAD DE MEDICION: No. DE CASOS (DEFECTOS, ERRORES, ACIERTOS, RECLAMACIONES, ETC.); SEG., MIN., HRS., DIAS, ETC.; PORCENTAJES, INDICES, PROPORCIONES; PROMEDIOS; UNIDADES MONETARIAS.

#### **CARACTERISTICAS DE LOS PARAMETROS DE MEDICION DE PROCESOS**

- PUEDEN SER COMPARADOS CONTRA UN ESTANDARD O UN IDEAL
- APOYAN TANTO A LOS OBJETIVOS DE LA CORPORACION COMO A LOS FUNCIONALES
- REFLEJAN NECESIDADES DE LOS CLIENTES

#### **EJEMPLOS DE PARAMETROS DE MEDICION DE PROCESOS**

- TIEMPO PROMEDIO DE REPARACION (O DE RESPUESTA)
- INDICE DE ERRORES EN PROCESAMIENTO DE ORDENES (# ERRORES/TOTAL DE ORDENES PROCESADAS)
- % DE CANCELACIONES (# DE CANCELACIONES/TOTAL DE PEDIDOS)

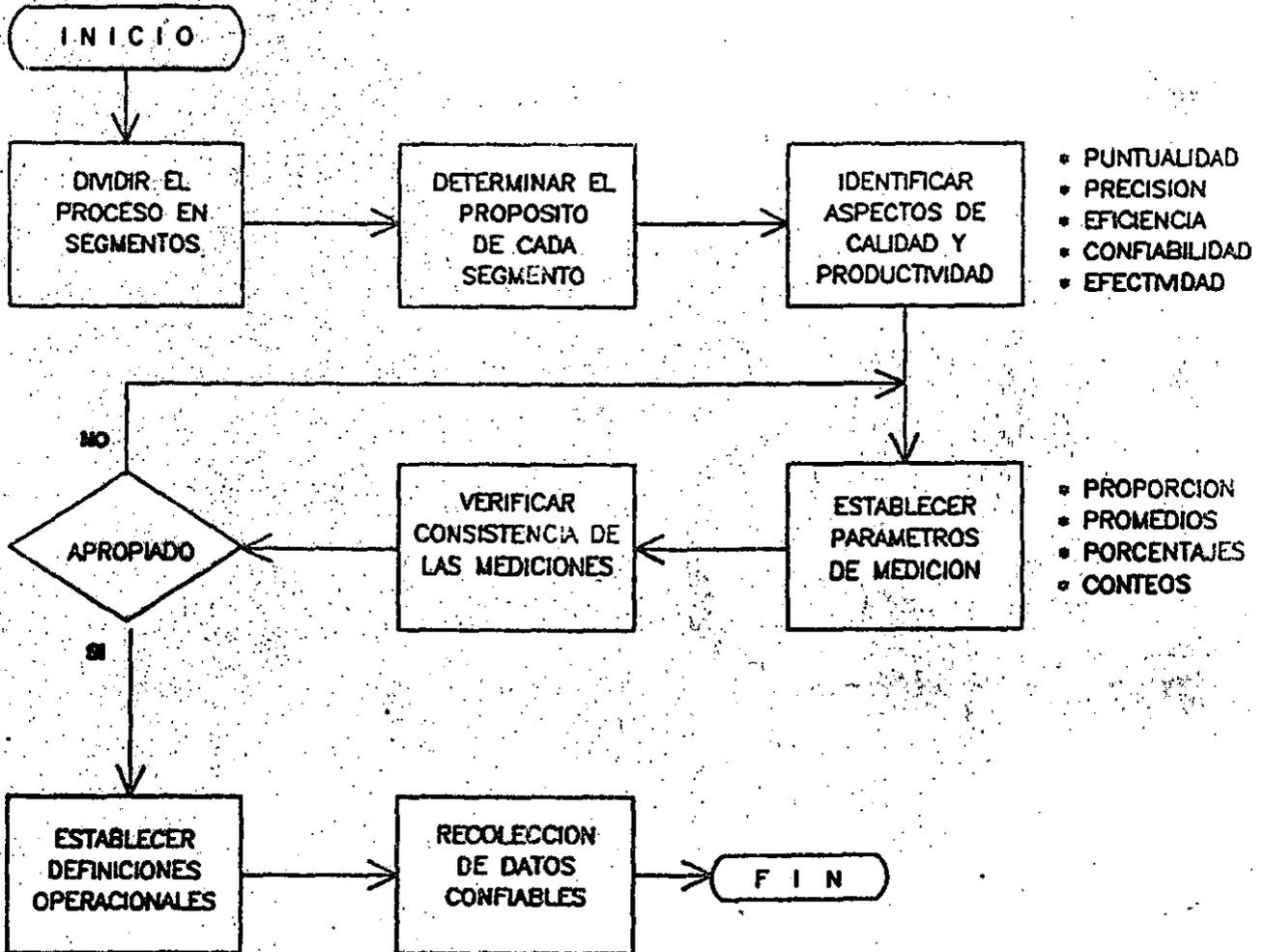
#### **EJEMPLOS DE PARAMETROS DE MEDICION DE PROCESOS**

- # ERRORES EN PROCESAMIENTO DE ORDENES (NO TIENE UNA REFERENCIA DE COMPARACION)
- # DE CANCELACIONES
- VALOR (\$) DE INVENTARIO (NO CONSIDERA ANTIGUEDAD)

#### **EJERCICIOS:**

1. - MENCIONE LOS CRITERIOS DE CALIDAD QUE UTILIZA (CONSCIENTE O INCONSCIENTE) PARA EVALUAR EL SERVICIO DE UN RESTAURANTE AL QUE VAS POR PRIMERA VEZ, ES DECIR, DESCRIBA LAS CARACTERISTICAS QUE NORMALMENTE APRECIA Y QUE LE PERMITEN SABER SI QUEDO SATISFECHO CON EL SERVICIO Y DECIDIR SE LE GUSTARIA VOLVER A DICHO RESTAURANTE.
2. - DEFINIR LOS PARAMETROS DE MEDICION QUE PERMITAN MEDIR Y DIAGNOSTICAR EL RENDIMIENTO DE UN PROCESO DESARROLLADO. AL FINALIZAR, SE DISCUTIRAN LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

### ESTABLECIMIENTO DE LOS PARAMETROS DE MEDICION DE LOS PROCESOS



## 8. GRAFICAS E HISTOGRAMAS

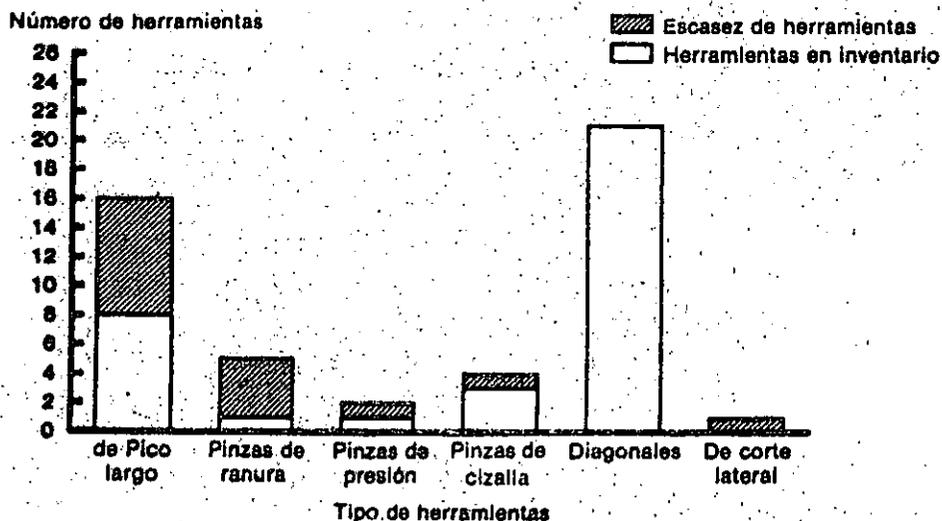
### PROPÓSITO

- CLASIFICAR LOS DATOS COMPLETOS EN LA FORMA MAS SIGNIFICATIVA
- DETERMINAR QUE MECANISMO VISUAL SE ADAPTA A LOS DATOS: LINEAS, BARRAS, COLUMNAS DE SUPERFICIE, PASTEL O CIRCULAR, DIAGRAMAS DE FLUJOS, PERT, GRAFICAS DE ORGANIZACION O HISTOGRAMAS.
- PRACTICAR PENSAMIENTO CONVERGENTE

### PROCEDIMIENTO

- EL CIRCULO DEBE ELEGIR LA MEJOR FORMA (COMO EN LA FIGURA A-4) PARA MANEJAR LOS DATOS NUMERICOS BASADOS EN CRITERIOS COMO:
  - . EL NUMERO DE VARIABLES A COMPARAR
  - . COMO SE VA HA EMPLEAR EL TIEMPO
  - . COSTOS
  - . HORAS DE PREPARACION
  - . FACILIDAD PARA LEER EL FORMATO
  - . EFECTIVIDAD EN LA PRESENTACION GERENCIAL
- LOS PORCENTAJES SIEMPRE SE VEN MEJOR EN UNA GRAFICA CIRCULAR
- LOS DIAGRAMAS DE FLUJO ILUSTRAN LOS PROCESOS PASO POR PASO
- LAS GRAFICAS DE PERT VISUALIZAN LA PLANEACION, SECUENCIA Y CONTROL DE PROYECTOS COMPLEJOS MOSTRANDO LAS COSAS COMO TAREAS PARALELAS
- LOS ORGANIGRAMAS PRESENTAN LA ESTRUCTURA DE LA ORGANIZACION
- LOS HISTOGRAMAS SE CENTRAN EN LA FRECUENCIA DE OCURRENCIA EN UN ORDEN SECUENCIAL, COMO EL ANALISIS DE PARETO.

### Ejemplo de gráficas e histogramas: la gráfica de columnas Inventario de herramientas: alicates



## 9. GRAFICAS DE SERIES DE TIEMPO O SERIES CRONOLOGICAS

SE LES LLAMA SERIES DE TIEMPO O CRONOLOGICAS A TODA SERIE DE OBSERVACIONES (DATOS) TOMADAS EN TIEMPO BIEN DEFINIDOS, QUE EN GENERAL ESTAN IGUALMENTE ESPACIADOS (CADA HORA, SEMANA, MES, AÑO, ECT).

LOS COMPONENTES DE UNA SERIE DE TIEMPO SON:

- 1.- TENDENCIA GENERAL.- SE REFIERE A LA DIRECCION GENERAL A LA QUE EL GRAFICO DE UNA SERIE DE TIEMPO PARECE DIRIGIRSE EN UN INTERVALO GRANDE DE TIEMPO.
- 2.- COMPONENTE ESTACIONAL.- ES UN TIPO DE VARIACION PERIODICA PARA LA CUAL EL PERIODO ES APROXIMADAMENTE IGUAL O MENOR A UN AÑO.
- 3.- COMPONENTE CICLICA.- INDICA LAS VARIACIONES PERIODICAS QUE OCURREN A LARGO PLAZO ( EN PERIODOS MAYORES DE UN AÑO ).
- 4.- COMPONENTE IRREGULAR.- INDICA LAS VARIACIONES QUE OCURREN AL AZAR EN UNA SERIE DE TIEMPO.

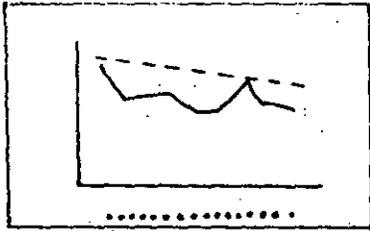
EL PRINCIPAL PROPOSITO DE UNA SERIE DE TIEMPO ES LA DE PREDECIR UN ACONTECIMIENTO QUE VA O TIENE PROBABILIDAD DE OCURRIR EN EL FUTURO.

LOS USOS DE LAS SERIES DE TIEMPO SON:

- PROGRAMAR ACTIVIDADES
- TOMAR PRECAUCIONES PARA ACONTECIMIENTO FUTURO
- PLANEAR Y PROGRAMAR PRODUCCION, PRONOSTICOS DE VENTAS DE SUS PRODUCTOS, MANO DE OBRA REQUERIDA, MATERIALES UTILIZADOS EN FABRICACION DE BIENES, ETC.

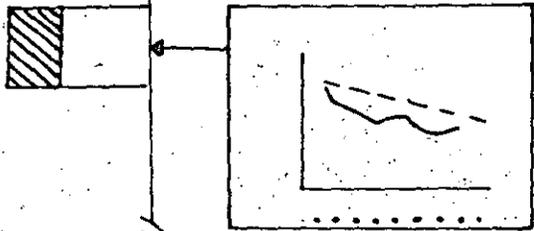
A CONTINUACION SE MUESTRAN UNOS EJEMPLOS GRAFICOS:

DIRECTOR DE PLANTA



ADMINISTRACION POR CARTAS BANDERA

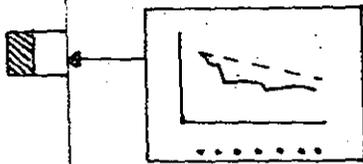
1er JEFE DE DEPARTAMENTO



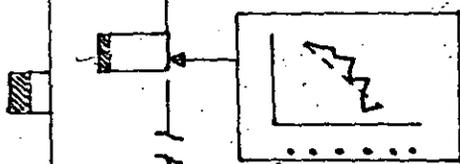
ACTIVIDAD DE PROYECTO



1er. JEFE DE SECCION



1er. SUPERVISOR



1er. LIDER DE GRUPO



ACTIVIDAD DE GRUPO



## DIAGRAMA "POR QUE - POR QUE"

### PROPÓSITO

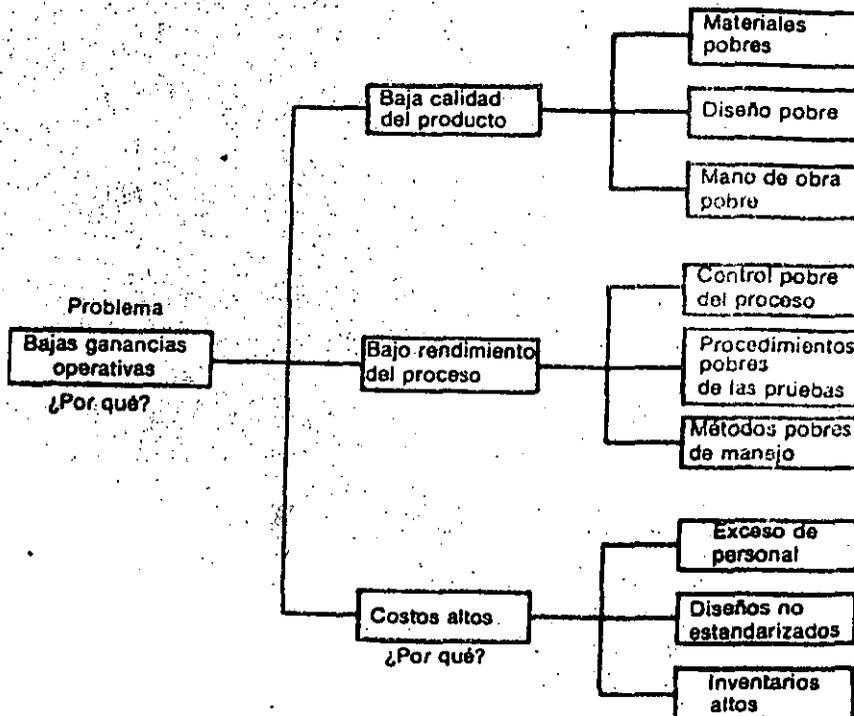
- PROPORCIONAR A LOS MIEMBROS UN METODO ALTERNATIVO PARA IDENTIFICAR LAS CAUSAS PRINCIPALES DE UN PROBLEMA
- PRACTICAR UNA TECNICA DE PENSAMIENTO DIVERGENTE

### REGLAS

- REALIZAR UNA TORMENTA DE IDEAS PARA DETERMINAR LAS CAUSAS

### PROCEDIMIENTO

- TOMAR UN PROBLEMA SELECCIONADO Y USAR UN DIAGRAMA "POR QUE-POR QUE" PARA EXPLORAR LAS CAUSAS DEL PROBLEMA
- CADA PASO DIVERGENTE DEL ANALISIS "POR QUE-POR QUE" SE REALIZA PREGUNTANDO "¿POR QUE?"
- LAS RESPUESTAS A LA PREGUNTA "¿POR QUE?" SON LAS CAUSAS DEL PROBLEMA
- PUESTO QUE CADA PASO ES UN PROCESO DIVERGENTE, SE REQUIERE UN PROCESO CONVERGENTE (SIMILAR AL DE SELECCION DE PROBLEMAS) PARA DETERMINAR QUE CAUSAS SON IMPORTANTES.



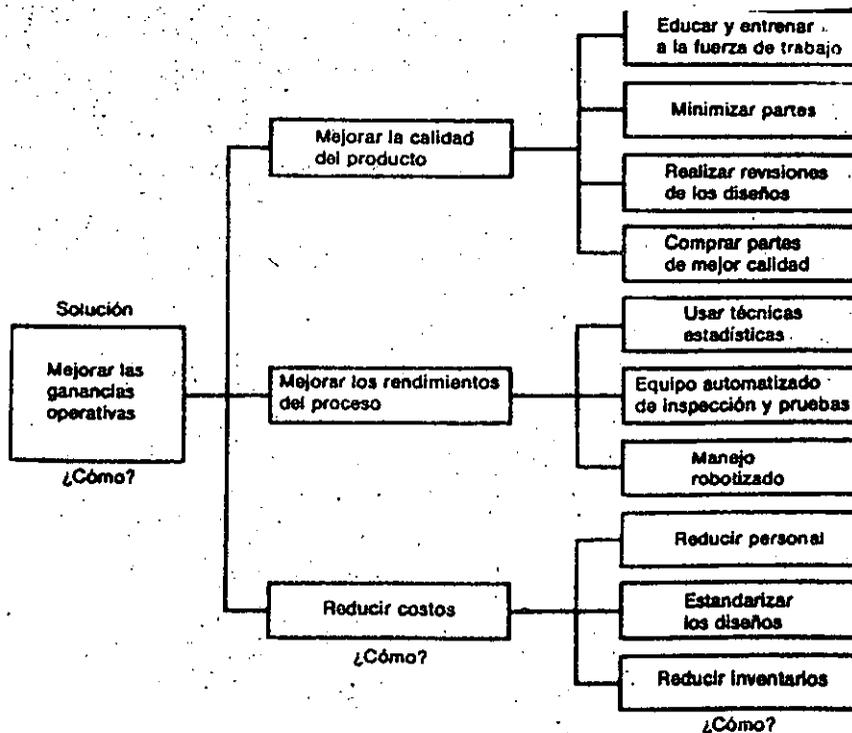
## DIAGRAMA "COMO-COMO" (CADENA MEDIOS-FIN)

### PROPÓSITO

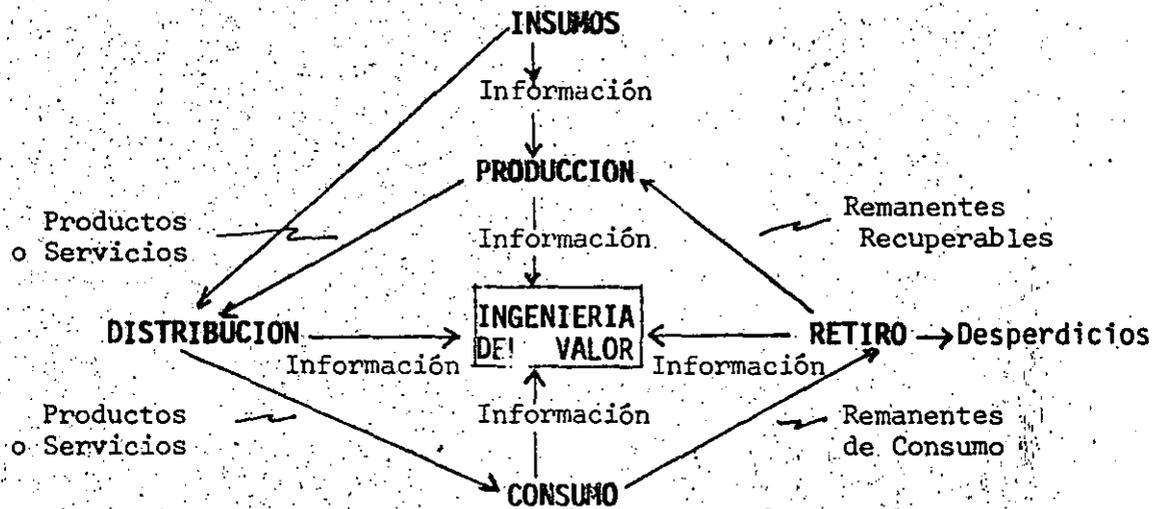
- PERMITE QUE LOS MIEMBROS exploren en forma creativa y consideren varias soluciones alternativas en vez de saltar a la "solución obvia"
- AYUDA A LOS MIEMBROS A DETERMINAR LOS PASOS ESPECIFICOS QUE SE DEBEN SEGUIR PARA IMPLANTAR UNA SOLUCION Y POR TANTO LES AYUDA A FORMULAR UN PLAN ESPECIFICO DE ACCION.
- AYUDA A LOS MIEMBROS A PRACTICAR UNA TECNICA DIVERGENTE

### PROCEDIMIENTO

- EMPEZAR CON UNA SOLUCION Y EXPLORAR POSIBLES FORMAS DE REALIZAR LA ACCION EN CADA ETAPA PREGUNTANDO "¿COMO?".
- EN CADA ETAPA DE LA CADENA SE PUEDE EMPLEAR UN PROCESO CONVERGENTE PARA DISMINUIR LA LISTA DE ALTERNATIVAS ANTES DE TOMAR EL PROXIMO PASO DIVERGENTE.
- SE LISTAN LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS, PROBABILIDADES DE EXITO, Y COSTO RELATIVO DE CADA ALTERNATIVA PARA FACILITAR UN PROCESO DE SELECCION MAS OBJETIVO.



## II. CICLO DE PRODUCCION - DISTRIBUCION - CONSUMO - RETIRO



EN EL ANALISIS DE ESTE CICLO SE DEBEN ANALIZAR LAS ACTIVIDADES PRECISANDO SU PROPOSITO, LUGAR, SECUENCIA, PERSONAL Y MEDIOS. SE DEBERAN RESPONDER A LAS SIGUIENTES CUESTIONES:

- ¿ QUE SE ESTA REALIZANDO ?
- ¿ QUIEN LO ESTA REALIZANDO ?
- ¿ DONDE SE ESTA REALIZANDO ?
- ¿ PORQUE ESTA(S) PERSONA(S) ?
- ¿ PORQUE EN ESTE LUGAR ?
- ¿ COMO SE ESTA REALIZANDO ?
- ¿ CUANDO SE ESTA REALIZANDO ?
- ¿ PORQUE ASI ?
- ¿ PORQUE ENTONCES ?

SE DEBEN SEGUIR LAS SIGUIENTES REGLAS:

1. TODAS LAS FUNCIONES DEBEN EXPRESARSE EN DOS PALABRAS EL VERBO Y EL SUSTANTIVO
2. SEÑALAR EJEMPLOS DE FUNCIONES COMPARABLES
3. DEBERA HACER LA DIVISION DE LAS FUNCIONES EN BASICAS Y AUXILIARES
4. SE HARA UN DESGLOSE REAL DE COSTOS, CONSIDERANDO PARTE, FUNCION BASICA DE LA PARTE, FUNCION SECUNDARIA DE LA PARTE Y EXPRESANDO LOS COSTOS EN FORMA PORCENTUAL.

## ANALISIS DEL CAMPO DE FUERZA

### PROPÓSITO

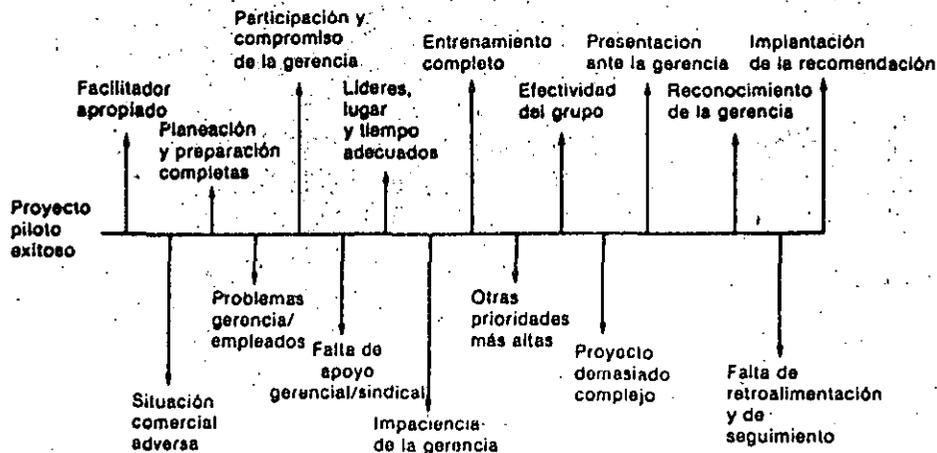
- ILUSTRAR LOS PROS Y CONTRAS RELATIVOS DE UNA SOLUCION U OCURRENCIA
- REPRESENTAR LOS PROS Y CONTRAS COMO FUERZAS RESTRICTIVAS O MOTIVADORAS
- AYUDAR A DESARROLLAR UNA ESTRATEGIA QUE CORRIJA UNA SOLUCION PARA TOMAR EN CUENTA ESTAS FUERZAS.
- USAR UNA TECNICA CONVERGENTE

### PROCEDIMIENTO

- TODAS LAS POSIBLES FUERZAS RESTRICTIVAS SE REPRESENTAN MEDIANTE FLECHAS CUYA EXTENSION DEPENDE DE LA INTENSIDAD RELATIVA DE LAS FUERZAS QUE REPRESENTAN.
- TODAS LAS POSIBLES FUERZAS MOTIVADORAS SE REPRESENTAN MEDIANTE FLECHAS CUYA EXTENSION DEPENDE DE LA RELATIVA INTENSIDAD DE LAS FUERZAS QUE REPRESENTAN.
- CADA MIEMBRO DEL CIRCULO IDENTIFICA TANTAS DE ESTAS FUERZAS COMO SEA POSIBLE.
- EL GRUPO DISCUTE SOBRE ESTAS FUERZAS
- HACIENDO UNA ORDENACION, EL GRUPO LLEGA A UN CONSENSO SOBRE LAS EXTENSIONES RELATIVAS DE LAS FLECHAS.
- BASANDOSE EN EL DIAGRAMA, EL GRUPO PUEDE EMPEZAR A HACER UNA LISTA DE ESTRATEGIAS QUE TOMEN EN CUENTA ESTAS FUERZAS

### EJEMPLO DE ANALISIS DE CAMPO DE FUERZAS

DESPUES DEL ENTRENAMIENTO, UN FACILITADOR CERTIFICADO DE CIRCULOS DE CALIDAD DESARROLLO UN PLAN Y PROGRAMA PARA IMPLANTAR UN PROGRAMA PILOTO EN LA PLANTA. CON EL FIN DE ASEGURAR EL EXITO DEL PROYECTO, EL FACILITADOR IDENTIFICO EN EL CAMPO DE FUERZAS TODAS LAS QUE ERAN RESTRICTIVAS Y MOTIVADORAS. LOS RESULTADOS SE MUESTRAN EN LA SIGUIENTE FIGURA:



### III. FASE DE INFORMACION

¿QUIS, QUID, UBI, QUIBUS, AUXILUS,  
CUR, QUOMODO, QUANDO ?

QUINTILIANO.

LA FASE DE INFORMACION REPRESENTA LOS CIMIENTOS SOBRE LOS CUALES DESCANSA TODA LA ESTRUCTURA DEL PLAN DE TRABAJO DE LA INGENIERIA DEL VALOR. ESTA FASE NOS DEBE LLEVAR MAS ALLA DEL PRESENTE CONOCIMIENTO HASTA UNA TOTAL - COMPRESION DEL PROBLEMA QUE ESTA SIENDO ANALIZADO.

PARA LA REALIZACION DE ESTA FASE SE CUENTA CON UN BUEN NUMERO DE TECNICAS, ALGUNAS DE ELLAS DE USO GENERAL, OTRAS DIRIGIDAS A PROBLEMAS ESPECIFICOS, PERO TODAS DE GRAN UTILIDAD EN LA OBTENCION SISTEMATICA DE INFORMACION. - ES RECOMENDABLE QUE EL INGENIERO DEL VALOR LAS CONOZCA TODAS PARA QUE UTI- LICE UNA U OTRA. O UNA COMBINACION DE ELLAS, DEPENDIENDO DEL ESTUDIO QUE- ESTE REALIZANDO.

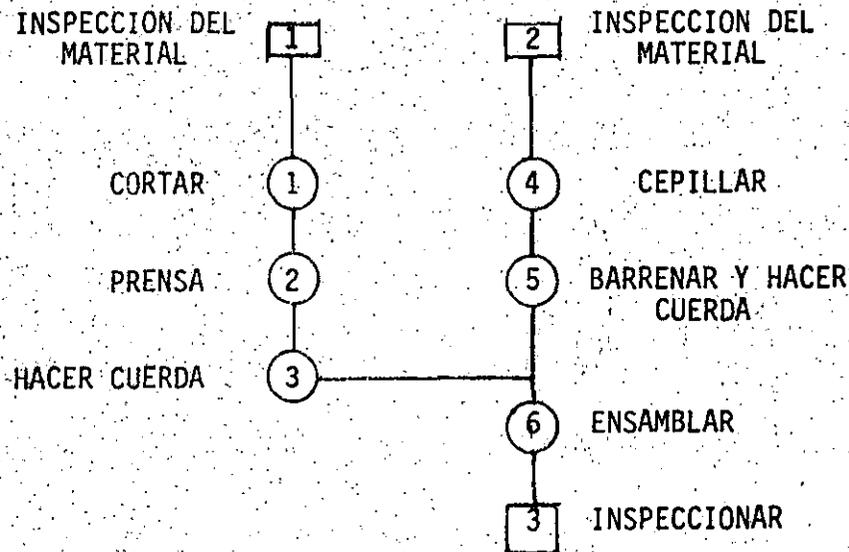
AL ESTAR COLECTANDO INFORMACION, SE PUEDEN COMETER DOS TIPOS DE ERROR CON RESULTADOS IGUALMENTE GRAVES: 1) NO OBTENER TODA LA INFORMACION RELEVAN- TE AL PROBLEMA Y 2) OBTENER DEMASIADA INFORMACION IRRELEVANTE. EN EL PRI- MER CASO, LA FALTA DE ALGUNA INFORMACION IMPORTANTE, NOS PUEDE CONDUCIR A SOLUCIONES SUBOPTIMAS O INADECUADAS. EN LA SEGUNDA SITUACION, EL TIEMPO CONSUMIDO EN LA OBTENCION Y ANALISIS DE LA INFORMACION EN EXCESO, NOS PUE- DE LLEVAR A PRESENTAR SOLUCIONES FUERA DEL TIEMPO OPORTUNO. ES CLARO - QUE ES PERFECTAMENTE POSIBLE COMETER AMBOS ERRORES: OBTENER MUCHA INFOR- MACION IRRELEVANTE Y NO OBTENER TODA LA INFORMACION NECESARIA PARA CLASI- FICAR EL PROBLEMA.

AUNQUE LAS TECNICAS QUE A CONTINUACION SE DESCRIBEN ESTAN DISEÑADAS TEN- DIENTES A MINIMIZAR ESTOS ERRORES, SOLO LA EXPERIENCIA CAPACITARA AL INGE- NIERO DEL VALOR PARA SABER IDENTIFICAR, EN RELACION AL PROBLEMA, CUAL ES LA INFORMACION REQUERIDA.

CUALQUIERA QUE SEA EL CASO Y TECNICA USADA PARA OBTENER INFORMACION EN ESTA FASE, ES IMPORTANTE SEPARAR LAS OPINIONES SUBJETIVAS DE LOS HECHOS OBJETIVOS. TODA LA INFORMACION DEBE DE REGISTRARSE TAL COMO ES, SIN TRATAR DE JUZGARLA EN ESTA ETAPA DE LA INVESTIGACION: LO QUE SE HACE, SIMPLEMENTE SE HACE, AUN CUANDO PUEDA EXISTIR UNA MEJOR FORMA DE HACERLO. ESTA FASE ES, ESTRICTAMENTE PASIVA. DEBEN RESERVARSE PARA DESPUES CUALQUIER DISCUSION, EVALUACION O JUICIO.

### METODOS GRAFICOS DE REGISTRO DE INFORMACION

SE UTILIZAN AQUI UNA SERIE DE CARTAS Y DIAGRAMAS PARA REPRESENTAR GRAFICAMENTE LOS HECHOS: CARTAS DE PROCESO SIMPLIFICADO -FIG 5-, CARTAS DE FLUJO DE PROCESO -FIG. 6-, DIAGRAMAS DE FLUJO -Fig. 7-, DIAGRAMAS DE HILO -FIG. 8-, CARTA DE REGISTRO DE RECORRIDOS -FIG. 9-, CARTA DE ACTIVIDADES MULTIPLES -FIG. 10-, CARTA DE MOVIMIENTO DE DOCUMENTOS -FIG. 11 -, DIAGRAMAS DE ENSAMBLE O GOZINTO -FIG. 12-, etc.



NOTA: NUMERACION DEFINIDA PARA CADA SIMBOLO

FIG. 5 CARTA DE PROCESO SIMPLIFICADO

PIEZAS EN ALMACEN

TRANSPORTE A MAQUINA

ESPERANDO SER MAQUINADAS

MAQUINADO DE PIEZAS

ESPERANDO TRANSPORTE

TRANSPORTE A INSPECCION

ESPERANDO INSPECCION

INSPECCION

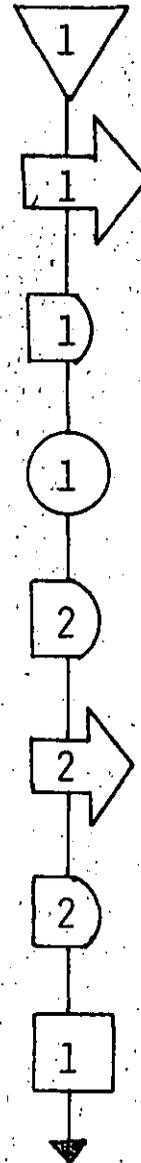


FIG. 6 CARTA DE FLUJO DE PROCESO (TIPO: MATERIALES)

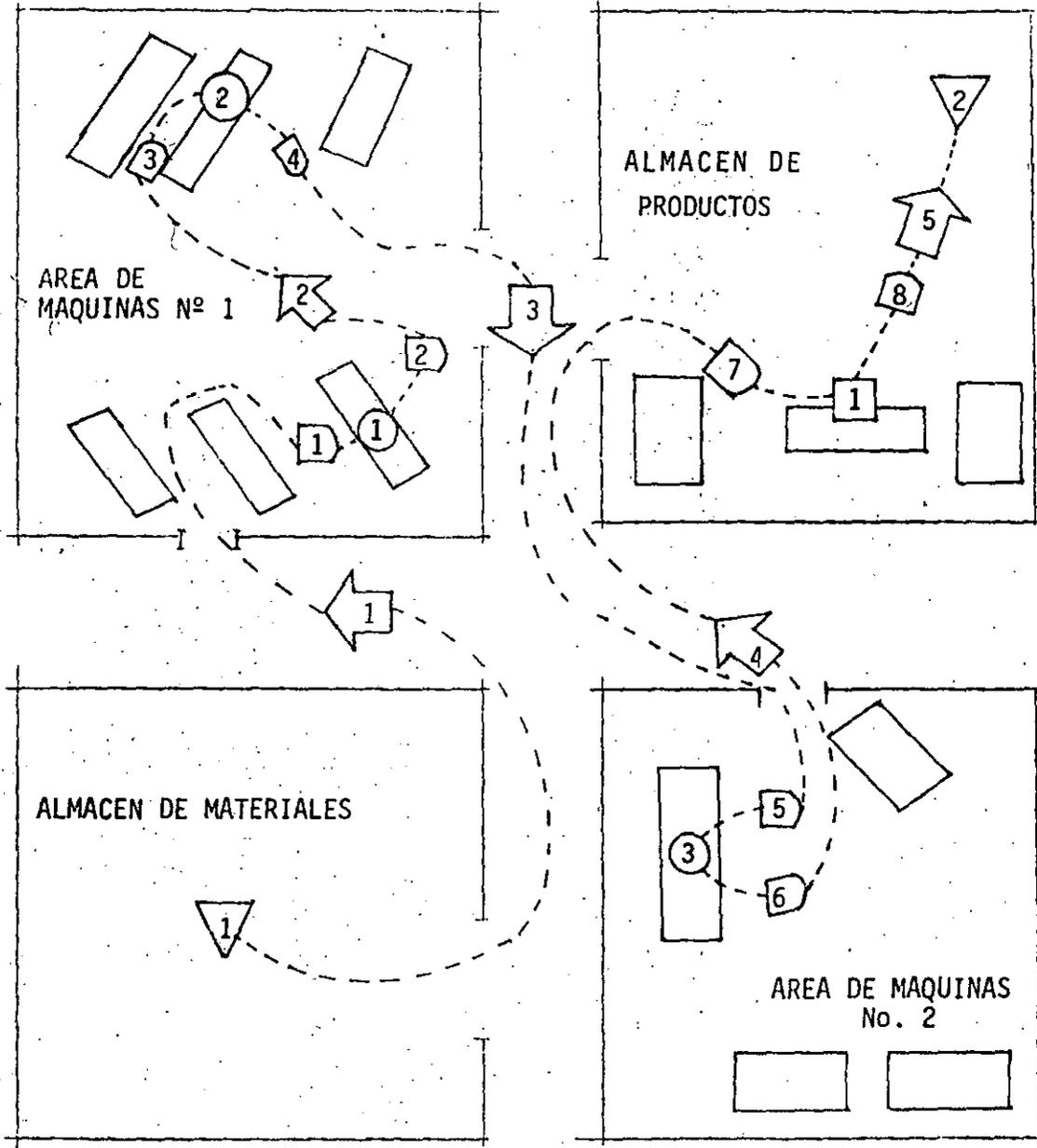
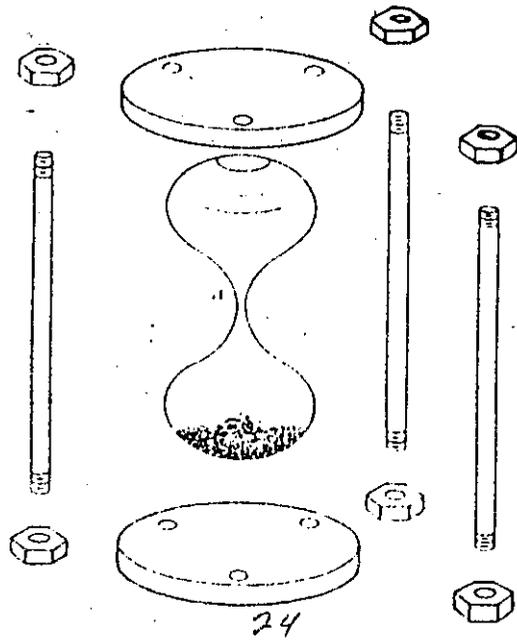
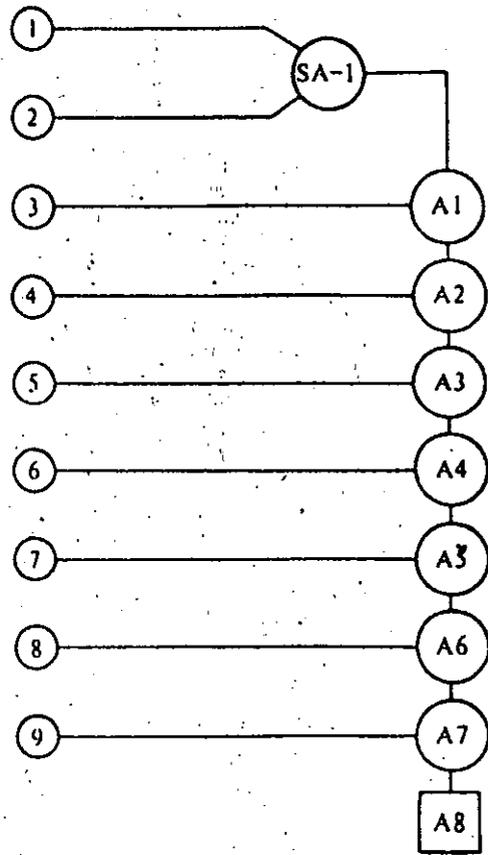
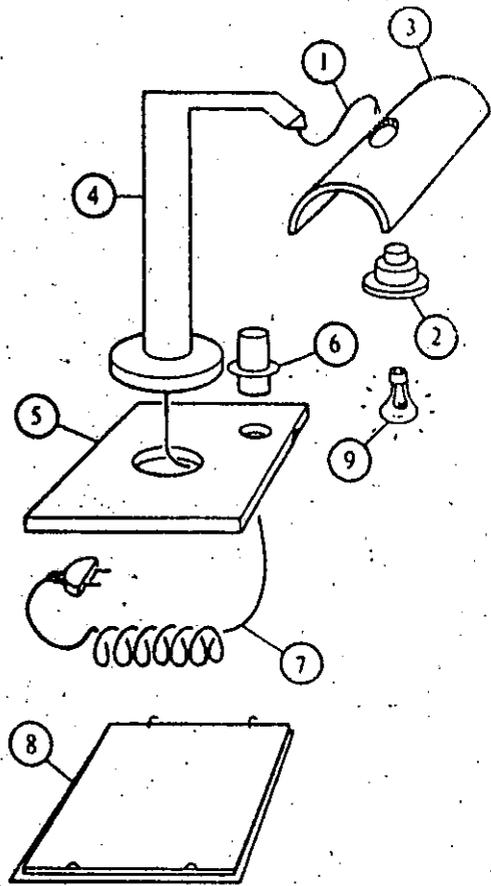


FIG. 7 DIAGRAMA DE FLUJO ( TIPO: MATERIALES )



24

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A		///	////				//// //// /		
B	//// //			//		//// //			//// ////
C	/				//// ////			/	
D		//							
E	//// ////		////				//// //// //		
F				//// ////				//// ////	
G		//// ////	////		//// //// //				//
H			//// /	//// //			//// ////		//// //// //
I		//			//// ////		//// //// //		

FIG. 9 CARTA DE REGISTRO DE RECORRIDOS

TIEMPO EN HORAS	ELECTRICISTA Y AYUDANTE	MECANICO Y AYUDANTE	OPERADOR DE GRUA	QUIMICO
1	QUITAN RESISTENCIA ELECTRICA.	INACTIVOS	INACTIVO	INACTIVO
	REVISAN Y REPARAN RESISTENCIA ELECTRICA	QUITAN TORNILLOS DE LA TAPA	ENGANCHA TAPA	
2		QUITAN TAPA	QUITAN TAPA	INSPECCIONA Y AJUSTA EL CATALIZADOR
		INACTIVOS	INACTIVO	
3	INACTIVOS	COLOCAN DE NUEVO LA TAPA	COLOCAN DE NUEVO LA TAPA	INACTIVO
		COLOCAN TORNILLOS Y ASEGURAN LA TAPA	DESENGANCHA	
4				INACTIVO
5	COLOCAN RESISTENCIA ELECTRICA REPARADA.	INACTIVOS	INACTIVO	
6				

FIG. 10 CARTA DE ACTIVIDADES MULTIPLES (TIPO HOMBRE-HOMBRE)

	CLIENTE	VENTAS	CONTABILIDAD	PRODUCCION	INGENIERIA	HERRAMIENTAS Y PROCESOS	MANUFACTURAS	OBrero	ALMACEN	INSPECCION	EMBARQUE
ORDEN DE COMPRA	2	X	°	°							
PEDIDO DEL CLIENTE	3	X	°	°							
ORDEN DE MANUFACTURA	7	X	°	X	°	°	°			D-°-*	
PLANOS	4			X	X	°	°			D-°-*	
LISTA DE PIEZAS	5			X	X	°	°			D-°-*	
HOJAS DE RUTA	2			X	X	°	°				
REQUISICION DE MATERIAL	2			X	X	°	°			D-°	
PROGRAMACION PRODUCCION	2			X	X	°	°				
BOLETA DE TRABAJO	2			X	X	°	°				
MATERIAL											
BOLETA DE EMPAQUE	3										
FACTURA	2										

CLAVE: X LUGAR DE ORIGEN                      ° LUGAR DE EJECUCION  
D ESPERA TEMPORAL                              \* PUNTO FINAL

FIG. 11 CARTA DE MOVIMIENTO DE DOCUMENTOS

## INFORMACION SOBRE EL CICLO DE PRODUCCION-CONSUMO

MEDIANTE ESTA TÉCNICA, SE ANALIZA LA COMPATIBILIDAD DE UN PRODUCTO O SERVICIO CON LAS DEMANDAS DE CADA UNO DE LOS PROCESOS DEL CICLO: PRODUCCION-DISTRIBUCION-CONSUMO-RETIRO. LA FIGURA 13 MUESTRA ESQUEMATICAMENTE EL FLUJO DE LA INFORMACION DESDE CADA UNO DE LOS PROCESOS. VER TAMBIEN TABLAS I (a), I (b), I (c) y I (d).

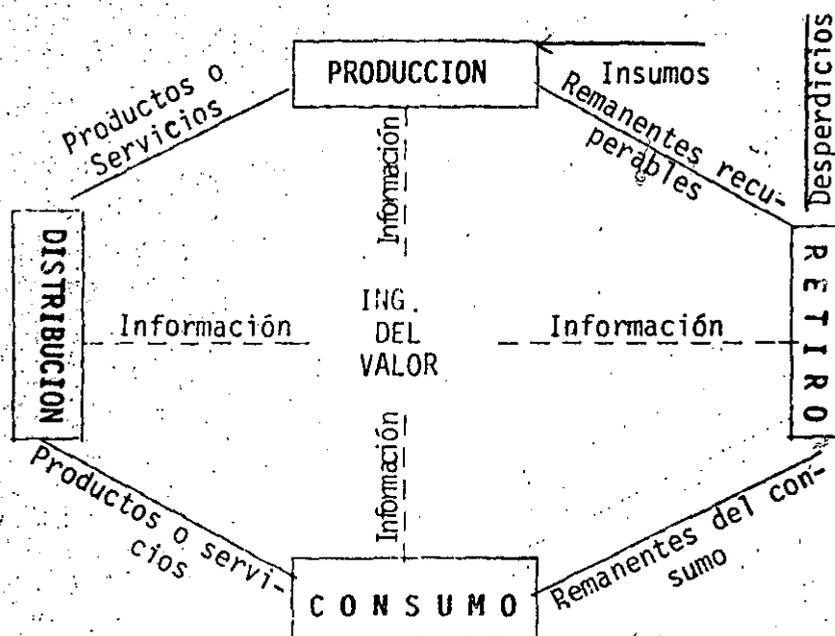


FIGURA 13. EL CICLO: PRODUCCION-DISTRIBUCION-CONSUMO-RETIRO Y LA INGENIERIA DEL VALOR.

### TABLA I (a)

#### INFORMACION SOBRE EL PROCESO DE PRODUCCION

##### A. LOS MATERIALES Y PARTES COMPRADAS

##### 1. PROPIEDADES FUNCIONALES

Continuación Tabla I (a)

2. DISPONIBILIDAD
3. PRODUCIBILIDAD
4. CONFIABILIDAD
5. PESO O VOLUMEN
6. APARIENCIA
7. PROVEEDORES ACTUALES
8. PROVEEDORES POSIBLES
9. CANTIDADES NORMALES Y MINIMAS DE ORDENAMIENTO
10. HISTORIA DE ENTREGAS
11. PRECIOS DE COMPRA
12. COSTOS (TRANSPORTE, ALMACENAJE, ORDENAMIENTO, ETC.)

B . EL EQUIPO Y HERRAMIENTAS

1. EQUIPO Y HERRAMIENTAS ESTANDAR O ESPECIALES
2. DISPONIBILIDAD
3. CAPACIDAD
4. COSTOS

C . LA MANO DE OBRA

1. SIN ENTRENAMIENTO O ESPECIALIZADA
2. DISPONIBILIDAD
3. METODOS
4. TIEMPOS
5. COSTOS

D . EL METODO DE PRODUCCION

1. VOLUMENES DE PRODUCCION
2. PORCIENTO DE DESPERDICIOS EN MATERIALES
3. PORCIENTO DE RECHAZOS EN PRODUCTOS
4. METODOS ESPECIFICOS DE PRODUCCION

Continuación Tabla I (a)

5. CONOCIMIENTOS TECNOLOGICOS E INGENIERIA
6. TOLERANCIAS Y ACABADOS
7. DIAGRAMAS DE ENSAMBLE
8. CARTAS DE FLUJO DE PROCESO
9. HOJAS DE RUTA
10. HOJAS DE OPERACION

TABLA I (b)

**INFORMACION SOBRE EL PROCESO DE DISTRIBUCION**

**A. EL EMPAQUE Y EL EMBALAJE**

1. PESO BRUTO Y PESO NETO
2. VOLUMEN
3. FORMA EXTERIOR
4. PROTECCION CONTRA GOLPES Y MEDIO AMBIENTE
5. FACILIDAD DE MANEJO
6. COSTO

**B. EL ALMACENAJE**

1. LOCALIZACION
2. DIMENSIONES
3. EQUIPO
4. COSTOS

**C. LA VENTA**

1. PROMOCION
2. PRESENTACION
3. VIDA EN MOSTRADOR
4. COSTOS

TABLA I (c)

**INFORMACION SOBRE EL CONSUMO**

1. FACILIDAD PARA EL MANTENIMIENTO
2. CONFIABILIDAD EN LA OPERACION
3. SEGURIDAD
4. CONVENIENCIA EN EL USO (FACTORES HUMANOS)
5. ADAPTABILIDAD A VARIAS APLICACIONES
6. ESTETICA
7. ECONOMIA OPERACIONAL
8. DURACION EN SERVICIO
9. PRECIO DE COMPRA

TABLA I (d)

**INFORMACION SOBRE EL RETIRO**

1. RAZON DE OBSOLESENCIA
2. VIDA FISICA
3. ADAPTABILIDAD A VARIOS NIVELES DE USO
4. REUTILIZACION DE MATERIALES Y COMPONENTES DE LARGA VIDA
5. NOCIDIDAD DE DESPERDICIOS

**LOS SEIS FIELES SERVIDORES**

ES UNA TECNICA MUY ADECUADA PARA DETERMINAR LAS CIRCUNSTANCIAS - QUE, QUIEN, COMO, CUANDO, DONDE Y PORQUE - INHERENTES A LAS TAREAS O ACTIVIDADES EN QUE SE DESGLOSE LA PRESENTACION DE UN SERVICIO. EN LA TABLA II SE MUESTRA UN INSTRUCTIVO PARA LA CONTESTACION DE LAS PREGUNTAS QUE APARECEN EN LOS ENCABEZADOS, SE ACONSEJA SE CONTESTEN LAS RAZONES DE CADA CIRCUNSTANCIA ANTES DE PASAR A LA SIGUIENTE.

TABLA II

**INFORMACION SOBRE EL PROPOSITO, LUGAR, TIEMPO, PERSONA Y MEDIOS DE ACTIVIDADES O TAREAS DE SERVICIOS**

**CIRCUNSTANCIAS**

**RAZONES**

¿QUE SE ESTA REALIZANDO?

CONSIDERE EL ELEMENTO AISLADO

NOTA: ¿QUE SE ESTA REALIZANDO?

NO COMO O POR QUE SE ESTA REALIZANDO.

¿POR QUE ES ESO?

LAS RAZONES DADAS PUEDEN NO SER VALIDAS. LAS VERDADERAS RAZONES PUEDEN ESTAR ENCUBIERTAS.

¿DONDE SE ESTA REALIZANDO?

SE REQUIERE LA LOCALIZACION DE LA ACTIVIDAD DENTRO DE LA PLANTA O AREA; CROQUIS DEL LUGAR DE TRABAJO, DISTANCIA, REFERENCIAS.

NOTA: RECUERDE LAS TRES DIMENSIONES.

¿POR QUE EN ESE LUGAR?

¿QUE ES LO QUE DEFINE LA LOCALIZACION ACTUAL Y CUALES FUERON LAS RAZONES ORIGINALES?

¿CUANDO SE ESTA REALIZANDO?

A) ¿CUALES SON LAS ACTIVIDADES PREVIAS Y SUBSECUENTES Y CUALES SON LOS FACTORES DE TIEMPO INCLUIDOS ?

B) ¿CUAL ES LA FRECUENCIA DE EJECUCION?

¿POR QUE ENTONCES?

¿QUE ES LO QUE DETERMINA?

A) LA SECUENCIA  
B) LA FRECUENCIA

TABLA II (Continuación)

CIRCUNSTANCIAS	RAZONES
¿ QUIEN LO ESTA REALIZANDO ?	¿ POR QUE ESA PERSONA ?
A) NUMERO DE OPERADORES B) GRADO, V.G. VARON SIN ENTRE- NAMIENTO C) EMPLEO, V.G. TRABAJADOR DE DIA D) DESIGNACION O NOMBRE E) ESQUEMA DE SALARIOS Y ES- QUEMA DE INCENTIVOS SI SE CONSIDERA APROPIADO.	DAR RAZONES PARA CADA ENCABE- ZADO.
¿ COMO SE ESTA REALIZANDO ?	¿ POR QUE ASI ?
LA INFORMACION DEBE DARSE TAN SIMPLE COMO SEA POSIBLE, BAJO LOS SIGUIENTES ENCABEZADOS CON TODOS LOS DETALLES RELEVANTES:	DEBEN INVESTIGARSE LAS RAZONES PARA CADA UNO DE LOS ELEMETOS TABULADOS BAJO CADA UNO DE LOS ENCABEZADOS.
A) MATERIALES EMPLEADOS B) EQUIPO EMPLEADO C) METODO DEL OPERARIO D) CONDICIONES DE OPERACION, INCLUYENDO SEGURIDAD.	

**EL DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO**

ESTE DIAGRAMA - LLAMADO TAMBIEN DIAGRAMA DE ESPINAZO DE PESCADO - FUE DESARROLLADO POR EL DR. ISHIKAWA DE LA UNIVERSIDAD DE TOKIO Y SIRVE PA

RA ILUSTRAR DE MANERA RACIONAL LAS RELACIONES ENTRE LA CAUSA Y EL EFECTO INHERENTE A UN PROBLEMA.

LA FIGURA 14 MUESTRA UN DIAGRAMA DE ISHIKAWA TIPICO DESPUES DE APLICAR LA REGLA DE LAS CUATRO M'S CUALESQUIERA QUE SEAN LAS CAUSAS DE UN PROBLEMA DE PRODUCCION, PUEDEN SER ESTAS ENCONTRADAS EN LOS MATERIALES, EN LA MAQUINARIA, EN LA MANO DE OBRA O EN EL METODO.

#### DEFINICION DE LA FUNCION

MEDIANTE ESTA TECNICA, RESTABLECEMOS LAS PALABRAS QUE DESCRIBEN CON PRECISION LAS NECESIDADES ORIGINALES. AL SELECCIONAR LAS PALABRAS APROPIADAS - USUALMENTE UN VERBO Y UN SUSTANTIVO -, PARA DEFINIR LA FUNCION DE UN PRODUCTO O SERVICIO, EL INGENIERO DEL VALOR SE ESFUERZA A PENSAR DETENIDAMENTE EN LO QUE EL OBJETO HACE UNA FORMA ESPECIFICA. ESTA ETAPA SE CONCENTRA EN EL ANALISIS DE LAS PARTES DEL PRODUCTO BAJO ESTUDIO Y SOBRE LAS FUNCIONES BASICAS Y SECUNDARIAS QUE TIENEN ESTAS ETAPAS QUE EJECUTAR.

LA TABLA III NOS MUESTRA ALGUNOS EJEMPLOS DE DEFINICION DE LA FUNCION DE DIFERENTES ARTICULOS DE USO COMUN USANDO UN VERBO Y UN SUSTANTIVO.

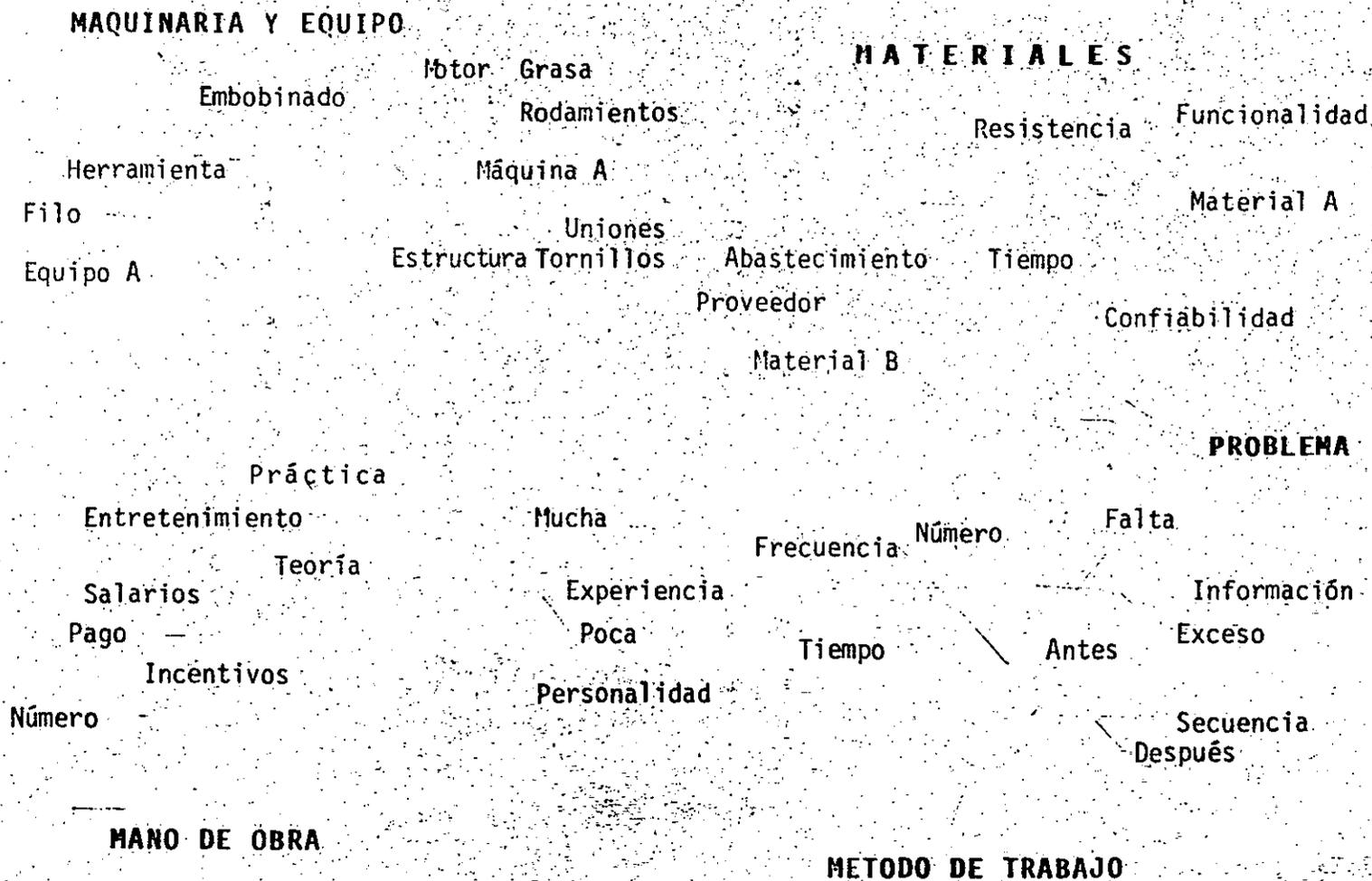
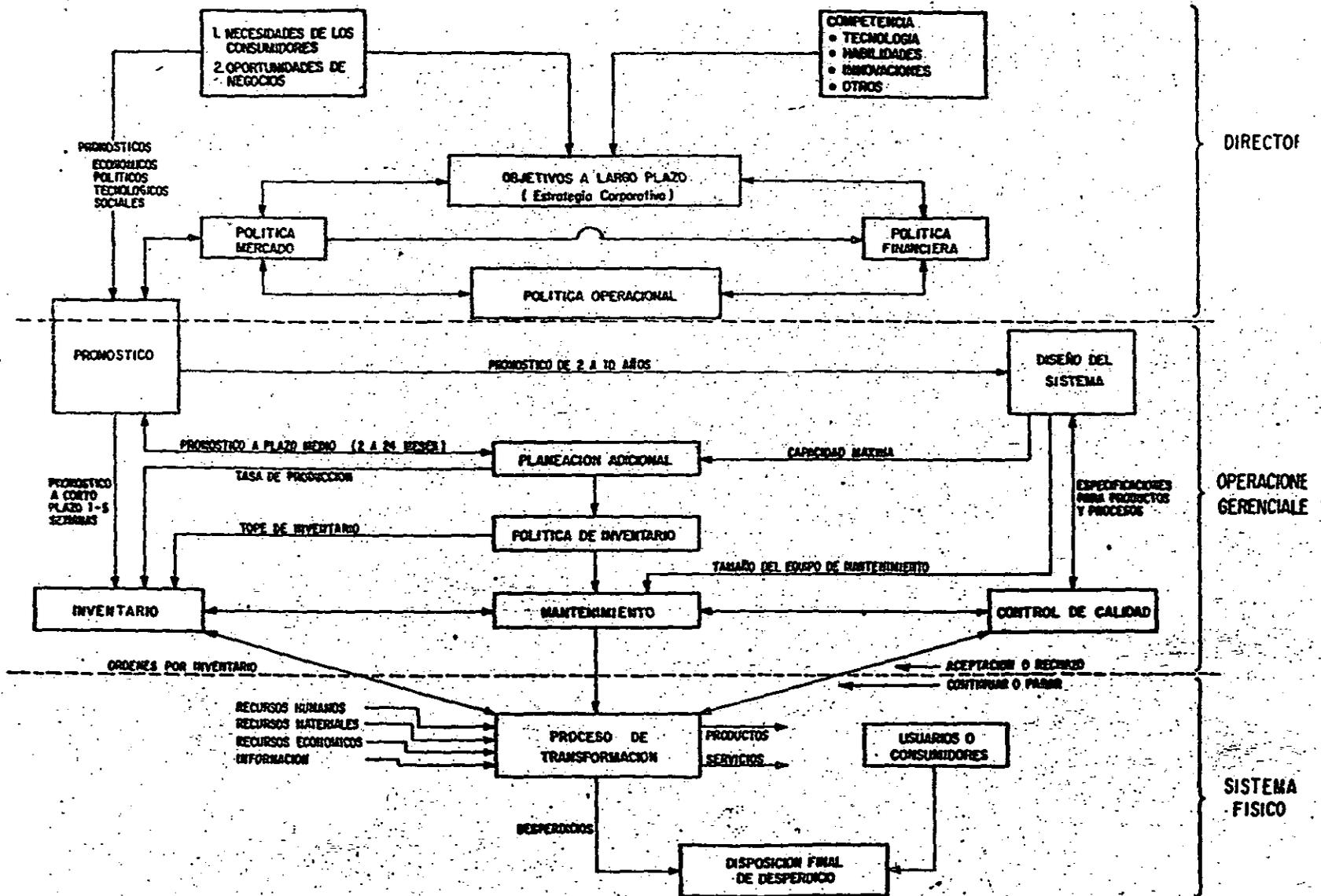
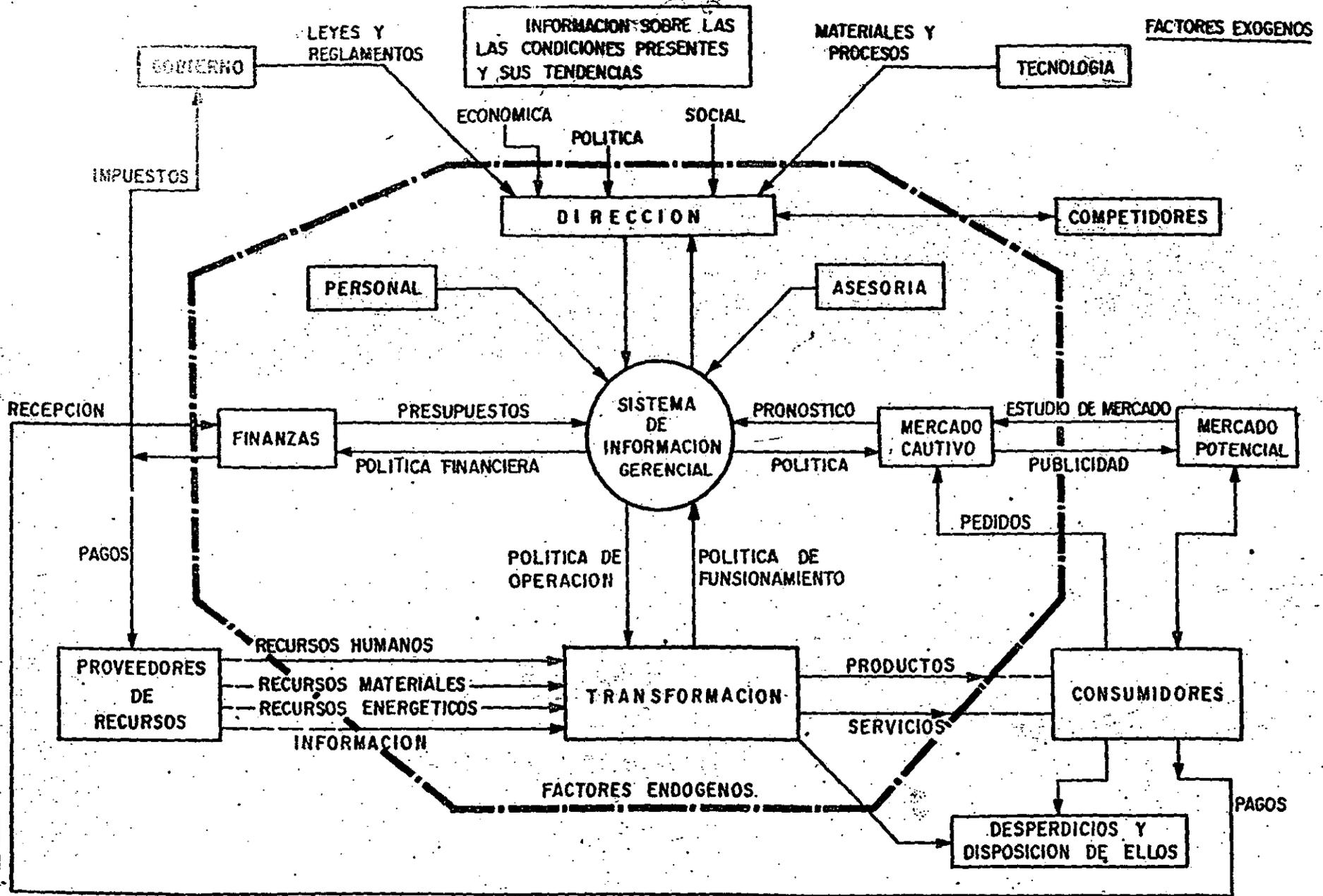


FIG. 14 DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO.



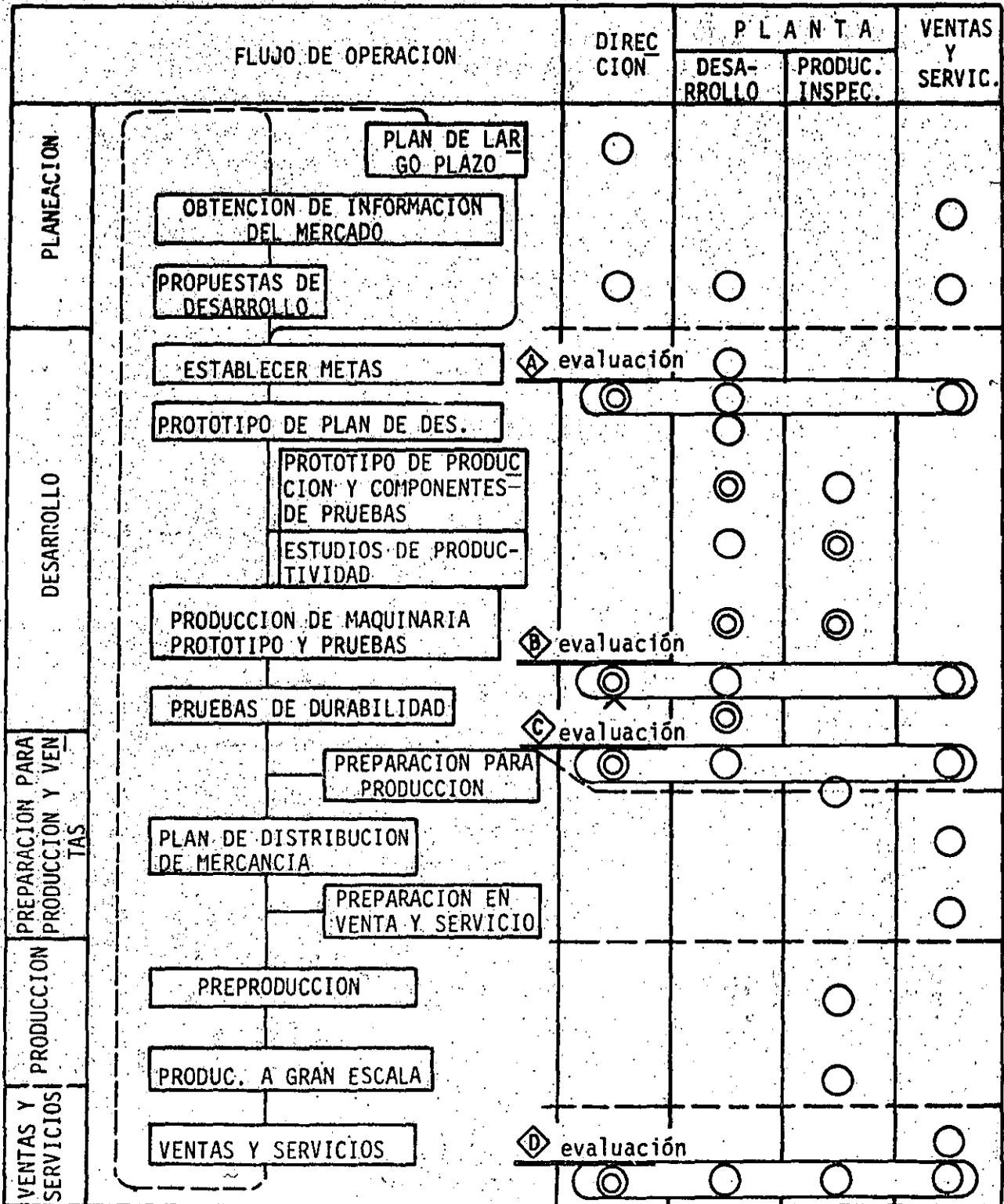
FUNCIONES ESPECIFICAS DE LA ACTIVIDAD DIRECTIVA



SISTEMA DE INFORMACION GERENCIAL

30  
96

# SISTEMA DEL DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS



### III. LA FASE DE CREACION

EL PROPOSITO DE ESTA FASE ES GENERAR UNA LISTA DE FORMAS ALTERNATIVAS DE EJECUTAR LA FUNCION BASICA IDENTIFICADA EN LA FASE ANTERIOR. ESTO SE LOGRA BUSCANDO LA FORMA MAS BARATA DE OBTENER LA FUNCION REQUERIDA.

LA HABILIDAD PARA UN RAZONAMIENTO CREATIVO DEPENDE UNICAMENTE DE NUESTRA INICIATIVA, DE NUESTRA PERCEPCION E IMAGINACION. NO EXISTEN REGLAS QUE NOS PUEDAN DECIR COMO SE RESUELVEN LOS PROBLEMAS CREATIVOS. A PESAR DE ESTO, PARA CIERTOS CAMPOS LIMITADOS SE HAN DESARROLLADO TECNICAS PARA ESTIMULAR LA IMAGINACION. DISCUTIREMOS ALGUNAS DE ESTAS TECNICAS. LA RUPTURA DE LA PREDISPOSICION, EL METODO DE INVERSION, LAS LISTAS DE SUPERVISION, LA RELACION DE ATRIBUTOS, LA ANALOGIA DIRECTA, LA ANALOGIA PERSONAL O EMPATIA, LA ANALOGIA FANTASTICA O FANTASIA, LA ANALOGIA SIMBOLICA Y LA TORMENTA DE IDEAS. VEREMOS TAMBIEN ALGUNOS LINEAMIENTOS PARA EL ANALISIS DE LOS MATERIALES, EL DISEÑO PARA LA PRODUCCION Y LA COMPRA DE PARTES Y COMPONENTES.

INICIALMENTE SE ANALIZARA QUE ES LA CREATIVIDAD, ALGUNOS DE SUS OBSTACULOS Y ESTIMULOS.

CREATIVIDAD PALABRA DERIVADA DE "CREAR", SIN EMBARGO, CREAR POR DEFINICION ES: HACER ALGO DE LA NADA, ES POR LO TANTO UN ACTO DIVINO. ESTO NO LO PUEDE HACER EL HOMBRE.

ENTONCES, ESTE CONCEPTO DE CREAR NO PODRIAMOS TOMARLO TAL CUAL SE HA EXPRESADO, PERO DE UN MODO MAS MODESTO PODRIAMOS DEFINIR LA CREACION COMO EL HECHO DE COMBINAR, ASOCIAR Y ESTRUCTURAR CONJUNTOS ORIGINALES, CON BASE EN ALGO YA EXISTENTE.

ASI POR EJEMPLO, UN ARTISTA UTILIZA MATERIALES QUE COMBINADOS Y ESTRUCTURADOS DE UNA FORMA PARTICULAR, DA ORIGEN A UNA OBRA ORIGINAL, O BIEN, SE DICE QUE UN CIENTIFICO UTILIZA SUS CONOCIMIENTOS Y SE APOYA EN TRABAJOS DE SUS PREDECESORES, PARA DESCUBRIR O INVENTAR ALGO, PARA NUESTROS PROPOSITOS, DESCUBRIR, INNOVAR, INVENTAR O CREAR, SERAN LA MISMA COSA.

CON ESTOS CONCEPTOS DE CREACION PODRIAMOS AFIRMAR QUE LA POSIBILIDAD DE CREAR, ES DECIR, LA CREATIVIDAD NO ES SOLO UN ACTO DIVINO, SINO QUE ESTA AL ALCANCE DE MUCHISIMAS PERSONAS, PUES TODO HOMBRE ES CAPAZ DE REUNIR, COMBINAR Y LUEGO EDIFICAR ALGO NUEVO A PARTIR DE ESAS COMBINACIONES.

¿QUE PODRIA USTED CREAR COMBINANDO Y ESTRUCTURANDO ESTOS ELEMENTOS EN FORMA ORIGINAL?

CON ESTE SIMPLE EJEMPLO PODEMOS COMPROBAR QUE CASI CUALQUIER PERSONA PUEDE CREAR ALGO, SIN EMBARGO, PORQUE SON TAN POCAS LAS PERSONAS QUE CREAN O QUE HACE USO DE SU POTENCIAL CREATIVO?

HASTA HACE MUY POCO TIEMPO ERA SUFICIENTE UN PEQUEÑO NUMERO DE "GENIOS" QUE ALIMENTABAN CON SUS IDEAS A LA CIENCIA, LA SOCIEDAD, LA ECONOMIA, ETC., ACTUALMENTE ESOS GENIOS SON MUY POCOS CON RELACION A LAS NECESIDADES, LO CUAL CONSTITUYE UNA EXTRAORDINARIA OPORTUNIDAD PARA EL HOMBRE COMUN Y CORRIENTE, YA QUE LA CREATIVIDAD DE LOS INDIVIDUOS Y DE LOS GRUPOS SE HA CONVERTIDO EN UNA CONDICION DEL DESARROLLO (COMO DIRIA DUBUFFET).

RETOMANDO LA PREGUNTA: ¿POR QUE SON TAN POCAS LAS PERSONAS CREADORAS?

¿SERA ACASO QUE LA INTELIGENCIA DETERMINA LA CREATIVIDAD?

DURANTE MUCHO TIEMPO SE PENSO QUE SI, SE ACEPTO A OJOS CERRADOS QUE EL PODER DE CREAR ERA UN DON QUE PERTENECIA A UNA MINORIA MISTERIOSAMENTE DESIGNADA, AFORTUNADAMENTE, A PARTIR DE LOS AÑOS 50S. EL ESTUDIO DE LA CREATIVIDAD HA TENIDO UN FLORECIMIENTO Y ASI POR EJEMPLO GUILFORD (FRANCES), TUVO EL MERITO DE DEMOSTRAR CIENTIFICAMENTE QUE NO HAY UNA TOTAL CORRELACION ENTRE INTELIGENCIA Y CREATIVIDAD DEBIENDO QUEDAR CLARO QUE LA CREATIVIDAD NO ESTA AISLADA DE LA INTELIGENCIA.

ENTONCES SI LA CREATIVIDAD ES ALGO QUE TODOS POSEEMOS, QUIZA SEAN TAN POCOS LOS QUE LA DESARROLLAN, POR QUE ES NECESARIO PENSAR Y SEA CIERTA LA FRASE DE HENRY FORD: "PENSAR ES EL ESFUERZO MAS ARDUO... POR ESO SON TAN POCOS LOS QUE LO HACEN".

Y POR SI ESTO FUERA POCO EXISTEN HABITOS, MALOS HABITOS QUE IMPIDEN DESARROLLAR LA CREATIVIDAD, DE TAL FORMA QUE PODRIAMOS CITAR ALGUNAS "RAZONES" PARA MATAR LAS IDEAS CREATIVAS, VEAMOS ALGUNAS DE LAS MAS CONOCIDAS:

1. SIEMPRE SE HA HECHO ASI.
2. HICIMOS LA PRUEBA UNA VEZ Y NO RESULTO.
3. COSTARIA DEMASIADO
4. ORGANICEMOS UN COMITE PARA ESTUDIARLO
5. EL JEFE NO LO ACEPTARIA
6. ES UNA BUENA IDEA, PERO AHORA NECESITAMOS ALGO MAS PRACTICO.
7. A DURAS PENAS TENEMOS TIEMPO PARA EL TRABAJO DEL DIA....
8. ESO NO ES TRABAJO MIO.
9. LO TENDREMOS EN CUENTA EN EL PRESUPUESTO DEL AÑO ENTRANTE.
10. ESTOY DEMASIADO CANSADO.
11. ¿QUE PENSARIA LA GENTE?
12. HAY QUE ESPERAR LAS CONDICIONES PROPICIAS PARA HACERLO.
13. ESO PUEDE ESPERAR
14. NO PUEDO
15. NO SE COMO HACERLO.
16. NO HAGAN OLAS ASI ESTAMOS BIEN.
17. ESA SOLUCION ES PEOR QUE EL PROBLEMA.
18. SI LA COMPUTADORA LO HIZO DEBE ESTAR BIEN.
19. NO ESTAMOS PREPARADOS PARA HACER ESO.
20. ESO EXIGE UNA DECISION DE "ARRIBA"
21. LO HARE MAS TARDE.
22. MAÑANA SI LO HARE.
23. SI FUERA BUENA ESA IDEA, YA SE ME HABRIA OCURRIDO ANTES.
24. ESO ES UNA BOMBA ¿VERDAD?
25. O SIMPLE Y LLANAMENTE NO HAY TIEMPO

ESTAS Y MUCHAS OTRAS FRASES MAS, REFLEJAN LAS ACTITUDES QUE MUCHOS TENEMOS CON MAYOR FRECUENCIA DE LO QUE NOS GUSTARIA ACEPTAR, Y ESTO TRAE COMO CONSECUENCIAS:

- IMPEDIR EL PENSAMIENTO CREADOR
- ESTABLECER RUTINAS DEMASIADO COMODAS.
- SOFOCAR NUEVAS IDEAS.
- OBSTACULIZAR TODA ACTIVIDAD CONSTRUCTIVA E INNOVADORA
- MUTILAR LAS ASPIRACIONES
- DESTRUIR LA CONFIANZA EN SI MISMO.

PERO ASI COMO EXISTEN ESTOS HABITOS PARA EVITAR LA CREATIVIDAD, ASI TAMBIEN EXISTEN FORMAS DE EVITARLOS, PRIMERO ES NECESARIO TENER CONCIENCIA DE CUALES DE ESTAS FRASES FORMAN PARTE DE NUESTRA FORMA DE ACTUAR Y TENER EL FIRME PROPOSITO DE EVITARLO, TOMANDO LAS SIGUIENTES ACTITUDES FUNDAMENTALES: EL NO, - EL POR QUE Y EL POR QUE NO.

NO.- SE COMIENZA SENCILLAMENTE POR NEGARSE A ACEPTAR QUE LAS COSAS SEAN SIMPLEMENTE LO QUE SON; SE PONE EN DUDA SU BUEN FUNDAMENTO E INCLUSO SU REALIDAD.

POR QUE.- SE TRATA DE COMPRENDER LAS CAUSAS Y SE INTENTA ANALIZAR EL ORIGEN DE LAS COSAS O FENOMENOS.

POR QUE NO.- SE ELABORAN NUEVOS MODELOS Y SE TIENEN DESEOS DE EXPERIMENTARLOS.

CON ESTA ACTITUD INTERROGANTE Y DINAMICA SE TIENE UN CAMPO FERTIL PARA DESARROLLAR LA CREATIVIDAD, PARA LO CUAL AFORTUNADAMENTE YA EXISTEN ALGUNAS TECNICAS QUE YA HAN DEMOSTRADO SU EFICACIA Y QUE FACILITAN EL PROCESO DE LA CREACION, DESCUBRIMIENTO O INVENCION DE ALGO.

VEAMOS BREVEMENTE EN QUE CONSISTEN ALGUNAS DE ESTAS TECNICAS, UTILIZANDO LA PALABRA "CREATIVIDAD" PARA FORMAR UNA ESPECIE DE ACROSTICO.

C COMBINAR  
R REEMPLAZAR  
E ELIMINAR  
A ADAPTAR  
T TORMENTA DE IDEAS  
I INVERTIR  
V VISTAS  
I INCREMENTAR  
D DIFERENTE USO  
A ANALOGIAS  
D DISMINUIR

C. COMBINAR: EL CONCEPTO U OBJETO, O PARTE DEL MISMO QUE SE DESEA, PERFEC-  
CIONAR, SE ASOCIA CON OTRA COSA, POR EJEMPLO, EL LAPIZ CON GOMA DE BORRAR SE  
INVENTO EN EL SIGLO XIX AL COMBINAR EN UN SOLO OBJETO, EL MEDIO DE ESCRIBIR  
Y EL MEDIO DE BORRAR.

R. REEMPLAZAR: ¿POR QUE COSA PODRIA REEMPLAZARSE EL CONCEPTO O ELEMENTO -  
CONSIDERADO?

¿PODRIA REEMPLAZARSE EL MAESTRO POR UNA MAQUINA?

¿PODRIA REEMPLAZARSE ESTA PARTE DEL METAL POR UNA DE PLASTICO?

E. ELIMINAR: ¿QUE COSA PODRIA ELIMINAR CON EL ELEMENTO O SISTEMA ESTUDIADO?  
¿SE PODRIA ELIMINAR LA OPERACION "X" DEL PROCESO DE FABRICACION?  
¿QUE CONTROLES DE LOS YA EXISTENTES SE PUDEN ELIMINAR, SIN CAUSAR TRASTORNOS  
AL SISTEMA?

A. ADAPTAR: AQUI SE BUSCAN POSIBILIDADES DE AGREGAR O MODIFICAR ELEMENTOS  
O SISTEMAS QUE PERMITAN MEJORAR LOS RESULTADOS.

¿SE PODRIA ADAPTAR UN MECANISMO PARA AUTOMATIZAR ESA OPERACION MANUAL?

T. TORMENTA DE IDEAS: ESTA ES UNA TECNICA QUE TIENE SUS MEJORES RESULTADOS  
CUANDO SE PRACTICA A NIVEL GRUPAL Y SIRVE PARA REUNIR UNA GRAN CANTIDAD DE -  
IDEAS ACERCA DE UN TEMA PUES CONSISTE EN QUE CADA PERSONA EXPRESE LIBREMENTE  
SUS IDEAS ANOTANDOSE TODAS, POR MUY INSIGNIFICANTES O ABSURDAS QUE PAREZCAN,  
PARA POSTERIORMENTE SEGUIR UN PROCESO DE SELECCION.

I. INVERTIR: "SI LA MONTAÑA NO VIENE A TI, ENTONCES TU VE A LA MONTAÑA, -  
ES LA ACTITUD MENTAL QUE HA DADO ORIGEN A MUCHOS INVENTOS, POR EJEMPLO EL -  
PASILLO TELESCOPICO EN LOS AEROPUERTOS.

OTRO SENTIDO QUE SE LE PUEDE DAR A LA TECNICA DE LA INVERSION ES:

LO DE ARRIBA ----- ABAJO

ADELANTE ----- ATRAS

DENTRO ----- FUERA

ETC.

V. VISTAS: PUEDE INTERPRETARSE COMO CAMBIO DE PUNTO DE VISTA ¿QUE IMAGEN TENDRIAMOS DEL PROBLEMA SI LO VIERAMOS DE PERFIL, DESDE ARRIBA, POR ABAJO, DESDE LEJOS, O AL CONTRARIO DELANTE DE LA NARIZ?

I. INCREMENTAR: O AGRANDAR.- ESTA ACTITUD CASI NO NECESITA EXPLICACION YA SE CONFORMA CON EL ESPIRITU DE GIGANTISMO QUE CARACTERIZA, EN EL PLANO TECNICO, SIN EMBARGO, ESTE CONCEPTO RESULTA INTERESANTE SI SE APLICA POR EJEMPLO A AGRANDAR UN PUESTO YA QUE PUEDE SIGNIFICAR: AUMENTAR SU SALARIO, SU PRESTIGIO, O SU ESTATUS, ETC.

D. DIFERENTE USO: EN CUANTO A OTROS USOS ¿PARA QUE OTRO PROPOSITO SE PODRIA UTILIZAR EL CONCEPTO QUE SE ANALIZA?. EJEMPLO: ACTUALMENTE ALGUNOS PRODUCTOS QUE TRADICIONALMENTE SE USABAN PARA LA LIMPIEZA DEL HOGAR, PUBLICAN TAMBIEN POSIBLE UTILIZACION EN LIMPIEZA DE AUTOS.

A. ANALOGIAS: LA ANALOGIA, ES UNA SEMEJANZA, ES UNA RELACION ENTRE DOS O MAS COSAS QUE PRESENTAN CIERTA SIMILITUD, LA ANALOGIA PUEDE IR DE LO CONCRETO A LO ABSTRACTO Y VICEVERSA, POR EJEMPLO, LA BANDERA SIMBOLIZA A LA PATRIA. UNA APLICACION DE ESTA TECNICA ES LA INVENCION DEL TELEFONO, EL CUAL SE INVENTO POR ANALOGIA CON LA TRASMISION DE LOS SONIDOS A TRAVES DE LA CADENA DE HUESECILLOS DEL OIDO.

D. DISMINUIR: O REDUCIR, ESTA TAMBIEN ES UNA TENDENCIA MUY DE MODA EN EL DOMINIO TECNOLOGICO.

ASI VEMOS POR EJEMPLO QUE SE REDUCE EL TAMAÑO DE LOS AUTOS, DE EQUIPOS ELECTRONICOS, ETC.

EXISTEN ALGUNAS TECNICAS MAS DE CREATIVIDAD, SIN EMBARGO, CON LAS BASICAS -- AQUI PRESENTADAS, MUCHO ES LO QUE SE PODRIA LOGRAR Y COMO SE VE SON SIMPLES, LO UNICO QUE HAY QUE HACER ES PRACTICARLAS.

MENCIONAREMOS ALGUNOS ASPECTOS DE ACTIVIDADES PERSONALES QUE NOS PUEDEN PERMITIR SALIR DE LA RUTINA Y PERMITIRAN UNA MAYOR DISPOSICION PARA EMPEZAR A HACER USO DE ESE POTENCIAL PARA CREAR QUE TODOS TENEMOS.

- LEER UN LIBRO AJENO A SU ESPECIALIDAD
- AYUDAR A UN NUEVO COMPAÑERO DE TRABAJO DE PREFERENCIA DE UN AREA DISTINTA A LA SUYA.
- HABLAR CON UNA PERSONA EXTRAÑA.

- IR A UN LUGAR NUEVO PARA USTED.
- VESTIR DE UN MODO DIFERENTE.
- PROPONER UNA IDEA NUEVA EN SU TRABAJO

Y ALGUNAS IDEAS MAS QUE SE LE PUEDAN OCURRIR.

PERO LO IMPORTANTE ES EMPEZAR A HACER USO DE NUESTRA CREATIVIDAD, PERO NO MAÑANA SINO AHORA.

## TECNICAS PARA ESTIMULAR LA CREATIVIDAD

1. ROMPIMIENTO DE LA PREDISPOSICION
2. METODO DE INVERSION
3. LISTAS DE SUPERVISION
4. RELACION DE ATRIBUTOS
5. LA ANALOGIA DIRECTA
6. LA ANALOGIA PERSONAL O EMPATIA
7. LA ANALOGIA FANTASTICA O FANTASIA
8. LA ANALOGIA SIMBOLICA
9. LA TORMENTA DE IDEAS

### 1. ROMPIMIENTO DE LA PREDISPOSICION

#### EJERCICIOS PARA LA RUPTURA DE PREDISPOSICION

1. DISTRIBUIR 24 PERSONAS EN SEIS FILAS, DE MODO DE QUE EN CADA FILA HAYA CINCO HOMBRES.
2. NUEVE CEROS SE HAY DISPUESTOS ASI

0	0	0
0	0	0
0	0	0

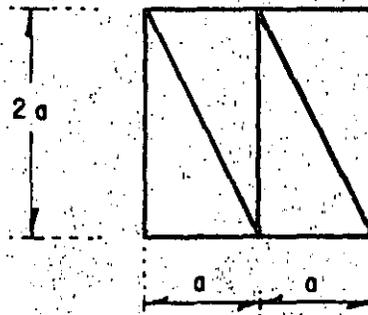
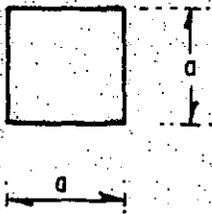
EL PROBLEMA CONSISTE EN TACHAR TODOS LOS CEROS TRAZANDO SOLO CUATRO LINEAS RECTAS, SIN DESPEGAR EL LAPIZ DEL PAPEL.

3. USANDO SEIS CERILLOS FORMAN CUATRO TRIANGULOS EQUILATEROS.

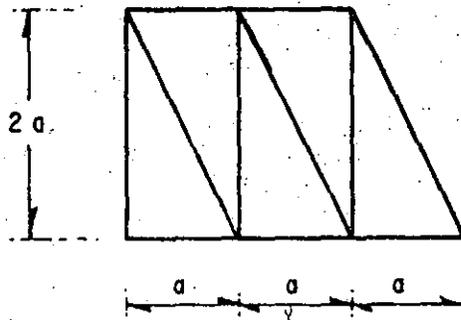
4. ESTA PARCELA DE TIERRA ESTA FORMADA POR CINCO PARCELAS CUADRADAS DE IDENTICAS DIMENSIONES. PUEDE USTED DIVIDIRLA NO EN CINCO, SINO EN CUATRO -- PARCELAS IGUALES?



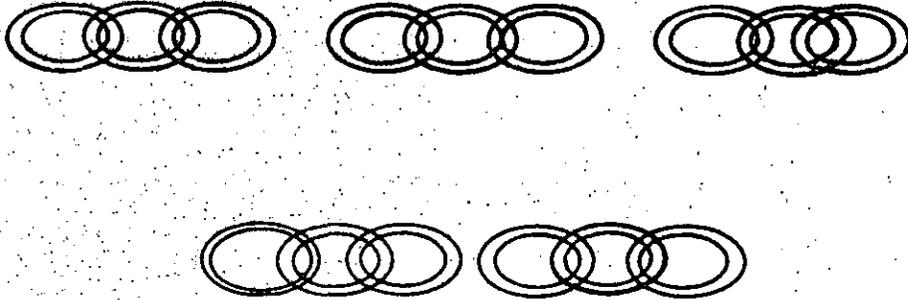
5. PUEDE USTED COMPONER UN CUADRADO CON CINCO TROZOS DE PAPEL, CUYAS FORMAS SE MUESTRAN?



6. PUEDE USTED COMPONER UN CUADRADO CON CINCO TROZOS DE PAPEL, CUYAS FORMAS SE MUESTRAN?. UNO DE LOS TRIANGULOS PUEDE CORTARLO USTED EN DOS PARTES, PERO LOS CUATRO RESTANTES DEBE UTILIZARLOS SIN CORTAR.



7. A UN HERRERO LE TRAJERON CINCO CADENAS DE TRES ESLABONES CADA UNA - REPRESENTADAS AQUI- Y LE ENCARGARON QUE LAS UNIERA FORMANDO UNA SOLA CADENA. CUAL ES EL NUMERO MINIMO DE ESLABONES QUE TIENE QUE ABRIR Y VOLVER A SOLDAR.



## 2. METODO DE INVERSION

ENTRE LOS PROCEDIMIENTOS CON QUE CUENTA EL INGENIERO DEL VALOR PARA ENCON--  
TRAR NUEVAS SOLUCIONES EN EL DISEÑO DE PRODUCTOS, OCUPA UN LUGAR DESTACADO  
EL METODO DE INVERSION, LA ESENCIA DE ESTE METODO RESIDE EN LA CONVERSION  
DE LA FUNCION, FORMA Y DISPOSICION DE LAS PIEZAS. A VECES, EN LOS ENSAM--  
BLES, SUELE SER DE PROVECHO CAMBIAR LOS PAPELES QUE DESEMPEÑAN LAS PIEZAS,  
POR EJEMPLO, A LA PIEZA CONDUCTORA HACERLA CONDUCTIDA, A LA DIRECTRIZ HACER--  
LA DIRIGIDA, A LA EXTERNA HACERLA INTERNA, A LA FIJA HACERLA MOVIL.

A VECES ES CONVENIENTE INVERTIR LAS FORMAS DE LAS PIEZAS POR EJEMPLO, UN CO  
NO EXTERIOR SUSTITUIRLO CON OTRO INTERIOR, UNA SUPERFICIE CONVEXA HACERLA -  
CONCAVA. EN OTROS CASOS RESULTA VENTAJOSO CAMBIAR DE SITIO LOS ELEMENTOS -  
CONSTRUCTIVOS DE UNA PIEZA A OTRA, POR EJEMPLO, LA CHAVETA DE LA FLECHA PA--  
SARLA AL CUBO O EL MARTILLETE DE LA PALANCA PASARLO AL EMPUJADOR.

CON ESTOS CAMBIOS, LA CONSTRUCCION ADQUIERE NUEVAS PROPIEDADES, LA MISION -  
DEL INGENIERO DEL VALOR RESIDE EN SOPESAR LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS  
VARIANTES INICIALES E INVERTIDAS, TENIENDO EN CUENTA LA RESISTENCIA MECANICA,  
LAS DIMENSIONES EXTERIORES, EL PROCESO DE DISTRIBUCION, EL CONSUMO Y EL --

RETIRO DEL PRODUCTO, PARA ELEGIR LA MEJOR DE ELLAS.

EN LA FIG. SE MUESTRAN EJEMPLOS DE INVERSION DE CONJUNTOS QUE HAN TRAI DO CONSIGO CAMBIOS EN LAS PROPIEDADES.

EN EL ESQUEMA I DE LA FIG. , A , EL MARTILLETE DEL BRAZO OSCILANTE ES PLANO, EL PLATILLO DEL EMPUJADOR ES ESFERICO, EN EL ESQUEMA INVERTIDO II EL MARTILLETE ES ESFERICO, EL PLATILLO DEL EMPUJADOR ES PLANO. EL RESULTADO DE LA INVERSION ES LA DISMINUCION DE LOS ESFUERZOS TRANSVERSALES SOBRE EL EMPUJADOR. ADEMAS, EL MARTILLETE PUEDE HACERSE CILINDRICO, LO QUE GARANTIZA EL CONTACTO LINEAL EN LA ARTICULACION, MIENTRAS QUE EN LA CONSTRUCCION SE--GUN EL ESQUEMA I, EL CONTACTO ES PUNTUAL.

EN EL ESQUEMA I DE LA FIG. , B EL NIPLE ESTA APRETADO CON LA AYUDA DE UNA TUERCA DE ACOPLAMIENTO INTERIOR. EN EL ESQUEMA INVERTIDO II SE EMPLEA UNA TUERCA EXTERIOR, COMO RESULTADO DE ESTO LAS DIMENSIONES AXIALES RESULTAN MENORES Y LAS RADIALES MAYORES. LA UNION POR EL ESQUEMA II ES MAS COMODA - PARA EL APRIETE.

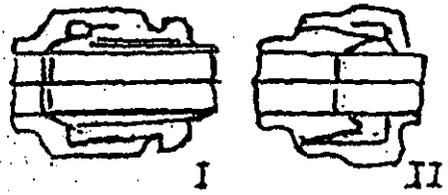
EN LA FIG. , C EL ESQUEMA II DE LA COLOCACION DEL ENGRANE ES MAS VEN-TAJOSO POR LAS DIMENSIONES Y POR LAS CUALIDADES DE INGENIERIA. LAS CONDICIO-NES DE TRABAJO DEL COJINETE MEJORAN DEBIDO AL AUMENTO DE LA RIGIDEZ DE LOS - APOYOS. AL INSTALAR EL ENGRANE POR EL ESQUEMA I LA FLECHA ESTA SOMETIDA A UNA CARGA CICLICA BAJO EL ESFUERZO DE ACCIONAMIENTO; EN EL ESQUEMA II EL EJE ESTA CARGADO ESTATICAMENTE.

SI EL ENGRANE ESTA INSTALADO SOBRE COJINETES DE CONTACTO RODANTE (FIG. D) SE DEBE TENER EN CUENTA QUE LA LONGEVIDAD DE LOS COJINETES EN EL ESQUEMA II (GIRAN LOS AROS EXTERIORES) ES MENOR QUE EN EL ESQUEMA I (GIRAN LOS AROS INTERIORES).

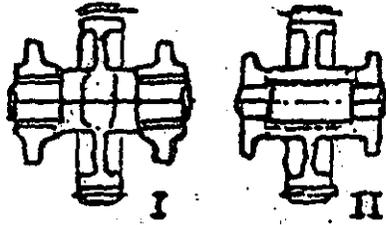
EN EL ESQUEMA I DE LA FIG. , E SE HACE LA SUJECION DE LA PALETA DE TUR-BINA EN FORMA DE HORQUILLA A LA ESPIGA ANULAR EN FORMA DE T DEL ROTOR. EN - EL ESQUEMA II EL PIE EN FORMA DE T DE LA PALETA SE SUJETA A LA RANURA ANULAR DEL ROTOR. ESTA INVERSION ASEGURA MENOR PESO, MAYOR RIGIDEZ Y HACE MAS SIM- PLE LA FABRICACION DE LA PARTE DE LA RAIZ DE LAS PALETAS.



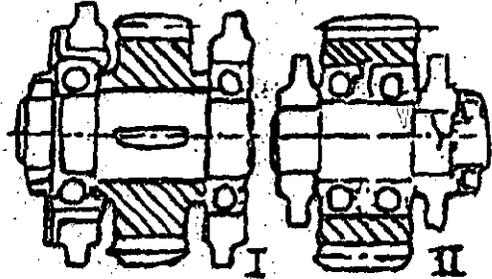
(a)



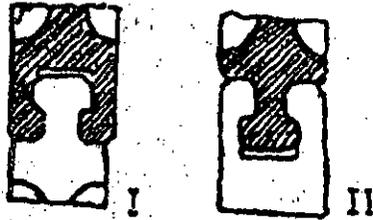
(b)



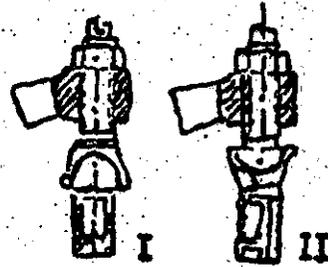
(c)



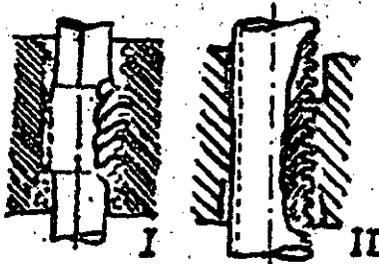
(d)



(e)



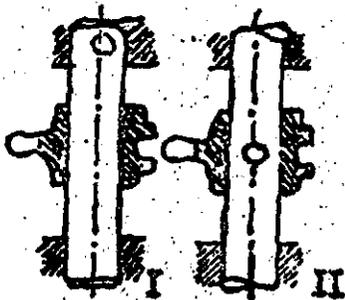
(f)



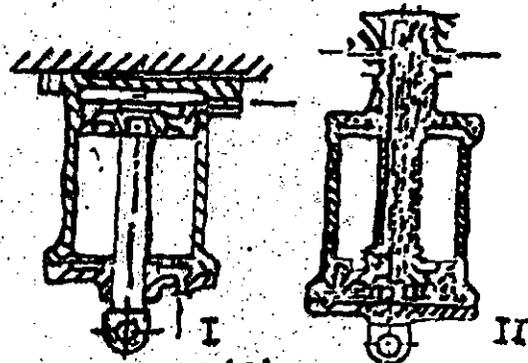
(g)



(h)



(i)



(j)

EN LA FIG. , F EL TRASLADO DE LA ESFERA DE LA VARILLA (ESQUEMA I) AL MARTILLETE (ESQUEMA II) MEJORA LA CONDICION DE LUBRICACION, EL ACEITE QUE SE ENCUENTRA EN LA CAVIDAD DEL MECANISMO SE ACUMULA EN LA CABEZA EN FORMA DE TAZA DE LA VARILLA. EN LA CONSTRUCCION REPRESENTADA EN EL ESQUEMA I ES TA CASI EXCLUIDA LA PENETRACION DEL ACEITE EN LA LUBRICACION.

EN LA FIG. , G EL FILETEADO DE UNA ROSCA LARGA EN UNA BARRA (ESQUEMA II) ES MAS VENTAJOSO DESDE EL PUNTO DE VISTA DE PRODUCCION QUE EL FILETEADO DE UNA ROSCA LARGA EN EL CUERPO (ESQUEMA I). SIENDO IGUALES EL DIAMETRO DE LA ROSCA Y LAS DIMENSIONES DE LA UNION, AUMENTA LA RESISTENCIA MECANICA DE LA BARRA POR EL ESQUEMA II.

EN LA FIG. , H, LA CONSTRUCCION DE LA GUIA PRISMATICA REPRESENTADA EN EL ESQUEMA II ES LA MAS VENTAJOSA POR LAS CONDICIONES DE LUBRICACION. LA RANURA HUNDIDA MANTIENE EL LUBRICANTE, LO QUE CONTRIBUYE A AUMENTAR LA LONGEVIDAD DE LA CONSTRUCCION Y LA CONSERVACION DE LA EXACTITUD DE LA DIRECCION.

EN EL ESQUEMA I DE LA FIG. , I LA CORREDERA I SE DESPLAZA POR EL VASTAGO INMOVIL. EN EL ESQUEMA INVERTIDO II LA CORREDERA ESTA FIJA EN EL VASTAGO QUE SE DESPLAZA POR LAS GUIAS.

COMO RESULTADO DE LA INVERSION MEJORA CONSIDERABLEMENTE LA DIRECCION.

EN LA CONSTRUCCION DEL ESQUEMA I DE LA FIG. , J EL CILINDRO ES INMOVIL; EN EL SE MUEVE EL EMBOLO CON EL VASTAGO ACCIONADOR. EN EL ESQUEMA INVERTIDO II SON INMOVILES EL EMBOLO Y EL VASTAGO, POR ELLOS SE DESPLAZA EL CILINDRO DOTADO DE UNA HORQUILLA ACCIONADORA. EN EL ESQUEMA II ES POSIBLE EL ACCIONAMIENTO DESDE CUALQUIER PUNTO POR ARRIBA DEL CILINDRO.

### 3. LISTA DE SUPERVISION PARA ESTIMULAR LA GENERACION DE IDEAS.

#### I. ¿PUEDEN CAMBIARSE LAS DIMENSIONES?

- MAS GRANDE
- MAS PEQUEÑO
- MAS LARGO
- MAS CORTO
- MAS ANCHO
- MAS PROFUNDO
- MENOS PROFUNDO
- MAS ALTO
- MAS BAJO

#### II. ¿PUEDE CAMBIARSE LA POSICION?

- VERTICAL
- HORIZONTAL
- INCLINADO
- ARRIBA
- ABAJO
- EN MEDIO
- ADELANTE
- ATRAS
- LATERAL
- DERECHA
- IZQUIERDA
- CIRCUNDAR
- LIMITAR

#### III. ¿PUEDE CAMBIARSE EL ORDEN?

- EN SERIE
- PARALELO
- ESTRATIFICAR
- INTERCALAR
- EN FORMA CRUZADA
- ANTES
- DESPUES
- ALTERNAR
- INVERTIR

#### IV. ¿PUEDE CAMBIARSE LA CANTIDAD?

- MAS
- MENOS
- FRACCIONAR
- UNIR
- AÑADIR
- COMBINAR
- COMPLETAR

## V. ¿PUEDE CAMBIARSE EL TIEMPO?

- MAS RAPIDO
- MAS LENTO
- QUE DURE MAS
- QUE DURE MENOS
- TEMPORIZAR
- SINCRONIZAR
- ANTICIPAR
- RENOVAR

## VI. ¿PUEDE CAMBIAR LA FORMA?

- REGULAR
- IRREGULAR
- CUADRADA
- TRIANGULAR
- ESFERICA
- CURVADA
- RECTA
- SIMETRICA
- ASIMETRICA
- AFILADA
- ROMA
- CONCAVA
- CONVEXA

## VII. ¿PUEDE CAMBIARSE EL MOVIMIENTO?

- ANIMADO
- PARADO
- APRESURADO
- RETARDADO
- SILENCIOSO
- RUIDOSO
- DIRIGIDO
- DESVIADO
- ATRAIDO
- REPELIDO
- LIMITADO
- ELEVADO
- BAJADO
- ROTADO
- OSCILADO
- REVERTIDO

## VIII. ¿PUEDE CAMBIARSE EL CARACTER?

- MAS FUERTE
- MAS DEBIL
- ALTERADO
- SUBSTITUIDO
- INTERCAMBIABLE
- ESTABILIZADO
- RESILENTE
- MAS DURO
- MAS BLANDO
- RUGOSA
- LISA
- MAS BARATO
- MAS CARO
- MAS OSCURO
- MAS PALIDO
- CON COLOR
- INCOLORO
- CAMBIAR COLOR
- MAS PESADO
- MAS LIVIANO

IX. ¿PUEDE CAMBIARSE LA CAUSA O EFECTO?

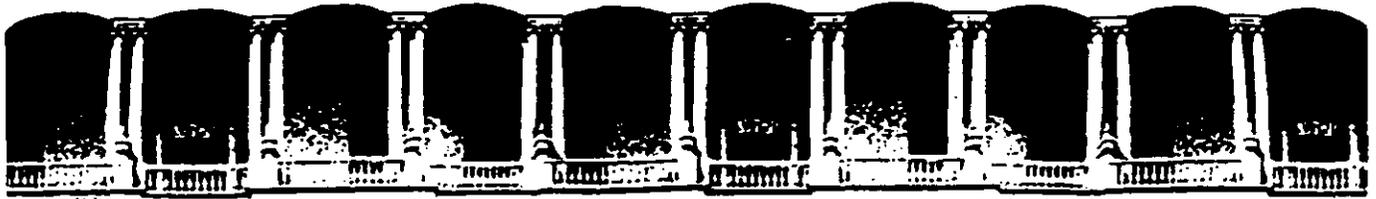
- |               |                |
|---------------|----------------|
| - ESTIMULADO  | - ALTERADO     |
| - ENERGIZADO  | - DESTRUIDO    |
| - REFORZADO   | - INFLUENCIADO |
| - MAS ELEVADO | - AGITADO      |
| - MAS SUAVE   | - CALMADO      |

X. ¿PUEDE CAMBIARSE EL ESTADO O CONDICION?

- |                |             |                |
|----------------|-------------|----------------|
| - MAS CALIENTE | - BLANDO    | - AISLADO      |
| - MAS FRIO     | - DURO      | - CONECTADO    |
| - SOLIDO       | - ESPESO    | - RIGIDO       |
| - LIQUIDO      | - ABIERTO   | - ELASTICO     |
| - GAS          | - CERRADO   | - EFERVESCENTE |
| - VAPOR        | - PARTIDO   | - INCORPORADO  |
| - MOLIDO       | - SECO      | - DESECHABLE   |
| - PULVERIZADO  | - MOJADO    | - NATURAL      |
| - COAGULADO    | - LUBRICADO | - SINTETICO    |

XI. ¿PUEDE ADAPTARSE A UN NUEVO MERCADO?

- |            |            |             |
|------------|------------|-------------|
| - HOMBRES  | - ALTOS    | - ANIMALES  |
| - MUJERES  | - BAJOS    | - VEGETALES |
| - NIÑOS    | - NORTE    | - MINERAL   |
| - VIEJOS   | - SUR      | - MARINO    |
| - LISIADOS | - ORIENTE  | - AEREO     |
| - GORDOS   | - PONIENTE | - TERRESTRE |
| - FLACOS   | - HUMANOS  | - ANFIBIO   |



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

**INGENIERIA DEL VALOR E INGENIERIA DE CALIDAD**

**INGENIERIA DEL VALOR**

**M. EN I. RUBEN TELLEZ S.**

**INGENIERIA DEL VALOR**  
**FASE: EVALUACION**  
**(ESTUDIO DE FACTIBILIDAD)**

Hoja de Trabajo: *iv-09*

Proyecto: \_\_\_\_\_

Producto: \_\_\_\_\_ Parte: \_\_\_\_\_

**Instrucciones:**

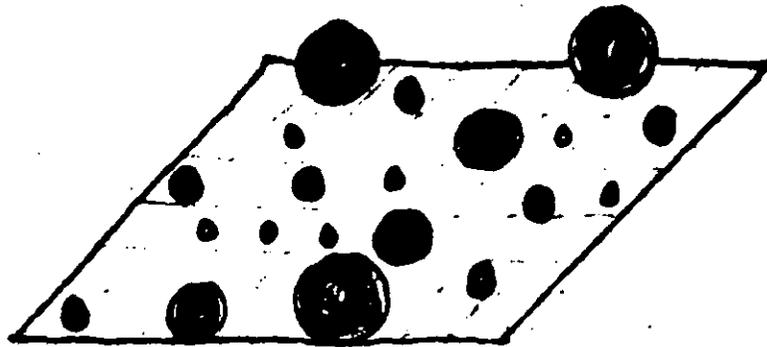
1. Revise primero la factibilidad física de todas las ideas emitidas.
2. Revise la conveniencia económica de las ideas que resulten factibles físicamente.
3. Revise la posibilidad financiera de las ideas, que habiendo resultado físicamente factibles, también presentan conveniencia económica.
4. Seleccione para su estudio posterior solo a las mejores ideas; es decir, aquellas que hayan resultado factibles tanto física como económica y financieramente.

FUNCION BASICA:		VERBO		SUSTANTIVO
No.	I D E A	FACTIBILIDAD FISICA	CONVENIENCIA ECONOMICA	POSIBILIDAD FINANCIERA

Equipo: \_\_\_\_\_ Lugar: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

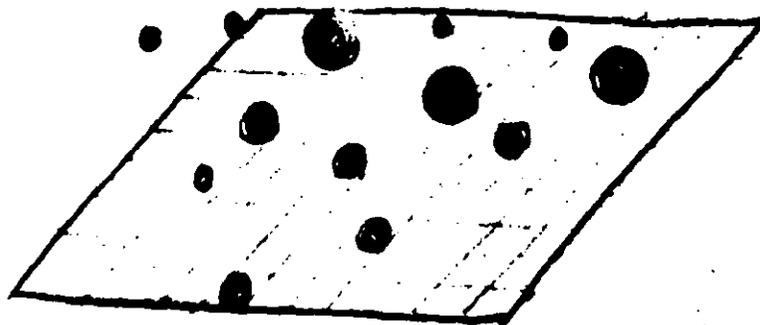


IDEAS



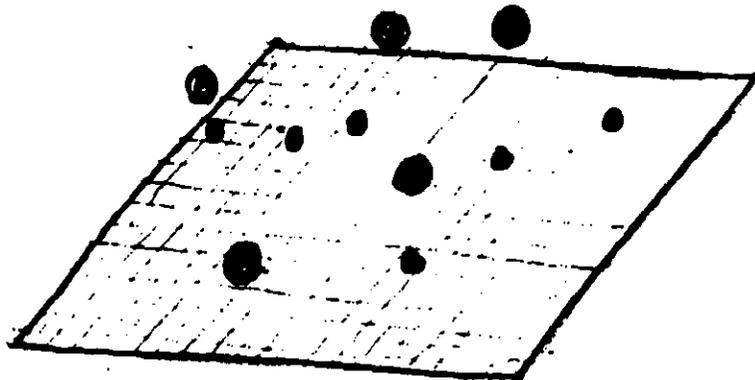
FACTIBILIDAD  
FISICA

IDEAS FACTIBLES FISICAMENTE



CONVENIENCIA  
ECONOMICA

IDEAS CONVENIENTES ECONOMICAMENTE



POSIBILIDAD  
FINANCIERA

IDEAS POSIBLES FINANCIERAMENTE

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

ca ( o social, como en el caso de los servicios públi--cos ), o si no se cuenta con los recursos económicos ne--cesarios para su realización.

Estos tres criterios se asemejan a tres tamices. A través del primer tamiz pasan solo las soluciones que son realizables físicamente; a través del segundo solo pasan las que ofrecen conveniencia económica ( o social ) para el productor, el distribuidor y el consumidor; a través del tercero, solo las que son posibles financieramente. Las soluciones útiles son las que logren pasar a través de cada uno de los tres tamices.

#### ESTUDIO DE COMPATIBILIDAD CON EL CICLO: PRODUC---CION - DISTRIBUCION - CONSUMO - RETIRO.

Como fué mencionado en el CAPITULO 3, los productos -- que analizamos y pretendemos mejorar, deben ser compati--bles y responder a las demandas de cada uno de los procesos del ciclo producción-distribución-consumo-retiro. En el CAPITULO 4, vimos que los cambios propuestos para satisfacer las demandas de un proceso significaban -- muy a menudo el desbalancear la satisfacción de alguno--de los otros procesos.

Cambiar el diseño de un producto para facilitar su mantenimiento ( ventaja para el consumidor ) puede significar aumento en los costos de producción ( desventaja para el productor ); el facilitar el proceso y disminuir el desperdicio de materiales de producción puede encarecer o dificultar la distribución de los productos. El diseño para lograr la reutilización de materiales recuperables puede complicar el proceso de producción. El aumento en la duración en servicio de un producto no tiene sentido cuando su razón de obsolescencia es alta. La conciliación de los conflictos que se originan de ésta y otras fuentes es, precisamente, uno de los principales problemas a que se enfrenta el Ingeniero del Valor. El, se vé obligado a considerar en forma apropiada estos puntos de vista diferentes y a procurar que la alternativa seleccionada represente el mejor balance posible en la satisfacción de las demandas de todos los procesos del ciclo.

Las *Tablas XV ( a, b, c y d )* dan una relación de los aspectos que deben revisarse al evaluar la compatibilidad de las alternativas factibles con el ciclo producción--distribución-consumo-retiro. Nótese que estas *Tablas* son prácticamente iguales a las *Tablas I ( a, b, c y d )* usa--

INGENIERIA DEL VALOR

FASE: EVALUACION

(CICLO: PRODUCCION- DISTRIBUCION- CONSUMO-RETIRO)

de

Hoja de Trabajo: iv-10

Proyecto No. \_\_\_\_\_

Producto: \_\_\_\_\_

Parte: \_\_\_\_\_

**Instrucciones:**

1. *Seleccione las mejores ideas encontradas en la Hoja de Trabajo anterior.*
2. *Enliste la compatibilidad de cada una de ellas con los procesos de producción-distribución-consumo y retiro.*
3. *Seleccione las ideas que mejor se ajustan al ciclo.*

F U N C I O N B A S I C A:

No.	I D E A	AJUSTE A PRODUCCION	AJUSTE A DISTRIBUCION	AJUSTE A CONSUMO	AJUSTE A RETIRO

Equipo: \_\_\_\_\_

Lugar: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_



das en el CAPITULO 3 para determinar en qué medida, el producto o servicio bajo estudio, satisface las demandas de los procesos del ciclo mencionado; es decir, las *Tablas* usadas para evaluar la alternativa actual.

*Tabla XV (a)*

COMPATIBILIDAD CON EL PROCESO DE PRODUCCION,

- A. *Los materiales y partes compradas.*
  - 1. Propiedades funcionales.
  - 2. Disponibilidad.
  - 3. Producibilidad.
  - 4. Confiabilidad.
  - 5. Peso o volúmen.
  - 6. Apariencia.
  - 7. Materiales y partes estandar o especiales.
  - 8. Costos.
  
- B. *Método de producción.*
  - 1. Ingeniería requerida.
  - 2. Volúmen de producción vs. costo.
  - 3. Método de unión de partes.
  - 4. Tolerancias.

Tabla XV (a) (Continuación)

5. Desperdicios y rechazos.
  6. Mano de obra requerida.
- C. *Equipo y herramientas.*
1. Estandar o especial.
  2. Disponibilidad.
  3. Métodos.
  4. Tiempos de operación.
  5. Costos.
- D. *Mano de obra*

Tabla XV (b)

COMPATIBILIDAD CON EL PROCESO DE DISTRIBUCION.

- A. *Empaque y embalaje.*
1. Peso, volúmen y forma exterior.
  2. Protección contra golpes y medio ambiente.
  3. Facilidad de manejo.
  4. Costos.
- B. *Almacenaje.*
1. Localización.

Tabla XV (b) ( Continuación )

2. Dimensiones.
3. Equipo.
4. Costos.

C. *Venta.*

1. Promoción.
2. Vida en mostrador.
3. Presentación.
4. Costos.

Tabla XV (c)

COMPATIBILIDAD CON EL PROCESO DE CONSUMO.

1. Facilidad para el mantenimiento.
2. Confiabilidad en la operación.
3. Seguridad.
4. Conveniencia en el uso ( factores humanos ).
5. Adaptabilidad a varias aplicaciones.
6. Estética.
7. Economía operacional.
8. Duración en servicio.
9. Precio de compra.

Tabla XV (d)

COMPATIBILIDAD CON EL PROCESO DE RETIRO.

1. Razón de obsolescencia,
2. Vida física.
3. Adaptabilidad a varios niveles de uso.
4. Reutilización de materiales y componentes de larga vida.
5. Nocividad de desperdicios.

Con la aparición de todas estas variables, el proceso - de toma de decisiones se hace cada vez más difícil y es necesario contar con técnicas que faciliten dicho proceso. Enseguida se describirán dos técnicas de gran utilidad: El *análisis dimensional* y la *decisión forzada*.

LA TECNICA DEL ANALISIS DIMENSIONAL.

El análisis dimensional es una técnica que se usa para la selección de alternativas cuando para la toma de decisiones, deben combinarse objetivos disímbolos, tangibles o intangibles o que tienen dimensiones muy diferentes. Esto es precisamente lo que sucede en el momento -

de seleccionar a la mejor alternativa entre una serie de ideas útiles. Es necesario a veces incluir factores tan disímolos como, por ejemplo, la *confiabilidad en la operación y nocividad de desperdicios*. Podría requerirse también comparar magnitudes tan diferentes como  $m/seg$  y  $Kg/cm^2$ . Se manejan de la misma manera y en forma conjunta cantidades perfectamente tangibles como *costo y resistencia a la tensión*, con valores tan intangibles como la *apariencia y la facilidad en el mantenimiento*.

Con las alternativas de solución en nuestro poder, se --  
procede como sigue:

1. Se enumeran los objetivos relevantes ( $O_i$ ).  
Estos objetivos podrían ser todos los factores analizados en las *Tablas XV a, b, c, y d*, o una selección de los más pertinentes al producto o servicio bajo estudio.
2. Se pondera cada objetivo según su importancia relativa. Llamaremos a estos factores  $w_1, w_2, w_3, \dots, w_i, \dots, w_n$ .  
Los pesos o factores de ponderación ( $w_i$ ) representan la importancia relativa de los obje

tivos ( $O_i$ ) que fueron seleccionados para su análisis y dependen tanto de los objetivos -- mismos como de la situación y características del producto o servicio estudiado. Los valores que se usan para  $w_i$  pueden ser números - del 1 al 10, en orden de importancia, por ejemplo, y pueden usarse varios enfoques para obtenerlos:

- a) Usando estimaciones del individuo que tomará la decisión final.
  - b) Usando el valor promedio de las estimaciones de los integrantes del grupo de trabajo en el proyecto.
  - c) Usando una mezcla informal de opiniones - de individuos de varios grupos relacionados con el proyecto.
3. Se realizan estimaciones de los desenlaces  $D_{ij}$  que habrá de producir cada solución alternativa  $A_j$  con respecto a cada objetivo  $O_i$ .

Los valores de los desenlaces pueden ser dados en unidades monetarias o unidades físicas

para los objetivos tangibles y dar calificaciones de los méritos relativos de cada objetivo intangible. Puede, por ejemplo, utilizarse una escala del 1 al 10, donde el 1 representa el resultado *mejor posible* y el valor de 10 representa el *menos deseable*, si se habla en términos de costos. Si se habla en términos de beneficios, el mejor posible sería entonces el 10 y el menos deseable vendría a ser el 1.

4. Se obtienen las potencias  $(D_{ij})^{\pm W_i}$  para cada alternativa  $A_j$

El signo positivo se usa:

- a) Cuando se habla en términos de costos y el desenlace del objetivo tangible es mejor cuanto menor sea.
- b) Cuando se habla en términos de beneficios y el desenlace del objetivo tangible es mejor cuanto mayor sea.

El signo negativo se usa:

- a) Cuando se habla en términos de costos y el

desenlace del objetivo tangible es mejor-cuanto mayor sea.

b) Cuando se habla en términos de beneficios y el desenlace del objetivo tangible es - mejor cuanto menor sea.

5. Se multiplican estas potencias para obtener - la preferencia de cada alternativa  $A_j$

$$Pref ( A_j ) = ( D_{1j} )^{w_1} ( D_{2j} )^{w_2} \dots ( D_{ij} )^{w_i} \dots ( D_{nj} )^{w_n}$$

6. Se comparan las preferencias por parejas para facilitar el cálculo y para evitar trabajar - con las dimensiones.

Así:

$$\frac{Pref ( A_1 )}{Pref ( A_2 )} = \frac{( \frac{D_{11}}{D_{12}} )^{w_1} ( \frac{D_{21}}{D_{22}} )^{w_2} \dots ( \frac{D_{i1}}{D_{i2}} )^{w_i} \dots ( \frac{D_{n1}}{D_{n2}} )^{w_n}}$$

Puede notarse que la relación produce un número adimensional. Si el número resultante es menor que la unidad ( el denominador es mayor que el numerador ), seleccionamos la alternativa del numerador, ésto si estamos trabajan-

do en función de costos. Si estamos trabajando en función de beneficios, la alternativa seleccionada sería la que ocupa el denominador.

7. La alternativa seleccionada en la etapa anterior se compara de la misma manera con otra alternativa y se procede sucesivamente hasta quedarnos con una sola alternativa.

Se facilita mucho el cálculo y se obtiene mayor claridad del procedimiento si los datos se vacían en forma de una matriz de decisiones como la que se muestra en la Fig. 47.

En la Fig. 49 se muestra la matriz de decisiones resultante del análisis de las cuatro alternativas de diseño de un recipiente para la basura que se muestra en la Fig. 48. En este análisis, se consideraron relevantes, en orden de importancia solo cuatro objetivos: *volúmen* ocupado en el transporte, *costo*, *capacidad* del recipiente y *peso* por unidad. Los factores de ponderación dados a esos objetivos fueron: 4, 3, 2 y 1 respectivamente. Los signos definidos a los factores de ponderación fueron todos positivos, excepto para la *capacidad* que fué negativo. Esto se-

OBJETIVOS	DESENLACE DE LAS ALTERNATIVAS					FACTORES DE PONDERACION	
	$A_1$	$A_2$	.....	$A_j$	.....		$A_m$
$O_1$	$D_{11}$	$D_{12}$	.....	$D_{1j}$	.....	$D_{1m}$	$\pm w_1$
$O_2$	$D_{21}$	$D_{22}$	.....	$D_{2j}$	.....	$D_{2m}$	$\pm w_2$
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
$O_i$	$D_{i1}$	$D_{i2}$	.....	$D_{ij}$	.....	$D_{im}$	$w_i$
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
$O_n$	$D_{n1}$	$D_{n2}$	.....	$D_{nj}$	.....	$D_{nm}$	$w_n$

Fig. 47 Matriz de decisiones para el Analisis Dimensional de al ternativas de selecci3n.

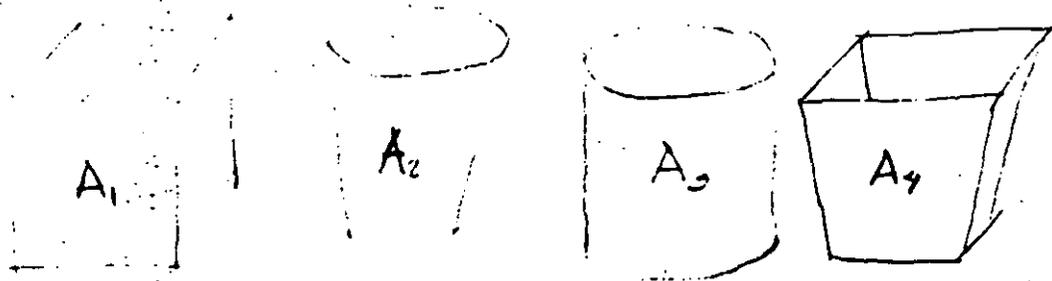


Fig. 48 Alternativas de dise1o de un recipiente para la basura.

	DESIGNACE					
OBJETIVO	 A <sub>1</sub>	 A <sub>2</sub>	 A <sub>3</sub>	 A <sub>4</sub>	0	1
Costo (\$)	20	18	15	22	+	3
Volumen (m <sup>3</sup> )	0.30	0.020	0.30	0.019	+	4
Peso (Kg)	5.5	4.5	5	5.2	+	1
Capacidad (m <sup>3</sup> )	0.30	0.19	0.20	0.28	-	2

Fig. 49. Matriz de decisiones para el diseño de un recipiente para la basura (Fig. 48)

debe a que según las reglas exigidas por la técnica de *Análisis Dimensional*, se prefiere un recipiente que tiene menor peso, ocupa menor volúmen en el transporte y cuesta poco pero que tiene gran capacidad de contención.

Si comparamos las *preferencias de las alternativas A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub>* siguiendo con la nomenclatura y procedimiento de la técnica usada tendríamos:

$$\frac{\text{Pref} ( A_1 )}{\text{Pref} ( A_2 )} = \left( \frac{20}{18} \right)^3 \left( \frac{0.30}{0.02} \right)^4 \left( \frac{5.5}{4.5} \right)^1 \left( \frac{0.30}{0.19} \right)^{-2} = 34044$$

Como este número es mayor que la unidad - el numerador - es mayor que el denominador - y como estamos calculando en términos de costos, deduciendo que la alternativa A<sub>2</sub> es mejor que la alternativa A<sub>1</sub>.

Si comparamos ahora la alternativa A<sub>2</sub> - la mejor de las dos anteriores -, con la alternativa A<sub>3</sub> tendríamos:

$$\frac{\text{Pref} ( A_2 )}{\text{Pref} ( A_3 )} = \left( \frac{18}{15} \right)^3 \left( \frac{0.02}{0.30} \right)^4 \left( \frac{4.5}{5} \right)^1 \left( \frac{0.19}{0.20} \right)^{-2} = 0.0000338$$

Por tanto, la alternativa A<sub>2</sub> es mejor que la A<sub>3</sub>.

Solo queda comparar la alternativa  $A_2$  con la alternativa  $A_4$ :

$$\frac{Pref(A_2)}{Pref(A_4)} = \left(\frac{18}{22}\right)^3 \left(\frac{0.020}{0.019}\right)^4 \left(\frac{4.5}{52}\right)^1 \left(\frac{0.19}{0.28}\right)^{-2} = 1.5646$$

De lo anterior, se deduce que la alternativa  $A_4$  es mejor que la  $A_2$  y, por tanto, es la mejor de todas las alternativas bajo estudio. Nótese que el margen para la selección entre las alternativas  $A_2$  y  $A_4$  fué realmente muy bajo. Mientras que el costo y el peso empujaban hacia  $A_2$ , fueron el menor volúmen ocupado y la mayor capacidad, los factores que presionaron hacia la alternativa  $A_4$ .

#### LA TÉCNICA DE LA DECISION FORZADA.

La técnica de Análisis dimensional, al igual que todos los sistemas basados en ponderaciones de parámetros, -- tienen un punto débil. La selección final de estimaciones subjetivas y arbitrarias y, por tanto, no completamente confiables.

La técnica de la Decisión forzada, aplicada en estudios de-

Ingeniería del Valor, es una técnica que evita este tipo de estimaciones y nos facilita la selección de alternativas en situaciones complejas.

Para mostrar como funciona esta técnica, que reemplaza una decisión compleja con un conjunto de decisiones muy simples, se usará el ejemplo de los botes de basura analizado en la sección anterior. También, como en la sección anterior, se considerará al *costo*, el *volúmen* ocupado, el *peso* y la *capacidad* como los parámetros básicos para la evaluación.

El primer paso consiste en decidir la importancia de cada parámetro. Para ello se aportan datos como en la matriz de la Fig. 50, en la cual se comparan uno con otro cada parámetro característico del recipiente para la basura. La *Decisión forzada* para cada caso consiste en determinar si es *más importante o menos importante*. Estas dos situaciones están representadas por los números 1 y 0 respectivamente.

En las tres primeras columnas de la Fig. 50, el costo se compara con el volúmen, el peso y la capacidad, respectivamente. Puede notarse que el costo resultó más importan

te que el peso y la capacidad, pero menos importante que el volúmen ocupado. Pasando al siguiente parámetro, el volúmen ocupado, se usaron dos columnas para compararlo con el peso y la capacidad, debido a que ya fué comparado con el costo. Cada uno de los parámetros faltantes se evalúa similarmente y su <sup>enfatise</sup> factor de ponderación se obtiene dividiendo la suma de las decisiones positivas (n) por el mayor número posible de decisiones positivas en la tabla. En este caso, el factor de ponderación es igual a  $n/6$ .

	1	2	3	4	5	6	n	$n/6$ (enfasis)
Costo (\$)	0	1	1				2	0.3333
Volumen (m <sup>3</sup> )	1			1	1		3	0.5000
Peso (Kg)		0		0		0	0	0.0
Capacidad (m <sup>3</sup> )			0		0	1	1	0.1666
						$\Sigma$ 6	6	1.0000

Fig. 50 Matriz de decisión forzada para la ponderación de los parámetros relevantes en el diseño de un bote para basura - ( Fig. 48 ).

Después de que los factores de ponderación de cada pará-

			1	2	3	4	5	6	n	$\frac{1}{n}$ (Proporção)
A <sub>1</sub>		C O S T O	0	0	1				1	0.1666
A <sub>2</sub>			1			0	1		2	0.3333
A <sub>3</sub>				1		1		1	3	0.3333
A <sub>4</sub>					0		0	0	0	
A <sub>1</sub>		V O L U M E N	0	1	0				1	0.1666
A <sub>2</sub>			1			1	0		2	0.3333
A <sub>3</sub>				0		0		0	0	0
A <sub>4</sub>					1		1	1	3	0.3333
A <sub>1</sub>		P E S O	0	0	0				0	0
A <sub>2</sub>			1			1	1		3	0.3333
A <sub>3</sub>				1		0		1	2	0.3333
A <sub>4</sub>					1		0	1	2	0.1666
A <sub>1</sub>		A P R E S E N T A	1	1	1				3	0.3333
A <sub>2</sub>			0			0	0		0	0
A <sub>3</sub>				0		1		0	1	0.1666
A <sub>4</sub>					0		1	1	2	0.3333

Fig. 2. Matriz de incidência formada para determinar a prioridade de cada alternativa de acordo com os critérios estabelecidos.

metro han sido determinados, se forma una matriz similar a la mostrada en la Fig. 51 para comparar las diferentes alternativas de diseño de los recipientes para la basura en términos de estas cualidades. Las alternativas  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  y  $A_4$  se comparan una con otra primero con respecto al costo y después con respecto a los otros parámetros. Las decisiones son de nuevo hechas con términos de 1 ó 0. Por ejemplo, la alternativa  $A_1$  tiene más capacidad que  $A_2$  pero  $A_2$  ocupa menos volumen que  $A_1$ . El número de decisiones positivas se suma y se determinan entonces -- los *factores de preferencia* que aparecen en la última columna de la Fig. 51.

Para determinar las *cifras de mérito final*, los factores de preferencia para cada alternativa deben multiplicarse -- por los *factores de ponderación* para los parámetros en particular. Con este fin, se forma la matriz de la Fig. 52. Cada uno de los parámetros tienen una columna y cada alternativa tiene dos renglones. El renglón superior muestra el *factor de preferencia* para la alternativa y en el -- renglón inferior se tiene el producto obtenido al multiplicar dicho factor por el *factor de ponderación* para el parámetro correspondiente. Así, en el caso de volumen, la alternativa  $A_2$  tiene un *factor de preferencia* de 0.3333; esta

cifra, multiplicada por el factor de ponderación para el volúmen de 0.5000, dá un producto de 0.1666.

ALTERNATIVA	COSTO	UTILIDAD	RENTA	IMPACTO AMBIENTAL	OTROS	RESULTADO
A <sub>1</sub>	0.3333	0.5000	0	0.5000	0.5000	0.5000
A <sub>2</sub>	0.3333	0.3333	0.5000	0	0.5000	0.5000
A <sub>3</sub>	0.5000	0	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
A <sub>4</sub>	0.1666	0	0	0.5000	0.5000	0.5000
A <sub>5</sub>	0	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
A <sub>6</sub>	0	0.5000	0	0.5000	0.5000	0.5000
					SUM	1.0000

$$C_{\text{de mérito}} = (C_{\text{de costo}}) \times (C_{\text{de utilidad}}) \times (C_{\text{de renta}}) \times (C_{\text{de impacto ambiental}}) \times (C_{\text{de otros}})$$

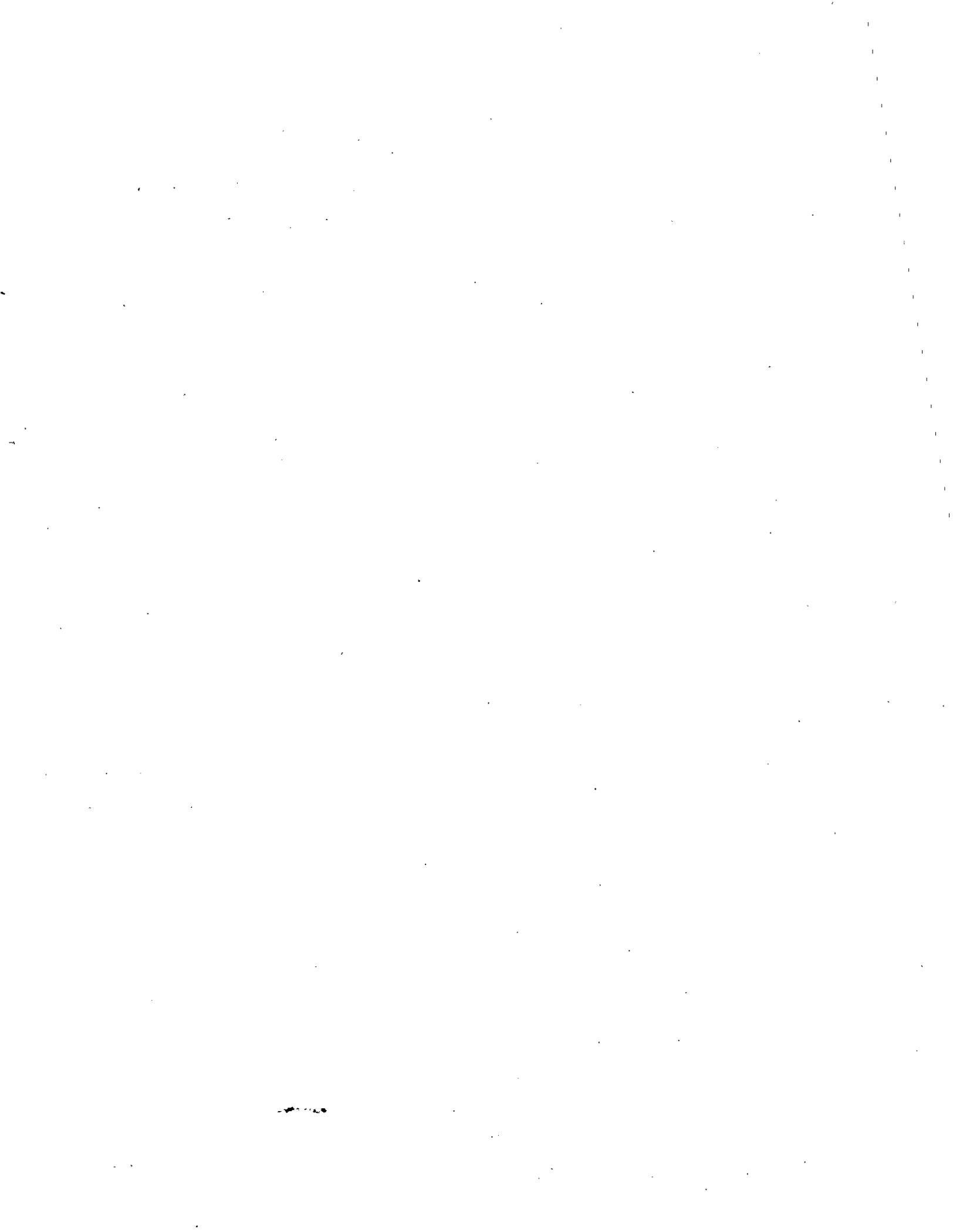
Fig. 52 Cifras de mérito finales para las diferentes alternativas de diseño de un bote para basura ( Fig. 48 ).

Finalmente, las cifras de mérito se obtienen sumando los productos de todos los parámetros - renglón inferior - para cada alternativa -. Estas cifras de mérito se enlis

tan en la última columna, cada una con la posición relativa entre paréntesis. Una forma de comprobar si los cálculos son correctos, es sumar todas las *cifras de mérito*. - Esta suma debe ser igual a 1.

Los resultados muestran que la alternativa A<sub>1</sub>, el recipiente de forma pirámidal, es la mejor selección.

INGENIERIA DEL VALOR						(FASE: EJECUCION)	
PRODUCTO:		PARTE No.:		HOJA DE TRABAJO:			
				PROYECTO No.:			
				CANTIDAD ANUAL:			
FUNCION BASICA:		VERBO	SUSTANTIVO				
METODO ACTUAL:			METODO PROPUESTO:				
Costo Unidad	Materia- les	Mano de Obra		Herramientas.	Otros	Total	
ACTUAL							
PROPUESTO							
AHORROS ANUALES ESTIMADOS:				AHORROS ESTIMADOS POR ARTICULO:			
MIEMBROS DEL EQUIPO:			EQUIPO No.:		LUGAR:	FECHA:	



#### 4. RELACION DE ATRIBUTOS

UNA TECNICA QUE PUEDE AYUDARNOS A GENERAR NUEVAS IDEAS PARA REALIZAR CAMBIOS EN UN PRODUCTO ES LA QUE CONSISTE EN HACER UNA LISTA DE SUS CUALIDADES IMPORTANTES. LA SOLA DESCRIPCION DE ESTAS CUALIDADES PUEDE SUGERIRNOS CAMBIOS - QUE PUEDEN SATISFACER DETERMINADAS FUNCIONES. EN SEGUIDA SE DA LA RELACION DE ATRIBUTOS DE UN DESARMADOR COMUN.

- . CUERPO REDONDO DE ACERO
- . MANGO DE MADERA REMACHADO
- . PUNTA EN FORMA DE CUÑA PARA LA RANURA DEL TORNILLO
- . OPERACION MANUAL
- . ESFUERZO DE TORCION PROPORCIONADO POR EL GIRO

¿NO LE SUGIEREN ESTOS ATRIBUTOS ALGUNOS CAMBIOS?

EJERCICIO:

DE LA RELACION DE ATRIBUTOS DE: UN LAPIZ, UNA PLUMA, UNA CAMA, UNA LICUADORA, UN MARTILLO, UNA TAZA, UNA SILLA, UNA CAMISA, UN PANTALON, UNA PERSONA, UNA ENGRAPADORA Y UN GARRAFON PARA EL AGUA Y PROPONGA ALGUNOS CAMBIOS.

#### 5. ANALOGIA DIRECTA

GRAN PARTE DEL PROCESO DEL PENSAMIENTO OCURRE POR ANALOGIA, LA CUAL HA DEMOSTRADO SER UTIL PARA ESTIMULAR EL SURGIMIENTO DE NUEVAS IDEAS. CON BASTANTE FRECUENCIA, LAS SOLUCIONES ENCONTRADAS PARA PROBLEMAS EN LOS CUALES PREVALENCEN SITUACIONES ANALOGAS A LAS QUE SE PRETENDE RESOLVER, PUEDEN SURGIR IDEAS DE PARTIDA PARA SU SOLUCION. EL USO EN INGENIERIA DE SOLUCIONES ANALOGAS, ESPECIALMENTE DE OTRAS RAMAS DE LA CIENCIA, CON OBJETO DE OBTENER NUEVAS -- IDEAS, A VECES RESULTA UN PROCEDIMIENTO EXPEDITO, PERO ES CONVENIENTE HACER NOTAR QUE EL SER PERCEPTIVO RESPECTO A LA FORMA EN QUE FUNCIONAN LAS COSAS, PROPORCIONARA UNA EXPERIENCIA MUCHO MAS AMPLIA, LA CUAL PODRA USUARSE CON - GRAN VENTAJA.

OBTENER IDEAS PARA SOLUCIONES DE INGENIERIA, USANDO LA ANALOGIA CON LA NATURALEZA, ES TAMBIEN UNA PRACTICA PRODUCTIVA, PERO ES DIFICIL PARA LA MAYORIA DE LOS INGENIEROS LOGRAR ESTO, PORQUE CARECEN DEL ENTRENAMIENTO FUNDAMENTAL EN BIOLOGIA Y FISILOGIA, INDISPENSABLES PARA TAL FIN. LA NATURALEZA HA ENCONTRADO TANTAS FORMAS DE HACER LAS COSAS QUE PROPORCIONA UNA VERDADERA RIQUEZA DE CONCEPTOS NUEVOS Y PERFECTAMENTE FACTIBLES PARA LA SOLUCION DE LOS PROBLEMAS DE INGENIERIA. LITERALMENTE PUEDE DECIRSE QUE EXISTEN, POR EJEMPLO, CIENTOS DE DIFERENTES CLASES DE BOMBAS REPRESENTADAS POR LOS CORAZONES DE DIVERSOS ANIMALES. EL TELEFONO FUE UNA REALIDAD CUANDO BELL CONOCIO EL FUNCIONAMIENTO DEL OIDO HUMANO. EL RADAR SE INVENTO DESPUES DE QUE SE ESTUDIO AL MURCIELAGO. LA MANO ARTIFICIAL DE WIENER CUANDO ESTE OBSERVO LOS MUSCULOS DEL CUERPO, LA PROPULSION DE LOS SUBMARINOS AL IMITAR AL PEZ ESPADA, UN VEHICULO POLAR AL ESTUDIAR LA LOCOMOCION DE LOS PINGUINOS, ESTOS Y MUCHOS OTROS INVENTOS SE HAN LOGRADO CUANDO EL HOMBRE EMPRENDIO ANALOGIAS DIRECTAS PARA TRATAR DE IMITAR ALGO DE LAS MARAVILLAS CON QUE ESTA DOTADA LA NATURALEZA. INCIDENTALMENTE, ESTE TIPO DE ANALOGIAS DIO NACIMIENTO A LA CIENCIA DE LA BIONICA, DEFINIDA COMO LA CIENCIA DE LOS ESQUEMAS CUYO FUNCIONAMIENTO ES COPIADO, COMPARADO O ANALOGO AL DE LOS SISTEMAS NATURALES.

EL USAR UNA ANALOGIA CON LA LITERATURA REQUIERE UN AMPLIO CONOCIMIENTO DE LA MISMA, TALES COMO LEYENDAS, TRADICIONES POPULARES, FABULAS, POESIA Y CIENCIA FICCION. ESTO CONSISTE EN UNA IDEA REAL O FANTASTICA DE LA LITERATURA O ALGUNA VARIACION O SUGERENCIA DE ELLA, Y APLICARLA AL PROBLEMA DE INGENIERIA QUE SE PRESENTE. EL ESPEJO DE "ALICIA EN EL PAIS DE LAS MARAVILLAS", POR EJEMPLO, PODRIA PROPORCIONAR UNA IDEA, LOS LILIPUTIENSES DE LOS "VIAJES DE GULLIVER" FUERON INGENIEROS MUY HABILES.

EL USO DE OTRAS SOLUCIONES EN INGENIERIA, PARA OBTENER, POR ANALOGIA, IDEAS NUEVAS, DEBE SER BASTANTE FACIL PARA UN INGENIERO PERCEPTIVO. LAS IDEAS POR ANALOGIA CON LA NATURALEZA SERAN UN POCO MAS DIFICILES DE ENCONTRAR PARA UN INGENIERO, PERO SIEMPRE QUEDARA EL RECURSO DE CONSULTAR A UN MEDICO O A UN BIOLOGO PARA ESTE OBJETO Y, POR SUPUESTO, UN CURSO DE FISILOGIA Y ANATOMIA PODRIAN SER TAMBIEN DE GRAN AYUDA.

LAS IDEAS SUGERIDAS POR LA LITERATURA SERAN LAS MAS ARDUAS DE TODAS, EN PARTE PORQUE LOS INGENIEROS NO HAN TENIDO TIEMPO SUFICIENTE, O INCLINACION, PARA LEER PROFUSAMENTE, PERO TAMBIEN PORQUE NO ES USUAL BUSCAR NUEVOS CONCEPTOS DE INGENIERIA EN LAS OBRAS DE LITERATURA.

## 6. ANALOGIA PERSONAL O EMPATIA

EMPATIA SIGNIFICA UNA IDENTIFICACION Y SENTIMIENTO PERSONAL DE UNA PERSONA - HACIA OTRA. SE USA MUCHO EN EL CONTEXTO DE LAS RELACIONES HUMANAS, SIGNIFICANDO APROXIMADAMENTE PONERSE EN EL LUGAR DE OTRO. EL TERMINO TAMBIEN PUEDE APLICARSE AL ACTO DE IDENTIFICARSE PERSONALMENTE CON UNA PIEZA O PROCESO QUE ESTA SIENDO IDEADO. EL OBJETO ES CONVERTIRSE EN LA PIEZA, PARA VER DESDE SU POSICION Y PUNTO DE VISTA LO QUE ESTA PODRIA HACER.

COMO EJEMPLO CONSIDEREMOS EL PROBLEMA DE EXTRAER LA FRUTA DE LAS NUECES. LA EMPATIA PODRIA USARSE PARA OBTENER UNA SOLUCION, PUES SI USTED SE IDENTIFICA PERSONALMENTE CON LA FRUTA QUE ESTA DENTRO DE LA CASCARA (ESTA BASTANTE OSCURO ALLI?) PARA SALIR NECESITA AYUDA PARA EMPUJAR LA CASCARA.

DE AQUI A LA CONCEPCION DE LA IDEA DE EXTRAER LA FRUTA CON PRESION DE AIRE, HAY SOLO UN PASO. LO ESENCIAL EN LA RESOLUCION DEL PROBLEMA ES PENSAR DESDE EL INTERIOR DE LA CASCARA Y LA EMPATIA SUGIERE DE INMEDIATO LA SOLUCION.

LA EMPATIA REQUIERE DE BUENA VOLUNTAD PARA HACER UN POCO DE TEATRO. UNA NATURALEZA EXTROVERTIDA Y CARENTE DE INHIBICIONES AYUDA A HACER ESTO, PERO LA MAYORIA DE LAS GENTES PUEDEN HACERLO DESPUES DE CIERTA PRACTICA.

## 7. ANALOGIA FANTASTICA O FANTASIA

LA FANTASIA HACE CREER O DESEAR QUE LAS COSAS SEAN EN DETERMINADA FORMA. EL USO DE LA FANTASIA PARA ESTIMULAR NUEVAS IDEAS INVOLUCRA EL SONAR EN ALGUNAS SOLUCIONES IMAGINATIVAS, VALIENDOSE DE COSAS ILUSORIAS O PROCESOS SOBRENATURALES SI ES NECESARIO. LA CONSIDERACION DE UNA SOLUCION IDEAL ES, MUY FRECUENTEMENTE, BASTANTE PROVECHOSA, AUN CUANDO INVOLUCRE ALGUNA FANTASIA. POR SUPUESTO, LA ESPERANZA ES QUE LO DESEADO PUEDA APORTAR UN NUEVO PUNTO DE VISTA O CONCEPTO QUE FINALMENTE CONDUZCA A UNA NUEVA Y PRACTICA SOLUCION.

## 8. ANALOGIA SIMBOLICA

ESTE MECANISMO SE DIFERENCIA DE LA ANALOGIA PERSONAL PORQUE EMPLEA IMAGENES OBJETIVAS E IMPERSONALES PARA DESCRIBIR EL PROBLEMA Y AUN CUANDO TECNICAMENTE NO SON EXACTAS, EN CAMBIO ESTETICAMENTE SI SON ACEPTABLES. POR MEDIO DE ESTE MECANISMO EL INDIVIDUO VE EL PROBLEMA CON LA BREVEDAD DE UNA FRASE POETICA. SE PRETENDE HACER REPRESENTACIONES MENTALES DEL PROBLEMA, UTILIZANDO SIMBOLOS EN LUGAR DE PALABRAS.

LA UTILIZACION DEL MECANISMO DE ANALOGIA SIMBOLICA PERMITE ALEJAR LOS PUNTOS DE VISTA FAMILIARES SOBRRACIONALES E INTOXICADOS DE PALABRA.

## 9. TORMENTA DE IDEAS

### PRINCIPIOS:

1. ENTRE MENOS CRITICA MAS IDEAS.
2. ENTRE MAS IDEAS MEJOR.
3. ES MAS PRODUCTIVO INTERCAMBIAR IDEAS EN UN GRUPO QUE PRODUCIRLAS SOLO.

### REGLAS A SEGUIR:

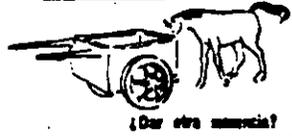
1. NUNCA CRITICAR UNA IDEA POR BUENA O MALA QUE SEA.
2. PROMOVER TOTAL LIBERTAD.
3. SOLICITAR CANTIDAD
4. SOLICITAR COMBINACIONES MEJORADAS DE LAS IDEAS DE OTROS.

### PROCEDIMIENTO:

1. EL GRUPO SE COMPONE DE UN LIDER, UN SECRETARIO Y 10 O MAS MIEMBROS.
2. ES PREFERIBLE QUE TODOS LOS MIEMBROS SEAN DEL MISMO RANGO, NOVATOS O CON EXPERIENCIA, PERO TAMBIEN PUEDEN COMBINARSE.
3. EL GRUPO PUEDE ESTAR CONSTITUIDO DE HOMBRES Y MUJERES. CUANDO SE DISCUTAN ASUNTOS DE INTERES FEMENINO, LAS OPINIONES DE LAS MUJERES DEBEN DESTACARSE.

4. LAS SILLAS DE LOS MIEMBROS DEL GRUPO DEBEN COLOCARSE FORMANDO UN CUADRA-  
DO SIN UNO DE SUS LADOS; LA SILLA DEL LIDER DEBE ESTAR EN EL CENTRO. DE  
BEN PREPARARSE TARJETAS CON LOS NOMBRES DE LOS PARTICIPANTES. DEBEN PE-  
GARSE GRANDES HOJAS DE PAPEL SOBRE LAS PAREDES PARA ESCRIBIR LAS IDEAS.

<p>Presentado a usted por el Laboratorio de Técnica Creativa del M.I.T. John R. Arnold, profesor encargado "Libro de Supervisión Solitario", adaptada de "Imaginación aplicada" por Alan F. Osborn. Dibujos por Austin B. Bear, ayudante de investigación.</p>	<p><b>¡DARLE OTROS USOS!</b></p>  <p>¿Nuevas formas para usarlo como está?</p>	<p><b>¡DARLE OTROS USOS!</b></p>  <p>¿Otros usos si se lo modifica? 2</p>	<p><b>¡ADAPTARLO!</b></p>  <p>¿Qué otra idea le sugiere esto? 3</p>
<p><b>¡ADAPTARLO!</b></p> <p>... Las ventajas son semejantes?</p>  <p>4</p>	<p><b>¡ADAPTARLO!</b></p>  <p>... ¿Qué se puede cambiar?</p> <p>5</p>	<p><b>¡MODIFICARLO!</b></p>  <p>¿Nueva modificación?</p> <p>6</p>	<p><b>¡MODIFICARLO!</b></p>  <p>¿Un cambio de movimiento?</p> <p>7</p>
<p><b>¡MODIFICARLO!</b></p>  <p>¿Un cambio de tamaño?</p> <p>8</p>	<p><b>¡MODIFICARLO!</b></p>  <p>¿Un cambio de forma?</p> <p>9</p>	<p><b>¡AMPLIFICACION!</b></p>  <p>¿Mayor resistencia?</p> <p>10</p>	<p><b>¡AMPLIFICACION!</b></p>  <p>¿Multiplicarlo?</p> <p>11</p>
<p><b>¡AMPLIFICACION!</b></p>  <p>¿Exagerarlo?</p> <p>12</p>	<p><b>¡DISMINUIRLO!</b></p>  <p>¿Qué se le puede quitar?</p> <p>13</p>	<p><b>¡DISMINUIRLO!</b></p>  <p>¿Contrario?</p> <p>14</p>	<p><b>¡DISMINUIRLO!</b></p>  <p>¿Estimar?</p> <p>15</p>

<p><b>¡CORREGIRLO!</b></p>  <p>¿Sancionarlo?</p> <p>16</p>	<p><b>¡SUSTITUIRLO!</b></p>  <p>¿En lugar de qué?</p> <p>17</p>	<p><b>¡SUSTITUIRLO!</b></p>  <p>¿Por otros ingredientes?</p> <p>18</p>	<p><b>¡SUSTITUIRLO!</b></p>  <p>¿En otro lugar?</p> <p>19</p>
<p><b>¡SUSTITUIRLO!</b></p>  <p>¿Por otra materia?</p> <p>20</p>	<p><b>¡SUSTITUIRLO!</b></p>  <p>¿Por otro tipo de voz?</p> <p>21</p>	<p><b>¡CORREGIRLO!</b></p>  <p>¿Hacer otro trazo?</p> <p>22</p>	<p><b>¡CORREGIRLO!</b></p>  <p>¿Dar otra mercancía?</p> <p>23</p>
<p><b>¡INVERTIRLO!</b></p>  <p>¿Voltearlo por el revés?</p> <p>24</p>	<p><b>¡INVERTIRLO!</b></p>  <p>¿Invertir sus funciones?</p> <p>25</p>	<p><b>¡INVERTIRLO!</b></p>  <p>¿Cambiarlo de pies?</p> <p>26</p>	<p><b>¡INVERTIRLO!</b></p>  <p>¿Poner la otra mejilla?</p> <p>27</p>
<p><b>¡COMBINARLO!</b></p>  <p>¿Qué pasaría con una mezcla?</p> <p>28</p>	<p><b>¡COMBINARLO!</b></p>  <p>¿Que le sucedería a una alumna?</p> <p>29</p>	<p><b>¡COMBINARLO!</b></p>  <p>¿Qué pasaría con un partido?</p> <p>30</p>	<p><b>¡COMBINARLO!</b></p>  <p>¿Una combinación de ideas?</p> <p>31</p>

## BIBLIOGRAFIA

- . BLYTH W. JOHN y WOODWARD GLEEN.- Application of Value Analysis I Engineering Skills, Preston Auleon, New York, U.S.A., 1978.
- . FASAL H. JOHN Practical Value Analysis Methods . Hayden, U.S.A., 1978
- . MILES L.D. Techniques in Value Analysis and Engineering. Mc. Graw - Hill, 1961
- . TORRES BEJARANO, R. Apuntes Ingeniería del Valor, ESIME, 1986.
- . AGARWAL S.C., Cutting Overheads by Value Analysis. J. General Manag, Vol. 9, No. 1,
- . FINCH W.C. AND POSTUAL F.D. System Evaluation Combining Value Engineering and Cost Engineering, AACE Trans, 1980.
- . MARAZZI, C. A. A Value Analysis Method for the Evaluation of Telecommunications Systems bid Proposals, IEEE Trans. Eng. Manag., Vol. EM 32, No. 2, Mar/Apr. 1984.
- . MILES, L. D. Techniques of Value Analysis and Engineering 2nd. ed. New York: Mc. Graw - Hill, 1972.
- . PRUETT J. M. AND HOTARD D. G., The Value of Value Analysis, Ind. Man, Vol. 26 No. 2 Mar./Apr. 1984.
- . REUTER V. G. - Value Engineering/Value Analysis: Valuable Management Techniques, Ind. Manag. M. Vol. 25, No. 6, 1-4, Nov/Dec., 1983.

## DEFINICION DE FUNCIONES

UNA TECNICA FUNDAMENTAL, QUE REPRESENTA LA DIFERENCIA PRIMORDIAL DE LA INGENIERIA DEL VALOR CON RESPECTO A OTRAS TECNICAS DE REDUCCION DE COSTOS Y QUE SE USA TANTO EN LA FASE DE INFORMACION, COMO EN LA DE CREACION ES LA DE DEFINICION DE FUNCIONES.

MEDIANTE ESTA TECNICA, RESTABLECEMOS LAS PALABRAS QUE DESCRIBEN CON PRECISION LAS NECESIDADES ORIGINALES. AL SELECCIONAR LAS PALABRAS APROPIADAS - USUALMENTE UN VERBO Y UN SUSTANTIVO - , PARA DEFINIR LA FUNCION DE UN PRODUCTO O SERVICIO, EL INGENIERO DEL VALOR SE ESFUERZA A PENSAR DETENIDAMENTE EN LO QUE EL OBJETO HACE UNA FORMA ESPECIFICA. ESTA ETAPA SE CONCENTRA EN EL ANALISIS DE LAS PARTES DEL PRODUCTO BAJO ESTUDIO Y SOBRE LAS FUNCIONES, BASICAS Y SECUNDARIAS QUE TIENEN ESTAS QUE EJECUTAR, LA TABLA ADJUNTA NOS MUESTRA ALGUNOS EJEMPLOS DE DEFINICION DE LA FUNCION DE DIFERENTES ARTICULOS DE USO COMUN USANDO UN VERBO Y UN SUSTANTIVO.

### T A B L A

EJEMPLOS DE DEFINICION DE FUNCION USANDO UN VERBO Y UN SUSTANTIVO.

ARTICULO	FUNCION	
	VERBO	SUSTANTIVO
Martillo	Concentrar	Fuerza
Manómetro	Indicar	Presión
Mesa	Soportar	Peso
Rodamiento	Reducir	Fricción
Motor	Producir	Momento

LA TABLA SIGUIENTE DESCRIBE LAS FUNCIONES BASICAS Y SECUNDARIAS PARA DIFERENTES ARTICULOS.

**T A B L A**  
**EJEMPLOS DE FUNCIONES BASICAS Y SECUNDARIAS DE ARTICULOS DE USO COMUN**

ARTICULO	FUNCION BASICA	FUNCION SECUNDARIA
Silla	Soportar peso	Proveer decoración
Foco	Proveer iluminación	Generar calor
Rodamiento	Reducir fricción	Soportar peso
Calentador	Proveer calor	Generar iluminación
Motor	Producir momento	Generar calor
Martillo	Concentrar fuerza	Extraer clavos
Broca	Producir agujero	Generar calor
Remache	Unir partes	Proveer decoración

LAS TABLAS POSTERIORES MUESTRAN, RESPECTIVAMENTE, EL DESGLOSE EN PARTES DE UN FOCO ELECTRICO Y UN LAPIZ PARA DEFINIR LAS FUNCIONES Y LOS COSTOS ASOCIADOS.

**T A B L A**  
**FUNCIONES BASICAS DE LA PARTE DE UN PRODUCTO**  
**(Ejemplo: las partes de un foco eléctrico)**

PARTE	FUNCION BASICA DE LA PARTE	FUNCION DE LA PARTE EN UNIDAD	COSTO	%
Filamento	Proveer luz	Básica	\$ 0.50	15.24
Vidrio	Encerrar gas	Secundaria	\$ 1.20	36.58
Base	Proveer contacto	Secundaria	\$ 1.00	30.48
Soporte	Soportar filamento	Secundaria	\$ 0.20	6.10
Sellador	Proveer sello	Secundaria	\$ 0.06	1.82
Contacto	Conducir corriente	Secundaria	\$ 0.12	3.65
Gas inerte	Reducir oxidación	Secundaria	\$ 0.20	6.10
			\$ 3.28	100.00

**T A B L A**  
**FUNCIONES BASICAS DE LA PARTE DE UN PRODUCTO**  
 ( Ejemplo: un lápiz de madera )

PARTE	FUNCION BASICA DE LA PARTE	FUNCION DE LA PARTE EN UNIDAD	COSTO	%
Grafito	Producir marcas	Basica	\$ 0.15	11.53
Madera	Soportar grafito	Secundaria	\$ 0.35	26.92
Goma hule	Eliminar marcas	Secundaria	\$ 0.20	15.38
Casquillo	Soportar goma	Secundaria	\$ 0.15	11.53
Pegamento	Unir partes	Secundaria	\$ 0.05	3.84
Pintura	Proveer decoración	Secundaria	\$ 0.30	23.07
Letreros	Proveer identidad	Secundaria	\$ 0.15	11.53
			\$ 1.30	100.00

ENSEGUIDA SE DEBE USAR CUALQUIERA DE LAS TECNICAS DE FASE DE CREACION PARA IDENTIFICAR OPORTUNIDADES DE MEJORA, ASI COMO USAR LAS LISTAS DE VERIFICACION DE CAMBIOS POTENCIALES Y DE ADQUISICION DE CONSUMOS. ENSEGUIDA SE DETALLA E INLUSTRAN TALES ASPECTOS, INICIANDO CON UN EJEMPLO DEL EMPLEO DE LA TORMENTA DE IDEAS PARA EJECUTAR UNA FUNCION.

**T A B L A**  
**COLECCION DE IDEAS PARA EJECUTAR LA FUNCION; "TRANSMITIR FUERZA"**

PALANCA	AIRE	TRANSLACION	FUERZA CENTRIFUGA	ANIMAL
CADENA	LEVA	INERCIA	FUERZA CENTRIPETA	CINTURA
JALAR	ENGRANE	ESFERA	FUERZA MAGNETICA	GRAFITO
EMPUJAR	CATARINA	PELOTA	PRESION HIDRAULICA	CONCAVO
DOBLAR	GRAVEDAD	POLEAS	RODAMIENTOS	CONVEXO
ALAMBRE	ELECTRICIDAD	BANDAS	CONECCION DIRECTA	DURO
CABLE	PESO	CRUCETAS	TORNILLOS	BLANDO
RESORTE	BOMBA	CUÑAS	ADHESIVOS	DEDO
HULE	POLVORA	EMBRAGUE	POR FUERZA	
ROTACION	JERINGA	DEDO	POR DENTRO	

## **CAMBIOS EN LOS MATERIALES**

EXISTEN MUCHAS RAZONES QUE, SOLAS O COMBINADAS, PODRIAN JUSTIFICAR CAMBIOS EN LA COMPOSICION, CONSISTENCIA, DENSIDAD, FORMA, ETC., DE LOS MATERIALES QUE SE PROCESAN.

ENTRE ESTAS RAZONES TENEMOS:

- . MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES
- . ELIMINACION DE PROBLEMAS DE ABASTECIMIENTO
- . ELIMINACION DE PROBLEMAS DE PROCESAMIENTO
- . REDUCCION DE TIEMPOS DE MAQUINADO
- . INCREMENTO EN LA CONFIABILIDAD Y TIEMPO DE VIDA DEL PRODUCTO
- . REDUCCION DE DESPERDICIOS Y RECHAZOS
- . REDUCCION DE PESO Y VOLUMEN
- . REDUCCION DE COSTOS DE MANO DE OBRA Y OTROS COSTOS DE PRODUCCION
- . MEJORAR LA APARIENCIA DEL PRODUCTO

SIN EMBARGO, LOS CAMBIOS DE MATERIALES EN PRODUCTOS YA EXISTENTES SIEMPRE VAN ACOMPAÑADOS DE UNA BUENA CANTIDAD DE TRABAJOS EXTRAS TALES COMO: LA REVISION DE LOS PROCESOS DE MANUFACTURA, LA CONSIDERACION DE NUEVA MAQUINARIA Y EQUIPO DE PRODUCCION, CAMBIOS EN LOS DIBUJOS Y DOCUMENTOS DE PRODUCCION, ETC. POR TANTO, ANTES DE HACER UN CAMBIO DE MATERIALES, DEBEMOS ESTAR COMPLETAMENTE SEGUROS DE QUE ESTE CAMBIO NOS CONVIERNE.

ES MUY COMUN OPTAR POR CAMBIOS EN LA COMPOSICION DE LOS MATERIALES. ALGUNAS PIEZAS FABRICADAS ACTUALMENTE DE ACERO PODRIAN, SIN NINGUN DESMERECIMIENTO EN LA FUNCION, FABRICARSE DE ALUMINIO O PLASTICO. OTRAS VECES NO ES LA COMPOSICION LA QUE CAMBIA PERO SI LA FORMA DE MATERIA PRIMA. LA FIGURA ADJUNTA, MUESTRA UNA PIEZA DE METAL REDISEÑADA PARA USAR UN MATERIAL QUE PERMITA REDUCIR EL TIEMPO DE MAQUINADO Y EVITAR EL EXCESO DE DESPERDICIOS.

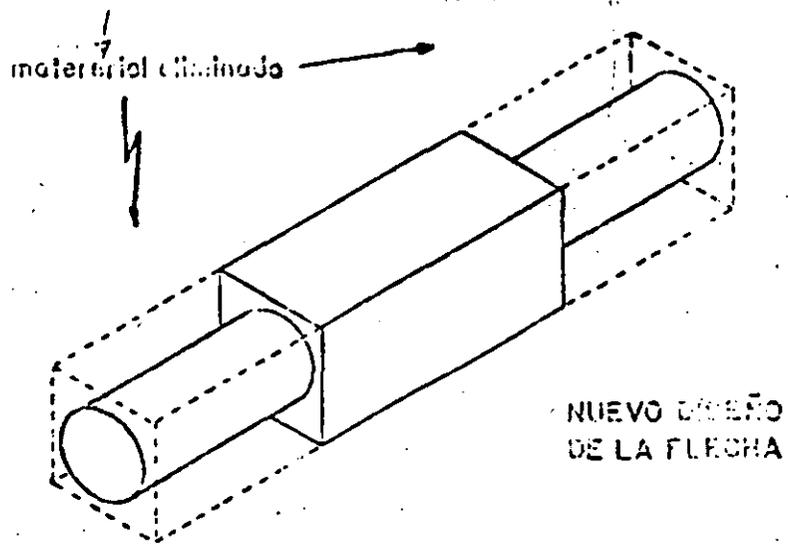
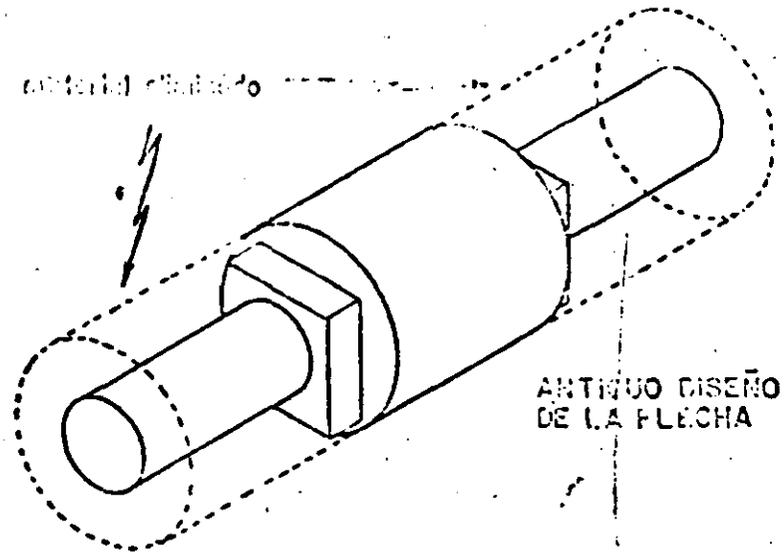


Fig. 35 Cambios en los materiales (Material cuadrado en lugar de redondo).

## CAMBIOS EN LOS METODOS DE PRODUCCION

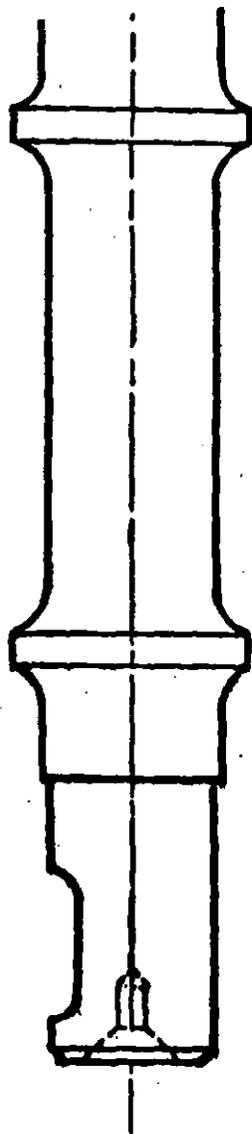
MUY POCAS VECES SUCEDE QUE UNA DETERMINADA COMBINACION DE MATERIAL Y METODO DE PRODUCCION, SEA LA UNICA POSIBILIDAD DE PRODUCIR UN ARTICULO DADO. LO MAS COMUN ES QUE EXISTEN UN BUEN NUMERO DE COMBINACIONES POSIBLES PARA DIFERENTES CONDICIONES DE: REQUISITOS FUNCIONALES, TOLERANCIAS Y ACABADOS ACEPTABLES, MAQUINARIA Y HERRAMIENTA DISPONIBLES, VOLUMENES DE PRODUCCION NECESARIOS, ETC.

LA FIGURA ADJUNTA MUESTRA UN EJE DE RUEDA DE BICICLETA QUE FUE REDISEÑADO PARA CAMBIAR EL METODO DE PRODUCCION DE MAQUINADO A FORJADO EN CALIENTE. ESTE REDISEÑO PERMITIO EVITAR EL DESPERDICIO, DISMINUIR EL TIEMPO DE PROCESO, MEJORAR LAS CARACTERISTICAS FUNCIONALES Y BAJAR EL COSTO DE PRODUCCION HASTA UN 50% DEL COSTO ORIGINAL. EL VOLUMEN DE PRODUCCION - MAS DE 100 000 PIEZAS POR AÑO - JUSTIFICO AMPLIAMENTE EL ALTO COSTO DE LAS HERRAMIENTAS Y DATOS DE FORJA.

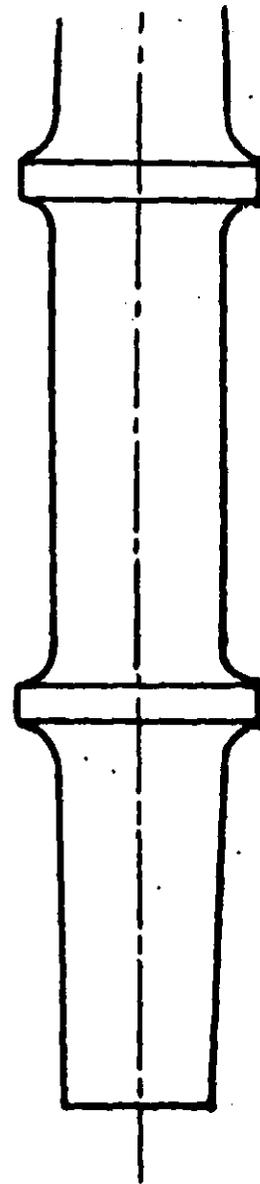
## CAMBIOS PARA FACILITAR LAS OPERACIONES DEL PROCESO

SI DISEÑAMOS EL PRODUCTO DE TAL MANERA QUE SE FACILITEN LAS OPERACIONES DE FABRICACION, PODEMOS HACER MAS LLEVADERA LA TAREA DE LOS OPERARIOS, DISMINUIR LOS DEFECTOS EN EL PRODUCTO TERMINADO Y, AL MISMO TIEMPO, REDUCIR LOS COSTOS DE PRODUCCION. PARA LOGRAR ESTO, SE REQUIERE UN CONOCIMIENTO MAS O MENOS DETALLADO DE LAS OPERACIONES DEL PROCESADO Y DE LAS PRACTICAS RECOMENDADAS PARA CADA UNA DE ELLAS.

LA FIGURA ADJUNTA MUESTRA LAS RECOMENDACIONES QUE DEBEN SEGUIRSE CUANDO SE DISEÑAN PIEZAS DE METALES NO-FERROSOS COLADAS EN ARENA. LA FIGURA ADJUNTA MUESTRA ALGUNAS IDEAS SIMPLES QUE DEBIERAN OBSERVARSE AL DISEÑAR PIEZAS QUE SERAN MAQUINADAS.



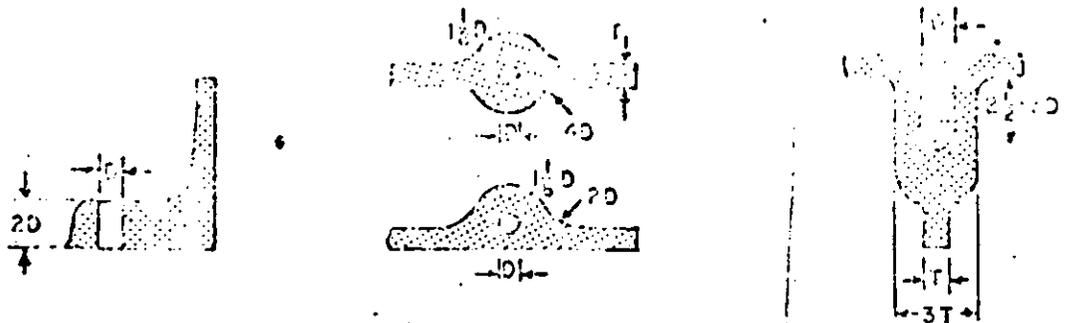
MAQUINADO



FORJADO EN CALIENTE

Fig. 36 Cambios en los métodos de producción (Eje de rueda de bicicleta; antes maquinada, ahora forjado en caliente).

BARRENOS Y AGUJEROS CON CUERDA



PESTAÑAS PARA AGUJEROS CON NUCLEO



ESPEORES EN LAS UNIONES

Relación $\frac{T}{t}$	Ahuzado
Hasta 2	No se requiere
2 - 4	1 a 1 1/2 T
Sobre 4	2 T

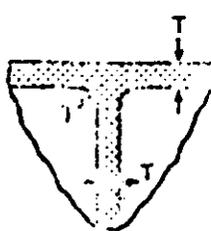
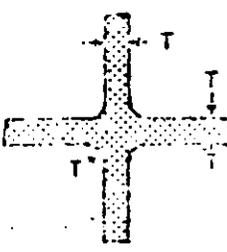
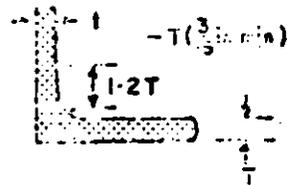
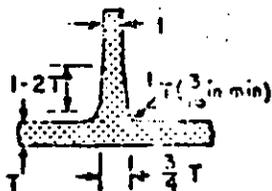




Fig. 57 Especificaciones recomendadas para el diseño de placas de refuerzo en juntas no forradas en acero.

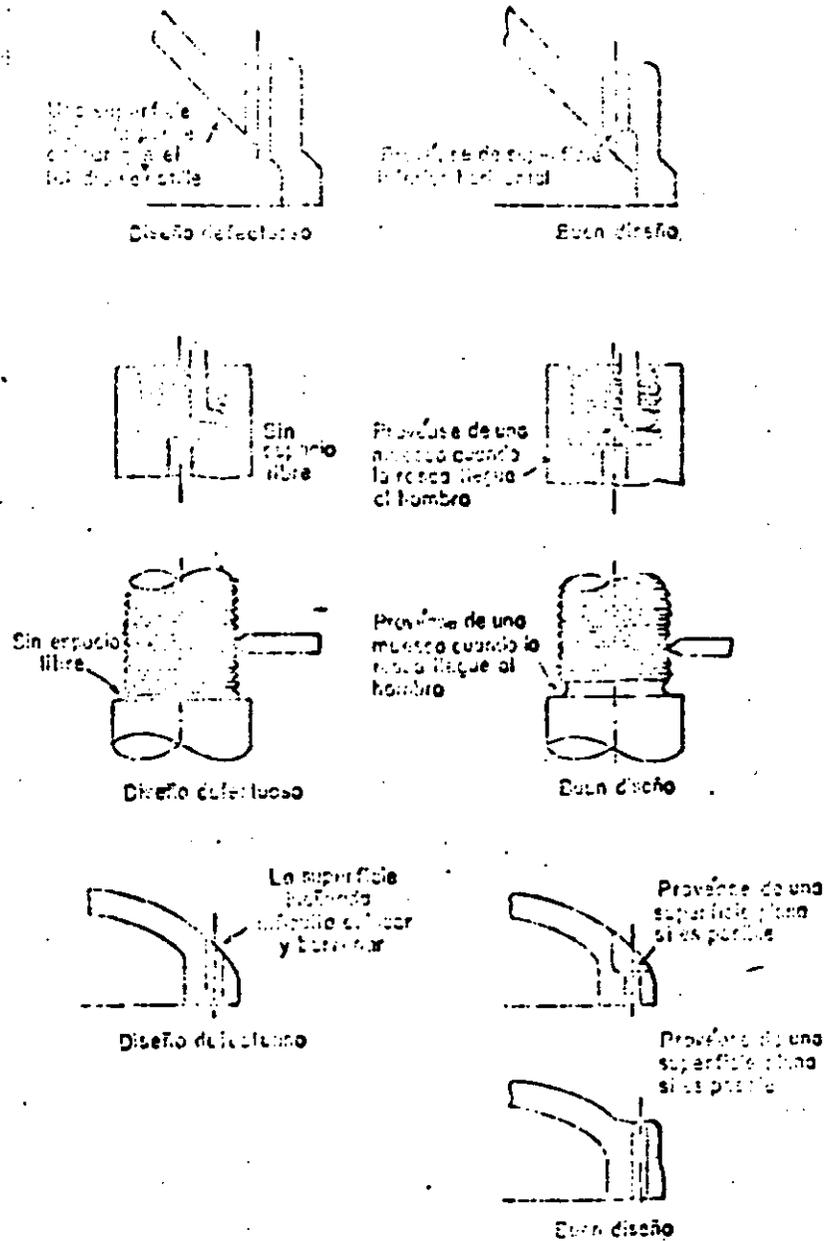


Fig. 38 Recomendaciones para el diseño de piezas maquinadas.

## CAMBIOS EN LOS METODOS DE UNION DE PARTES

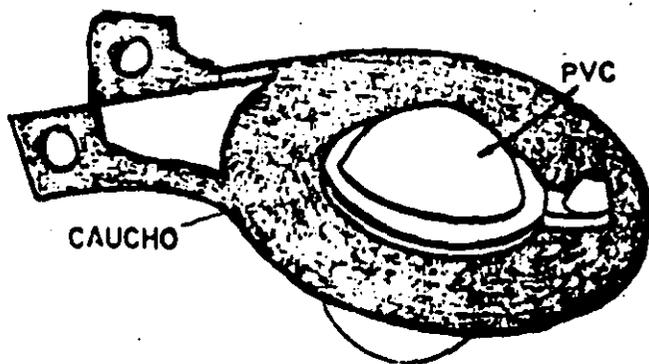
LOS METODOS POR LOS CUALES SE UNEN LAS PARTES COMPONENTES DE UN PRODUCTO; PUEDEN SER LA CAUSA DE GRANDES DIFERENCIAS EN LOS COSTOS DE PRODUCCION. SE PUEDEN USAR CAMBIOS PARA QUE EN LUGAR DE USAR TORNILLOS O REMACHES SE USE SOLDADURA, GRAPAS O PEGAMENTO. CON ESTO, CON ESTO SE ELIMINARIA LA NECESIDAD DE HACER LOS AGUJEROS QUE CONTENDRIAN LOS TORNILLOS O REMACHES; ADEMAS, LAS OPERACIONES DE SOLDADURA, ENGRAPADO O UNION POR PEGAMENTOS, SON MAS RAPIDAS.

CUANDO SE TIENE DOS O MAS PIEZAS QUE VAN A SER ENSAMBLADAS RIGIDAMENTE, ALGUNAS VECES ES POSIBLE SUSTITUIRLAS POR UNA SOLA PIEZA QUE CUMPLA LAS MISMAS FUNCIONES QUE EL ENSAMBLE PERO QUE PERMITA UN AHORRO EN LOS MATERIALES, LA MANO DE OBRA DE FABRICACION Y DE ENSAMBLE, ETC. LA FIGURA ADJUNTA MUESTRA UNA PERA PARA TANQUE BAJO DE W.C., FABRICADA ORIGINALMENTE DE DOS PIEZAS QUE VAN UNIDAS RIGIDAMENTE Y QUE SE REDISEÑA PARA FABRICARSE DE UNA SOLA PIEZA - Y DE UN SOLO MATERIAL -.

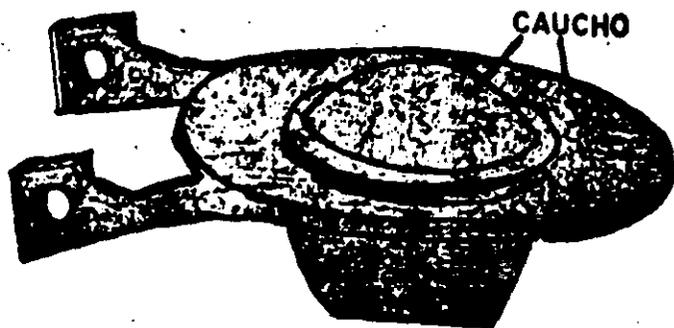
AL EJECUTAR ESTOS OTROS CAMBIOS DEBE TENERSE ESPECIAL CUIDADO DE QUE - LOS AHORROS OBTENIDOS POR UN LADO, NO SEAN DESCOMPENSADOS POR LA ELEVACION DE LOS COSTOS PROVOCADOS POR LOS MISMOS CAMBIOS EN OTRAS AREAS. - ASI, LA SUSTITUCION DE LOS TORNILLOS DE LA TAPA DE LA CARCASA DE UNA MAQUINA POR PUNTOS DE SOLDADURA, NOS BAJARIA LA ACEPTACION DE NUESTRO PRODUCTO DEBIDO A LOS PROBLEMAS QUE TENDRIA EL CLIENTE PARA SU REPARACION EN CASO DE DESCOMPOSTURA. DE LA MISMA MANERA, LA SUSTITUCION DE DOS O MAS PIEZAS POR UNA SOLA, PODRIA IMPOSIBILITAR LA RECUPERACION Y REUTILIZACION DE LAS PARTES DE LARGA DURACION.

## CAMBIOS EN PARTES Y SEMIPRODUCTOS COMPRADOS

LAS PARTES Y COMPONENTES COMPRADOS, ESPECIALMENTE CUANDO SE USAN GRANDES CANTIDADES, PUEDE SER UN FACTOR DECISIVO EN LOS COSTOS TOTALES DEL PRODUCTO TERMINADO.



DISEÑO ORIGINAL



NUEVO DISEÑO

AL SOMETER UNA PARTE O COMPONENTE COMPRADO AL PROCESO DE SINTESIS CREATIVA, SE ESTARA BUSCANDO UN NUEVO CONCEPTO DE DISEÑO QUE HAGA INECESARIA A DICHA PARTE O , AL MENOS, REDUZCA EL COSTO. TODO ESTO, SIN SACRIFICAR NINGUNA DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES REQUERIDAS. LA FIGURA ADJUNTA MUESTRA UN ANUNCIO DE UN FABRICANTE DE PARTES ESTANDAR DE GRAN VARIEDAD.

POR TANTO, ANTES DE DECIDIR SI SE COMPRA O NO UNA PARTE O COMPONENTE, DEBEN RESPONDERSE UNA SERIE DE PREGUNTAS ESPECIFICAS COMO LAS QUE SE PRESENTAN EN LA SIGUIENTE TABLA

**T A B L A**

PREGUNTAS QUE DEBEN RESPONDERSE ANTES DE DECIDIR COMPRAR UNA PARTE O SEMIPRODUCTO.

1. ¿ESTA EJECUTANDO LA PARTE UNA FUNCION BASICA O SOLO ESTA CONTRIBUYENDO A UN MEJOR COMPORTAMIENTO TOTAL?
2. ¿ES LA MEJORA EN EL COMPORTAMIENTO TOTAL ATRIBUIDO A LA PARTE, DESEABLE O NECESARIO?
3. ¿PODRIA CAMBIARSE EL DISEÑO PARA ELIMINAR LA PARTE?
4. ¿EXISTE UNA FORMA MAS BARATA PARA EJECUTAR LA MISMA FUNCION?
5. ¿PODRIA UNIRSE UNA PARTE ESTANDAR?
6. ¿PODRIA MODIFICARSE UNA PARTE ESTANDAR PARA DAR EL MISMO SERVICIO MAS ECONOMICAMENTE?
7. ¿PUEDE USARSE ALGUN ARTICULO YA INCORPORADO EN OTRO DISEÑO?
8. ¿PUEDE FABRICAR LA PARTE CON OTRO MATERIAL MAS ECONOMICO?  
¿HABRA UNA TECNICA MAS ECONOMICA PARA PRODUCIR LA PARTE?
9. ¿DEBEN TENER TODAS LAS SUPERFICIES ESTOS ACABADOS O PUEDEN TENERSE OTROS MAS BURDOS?
10. ¿SON ADECUADAS Y NECESARIAS TODAS LAS TOLERANCIAS Y ESPECIFICACIONES ?



Avoid the expense of a special part ... take advantage of our tremendous variety of standard parts — tell us what you need and let us submit a standard fastener for the job. We know you will be pleased with the savings that can be made.

Fig. 40 — Standard parts — bolts, nuts, washers, gears, etc., etc.

11. ¿PODRIAN COMBINARSE DOS O MAS PARTES?
12. ¿PODRIA REDUCIRSE EL PESO?
13. ¿SON ADECUADAS Y NECESARIAS TODAS LAS TOLERANCIAS Y ESPECIFICACIONES?
14. ¿PODRIA REDUCIRSE EL VOLUMEN?
15. ¿PODRIAN REMPLAZARSE LOS TORNILLOS POR METODOS DE UNION MAS SENCILLOS Y RAPIDOS? (REMACHES, PUNTOS DE SOLDADURA, ADHESIVOS, ETC.)
16. ¿PODRIA LA PARTE MONTARSE CON HERRAMIENTAS ESTANDAR?
17. ¿CONVENDRIA USAR ALGUN DISPOSITIVO ESPECIAL PARA EL MONTAJE?
18. ¿ESTAN LAS DIMENSIONES DE PARTES SIMILARES REDUCIDAS AL MINIMO DE LAS MEDIDAS ESTANDAR?
19. ¿PUEDE INCREMENTARSE EL VOLUMEN DE COMPRA MEDIANTE EL USO DE LA PARTE EN OTRAS AREAS DEL DISEÑO?

AUNQUE LAS DIFERENCIAS EN PRECIOS DE LAS PARTES O COMPONENTES COMPRADOS, NOS PAREZCAN PEQUEÑOS, SON VERDADERAMENTE SORPRENDENTES LOS AHORROS QUE PODEMOS OBTENER SI HACEMOS UNA BUENA SELECCION: CON ESTE OBJETO PUEDE USARSE LAS REGLAS ENUNCIADAS EN LA SIGUIENTE TABLA.

#### T A B L A

##### REGLAS PARA LA COMPRA DE PARTES Y COMPONENTES

- 1.- USE ARTICULOS COMERCIALES ESTANDAR DISPONIBLES EN DIMENSIONES, TOLERANCIAS Y ACABADOS ESTANDAR
- 2.- USE PARTES ESTANDARIZADAS DE DIMENSIONES IDENTICAS NO SOLO EN UN PRODUCTO EN PARTICULAR SINO EN TODA LA LINEA DE PRODUCCION PARA CONSEGUIR MEJORES PRECIOS EN LA COMPRA Y REDUCIR COSTOS DE INVENTARIOS Y ALMACENAJE.
- 3.- NO SOLICITE TOLERANCIAS MUY CERRADAS A MENOS QUE SEA COMPLETAMENTE NECESARIO.

- 4.- ASEGURESE QUE LA PARTE O PARTES PUEDEN OBTENERSE DEMAS DE UN PROVEEDOR, PARA EVITAR COSTOSAS DEMORAS DE ENTREGA Y PERMITIR COMPRAS DE EMERGENCIA EN CASO NECESARIO.
- 5.- SELECCIONE AL PROVEEDOR NO SOLO CONSIDERANDO EL PRECIO DE LA PARTE SINO TAMBIEN SU LOCALIZACION, TIEMPO DE ENTREGA, CONFIABILIDAD ETC.
- 6.- MANTENGA UN CATALOGO BIEN ORGANIZADO Y ACTUALIZADO SOBRE PARTES Y COMPONENTES COMUNES, PARA AYUDARSE EN LA SELECCION.

#### CAMBIOS EN EL DISEÑO PARA LA DISTRIBUCION

AUNQUE LA MAYORIA DE LAS VECES QUE SE DISEÑA UN PRODUCTO NO SE CONSIDERA LA INFLUENCIA QUE EL PROCESO DE LA DISTRIBUCION EN EL MERCADO PUEDE TENER EN EL DISEÑO, A MENUDO SE ENCUENTRA QUE LOS PROBLEMAS DE DISTRIBUCION TIENEN UN IMPORTANTE IMPACTO. EN REALIDAD, ESTE IMPACTO ES DE INDOLE PRIMARIO EN EL DISEÑO DE SISTEMAS DE PRESTACION DE SERVICIOS TALES COMO LOS DE ENERGIA ELECTRICA, DE AGUA, DE GAS, DRENAJE, INFORMACION, TRANSPORTE, SALUD, ETC.

LOS CAMBIOS EN EL DISEÑO PARA LA DISTRIBUCION DE UN PRODUCTO O SERVICIO SON ENFOCADOS A PROMOVER SOLUCIONES ALTERNATIVAS A TRES ASPECTOS RELEVANTES DEL PROCESO:

- . EL EMPAQUE Y EMBALAJE DEL PRODUCTO O FORMA DE ENTREGA DEL SERVICIO
- . EL ALMACENAJE O MANEJO DEL PRODUCTO Y FORMAS DE DISTRIBUCION DEL SERVICIO
- . LA VENTA DEL PRODUCTO O SERVICIO

LAS PREGUNTAS PLANTEADAS EN LA TABLA SIGUIENTE PUEDEN SUGERIR ALGUNOS CAMBIOS PARA CADA UNO DE LOS ASPECTOS ANTERIORES.

**T A B L A**  
CAMBIOS EN EL DISEÑO PARA LA DISTRIBUCION

**A. EMPAQUE Y EMBALAJE**

1. ¿ PUEDE REDUCIRSE LA DIFERENCIA ENTRE PESO BRUTO Y PESO NETO ?
2. ¿ PUEDE REDUCIRSE EL VOLUMEN TOTAL ?
3. ¿ PUEDE CAMBIARSE LA FORMA EXTERIOR PARA APROVECHAR MEJOR EL ESPACIO DISPONIBLE ?
4. ¿ SE PUEDEN USAR EMPAQUES INDIVIDUALES, O DE CAPACIDAD MULTIPLE ?
5. ¿ SE PUEDE DAR PROTECCION CONTRA GOLPES Y MEDIO AMBIENTE ?
6. ¿ SE PUEDEN AÑADIR PUNTOS DE AMARRE O TARIMAS ESPECIALES PARA FACILITAR EL MANEJO ?
7. ¿ SE PUEDEN USAR EMPAQUES Y EMBALAJES ESPECIALES POR SER PRODUCTO DE MANEJO PELIGROSO ?

**B. ALMACENAJE Y MANEJO**

1. ¿ HABRA UNA LOCALIZACION MAS CONVENIENTE PARA LOS ALMACENES O PUNTOS DE DISTRIBUCION DEL PRODUCTO O SERVICIO ?
2. ¿ PUEDE DISMINUIRSE EL ESPACIO NECESARIO PARA LOS ALMACENES O PUNTOS DE DISTRIBUCION DEL PRODUCTO O SERVICIO ?
3. ¿ PODRA CAMBIARSE EL EQUIPO Y DISPOSITIVOS ESPECIALES PARA EL MANEJO DEL PRODUCTO O LA DISTRIBUCION DEL SERVICIO ?

**C. VENTA**

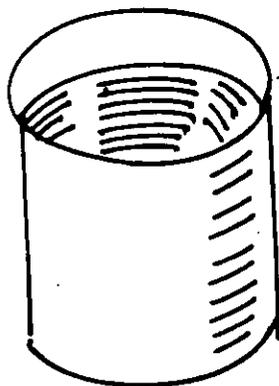
1. ¿ HABRA OTRA FORMA MEJOR DE PROMOVER EL PRODUCTO O SERVICIO ?
2. ¿ SE PUEDE PRESENTAR MAS ATRACTIVAMENTE EL PRODUCTO ?
3. ¿ PUEDE AUMENTARSE LA VIDA EN MOSTRADOR DEL PRODUCTO O SERVICIO ?

COMO SUCEDE CON LOS DEMAS PROCESOS, LOS CAMBIOS PROPUESTOS PARA REDUCIR LOS PROBLEMAS DEL PROCESO DE DISTRIBUCION, PUEDEN DE ALGUNA MANERA INFLUIR NEGATIVAMENTE EN LA FUNCION EJECUTADA, EN LOS COSTOS DE PRODUCCION O AÑADIR DESVENTAJAS PARA LOS PROCESOS DE CONSUMO O RETIRO.

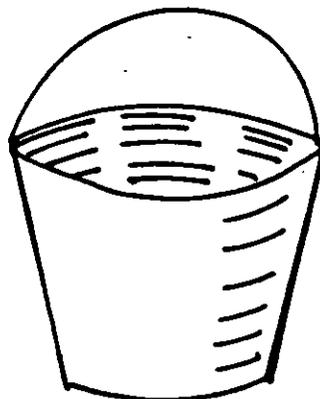
EN EL ESQUEMA (a) DE LA SIGUIENTE FIGURA SE MUESTRA EL DISEÑO ORIGINAL DE UNA CUBETA COMUN CON EL CUERPO EN FORMA CILINDRICA.

**FIGURA**

**CAMBIOS EN EL DISEÑO PARA LA DISTRIBUCION (CUBETA CILINDRICA A CUBETA CONICA ESTIBABLE ).**



( a )



( b )

ESTE DISEÑO PRESENTA GRANDES VENTAJAS DESDE EL PUNTO DE VISTA FUNCIONAL Y EN CUANTO AL PROCESO DE PRODUCCION, YA QUE LA RELACION CAPACIDAD/VOLUMEN OCUPADO, ES ADECUADA Y EL DESPERDICIO DE MATERIA PRIMA DE FABRICACION ES MINIMA. SIN EMBARGO, LOS PROBLEMAS SE PRESENTAN EN EL PROCESO

DE DISTRIBUCION Y SON TREMENDOS: LOS COSTOS DE TRANSPORTE DE ESTE TIPO DE CUBETAS SON MUY GRANDES DEBIDO AL ESPACIO QUE OCUPAN. EN EL ESQUEMA ( b ) DE LA MISMA FIGURA SE REPRESENTA UNA ALTERNATIVA DE DISEÑO - EL CUERPO DE LA CUBETA ES CONICO - QUE, AUNQUE NO ES TAN BUEN CRITERIO DE DISEÑO FUNCIONAL NI PARA LA PRODUCCION COMO LA ANTERIOR - MENOR CAPACIDAD Y MAYOR DESPERDICIO DE MATERIAL -, REDUCE GRANDEMENTE LOS COSTOS DE TRANSPORTE, YA QUE AL PODERSE ESTIBAR UNA CUBETA SOBRE OTRA, SE APROVECHA MEJOR EL ESPACIO DISPONIBLE.

### CAMBIOS EN EL DISEÑO PARA EL CONSUMO

AL PROPONER CAMBIOS EN EL DISEÑO DE UN PRODUCTO PARA QUE SE AJUSTE AL PROCESO DE CONSUMO, SE PRETENDE INCORPORARLE CARACTERISTICAS QUE MEJOREN ASPECTOS TALES COMO:

- . FACILIDAD DE MANTENIMIENTO
- . CONFIABILIDAD EN LA OPERACION
- . SEGURIDAD EN EL USO
- . CONVENIENCIA EN EL USO (FACTORES HUMANOS)
- . ADAPTABILIDAD A VARIAS APLICACIONES
- . ESTETICA
- . ECONOMIA OPERACIONAL
- . DURACION EN SERVICIO
- . PRECIO DE COMPRA

LA TABLA SIGUIENTE PRESENTA UNA LISTA DE PREGUNTAS QUE PUEDEN SUGERIR CAMBIOS PARA CADA UNO DE LOS ASPECTOS ANTERIORES.

### T A B L A CAMBIOS EN EL DISEÑO PARA EL CONSUMO

#### A. MANTENIMIENTO

1. ¿ ES NECESARIO PROVEER EN EL PRODUCTO DISPOSITIVOS ESPECIALES PARA SU MANTENIMIENTO? (graseros, anillos de lubricación, copas de aceite, etc.)

2. ¿ PUEDEN HACERSE MAS RAPIDAMENTE ACCESIBLES LAS PARTES QUE REQUIEREN MANTENIMIENTO ?
3. ¿ PODRIAN USARSE HERRAMIENTAS ESTANDAR Y EN POCO NUMERO ?
4. ¿ PUEDE AUMENTARSE O DISMINUIRSE LA NECESIDAD DE MANTENIMIENTO ?

#### B. CONFIABILIDAD EN LA OPERACION

1. ¿ PUEDE MEJORARSH LAS CARACTERISTICAS DE RESISTENCIA A LA TENSION, DESGASTE, CORTE, COMPRESION, OXIDACION, ETC., DE LAS PARTES CRITICAS PARA EVITAR FALLAS EN EL SERVICIO ?
2. ¿ PUEDEN AÑADIRSE PARTES O DISPOSITIVOS QUE MEJOREN LA CONFIABILIDAD DE LA OPERACION ? (ventiladores, disipadores de calor, fusibles, válvulas de seguridad, gobernadores, amortiguadores, reguladores, interruptores, etc.).

#### C. SEGURIDAD

1. ¿ PUEDE CAMBIARSE EL PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO POR OTRO QUE SEA MENOS PELIGROSO PARA EL CONSUMIDOR ?.
2. ¿ PUEDE AÑADIRSE PARTES O DISPOSITIVOS QUE MEJOREN LA SEGURIDAD DEL CONSUMIDOR ? (guardas protectoras para bandas, poleas y engranes en movimiento, pinturas o materiales no venenosos en juguetes o utensilios para niños, acabados y materiales no flamables, fusibles, válvulas de seguridad, gobernadores, sustancias de olor ofensivo, etc.)
3. ¿ PUEDEN PROTEGERSE LOS PRODUCTOS CONTRA EL ROBO ?

**D. CONVENIENCIA EN EL USO**

1. ¿ PUEDE MEJORARSE LA ADAPTACION DEL PRODUCTO O SERVICIO A LAS MEDIDAS ANTROPOMETRICAS (ESTATURA; COMPLEXION, CINTURA, CABEZA, BRAZOS; MANOS, PIES, CADERA, ETC. ) DEL CONSUMIDOR COMUN ?
2. ¿ PUEDE MEJORARSE EL DISEÑO DE PALANCAS? PERILLAS? VOLANTES, PEDALES, ETC., PARA APROVECHAR MEJOR LA FUERZA DE LA MANO, DEL BRAZO, DEL CODO, DEL HOMBRO, DE LA ESPALDA, DE LA PIERNA, ETC., DE LA MAYORIA DE LOS CONSUMIDORES Y USUARIOS DEL PRODUCTO O SERVICIO ?
3. ¿ PUEDE MEJORARSE LA ADAPTACION DEL PRODUCTO O SERVICIO A LAS CARACTERISTICAS DE VELOCIDAD Y PRECISION DE LAS RESPUESTAS MOTORAS DEL USUARIO COMUN ?
4. ¿ PUEDE MEJORARSE LA ADAPTACION DEL PRODUCTO O SERVICIO A LA CAPACIDAD VISUAL, AUDITIVA Y TACTIL DEL USUARIO COMUN ?
5. ¿ PUEDE ELIMINARSE, DISMINUIRSE O DESAGRADARSE LOS HUMOS, GASES Y POLVOS, RUIDOS Y ENFLUENTES RESULTANTES DE LA OPERACION DEL PRODUCTO O SERVICIO Y QUE SON NOCIVOS A LA SALUD DE LOS CONSUMIDORES ?
6. ¿ PUEDEN ELIMINARSE OLORES OFENSIVOS O MEJORAR EL SABOR ?  
PUEDE EVITARSE O AL MENOS DISMINUIRSE EL DOLOR ?  
(adición de anestésicos a las ampollitas de medicinas dolorosas )

**E. ADAPTABILIDAD A VARIAS APLICACIONES**

1. ¿ PUEDE MEJORARSE EL DISEÑO PARA USOS MULTIPLES ?  
(tijeras para cortar papel, tele, lámina y carnes; adhesivos que unen varios tipos de materiales, etc).
2. ¿ PUEDE MEJORARSE EL DISEÑO PARA QUE EL MISMO PRODUCTO SIGA USANDOSE AUNQUE VARIEN LAS CARACTERISTICAS DEL

USUARIO ? (cinturones con ojillos a diferentes distancias, aparatos eléctricos que funcionan conectados a la red pública o mediante baterías, etc.).

3. ¿ PUEDE AUMENTARSE LA CAPACIDAD DEL PRODUCTO MEDIANTE LA ADICION, CUANDO SE REQUIERA, DE ALGUN OTRO DISPOSITIVO ? (molinos de operación manual y motriz, dispositivos y electrónicos modulares, etc.)

#### F. ESTETICA

1. ¿ PUEDEN CAMBIARSE LOS ACABADOS Y LOS MATERIALES PARA MEJORAR LA PRESENTACION DEL PRODUCTO ?
2. ¿ PUEDEN CAMBIARSE LAS FORMAS EXTERIORES PARA DAR MAYOR ATRACTIVIDAD AL PRODUCTO ?
3. ¿ PUEDEN CAMBIARSE LAS PROPORCIONES ENTRE LAS DIMENSIONES DEL PRODUCTO PARA MEJORAR SU ASPECTO EXTERIOR ?
4. ¿ PUEDE CAMBIARSE LA DISTRIBUCION DE LAS PARTES Y COMPONENTES PARA ARMONIZAR LA ESTRUCTURA DEL PRODUCTO ?

LA FIGURA SIGUIENTE MUESTRA UNA CADENA FABRICADA CON COJINETES DE METAL SINTERIZADO, CUYAS PROPIEDADES DE AUTOLUBRICACION PERMITEN FACILITAR EL MANTENIMIENTO DE SUS PARTES. EN LA FIGURA POSTERIOR SE PRESENTA UN DISPOSITIVO ESPECIALMENTE DISEÑADO PARA EVITAR CHOQUES Y SOBRECARGAS; DE ESTA MANERA SE AUMENTA LA CONFIABILIDAD EN LA OPERACION. EL RADIO AM/FM MOSTRADO POR LA JOVEN DE LA FIGURA ADJUNTA, PRESENTA GRANDES CONVENIENCIAS PARA SU USO DEBIDO A QUE SE ADAPTA PERFECTAMENTE AL CUERPO Y UTILIZA EL ESQUELETO OSEO PARA TRANSMITIR EL SONIDO HASTA EL OIDO.

F I G U R A

¿FACILIDAD EN EL MANTENIMIENTO?, LOS COJINETES DE METAL SINTERIZADO DE ESTA CADENA DE TRANSMISION ESTAN EMPAPADOS DE ACEITE. CUANDO LA CADENA SE MUEVE, LIBERA PEQUEÑAS CANTIDADES DE ACEITE QUE LUBRICAN A LOS PASADORES, A LAS PLACAS Y A LOS DIENTES DE LA CATARINA. CUANDO LA CADENA ESTA EN REPOSO, REABSORBE EL LUBRICANTE. BORGWERNER, STA. CLARA, MEXICO.



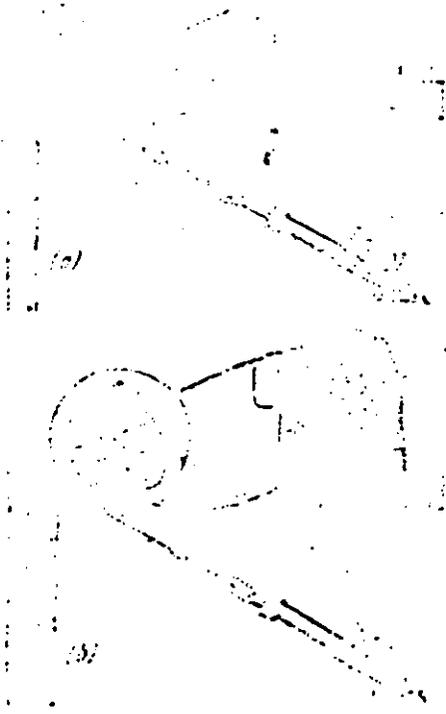


Fig. 14 ¿ Convivencia en el uso?

El radio estéreo AM/FM -  
( BONEPHONE ) mostrado --  
por la joven de la foto,  
se adapta al cuerpo y u-  
tiliza el esqueleto como  
medio de transmisión del  
sonido. J.S. & A., North  
brook Ill. U.S.A.

Fig. 15 ¿ Confiabilidad en la opo-  
sición ? El dispositivo -  
mostrado sirve para protec-  
ger de choques o sobrecar-  
gas a la máquina movida, -  
al reductor de velocidad y  
al motor. Cuando ocurre un  
choque o sobrecarga, el --  
dispositivo afloja la ban-  
da y corta la energía al -  
motor. Dodge Mfg. Corp. --  
Mishewaka, Ind. U.S.A.

CAMBIOS EN EL DISEÑO PARA EL RETIRO

SERIA IDEAL QUE SE PUDIERA DISEÑAR UN PRODUCTO DE MANERA TAL QUE DEJE DE SERVIR EN EL PRECISO MOMENTO DE LLEGAR A LA OBSOLESCENCIA TECNICA. DE ESTA MANERA, NO INCURRIRIAMOS EN LOS COSTOS QUE SE AÑADEN PARA DARLE MAS DURACION EN SERVICIO QUE LA ESTRICTAMENTE NECESARIA. PERO, COMO VIMOS EN LA SECCION ANTERIOR, LOS ELEMENTOS DE DISEÑO QUE CONTRIBUYEN A AUMENTAR LA DURACION EN SERVICIO, TAMBIEN SON ESENCIALES PARA UNA BUENA CONFIABILIDAD Y UN ADECUADO MANTENIMIENTO. ASI, SI QUEREMOS BALANCEAR LA DURACION EN SERVICIO CON LA OBSOLESCENCIA TECNICA, VERIAMOS DISMINUIDAS LAS EXPECTATIVAS DE UNA BUENA CONFIABILIDAD EN EL SERVICIO Y DE BUENAS CONDICIONES DE MANTENIMIENTO DEL PRODUCTO BAJO ESTUDIO.

APARTE DE LOS PROBLEMAS DE RAZON DE OBSOLESCENCIA Y VIDA UTIL, QUE TRATAN DE RESOLVERSE PARA AJUSTAR AL PRODUCTO O SERVICIO AL PROCESO DE RETIRO, DEBEN BUSCARSE SOLUCIONES PARA MEJORAR ASPECTOS TALES COMO:

- . ADAPTABILIDAD DEL PRODUCTO O SERVICIO A VARIOS NIVELES DE USO
- . REUTILIZACION DE MATERIALES Y COMPONENTES DE LARGA VIDA
- . NOCIVIDAD DE DESPERDICIOS.

LOS MISMOS COMENTARIOS HECHOS PARA LOS PROCESOS DE PRODUCCION, DISTRIBUCION Y CONSUMO, SOBRE EL HECHO DE QUE LOS CAMBIOS PROVOCADOS PARA BENEFICIO DE UN PROCESO PUEDEN ATRAER DESVENTAJAS PARA OTROS; SIGUEN SIENDO VALIDOS PARA LOS CAMBIOS SUGERIDOS EN LA TABLA SIGUIENTE:

**T A B L A**

**CAMBIOS EN EL DISEÑO PARA EL RETIRO.**

A.

**RAZON DE OBSOLESCENCIA**

1. ¿ PUEDEN ANTICIPARSE ALGUNOS EFECTOS DEL DESARROLLO TECNICO QUE AFECTAN LA RAZON DE OBSOLESCENCIA DEL PRODUCTO O SERVICIO?

2. ¿ PUEDEN EVITARSE EL USO DE PARTES O DISPOSITIVOS DE ALTA RAZON DE OBSOLESCENCIA ?

B. VIDA FISICA Y VIDA UTIL

1. ¿ PUEDEN BALANCEARSE LAS CARACTERISTICAS DE DURACION EN SERVICIO, CONFIABILIDAD Y MANTENIMIENTO CON LA VIDA ECONOMICAMENTE UTIL DEL PRODUCTO ?

C. ADAPTABILIDAD A VARIOS NIVELES DE USO

1. ¿ PUEDEN MEJORARSE EL DISEÑO PARA PERMITIR SU USO A UN NIVEL MAS BAJO, DESPUES DE DETERIORARSE ALGUNAS DE SUS PARTES O COMPONENTES PRINCIPALES ?

D. REUTILIZACION DE MATERIALES Y COMPONENTES DE LARGA VIDA

1. ¿ PUEDE MEJORARSE EL DISEÑO DEL PRODUCTO O SERVICIO PARA PERMITIR LA REUTILIZACION DE PARTES O COMPONENTES QUE NO HAYAN SUFRIDO MUCHO O NINGUN DESGASTE ?
2. ¿ PUEDE CAMBIARSE LA MATERIA PRIMA PARA QUE PUEDA REUTILIZARSE EN LA PRODUCCION DE NUEVOS PRODUCTOS ?

E. NOCIDIDAD DE DESECHOS Y DESPERDICIOS

1. ¿ PUEDE CAMBIARSE EL CRITERIO DE DISEÑO PARA QUE LOS MATERIALES Y PARTES QUE NO SE REUTILICEN SEAN RAPIDAMENTE DEGRADADOS Y NO PROVOQUEN DESEQUILIBRIOS EN EL ECOSISTEMA ?

**F I G U R A**

NOS MUESTRA EL PUNTO DE VISTA DE AL JAFFEE, CARICATURISTA DE LA REVISTA MAD, SOBRE EL PROBLEMA DE ADAPTACION DEL PRODUCTO A VARIOS NIVELES DE USO. EL MISMO AUTOR PRESENTA EN LA FIG. 46 SU CONCEPCION DEL PROBLEMA DE LA REUTILIZACION- RECICLAJE-DE MATERIALES Y COMPONENTES DE LARGA DURACION.

mo autor presenta en la Fig. 46 su concepción del problema de la reutilización - reciclaje - de materiales y componentes de larga vida.

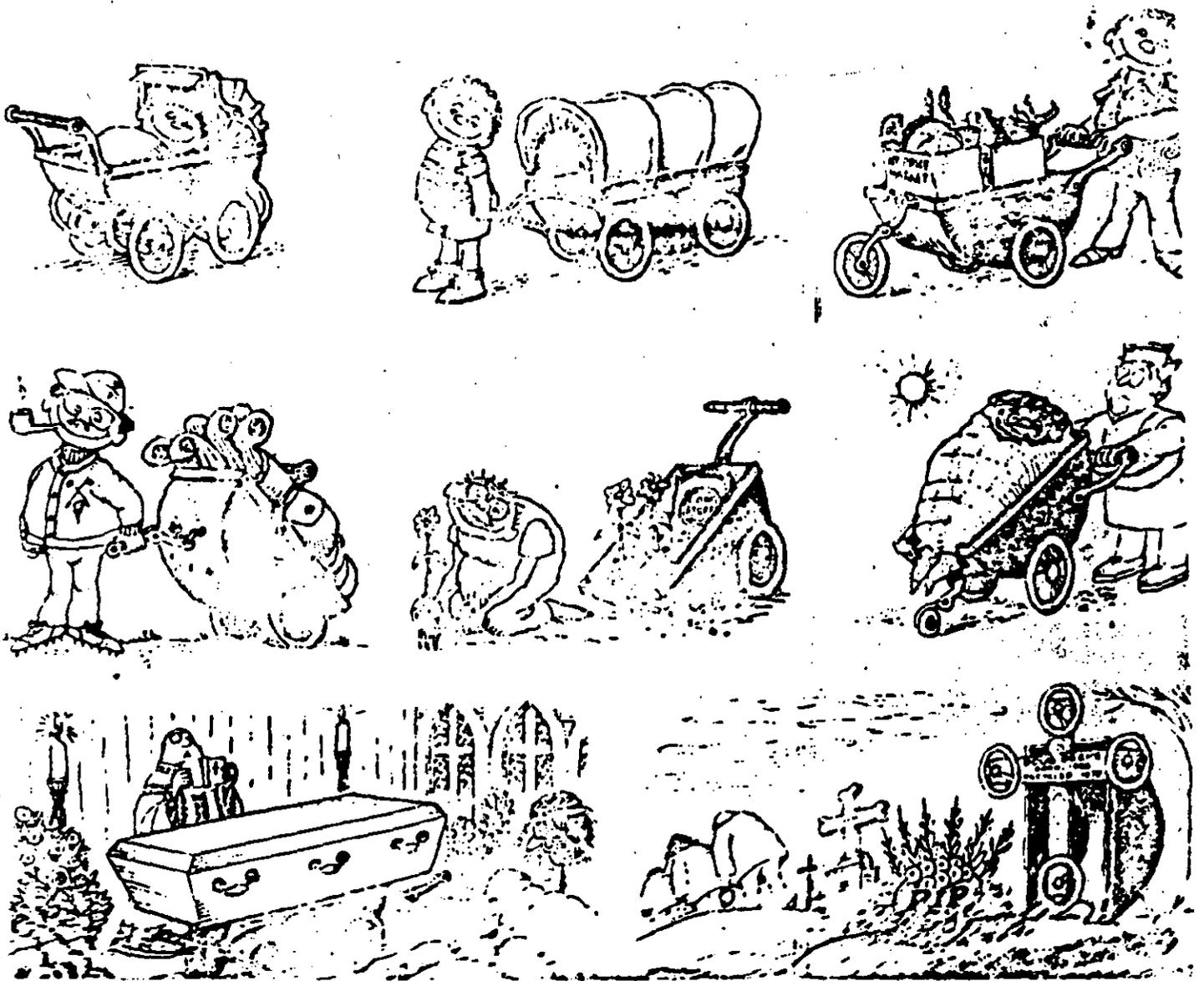


Fig. 45 ¿ Puede el producto adaptarse a varios niveles de uso ?

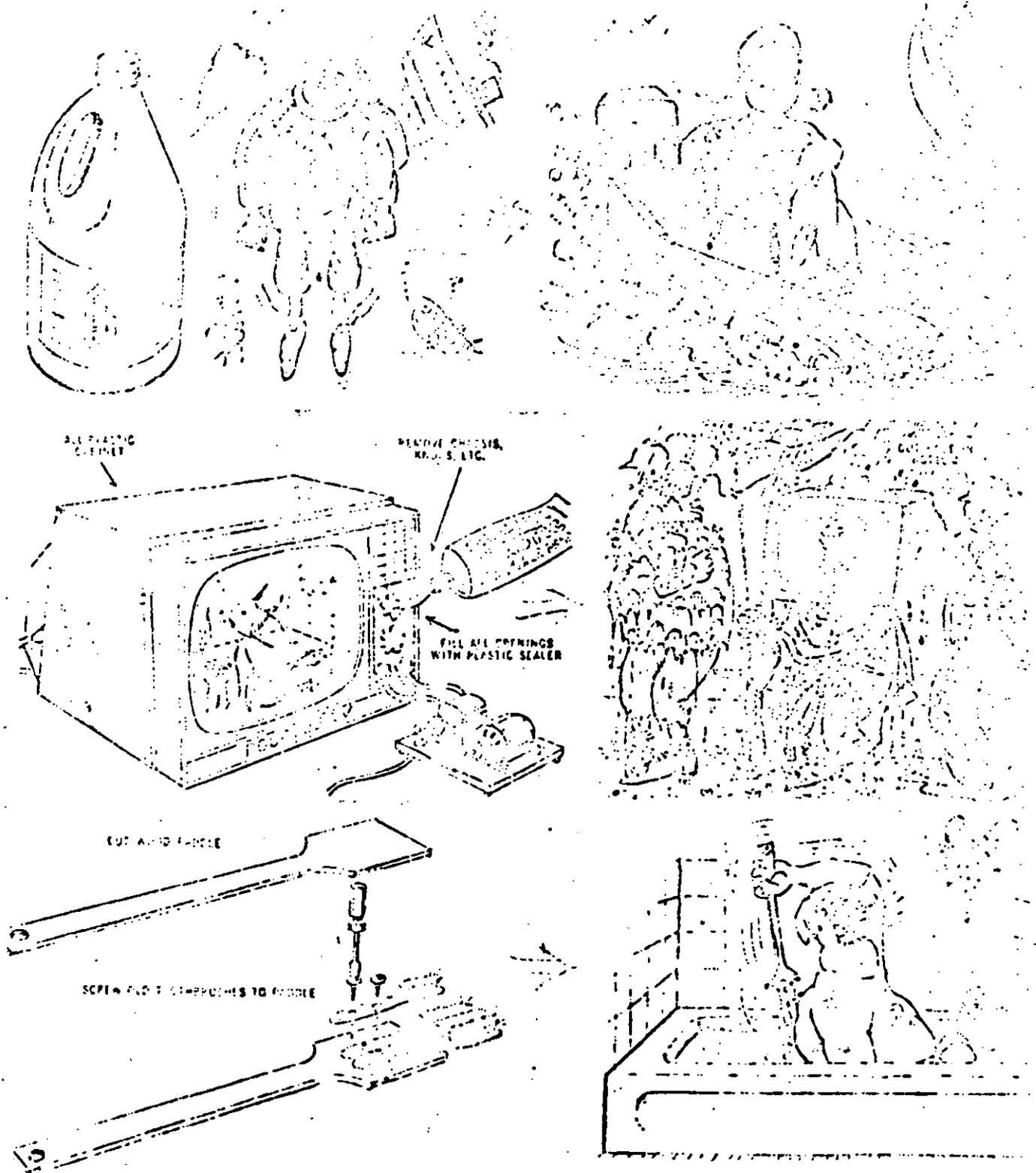


Fig. 16 ¿ Pueden utilizarse materiales y compuestos de larga vida ?

CAMBIOS EN LAS ACTIVIDADES O TAREAS

EN LAS SECCIONES ANTERIORES PRESENTAMOS UNA SERIE DE TECNICAS QUE PUE-  
DEN AYUDARNOS A ENCONTRAR SOLUCIONES ALTERNATIVAS CUANDO SE ANALIZA EL  
VALOR DE UN ARTICULO MANUFACTURADO. AUNQUE ESTAS TECNICAS PUEDEN TAM-  
BIEN SERVIRNOS CUANDO ESTAMOS ESTUDIANDO UNA O VARIAS TAREAS COMPONEN-  
TES DE UN SERVICIO PRESTADO; DEBIDO AL ENFOQUE ESPECIALMENTE DIRIGIDO  
AL PRIMER OBJETIVO, REQUIEREN SER COMPLEMENTADOS CON OTRAS TECNICAS MAS  
APTAS PARA APLICARSE EN EL ESTUDIO DE DICHAS TAREAS.

LA TABLA SIGUIENTE PROPORCIONA UNA SECUENCIA LOGICA PARA GENERAR SOLU-  
CIONES ALTERNATIVAS PARA EL QUE, QUIEN, COMO, CUANDO Y DONDE RELATIVOS  
A LAS TAREAS QUE COMPONEN AL SERVICIO BAJO ESTUDIO. NOTESE QUE LA TA-  
BLA QUE SIGUE ES SOLO LA CONTINUACION DE LA TABLA USADA PARA EL ESTUDIO  
DE ACTIVIDADES O TAREAS EN LA FASE DE INFORMACION.

**T A B L A**

**CAMBIOS EN EL PROPOSITO, LUGAR, SECUENCIA, PERSONA Y MEDIOS DE TAREAS,**

**A. PROPOSITO ( ¿ QUE ? )**

- ¿ QUE OTRA COSA PODRIA HACERSE ?

NOTA: LA RESPUESTA A ESTA SECCION NUNCA ES NADA.

LAS TRES PRINCIPALES ALTERNATIVAS QUE DEBEN CONSIDERARSE  
SON:

A. NO REALIZACION .

B. REALIZACION PARCIAL.

C. EVITAR LA NECESIDAD PARA SU REALIZACION.

CADA UNA DE ESTAS PUEDE AUN AMPLIARSE.

**B. LUGAR ( ¿ DONDE ? )**

- ¿ EN QUE OTRA PARTE PODRIA HACERSE ?

NOTAS:

A. CONSIDERE TODAS LAS ALTERNATIVAS CONCEBIBLES.

B. RECUERDE LAS TRES DIMENSIONES.

C. TIEMPO ( ¿ CUANDO ? )

- ¿ EN QUE OTRO TIEMPO PODRIA HACERSE ?

NOTAS:

A. ¿ CUAL SECUENCIA ?

B. ¿ CUAL FRECUENCIA ?

D. PERSONA ( ¿ QUIEN ? )

- ¿ QUIEN OTRO PODRIA HACERLO ?

NOTA: CONSIDERE TODAS LAS ALTERNATIVAS POSIBLES PARA:

A. NUMERO.

B. GRADO

C. EMPLEO

D. DESIGNACION.

E. ESQUEMA DE SALARIOS.

E. MEDIOS ( ¿ COMO ? )

- ¿ EN QUE OTRA FORMA PODRIA HACERSE ?

NOTA: CONSIDERE TODAS LAS ALTERNATIVAS POSIBLES PARA:

A. MATERIALES.

B. EQUIPO.

C. METODOS.

D. CONDICIONES DE OPERACION.

## CAPITULO 5

### FASE DE EVALUACION Y SELECCION

*De tin marln*

*de do pingué*

?

[Esta fase es la continuación directa de la fase de creación. Todas las ideas y soluciones propuestas se someten a consideraciones críticas relativas a la *factibilidad física*, *conveniencia económica*, *posibilidad financiera* y *ajuste al ciclo producción-distribución-consumo-retiro*.]

El inicio de esta fase marca el momento del análisis exhaustivo de cada una de las ideas generadas en la fase anterior. El espíritu crítico que antes estuvo fuertemente contenido, debe ahora desbordarse libremente y sin -- contemplaciones. Se trata de dejar vivas solo a las i--- deas que resistan los embates más fuertes, hasta hacer -- la selección final.

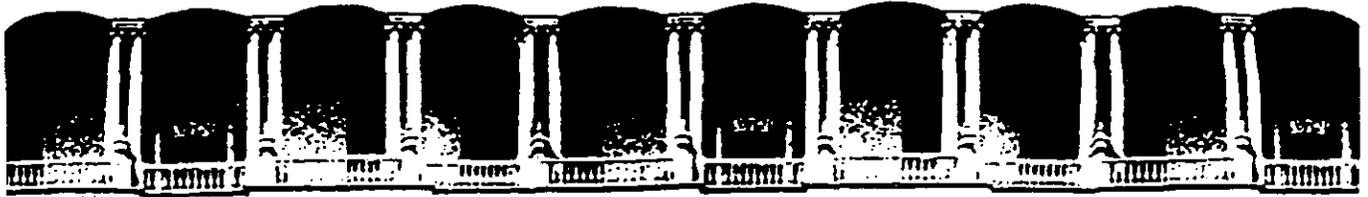
Algunas de las ideas analizadas cederán rápidamente ante

los primeros embates, pero un buen número de ellas resistirán fuertemente los repetidos ataques y dificultarán el proceso de evaluación. Son precisamente estas últimas ideas las que justifican la necesidad de usar técnicas y cuidados especiales para la toma de decisiones.

La alternativa seleccionada será aquella que ejecute la misma a mejor función por un costo menor. Podría aceptarse también una alternativa que ejecute una mejor función aunque el costo permanezca constante o, si aumenta, este aumento no sea tan grande como para desmerecer el nuevo valor real del producto o servicio.

#### ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD,

Debido a que en la fase de creación se obtienen normalmente un conjunto numeroso de ideas concebidas sin ninguna crítica, algunas de estas ideas serán imposibles de realizar. Por tanto, lo primero que debemos hacer es someter todas las ideas a un estudio de factibilidad, clasificando las soluciones propuestas en base a tres criterios: *factibilidad física, conveniencia económica y posibilidad financiera*. Ninguna idea debe considerarse si no se puede realizar físicamente, si no existe conveniencia económica



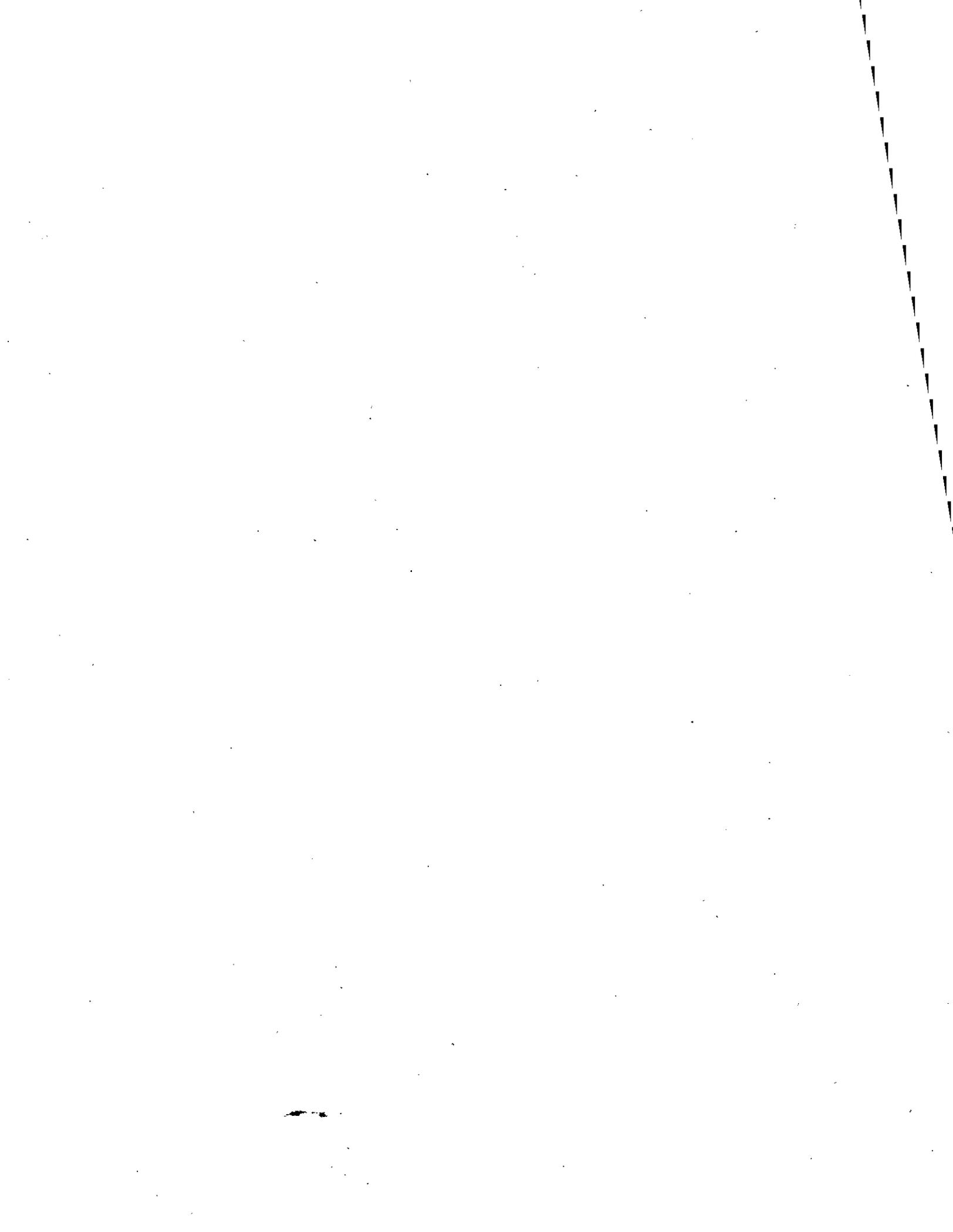
**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**INGENIERIA DEL VALOR E INGENIERIA DE CALIDAD**

**DESPLIEGUE O EXPANSION DE LA FUNCION DE CALIDAD**

**LIC. JORGE MONROY  
ING. MARCO ANTONIO PARDAVI**

**NOVIEMBRE, 1992**



EXPANSION (DESPLIEGUE) DE LA  
FUNCION DE CALIDAD (E.F.C.)  
"QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT"

PARDAVE M., MONROY J.

DEPTO. PLANEACION AVANZADA DE CALIDAD Y METODOS  
DIRECCION DE CALIDAD STAFF  
CHRYSLER MEXICO

LA EXPANSION DE LA FUNCION DE CALIDAD ES UNA TECNICA QUE IDENTIFICA LOS REQUERIMIENTOS DEL CONSUMIDOR Y SUMINISTRA UNA DISCIPLINA PARA ASEGURAR QUE AQUELLOS REQUERIMIENTOS CONDUZCAN EL DISEÑO DEL PRODUCTO Y LA PLANEACION DEL PROCESO. ESTA TECNICA TUVO SU ORIGEN EN JAPON Y ES CONSIDERADA BASICA PARA EL DISEÑO DE NUEVOS PRODUCTOS. POR SU GRAN PROFUNDIDAD DE EVALUACION PROPORCIONA CONOCIMIENTOS INTERNOS PREVENTIVOS PARA LA CREACION DE UN SISTEMA DE REQUERIMIENTOS DEL CONSUMIDOR A UN PROCESO DE MANUFACTURA REAL.

EXPANSION (DESPLIEGUE) DE LA  
FUNCION DE CALIDAD (E.F.C.)  
"QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT"  
PARDAVE M., MONROY J.  
DEPTO. PLANEACION AVANZADA DE CALIDAD Y METODOS  
DIRECCION DE CALIDAD STAFF  
CHRYSLER MEXICO

No hay una definición simple y sencilla para la expansión de la función de Calidad pero la que se da a continuación, capta la esencia del significado de la E.F.C.

Podemos pensar la E.F.C. como la acción de tomar "La Voz del Consumidor" a través del desarrollo del producto, proceso de fabricación y entrega para su venta al mercado.

"BENEFICIOS DE LA COMPETITIVIDAD"

En algunos de los mayores beneficios de la libre competencia, que los Estados Unidos están enfrentando notamos que la calidad y costo impactan directamente a gran parte del mercado tanto como su aprovechamiento y beneficio.

Como los consumidores tienen mayor conciencia del "COSTO" y "VALOR", están cambiando la mira hacia fuentes alternativas de abastecimiento. Sabemos que se puede hacer crecer temporalmente el mercado de libre competencia ofreciendo incentivos y precios lucrativos, pero esto no es negocio bien enfocado.

Estos consumidores conscientes del "VALOR" demandan mejora continua de los niveles de calidad. Cliente que se pierde por problemas de calidad posiblemente nunca más regrese y convenza a otros 20 clientes más.

El mercadeo es crítico para la captura del mercado de libre competencia. Es mucho

.../

más fácil este mercado al ser los primeros con productos deseables que ganar clientes tardíamente. Esto puede ser muy crítico especialmente para compañías con ciclos largos de desarrollo del producto (tres años ó más). Tales espacios de tiempo dificultan programar agilmente los requerimientos del mercado (equivale a predecir el resultado de la Serie Mundial de Beisbol con cuatro años de anticipación). La reducción del tiempo de desarrollo del producto ayuda a una compañía a ser más certera en la combinación producto/consumidor.

Por si solo el mercado libre no asegurará el éxito. Tener como objetivo el mejoramiento en alto rango requiere de mayor grado de productividad.

Con frecuencia sentimos que la calidad, costo, oportunidades y productividad son entidades que entran en conflicto una con otra, haciéndose necesario un "Mercadeo". Sin embargo, cuando el mercadeo es razonable debemos buscar optimizar todos estos elementos para lograr ganancias en un mercado libre y rentable.

#### VENTAJA DEL JAPON

Las mejores compañías japonesas deben su total éxito a la optimización de estos objetivos aparentemente en conflicto. Enfatizamos "las mejores compañías" porque en Japón existen numerosas compañías de "segunda" tal como en otras partes del mundo.

Aunque la magnitud de la ventaja del Japón varía de industria a industria, encontramos que generalmente ellos gozan de una gran ventaja la cual son sus valores y el trabajo en equipo interdepartamental.

Como ya vimos para entender el éxito japonés, descubrimos miles de cuestiones culturales; muchas de ellas fueron consideradas ser ventajosas ó desleales. Algunos ejecutivos americanos regresaron del Japón frustrados por lo desalentador de su situación aparente. Estaba claro que los trabajadores americanos no tolerarían el medio ambiente común a los japoneses ¿Cómo podríamos enfrentar con éxito tales desventajas?

.../

DIFERENCIAS CULTURALES  
TRABAJADORES FANATICOS  
SALARIOS, INCENTIVOS  
RELACIONES GOBIERNO/INDUSTRIA  
SINDICATOS DE LAS COMPANIAS

DIFERENCIAS OPERATIVAS

Cuando examinamos cómo "lo mejor" de las compañías japonesas desarrollaron sus productos, encontramos que ellos habían implantado "La Voz del Consumidor" para determinar fácilmente los atributos importantes del producto. Como es costumbre las compañías americanas confiaron a sus ingenieros (a menudo guiados por los ejecutivos) ser sustituto del consumidor, especificando los requerimientos del producto de manera interna en la compañía. Esto nos condujo a perder la habilidad de dar prioridades (porque todas las especificaciones eran importantes).

El diseño y construcción japonés persigue "Metas de Valor" y buscan reducir las variaciones de manufactura alrededor de esas metas. Los ingenieros americanos inician con metas facilitando la manufactura agregando límites de tolerancia. Esto nos conduce a pensar que los productos hechos dentro de tolerancia son buenos, lo

que resulta claramente erróneo. El uso de tolerancias en lugar de metas da como resultado operar con todo el rango de tolerancia, conduciéndonos a problemas de acumulación de tolerancias. Esta acumulación conduce a fallas del producto final por no llenar las especificaciones aún cuando todas las partes estén dentro de los límites de tolerancia individuales.

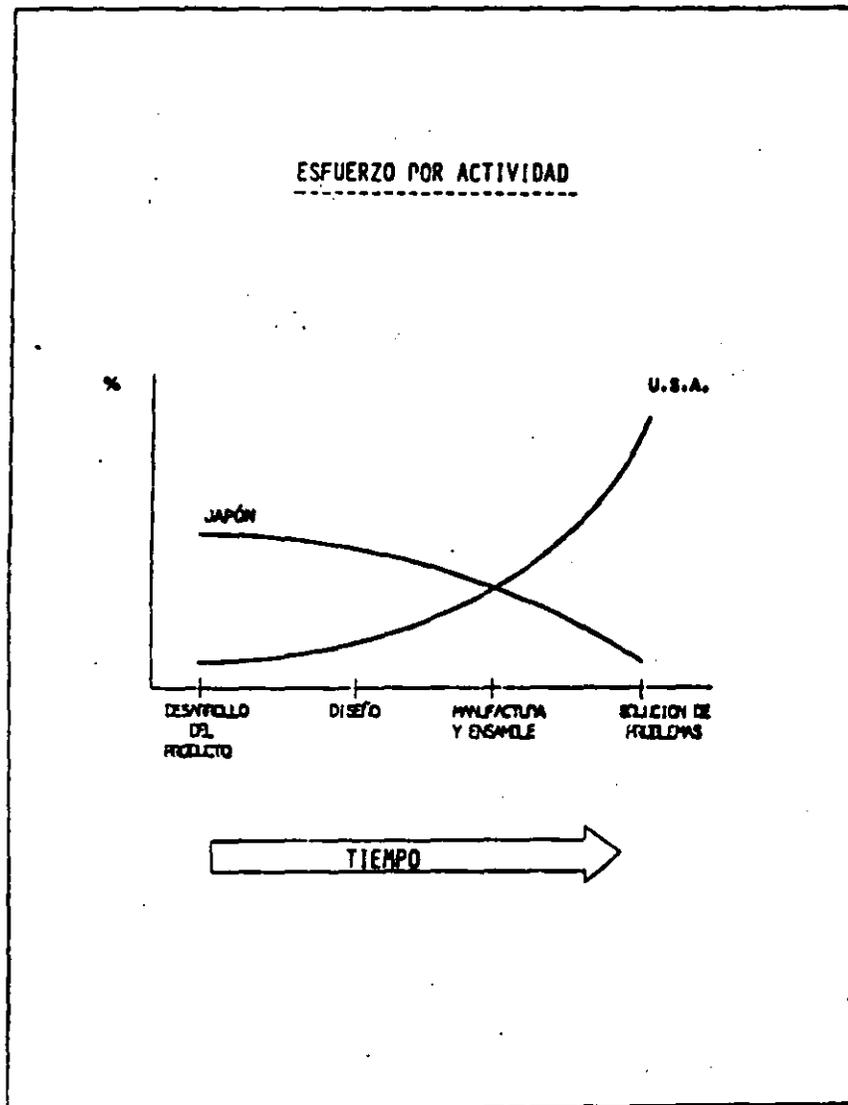
El enfoque japonés de hacer óptimos el producto y el proceso no es solamente por mejorar al máximo sino también reducir variación. El resultado nos da una mejorada consistencia de producto a producto a lo largo de su vida útil. Esto se logra al insensibilizar el producto a la variación de las partes, variación en manufactura y al uso por el consumidor. El proceso de manufactura está entonces insensibilizado a variación en el equipo, operadores y materiales, resultando un producto y un proceso que se comporta bien bajo amplio rango de trato, dificultando la manufactura errónea.

Los americanos desempeñaron al máximo el cumplimiento de las especificaciones desde el punto de vista de ingeniería, más no del consumidor resultando al final numerosos productos con funcionamiento fuera de especificación. Esto condujo a problemas con el consumidor a los que reaccionaron haciendo cambios al diseño con alto costo, como lo mostramos en la siguiente tabla.

DIFERENCIAS OPERATIVAS	
JAPON -----	U.S.A. -----
APLICACIÓN DE "LA VOZ DEL CONSUMIDOR". (DECIDIR QUÉ ES IMPORTANTE)	ESPECIFICACIÓN A REQUERIMIENTOS INTERNOS. (TODO ES IMPORTANTE)
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON METAS DE VALOR. (REDUCIR VARIACIÓN O DISPERSIÓN)	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN BAJO TOLERANCIAS ESPECIFICADAS. (MANIPULADAS ALREDEDOR DE ACUMULACIÓN DE TOLERANCIAS)
PRODUCTOS ÓPTIMOS Y DISEÑO DE PROCESO.	REACCIONAN A PROBLEMAS DEL CONSUMIDOR.

.../

Si observamos encontramos que la manera en que los japoneses aplicaron sus recursos fue la imagen de la práctica tradicional americana. Los japoneses aplicaron todo el peso de su esfuerzo al desarrollo del producto, enfocado a prevención de problemas y planeación rigurosas. El resultado fue pocos problemas en producción, y por eso, bajo nivel de recursos dedicados a resolver problemas de producción.



Podemos describir el impacto de esta acción preventiva planeada, con el apoyo de la calidad, por medio de la cual vemos la efectividad de las mejoras al producto (tal

.../

como corrección a problemas) efectuadas en diferentes ocasiones dentro del proceso de desarrollo del producto. Cuando las mejoras se efectúan durante producción nos fijaremos una cuota relativa de 1:1 por nuestro esfuerzo.

Si el mismo mejoramiento fue efectuado dentro del tiempo de diseño o el de proceso de manufactura la cuota sería del orden de 10:1 porque el problema habría sido previsto y mucha gente no se ocuparía de él.

Asimismo si las mejoras se hicieran dentro del tiempo de diseño del producto nos producirá cuotas de 100:1 porque se ha convertido en una parte del producto y muy poca gente ha tenido que ocuparse del problema.

Mientras las valuaciones actuales estén sujetas a debate, el concepto es direccionalmente correcto y nos conducirá a movernos positivamente. Desafortunadamente hay alicientes personales en conflicto con este enfoque preventivo.

#### OBSTACULOS PARA MOVERSE POSITIVAMENTE

De eso están hechos los héroes "apagafuegos" al resolver problemas de producción. Los problemas frecuentes son bien conocidos internamente permitiendo a los individuos apagafuego hacerse altamente visibles y bien remunerados. Esto tiende a propagar la corrección del problema en lugar de prevenirlo. (corrección vs. prevención).

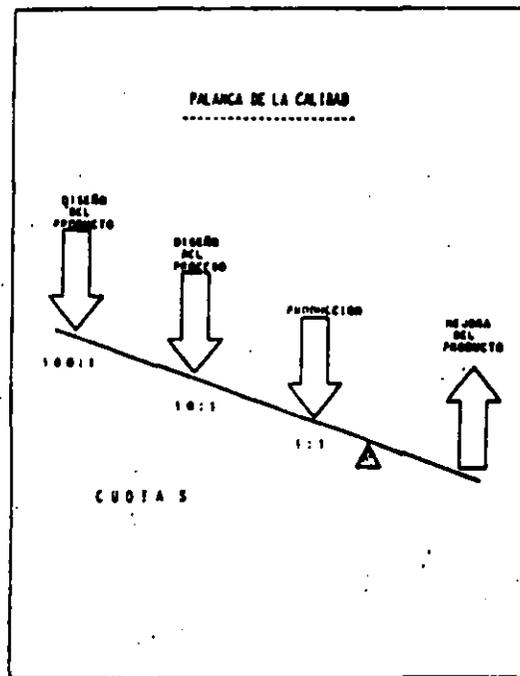
La gente que previene los problemas frecuentemente es desconocida y no recompensada.

¿Quién sabe que problemas fueron previstos?

Finalmente, lo largo del ciclo para el desarrollo del producto la hace tremendamente indeseable de tal modo que cualquiera que prevenga los problemas permanecerá en su trabajo (chamba) lo suficiente para ver realizados sus esfuerzos.

Por consiguiente, no estamos dispuestos ó inclinados a movernos positivamente planeando y previniendo. Dado esto, necesitamos una metodología disciplinada para que nos asista (apoye) en este esfuerzo a pesar de nuestra resistencia natural a hacerlo

.../



### MOVIENDOSE POSITIVAMENTE

Expansión de la función de calidad es la metodología que nos ayudará con éxito a efectuar la transición de negocio operando correctivamente a negocio con operaciones preventivas.

Podemos pensar que Expansión de la Función de Calidad (EFC) representa el desplazamiento del control de Calidad tradicional "moviéndose positivamente" hacia el diseño del producto con calidad. Dentro del control de calidad de manufactura tratamos con productos que físicamente podemos tocar y medir. En el diseño del producto con calidad nos enfrentamos con frecuencia a partes o artículos intangibles mucho antes que el diseño haya madurado y convertido en "líneas en un papel".

Esto requiere mayor esfuerzo y apego a metodología específica que ayude a guiar al proceso. Estaremos utilizando EFC para ayudar a definir "que hacer" y progresivamente transformarlos en procedimientos del "COMO" para cumplimiento de resultados consistentes que satisfagan los requerimientos del consumidor.

## ENFOQUE DE LA EFC

La aproximación a la EFC usada básicamente, es en concepto similar a la práctica seguida por la mayor parte de las compañías manufactureras americanas. Empezamos con los requerimientos del consumidor, los cuales usualmente son indicados vagamente en expresiones como : luce bien, fácil de usar, trabaja bien, se siente bien, seguro, cómodo, durable y lujoso ó elegante. Esto es muy importante para el consumidor pero desafia la cuantificación que resulta difícil para la compañía que actúa sobre el problema.

Para implementar un producto necesitamos convertir los requerimientos del consumidor en algunos requerimientos internos de la compañía a los que podemos llamar requerimientos de diseño. Estos son generalmente características generales del producto (que son usualmente medibles) que si se aplican o ejecutan apropiadamente el producto llenará los requerimientos del cliente.

Encotramos que por costumbre no desarrollamos productos a este nivel global, más bi las ajustamos al sistema, sub-sistema o a nivel parte. Los requerimientos del diseño global deben entonces ser transferidos a partes específicas y las características críticas de estas partes que afectan las funciones esenciales deben ser tomadas en cuenta.

El uso de "partes" es adecuadamente apropiado para productos que sean ensambles de componentes mecánicos.

El concepto se aplica acertadamente a otros tipos de producto que sean combinación de "ingredientes o materiales, así como productos no físicos, como son la combinación de servicios. Para dar consistencia a nuestra discusión de la EFC usaremos el término "PARTES", pero sin permitir que este nombre limite nuestro pensamiento. Sintámonos libres para substituir ingredientes, materiales, servicios o cualquier otro término que resulte más apropiado al tipo de producto.

Determinaremos enseguida las operaciones requeridas de manufactura. En este paso  
.../

estamos limitados frecuentemente a la previa inversión de capital. Usualmente no deseamos construir una fábrica o instalar equipo nuevo en una línea para producir nueva versión del producto, por lo tanto trabajaremos dentro de los límites existentes.

Dentro de nuestras limitaciones de operación determinaremos cuales operaciones de manufactura son las principales para crear las características críticas de la parte deseada, así como los parámetros del proceso de aquellas operaciones que estén mas influenciadas. Podemos interpretar estos parámetros del proceso como protuberancias o salientes de la operación de manufactura que controlaremos.

Las operaciones de manufactura están desarrolladas hacia los "procedimientos de operación" con los que operará la planta para producir consistentemente la parte crítica con las características requeridas (Plan de Control).

Estas incluirán un número de asignaciones "suaves" tales como planes de inspección y CEP, programas de mantenimiento preventivo, entrenamiento e instrucciones a los operadores, así como dispositivos de identificación "a prueba de errores" que prevengan equivocaciones de los operadores. El conjunto completo de procedimientos y prácticas conducirán a nuestro sistema de producción a construir productos que llenarán completamente los requerimientos del consumidor.

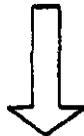
Este enfoque jerárquico no es distinto al enfoque que hemos mantenido por años variando el grado de éxito.

El problema está en que algunas de las transferencias no están hechas apropiadamente. Hay razones clave que explican estas transferencias inapropiadas que son el resultado de la estructura de una enorme organización y la complejidad del proceso de desarrollo del producto. Nótese que cuando nos referimos al desarrollo del producto queremos decir el proceso completo por el cual los productos son concebidos, desarrollados, manufacturados y distribuidos. Incluida la transferencia de los requerimientos del consumidor hacia el producto final.

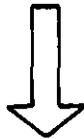
**ENFOQUE DE LA E.F.C.**

---

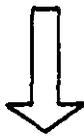
**REQUERIMIENTOS DEL COSUMIDOR**



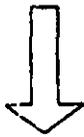
**REQUERIMIENTOS DE DISEÑO**



**CARACTERÍSTICAS DE LA PARTE**



**OPERACIONES DE MANUFACTURA**



**REQUERIMIENTOS DE PRODUCCIÓN**

## CIRCULO DE COMUNICACIONES CORPORATIVAS

El círculo de comunicaciones corporativas transfiere la información del consumidor a través de rutas largas y circuitos a varios departamentos de la organización, regresando al consumidor como producto distribuido. Esto resulta complicado por el hecho de que cada departamento tiene y usa su propio lenguaje o jerga que no es claramente entendido por otros.

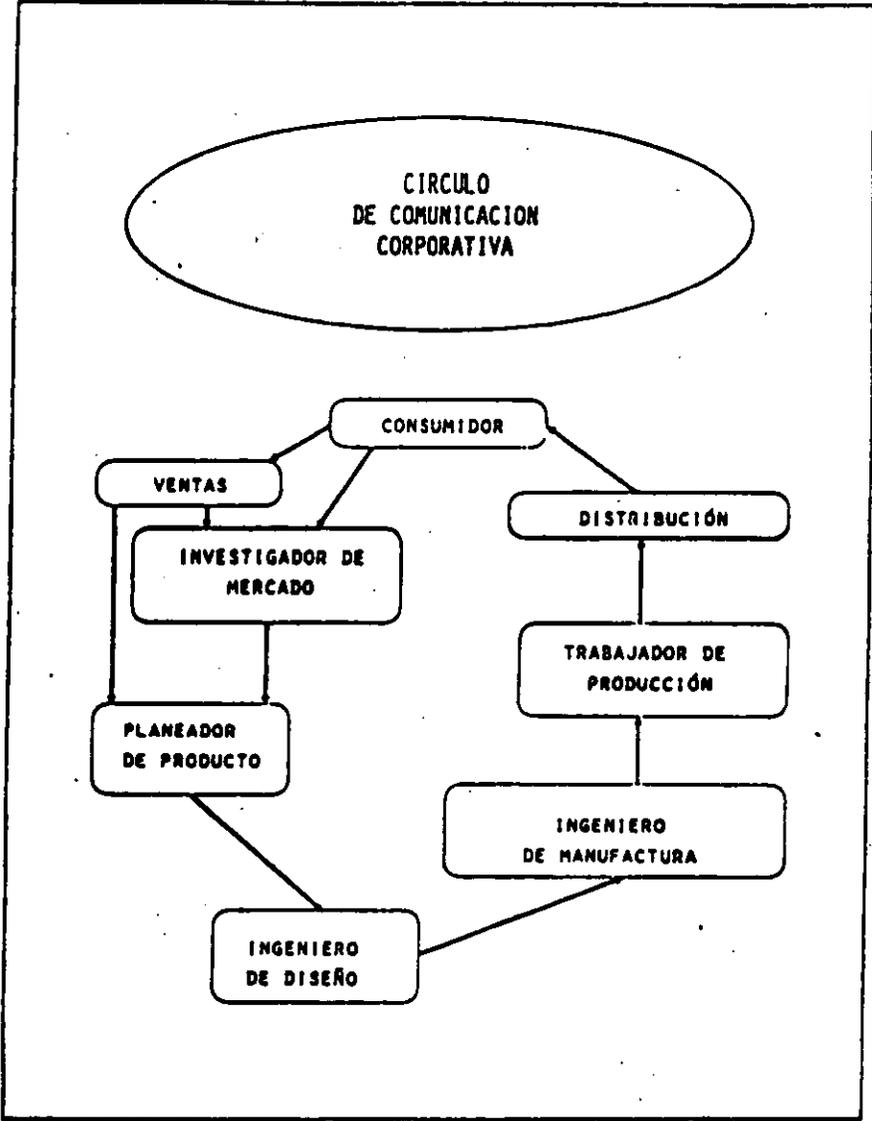
El círculo de comunicación corporativa es comparable al juego en que una persona cuenta en secreto a otra una historia siendo pasada a una tercera con una ligera modificación y así sucesivamente escuchándose al final la historia original totalmente distorsionada. Como juego resulta gracioso pero no para ser practicado en una negociación.

El proceso de transferencia es similar al de la traducción de un idioma a otro. Al traducir una frase del Español a otro idioma y luego al Español por otro traductor, la frase puede estar gramaticalmente correcta pero no su significado. Debemos evitar perder el significado de los requerimientos del consumidor en el proceso de transferencia.

Por la complejidad del desarrollo del producto, en las grandes organizaciones se crea un refugio para la ley de Murphy casi con un número infinito de cosas que pueden ir mal. A pesar de los mejores esfuerzos e intenciones de los participantes encontramos que el producto que distribuimos no llena los requerimientos del consumidor:

PRODUCTO  $\neq$  REQUERIMIENTOS  
DEL CONSUMIDOR

La expansión de la Función de Calidad establece la metodología que facilita la transferencia ordenada a través del proceso de desarrollo del producto.



EXPANSION

DE LA

FUNCION

DE CALIDAD :

METODOLOGIA

ESTA PAGINA SE DEJO INTENCIONALMENTE EN BLANCO

## METODOLOGIA DE LA EXPANSION DE LA FUNCION DE CALIDAD

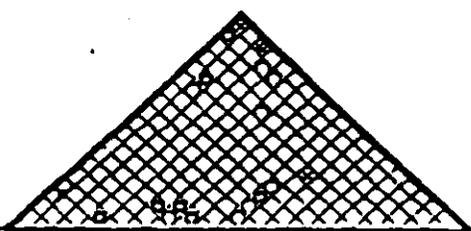
La Expansión de la Función de Calidad es realizada a través de una serie de "cartas" o formatos que a primera vista parecen ser muy complejos. Todo mundo se intimida al verlas llamándolas con nombres poco corteses.

Hay en estas cartas gran cantidad de información acumulada que será tomada como ventaja o como estorbo. Desde el punto de vista utilitario la carta es de gran valor, afortunadamente no hay ninguna dificultad para comprender su contenido y las funciones de las partes que la forman.

El formato o carta es llamado "LA CASA DE LA CALIDAD" por la apariencia que tiene hacia la parte superior. El espacio lo dividiremos en "CUARTOS" para entenderla con mayor rapidez.

Al captar el uso y aplicación de esta "CARTA" podremos entender otras cartas usadas en EFC.

RECURSOS  
 ○ ORO  
 ○ PLATA  
 △ ORO



RECURSOS DE DISEÑO	ESTACIONES DE OPERACION										ESTACIONES NUMERICAS									
	PUERTA					CORRAL					MONTANA					UNIDAD AEREA				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
1.1.1 FASE 1																				
1.1.2 FASE 2																				
1.1.3 FASE 3																				
1.1.4 FASE 4																				
1.1.5 FASE 5																				
1.2																				
1.3																				
1.4																				
1.5																				
2.1																				
2.2																				
2.3																				
2.4																				
2.5																				
3.1																				
3.2																				
3.3																				
3.4																				
3.5																				
4.1																				
4.2																				
4.3																				
4.4																				
4.5																				

CONDICIONES  
 ○ MAY +  
 ○ +  
 X -  
 ○ MAY -

CONDICIONES CONTINUAS	1	2	3	4
CONDICION 1				
CONDICION 2				
CONDICION 3				
CONDICION 4				
CONDICION 5				
CONDICION 6				
CONDICION 7				
CONDICION 8				
CONDICION 9				
CONDICION 10				
CONDICION 11				
CONDICION 12				
CONDICION 13				
CONDICION 14				
CONDICION 15				
CONDICION 16				
CONDICION 17				
CONDICION 18				
CONDICION 19				
CONDICION 20				

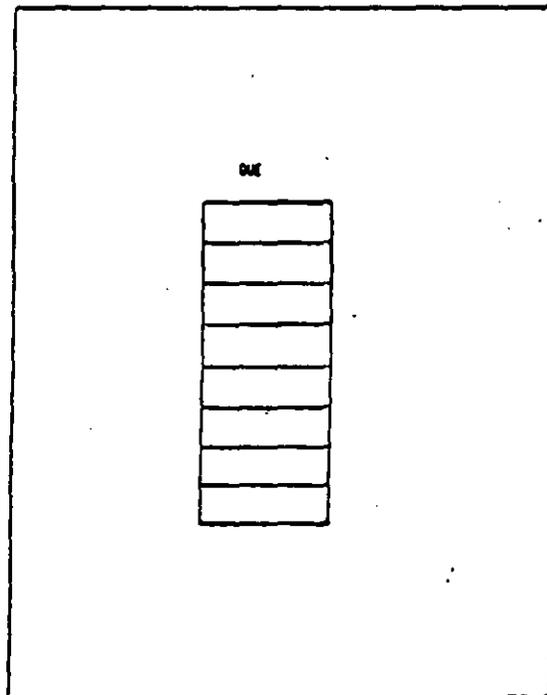
CONDICIONES  
 △ AUTA  
 ○ AUTA  
 ○ AUTA C

La EFC se inicia elaborando una lista de objetivos que deseamos cumplir. Dentro del contexto del desarrollo de un nuevo producto está lista de los requerimientos del consumidor llamada "LA VOZ DEL CONSUMIDOR".

La lista de detalle es muy general, vaga y difícil de ejecutar directamente, obligándonos a definir cada detalle.

Un sólo detalle será manipulado ampliamente debido a la diferencia de significado para cada persona.

Es deseable según las características del producto pero no es directamente aplicable.



QUE

COMO




Cada uno de los "QUE" iniciales requiere definirse. Refinemos la lista hacia el siguiente nivel de detalles y listemos uno o más "COMOS" para cada QUE.

Con esta acción estamos transfiriendo los requerimientos del consumidor hacia las características globales del producto que llamaremos "requerimientos del diseño". Estos requerimientos serán características medibles para poder evaluar sobre el producto terminado.

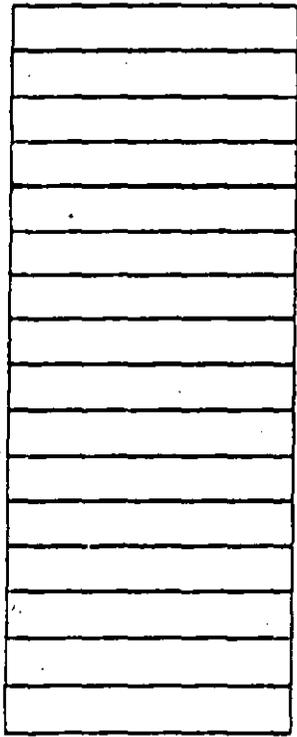
Aunque los detalles enlistados en el COMO representen gran carga comparable a la lista de los QUE, no son por sí mismas independientes y accionables, debe darse una nueva definición.

.../

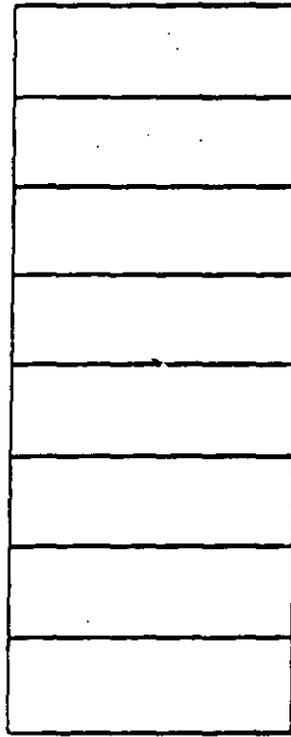
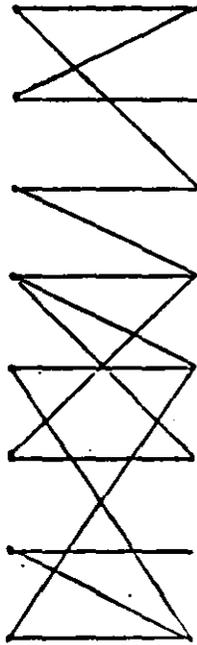


Esta nueva definición es llevada a cabo al tratar cada COMO como un QUE y establecer una nueva definición detallando aún más la lista de los COMO para apoyar los QUE.

El proceso de refinamiento se continúa para cada detalle (item) que aparezca en la lista y sea accionable. Es necesario detallar porque no hay manera de asegurar el éxito de algo que nadie sabe como llegar a cumplir (realizar).



COMO



QUE

Desafortunadamente este proceso es complicado pues para cada nivel de refinamiento de los COMO mas de un QUE se vé afectado y aún pueden afectarse uno a otro adversamente.

Encontramos que al hacer mejoras al producto solamente la mitad de ellas son efectivas porque muchas fallan al suministrar la mejora deseada o introducen algún problema inesperado. Ocurre, como un hecho normal de la vida, que una sola persona no pueda comprenderlas todas, aún teniendo la lista completa de todas las complejas interrelaciones.

Intentando tratar claramente las relaciones de los QUE y los COMO se crea una confusión completa en este punto. Necesitamos encontrar la forma de desenredar la complejidad de las relaciones.

COMO

QUE

--	--	--	--	--	--	--	--


.../

Una manera de reducir esta confusión es retornar a la lista de los COMO y colocarla perpendicular a la lista de los QUE.

COMO

QUE

	RELACIONES						

... Definiendo e incluyendo las RELACIONES en el área de una matriz rectangular.

El área en la que se dibujan símbolos en las intersecciones de los QUE y los COMO según estén relacionados. Como se muestra en el esquema 1R-17.

Es posible evidenciar la fuerza de las relaciones identificándolas con símbolos, siendo los más comunes.

TRIANGULO	RELACION DEBIL
CIRCULO	RELACION MEDIA
DOBLE CIRCULO	RELACION ENERGICA

Este método permite interpretar con facilidad las relaciones muy complejas, aún con poca experiencia.

Facilitándonos verificar nuestra opinión. Los cruces en blanco indican que las transferencias de los QUE a los COMO fue inadecuada.

El proceso EFC se repetirá para aprovechar la oportunidad de comprobar las opiniones, que nos conduzcan a mejorar y aumentar los diseños.

La habilidad del FCA para tornar planes en acciones, cuando se repiten las verificaciones, lo hacen altamente aplicable a funciones de planeación, mejora de sistemas de negocios y planeación de negocios.

COMO

QUE

	○	◎					
		○				△	
		△	○			△	
			○				◎
		○			○		
		◎			○	◎	
	◎					△	◎

△ RELACIÓN DÉBIL

○ RELACIÓN MEDIA

◎ RELACIÓN ENERGICA

COMO

QUE

RELACIONES

CUANTO

Es necesario fijar un CUANTO por cada COMO.

Estos son la medida de los COMO, normalmente están separados de los COMO porque al evolucionar los COMO usualmente no conocemos los valores de los CUANTO. Los valores se determinarán a través del análisis.

La buena conducción, se transfirió en requerimientos que puedan ser medidos en términos de frecuencias, rangos y otras medidas físicas. La frecuencia sería un COMO y su medida, en HERTZ, sería el CUANTO.

Queremos establecer el CUANTO Por dos razones:

Proporcionar un objetivo principal que asegure que los requerimientos han sido alcanzados.

Proporcionar metas para fomentar el desarrollo detallado.

COMO

--	--	--	--	--	--	--	--

QUE


RELACIONES							
------------	--	--	--	--	--	--	--

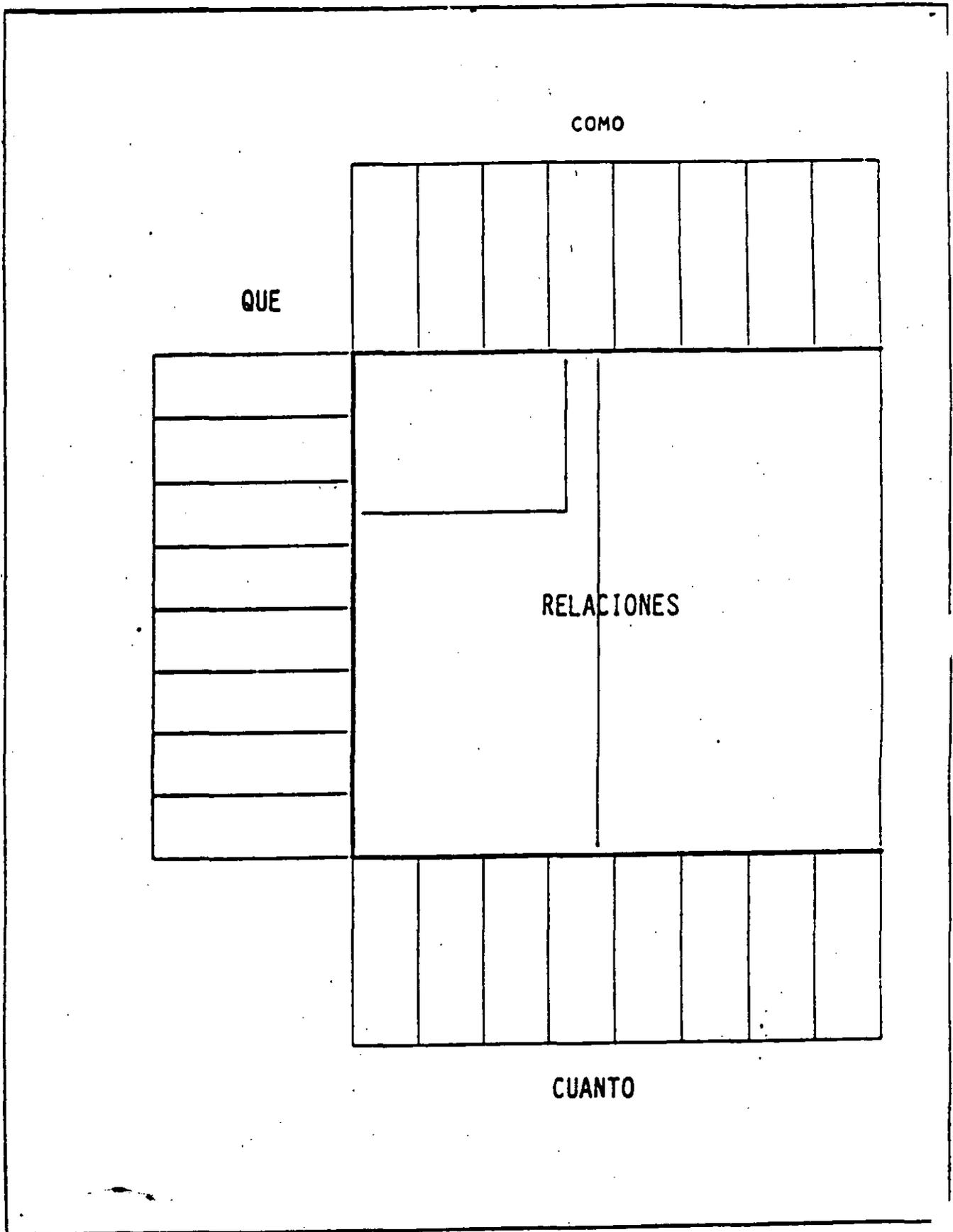
--	--	--	--	--	--	--	--

CUANTO

Los CUANTO proporcionan objetivos específicos que guían el diseño subsecuente y proporcionan significado objetivo al progreso, disminuyendo la opinionitis.

El CUANTO será medible tanto como sea posible, porque los detalles medibles suministran mayor oportunidad de análisis y mejora, no así los no medibles.

Este aspecto suministra otra verificación de muestras opiniones. Si la mayor parte de los CUANTO, no son medibles podemos asegurar que la definición de los COMO no ha sido lo bastante detallada.



.../

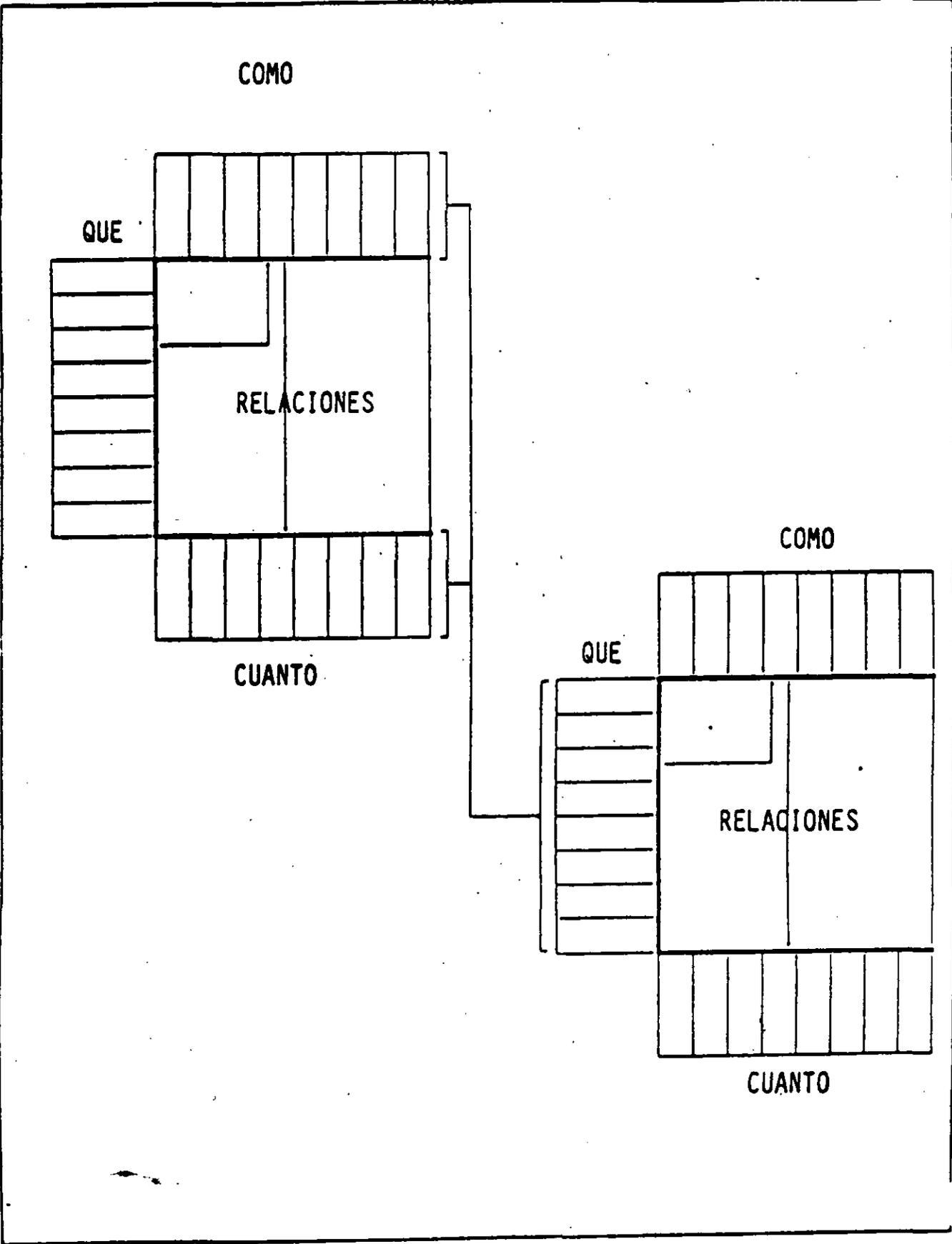
Por lo tanto el flujo de información de los QUE hacia los COMO es a través de la matriz de relaciones y a su vez hacia los CUANTO.

Este es el tema común de la mayor parte de las cartas EFC. El concepto se usa con más amplitud cuando las variaciones son mas numerosas.

Muchas de las cartas EFC aumentan su complejidad porque la flexibilidad del proceso permite agregar otra información que puede ser útil al diseño.

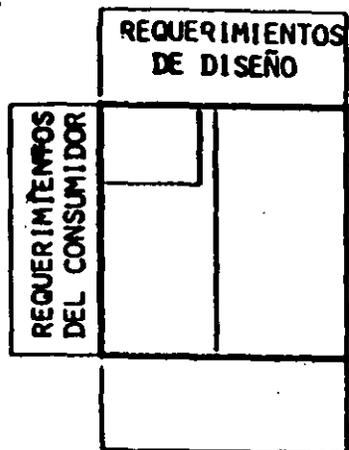
Al dar una primera ojeada a las cartas FCA, observamos los QUE, COMO, RELACIONES y CUANTOS como referencia con las que la carta puede ser comprendida.

.../



Aunque las cartas contienen gran cantidad de información es necesario refinar los COMO hasta que además se logre un nivel de detalles accionable.

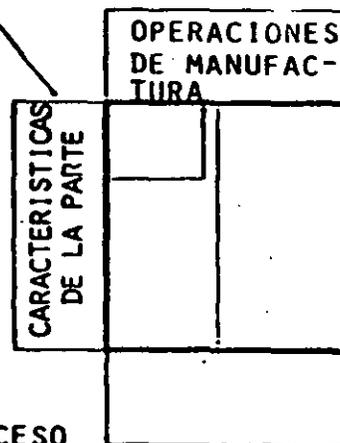
Esto nos hace crear una nueva carta en la que los COMO de la carta anterior se convierten en los QUE de la nueva carta. Se acostumbra pasar los valores CUANTO a la nueva carta para facilitar la comunicación asegurándose así que los valores objetivos no se pierdan.



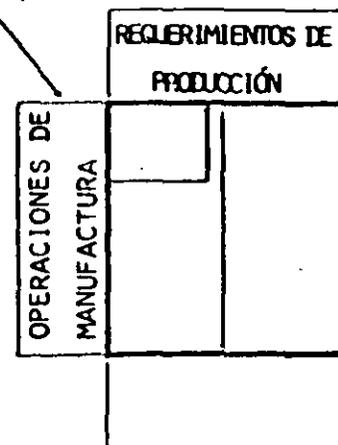
PLANEACIÓN DEL PRODUCTO



AMPLIACIÓN DE LA PARTE



PLANEACIÓN DEL PROCESO



PLANEACIÓN DE PRODUCCIÓN

Este proceso continúa hasta que cada objetivo esté refinado hasta un nivel accionable.

En el proceso de desarrollo del producto esto significa tomar los requerimientos del consumidor definiendo los requerimientos de diseño, los que son pasados a la siguiente carta y establecer las características de la parte.

Al continuarlo quedan definidas las operaciones de manufactura y los requerimientos de producción, siendo representadas en cuatro cartas.

Es posible lograr adelantos substanciales estableciendo el EFC en el nivel bajo de las características de la parte, tomando con detalle los requerimientos de producción.

.../

La matriz de correlación es un triángulo agregado a la lista de los COMO estableciendo coorelación entre cada uno de los COMO. La matriz de correlación describe la dirección de las relaciones. Sus símbolos son:

CIRCULO	POSITIVO
DOBLE CIRCULO	MUY POSITIVO
CRUZ	NEGATIVO
DOBLE CRUZ	MUY NEGATIVO

Podemos identificar de un vistazo cuales de los COMO se respaldan uno a otro y cuales están en conflicto. La asignación de correlaciones positivas o negativas está basada en la influencia de los COMO sobre otros COMO, sin tomar en cuenta la dirección en que se mueven los valores del CUANTO.

Las correlaciones positivas son aquellas en las que un COMO, soportan a otro COMO. Esto es importante porque podemos ganar eficiencia a los recursos al no duplicar esfuerzos que atañen al mismo resultado. Además, sabemos que si tomamos una acción que afectara adversamente a un COMO afectará degradantemente a los otros.

Las correlaciones negativas son aquellas en las que un COMO afectaadversamente el objetivo de otro. Estos conflictos son extremadamente importante pues representan condiciones en las que sugerimos intercambios. Si no hay correlaciones negativas probablemente hay un error. El producto "optimizado" será casi y para siempre el resultado de algún nivel de intercambio benéfico, que será revelado por una correlación negativa.

Debemos ser cuidadosos de no brincar a los intercambios benéficos rápidamente. En realidad queremos llevar a cabo todos los COMO para satisfacer los requerimientos del consumidor.

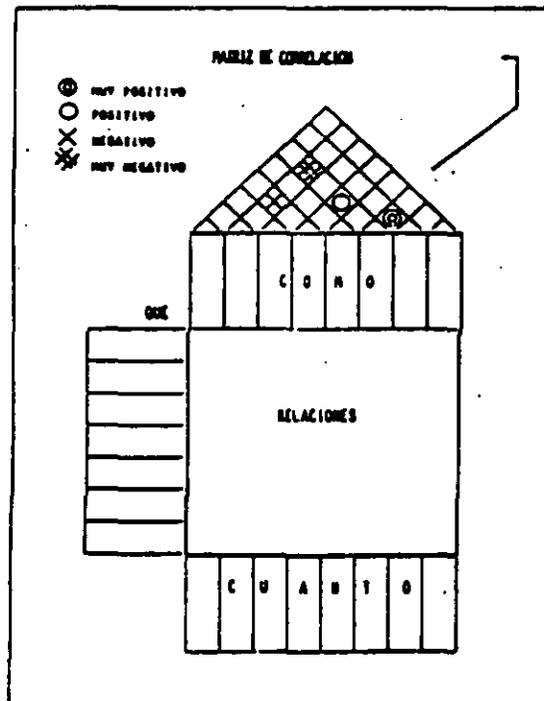
COMO para satisfacer los requerimientos del consumidor.

Nuestra primera respuesta a una correlación negativa debiera ser buscar la manera de hacer desaparecer el intercambio beneficioso. Quizá requiera algún grado de innovación que conduzca a ventajas competitivas significantes.

Frecuentemente las correlaciones negativas indicarán condiciones en las que el diseño y lo físico están en conflicto. Lo físico siempre gana cuando esto así se presenta. Los "intercambios benéficos" deben resolverse y cuando no son identificados y resueltos conducirán a incumplimiento de los requerimientos aunque cada uno haya hecho lo mejor.

Algunos de los "intercambios benéficos" requieren decisiones de alto nivel pues preocupan a los grupos de Ingeniería, Departamentos, Divisiones ó Líneas de una Compañía. Soluciones tempranas de estos "intercambios benéficos" son esenciales para acortar los tiempos programados evitando repeticiones internas no productivas cuando se busca solución no existente.

La solución de "intercambios benéficos" es llevada a cabo al ajustar los valores de los CUANTO. Estas decisiones estarán basadas en toda la información normalmente asequible: juicios y opiniones de ingeniería y negociación así como de análisis técnicos. El FCA proporciona metodología adicional para asesorar en el proceso de decisión.



La valoración competitiva está en un par de gráficas que describen parte por parte como comparar productos competitivos con productos comunes.

La valoración competitiva de los QUE se denomina valoración competitiva del consumidor, y utilizará hasta donde sea posible la información del consumidor orientado. Los ingenieros no harán estos juicios porque su conocimiento técnico influyen en ellos.

La valoración competitiva de los COMO es llamada valoración competitiva técnica, y utilizará lo mejor del talento ingenieril para comparar productos competitivos. Recomendamos marcadamente que los ingenieros estén involucrados en este proceso para obtener el mas completo entendimiento de los productos competitivos. En muchas de las más grandes organizaciones se hace por departamentos separados, quienes construyen exhibidores y crean reportes que son compartidos con los ingenieros. En forma independiente esta actividad no puede suministrar el mismo nivel de conocimiento a los ingenieros involucrados directamente en el proceso.

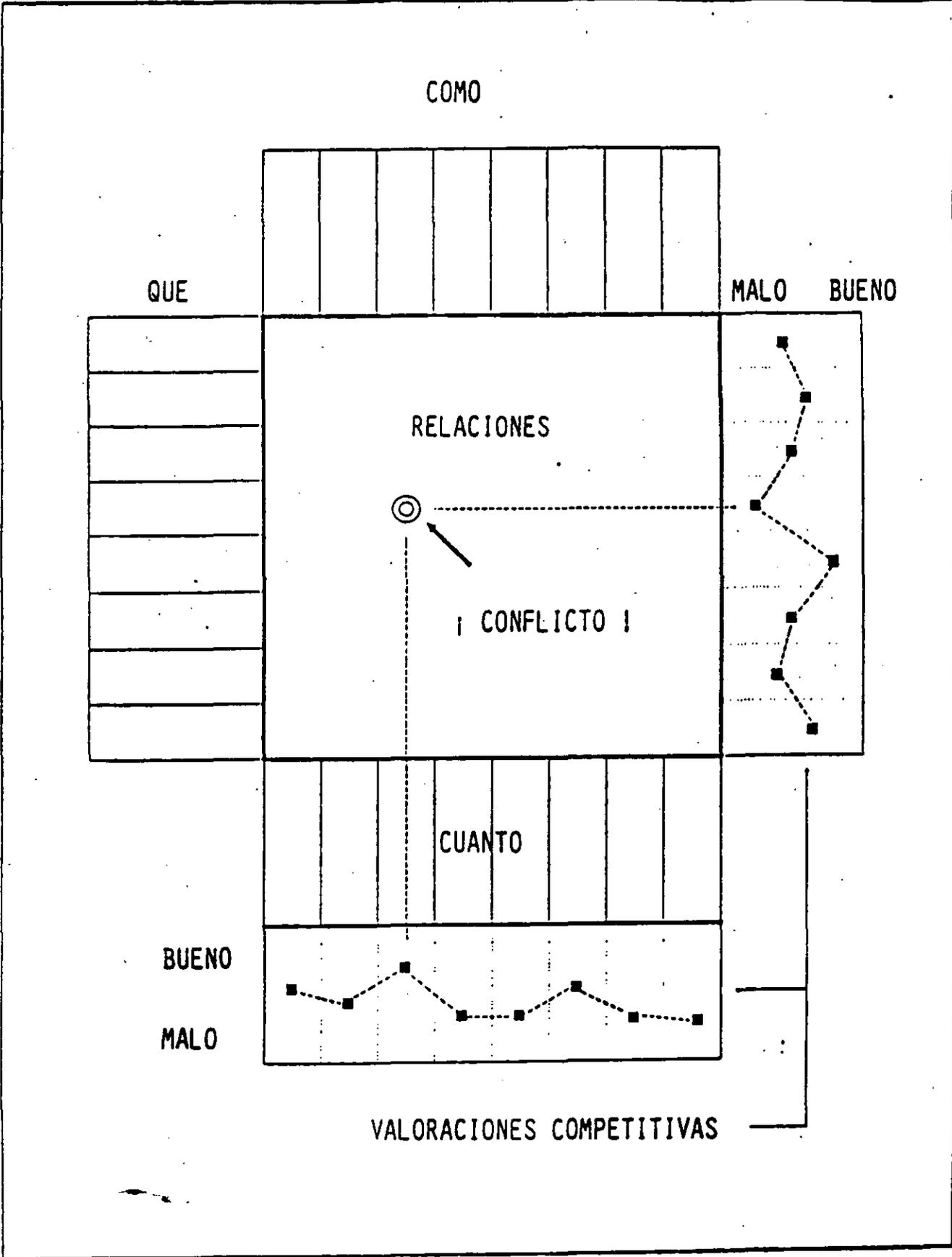
La valoración competitiva puede ser utilizada para establecer el valor de los objetivos (los CUANTO) a ser alcanzados, seleccionando los mas competitivos de cada uno de los resultados más importantes.

La valoración competitiva proporciona otra manera de comprobación de nuestras opiniones descubriendo espacios en los juicios emitidos por los ingenieros. Si los COMO han sido apropiadamente desarrollados de los QUE la valoración competitiva deberá ser razonablemente consistente. Los QUE y los COMO que están solidamente relacionados deberán exhibir una relación dentro de la VALORACION COMPETITIVA.

Por ejemplo, si consideramos un amortiguamiento superior dará como resultado un mejor viaje, por lo que LA VALORACION COMPETITIVA será esperada para mostrar que aquellos productos con amortiguamiento superior también tienen mejor viaje.

Si esto no ocurre, llama la atención la posibilidad que algo muy significativo ha sido pasado por alto.

Si no se actúa sobre esto, podemos conseguir un funcionamiento superior en nuestras pruebas y estándares "CASEROS", pero nos fallan para conseguir resultados esperados en las manos de nuestros consumidores.



La importancia de la calificación es utilizada para dar prioridad a los esfuerzos y tomar decisiones beneficiosas. Puede tomar (presentarse) la forma de tablas numéricas o gráficas que muestren la importancia de cada uno de los QUE o COMO hasta el resultado final deseado.

Los valores de importancia pueden ser calculados utilizando varias técnicas. Una de las más comunes es la de dar pesos a cada símbolo en la MATRIZ DE RELACIONES y sumar los pesos: Así:

9	DOBLE CIRCULO	(ALTO)
3	CIRCULO	(MEDIO)
1	TRIANGULO	(BAJO)

El peso 9-3-1 logra buena distribución entre los detalles importantes o menos importantes, aunque es posible aplicar cualquier sistema de comparación que tenga sentido.

La importancia de la calificación para los COMO suministra una importancia relativa para cada COMO logrando la colección (unión) de los QUE. Estos valores no tienen significado directo, deben ser interpretados por comparación de las magnitudes de uno a otro. Si es necesaria una decisión de intercambio beneficioso entre los COMO con 89 puntos y 9 puntos de los RANGOS de IMPORTANCIA el énfasis será aplicado a los COMO con rango de 89.

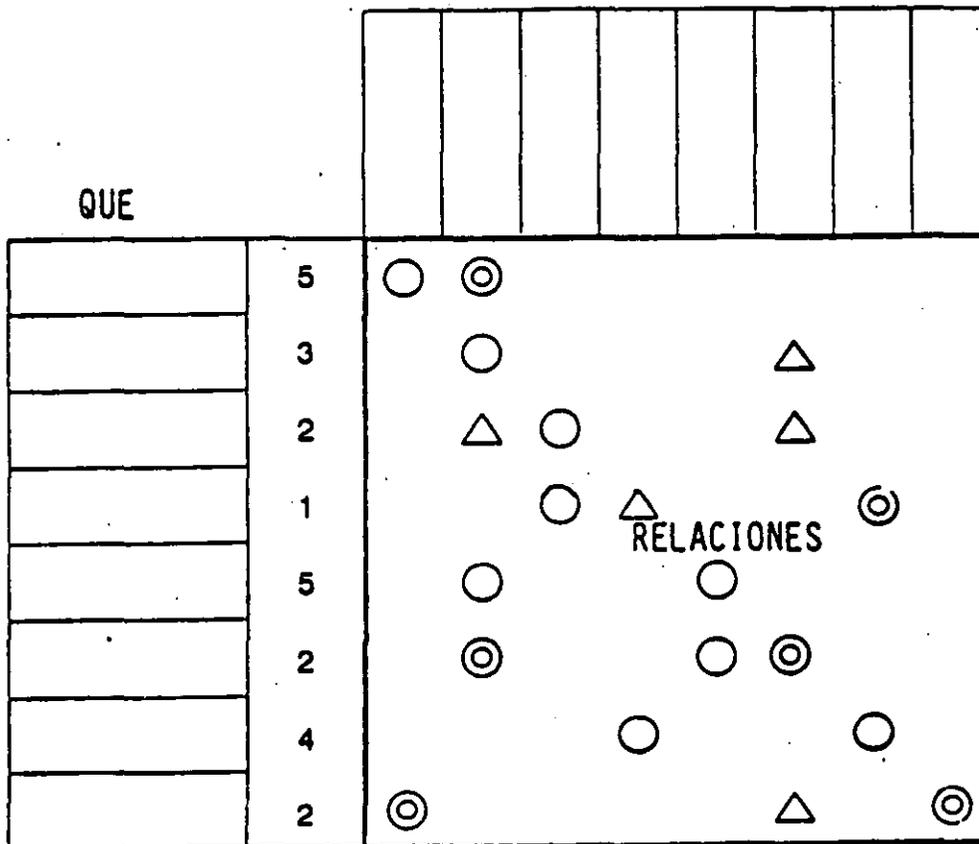
Es importante no dejarnos llevar a ciegas por estos números. Los números pretenden ayudarnos, no limitarnos. Miraremos los números como oportunidades para comprobar y verificar nuestras opiniones. Cuestionaremos los valores relativos de los números a la luz de nuestro juicio.

¿Es razonable que los COMO valuados con 89 sean más importantes que los COMO valuados con 9 que es aproximadamente diez veces menor? ¿Es razonable que los COMO con rangos similares sean casi iguales en importancia? Si nuestro juicio es violado debemos revisar la carta por posibles errores.

.../

COMO

QUE



- △ = 1
- = 3
- ◎ = 9

CUANTO

33 89 9 13 21 25 21 18

RANGO DE IMPORTANCIA

Cuando vemos "La Casa de la Calidad" de la EFC en términos de los "cuartos o espacios" encontramos muy fácil de entender las Cartas de Entrada con las que inicialmente nos enfrentamos.

Los QUE, están desarrollados dentro de los COMO y sus relaciones están registradas.

Los COMO están relacionados unos con otros y las CORRELACIONES quedan establecidas.

Esto sugiere intercambio benéfico que se reflejará en los valores de los CUANTO.

Las decisiones de intercambio benéfico están tomadas utilizando nuestro juicio y análisis apoyado por la VALORACION COMPETITIVA y LA IMPORTANCIA DE LAS CALIFICACIONES.

Aunque el proceso estará constantemente comprobando nuestras opiniones, requiere de hacerse correcciones.



Al mirar por completo "La Casa de la Calidad" encontramos que está lejana la intimidación del primer contacto.

Nótese que se han agregado renglones y columnas.

Estos reflejan algo de la información usada comunmente para facilitar el proceso del diseño.

La columna RECLAMACIONES EN SERVICIO nos ayuda a juzgar donde puedan existir problemas significantes del consumidor.

Las DIFICULTADES TECNICAS es la medida de la dificultad relativa en ejecutar los COMO.

Las REPARACIONES en SERVICIO Y COSTO del SERVICIO nos ayudan a determinar cuales COMO son más confiables y de menor costo.

Los DETALLES IMPORTANTES de CONTROL presentan requerimientos adicionales que incluyen necesidades de reglamentación y diseños importantes.

Cada uno de estos renglones y columnas serán discutidos en los acetatos de PLANEACION DEL PRODUCTO.

Pueden agregarse renglones y columnas para facilitar el proceso del diseño.

Las cartas serán desarrolladas para facilitar el proceso. Tenga presente que las cartas no son EFA, en tanto que EFC es un proceso que las utiliza.

.../

○ MAYA  
 ○ MAYA  
 △ DIBU

CORREL:  
 ○ MAY +  
 ○ +  
 X -  
 ○ MAY -

REQUISITOS DE DISEÑO  REQUISITOS DE CONSUMO	FACTORES DE OPERACION										FACTORES NUMERICOS									
	PUERTA					CUBIERTA					MONTANA					LIMPIO P. AEROS				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

1.1.1 FACHA CUBIERTA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.1.2 FACHA CUBIERTA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.1.3 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.1.4 NO FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.1.5 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.2.1 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.2.2 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.2.3 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.2.4 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.2.5 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.3.1 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.3.2 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.3.3 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.3.4 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.4.1 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.4.2 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

1.5.1 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.5.2 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.5.3 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.5.4 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.5.5 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

1.6.1 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.6.2 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.6.3 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.6.4 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.6.5 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

1.7.1 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.7.2 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.7.3 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.7.4 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.7.5 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

1.8.1 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.8.2 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.8.3 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.8.4 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.8.5 FACHA EN FACHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

△ AUTO  
 ○ AUTO  
 ○ AUTO

**ESTA PAGINA SE DEJO INTENCIONALMENTE EN BLANCO**

EXPANSION DE  
LA FUNCION  
DE CALIDAD:

BENEFICIOS

## BENEFICIOS DE LA EXPANSION DE LA FUNCION DE CALIDAD

### BENEFICIOS DE LA E.F.C.

La tecnología de la EFC es profunda con enfoques altamente detallados. Al evaluarla inicialmente pudiera parecer demasiado detallada, quizá no digna de esfuerzo.

Muchas compañías americanas y japonesas han encontrado a la EFC ser merecedora del esfuerzo. Discutiremos algunos de los múltiples beneficios obtenidos por estas compañías.

El desarrollo de la EFC conduce a los participantes a través de un proceso detallado del pensamiento documentando graficamente su enfoque. El pensamiento gráfico y total resultante nos conduce a conservar el conocimiento técnico, eliminando la pérdida de la experiencia y conocimientos de los trabajadores.

Permite iniciar a los nuevos empleados en un punto alto de la curva de aprendizaje al transferirles los conocimientos. Todos cometemos errores y aprendemos de ellos. Como en todas las organizaciones "NO DEBEMOS REPETIR EL MISMO ERROR" simplemente porque tenemos un empleado nuevo.

El uso y aplicación de cartas EFC tiene como resultado la acumulación de gran cantidad de conocimientos en un solo lugar. Toyota cree que la EFC transformará los buenos ingenieros en excelentes al complementar su experiencia con el uso de las cartas.

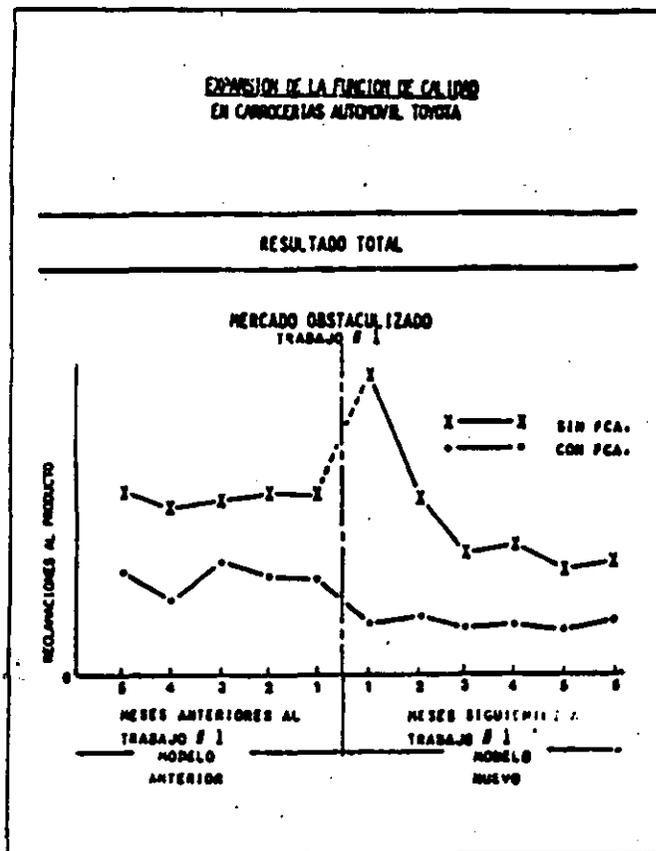
Al terminar un proyecto basado en EFC, las cartas resultantes podrán ser usadas como punto de partida para futuras versiones de productos similares. Toyota encontró como resultado de aplicar EFC una reducción substancial en los problemas del producto.

.../

La gráfica ilustra el nivel de problemas del producto de un producto anterior reemplazado por uno nuevo. La parte alta de la gráfica muestra que sin aplicación de la EFC surgen los problemas del producto al inicio, que no son descubiertos por anticipado.

Después de establecida la EFC toyota encontró que se redujo el nivel de problemas al arranque, la EFC ayudó a eliminarlos identificándolos antes de que aparecieran, permitiendo tomar acciones preventivas en lugar de correctivas.

Realmente toyota tuvo algunos problemas al arranque, pero su magnitud fue reducida substancialmente.

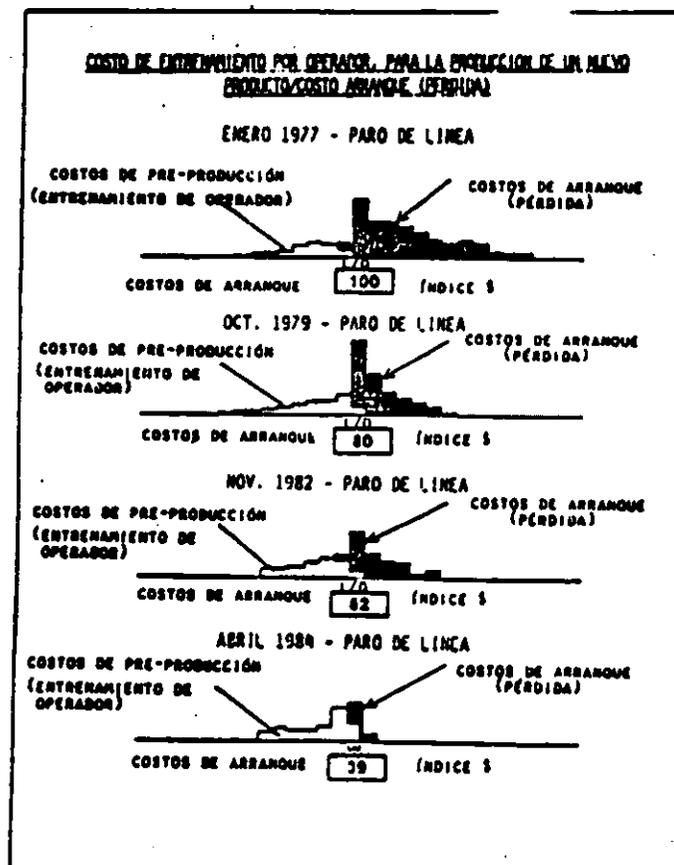


Esto se traduce directamente en la reducción de costos en el arranque. Los esquemas muestran el impacto EFC a lo largo de siete años de aplicación, tiempo en que los Minivan fueron introducidos al mercado.

Las áreas oscuras representan el costo después de iniciada la producción. Toyota estaba empeñada en hacer que los costos fueran llevados a cero. Las áreas claras representan los costos de preparación, principalmente entrenamiento del operador.

Si tomamos el costo total de 1977 (cuando Toyota inició la aplicación del EFC) como un índice de 100, observamos que para 1984 Toyota había experimentado una reducción del 61% en los costos de arranque de producción.

Parte de la reducción de costos del arranque es el resultado de cuando ocurrieron los cambios al diseño del producto.



Las compañías americanas aumentan el número de cambios a lo largo del tiempo y los problemas del producto afloran a través de pruebas. Usualmente habrá un diseño congelado por corto tiempo antes de que la producción se inicie. Después del arranque se descubren nuevos problemas que conducen a otros cambios.

El perfil japonés muestra algunos cambios, resultando significativa su programación. El 90% de los cambios se efectuaron con un año de anticipación adelantándose el arranque de la producción. Los cambios se hicieron en el papel resultando a menor costo. Esta proposición no sólo ahorra dinero, también tiempo.

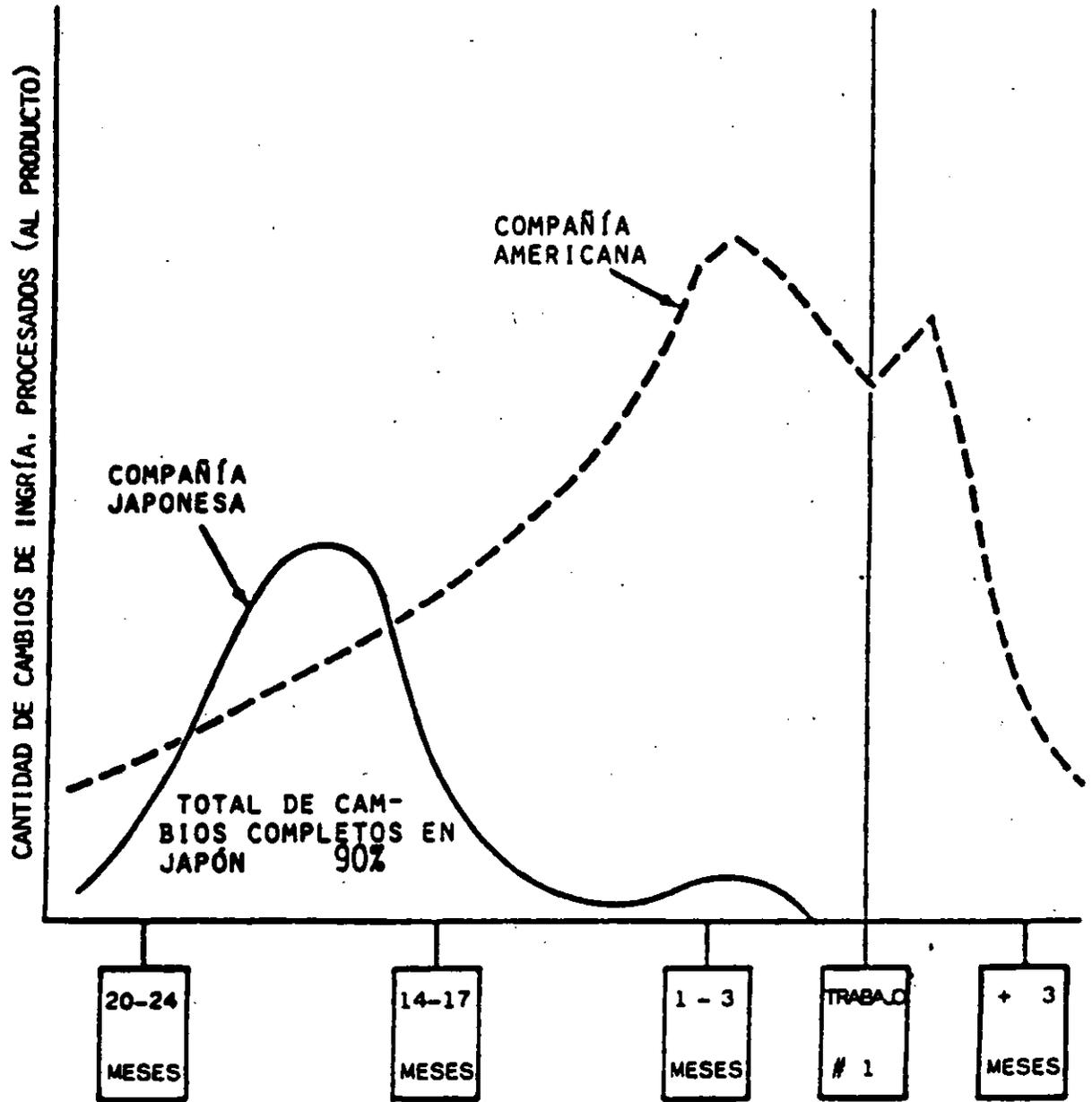
El tiempo para el ciclo de introducción del producto se redujo a un tercio o la mitad utilizando la EFC y planeando el producto concienzudamente.

Toyota encontró práctica la EFC para resolver problemas difíciles del producto. En la década de los 60's y principios de los 70's los autos japoneses presentaban problemas severos de corrosión, tanto así que el costo de garantía excedía las ganancias de la compañía por un factor de cuatro. En varios intentos trató de resolver el problema obteniendo sólo alguna mejora. La complejidad del problema de corrosión requería una propuesta, altamente disciplinada.

El esfuerzo para mejoras fue organizado aplicando la EFC enfocándolo hacia los más importantes de los miles de detalles, logrando eliminarlo dentro del período de garantía.

El proceso FCA ayuda a resolver las causas de los problemas de manera desafiante

# COMPARACION AL CAMBIO



El modelo de Kano muestra la relación entre la satisfacción del consumidor al grado de cumplimiento con las características del producto.

Las características básicas son las esperadas. Estas incluyen las funciones fundamentales que deben estar presentes a lo largo de las consideraciones de seguridad y fiabilidad. Si todas las características básicas están perfectamente establecidas no lograríamos la satisfacción del consumidor... eliminaríamos solamente su insatisfacción. (Ejemplo: Las aerolíneas esperan transportar a sus pasajeros con seguridad).

La línea recta representa características de funcionamiento. Estamos satisfechos si el funcionamiento excede nuestras expectativas e insatisfechos si parcialmente se cubren (Ejemplo: el grado con que una aerolínea cumple su programación).

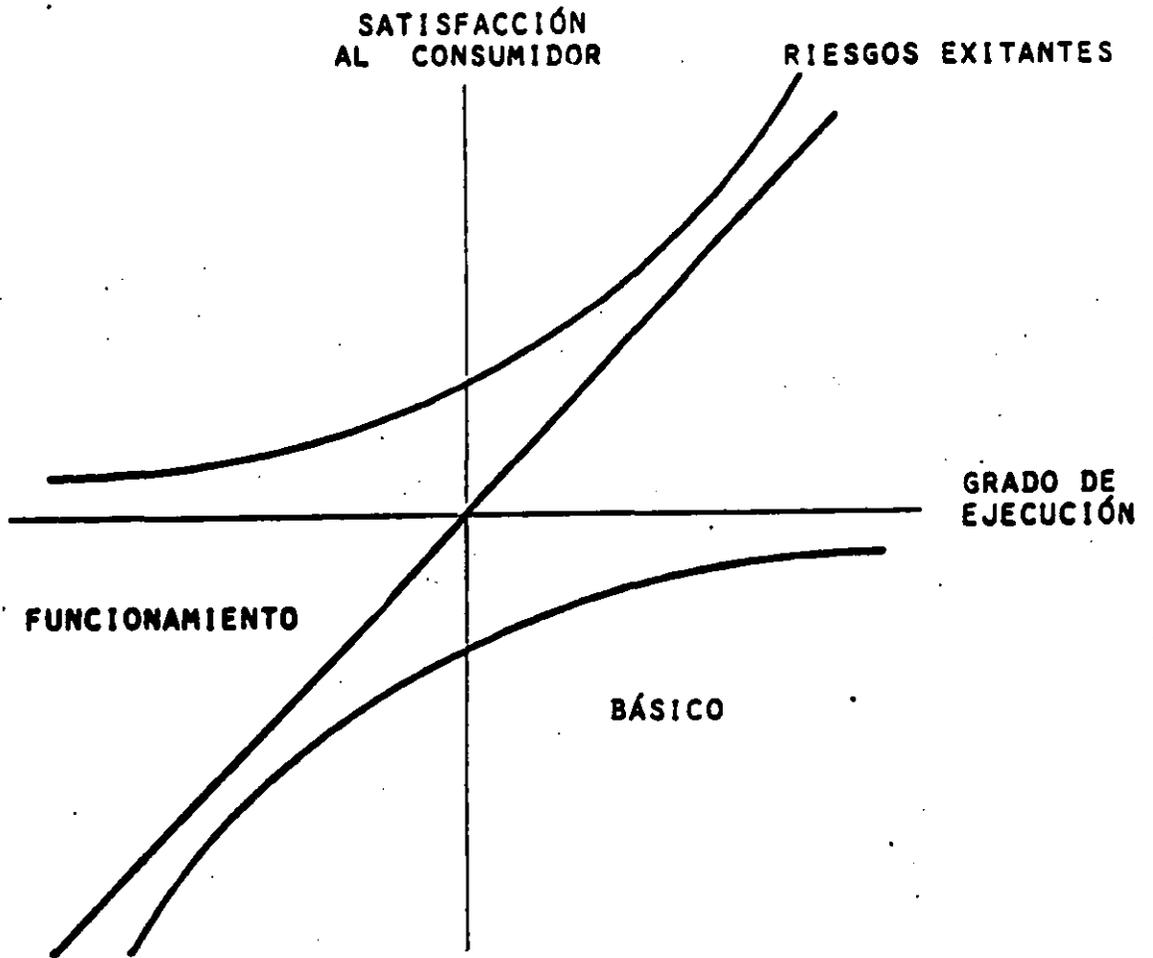
La curva en la parte superior representa mayor oportunidad competitiva que los japoneses llaman características o rasgos excitantes. Aparentemente estos son detalles menores a los que el consumidor les da mucha importancia (Ejemplo: Especial nivel de cortesía y servicio durante el vuelo).

Los japoneses clasificarán las características apegándose al modelo de Kano enfocándolo hacia los rasgos excitantes como puntos que conduzcan al liderazgo del mercado.

Todas estas ventajas han sido demostradas repetidamente en compañías japonesas e iniciando a ser demostradas en compañías americanas.

.../

# MODELO DE KANO



La línea EFC en la parte inferior representa alta calidad, menor costo, programación corta y substancial ventaja de mercado como se muestra.

**VENTAJAS COMPETITIVAS**  
.....

- TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS
- MENOS PROBLEMAS AL ARRANQUE
- COSTO DE ARRANQUE MÁS BAJO
- MENOS CAMBIOS Y CAMBIOS ANTICIPADOS
- AVANCE EN CORTO TIEMPO
- REDUCCIÓN EN LA GARANTÍA
- SATISFACCIÓN AL CONSUMIDOR

**ESTA PAGINA SE DEJO INTENCIONALMENTE EN BLANCO**

EXPANSION DE

LA FUNCION

DE CALIDAD:

PLANEACION DEL PRODUCTO

ESTA PAGINA SE DEJO INTENCIONALMENTE EN BLANCO

EXPANSION DE LA FUNCION DE CALIDAD  
PLANEACION DEL PRODUCTO

Objetivos

El propósito de la fase de Planeación del Producto de la EFC (Expansión de la Función de Calidad) es para:

- Identificar requerimientos del consumidor.
- Determinar oportunidades de competencia.
- Determinar requerimientos globales del diseño del producto.
- Determinar requerimientos para estudios futuros.

Proceso Paso a Paso

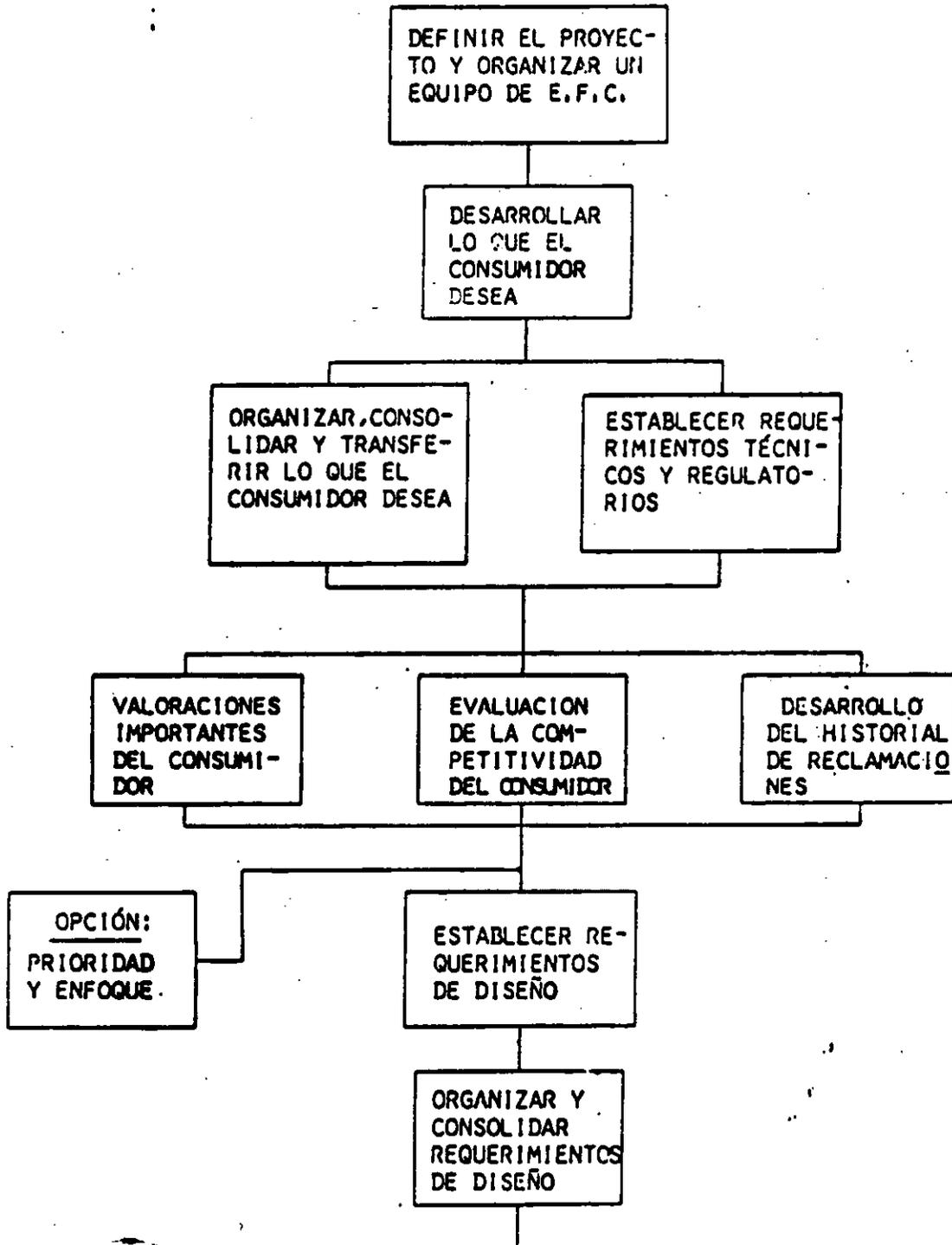
En las dos siguientes páginas se muestran los pasos normales a seguir para aplicar el proceso de la EFC a la Planeación del Producto.

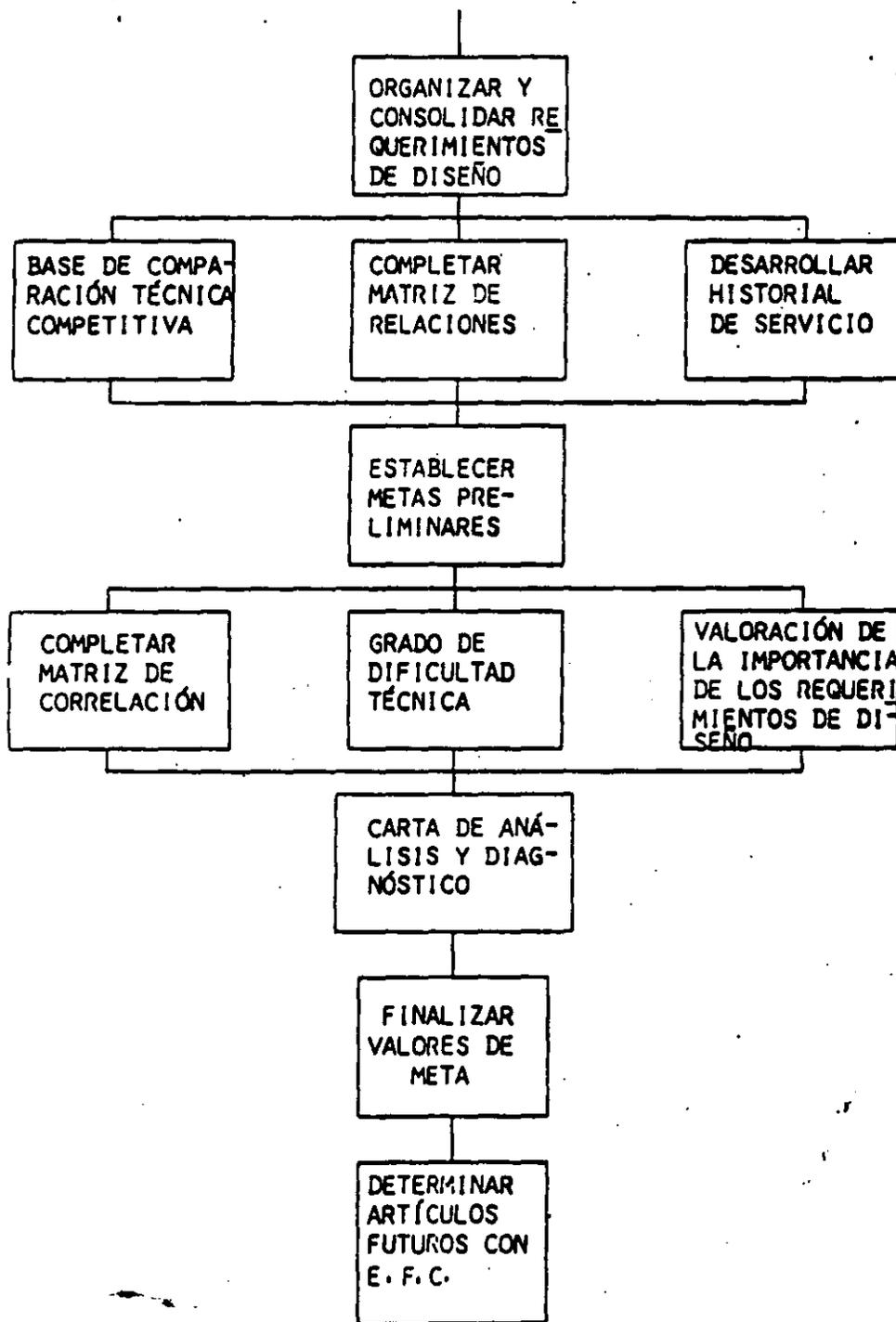
Los pasos mostrados representan una aproximación ordenada del DESARROLLO DE LA MATRIZ PARA LA PLANEACION DE UN PRODUCTO. De cualquier manera, estos pasos se sugieren únicamente y no siempre serán seguidos exactamente como se muestra. Tampoco son, cada uno de ellos, pasos discretos que deban ser terminados para continuar con el siguiente. De hecho, tal como procede el proceso EFC, existirán contribuciones de miembros del equipo y descubrimientos de información que harán necesario que el equipo regrese a ciertos pasos para reconsiderar decisiones.

Cada uno de los pasos se describirá detalladamente en sección.

# PLANEACION DEL PRODUCTO

---





## DETERMINANDO LA VOZ DEL CONSUMIDOR

---

¿ LOS PRODUCTOS DE QUIÉN ?

LOS TUYOS Y LOS DE LA COMPETENCIA.

¿ LA VOZ DE QUIÉN ?

CONSUMIDOR

PROPIETARIOS

AQUELLOS QUE COMPRARON TUS PRODUCTOS

AQUELLOS QUE COMPRARON PRODUCTOS DE LA COMPETENCIA

AQUELLOS QUE CAMBIARON HACIA EL COMPETIDOR

AQUELLOS QUE ESTÁN SATISFECHOS

AQUELLOS QUE NO ESTÁN SATISFECHOS

¿ QUÉ INVESTIGAR ?

FACTORES TÉCNICOS Y EMOCIONALES.

¿ CUÁNDO INVESTIGAR ?

SOBRE BASES CONTÍNUAS.

¿ CÓMO INVESTIGAR ?

ENCUESTAS: TELÉFONO, CORREO, ETC.

CLÍNICAS

GRUPOS DE ENFOQUE

ENTREVISTAS PERSONALES

ESCUCHANDO A DISTRIBUIDORES, PROMOTORES, ETC.

INFORMACIÓN EXISTENTE EN LA COMPAÑÍA



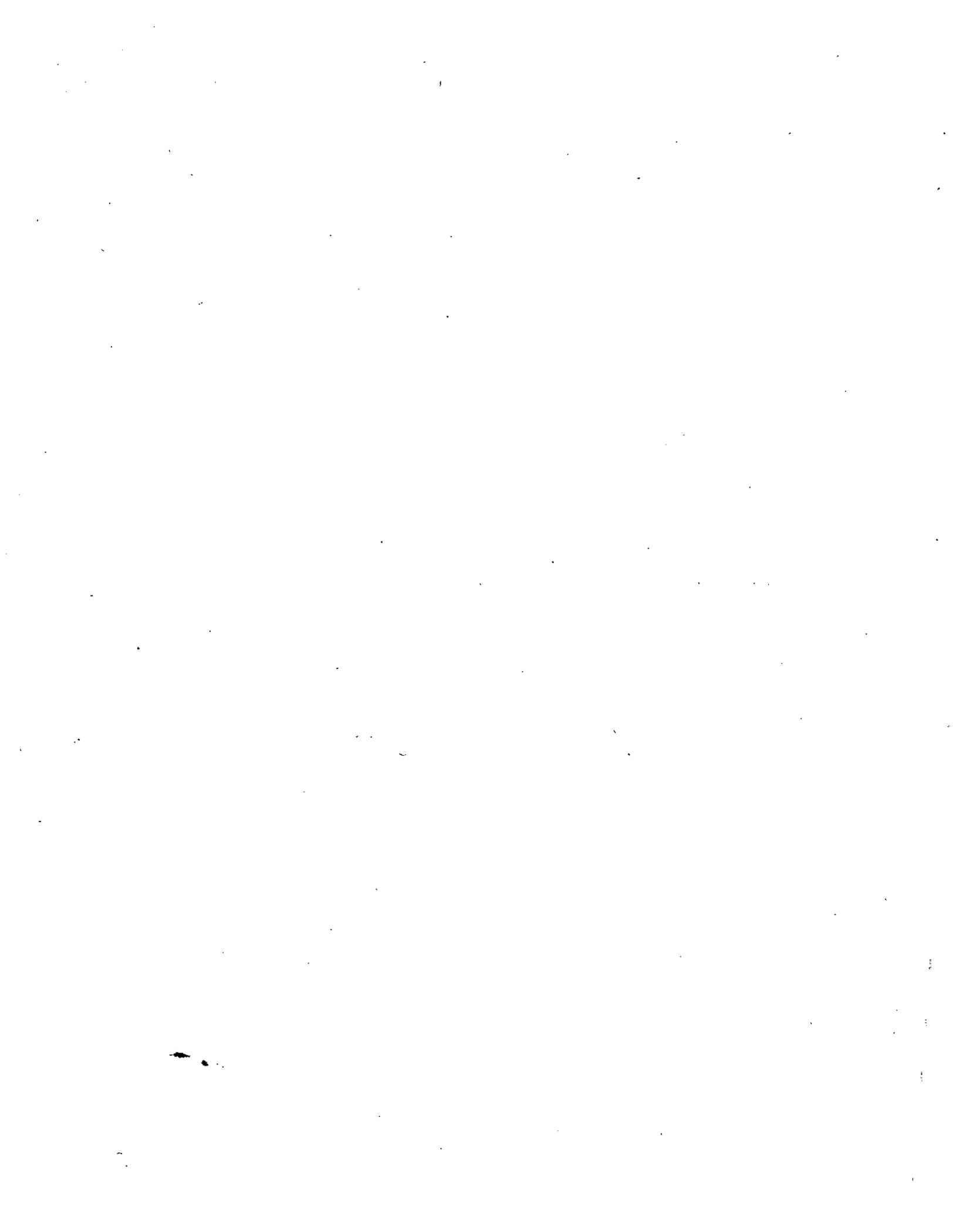
**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**INGENIERIA DEL VALOR E INGENIERIA DE CALIDAD**

**INGENIERIA DE CALIDAD**

**M. EN I. RUBEN TELLEZ SANCHEZ**

**NOVIEMBRE, 1992**



### 3. INGENIERIA DE CALIDAD

FILOSOFIA: OPTIMIZAR PRODUCTOS Y PROCESOS CREANDO DISEÑOS ROBUSTOS AL MÍNIMO COSTO POSIBLE.

¿COMO?: UTILIZANDO LOS FACTORES CONTROLABLES DE MANERA QUE SE MINIMICEN LOS EFECTOS DE FACTORES FUERA DE CONTROL; A TRAVES DE LA COMBINACION DE LA INGENIERIA Y METODOS ESTADISTICOS PARA ALCANZAR RAPIDAS MEJORAS EN COSTOS Y CALIDAD.

#### VOZ DEL CONSUMIDOR

- . EL CONSUMIDOR TIENE NECESIDADES Y EXPECTATIVAS QUE FRECUENTEMENTE DIFIEREN DE LAS DEL FABRICANTE.
  
- . DEBEMOS APRENDER DE ESAS NECESIDADES LO SUFICIENTE PARA SER CAPACES DE IDENTIFICAR OBJETIVOS RACIONALES EN NUESTROS PROCESOS Y RECONOCER EL COSTO QUE OCASIONAN LAS DESVIACIONES
  
- . ES NECESARIO DESARROLLAR E IMPLEMENTAR MANERAS EFICIENTES DE REDUCIR LA VARIACION DEL PROCESO CON RESPECTO AL OBJETIVO.

## **CALIDAD E INGENIERIA DE CALIDAD**

- . CALIDAD DE UN PRODUCTO ES LA (MINIMA) PERDIDA CAUSADA A LA SOCIEDAD DESDE EL MOMENTO EN QUE EL PRODUCTO SE EMBARCA.
  
- . LA "PERDIDA A LA SOCIEDAD" SE ASOCIA CON CUALQUIER PRODUCTO QUE LLEGA A LAS MANOS DEL CONSUMIDOR, E INCLUYE:
  - INSATISFACCION DEL CLIENTE
  - COSTO ADICIONAL POR GARANTIA DEL FABRICANTE
  - PERDIDA DE MERCADO POR MALA REPUTACION
  
- . LA PERDIDA DE CALIDAD SE DEFINE POR MEDIO DE LA FUNCION DE PERDIDA - EN QUE SE COMBINA LA PERDIDA FINANCIERA CON LA ESPECIFICACION FUNCIONAL.

## **UNA NUEVA MANERA DE PENSAR**

- . LOS METODOS TRADICIONALES DE CONTROL DE CALIDAD ESTAN RELACIONADOS - PRINCIPALMENTE CON LA FUNCION DEL PRODUCTO Y CUMPLIMIENTO CON LAS ESPECIFICACIONES DE INGENIERIA. EN INGENIERIA DE CALIDAD HA SURGIDO - UNA PERSPECTIVA DE LA CALIDAD TOTALMENTE DIFERENTE, BASADA EN LA PERDIDA DEL CONSUMIDOR DEBIDA A LA VARIABILIDAD EN LA FUNCION DEL PRODUCTO, ASI COMO TAMBIEN EN LOS CAMBIOS EN EL AMBIENTE DE OPERACION Y DIFERENCIAS ENTRE PRODUCTOS DE UN MISMO DISEÑO.
  
- . LOS METODOS DE INGENIERIA DE CALIDAD FORMAN UNA MANERA DE PENSAR QUE NO REPRESENTA NUEVOS CONOCIMIENTOS EN ESTADISTICA. DESDE UN PUNTO - DE VISTA PRACTICO, ESTOS METODOS SE BASAN EN CONCEPTOS ECONOMICOS -- QUE PUEDEN ESTAR EN CONFLICTO CON LA TEORIA ESTADISTICA TRADICIONAL Y LA TECNOLOGIA TRADICIONAL SOBRE EL CONTROL DE CALIDAD, LA MANERA - DE PENSAR NUEVA RESULTA EN DISEÑOS ROBUSTOS DE PRODUCTOS Y PROCESOS CON UNA PERDIDA MINIMA PARA EL CONSUMIDOR.

## **BENEFICIOS Y CONTRIBUCIONES DE LA INGENIERIA DE CALIDAD**

- . LA INGENIERIA DE CALIDAD COMBINA METODOS DE INGENIERIA Y ESTADISTICA - PARA MEJORAR COSTOS Y CALIDAD, OPTIMIZANDO EL DISEÑO DE PRODUCTOS Y -- PROCESOS DE MANUFACTURA. LAS HERRAMIENTAS BASICAS PARA LOGRARLO SON - LA FUNCION DE PERDIDA Y LA RELACION SEÑAL-RUIDO: QUE NOS PERMITEN IDENTIFICAR EN LAS ETAPAS TEMPRANAS DEL DESARROLLO DE UN PRODUCTO LAS AREAS DE MEJORIA AL MINIMO COSTO POSIBLE.
- . ADEMAS DEL RAPIDO MEJORAMIENTO EN EL DISEÑO DE PRODUCTOS Y PROCESOS, - LOS METODOS DE LA INGENIERIA DE CALIDAD PROVEEN UN MARCO DE REFERENCIA INTEGRAL. EL ENTRENAMIENTO DE INGENIEROS DE DISEÑO Y PERSONAL DE MANUFACTURA EN ESTOS METODOS DA LUGAR A PERSPECTIVAS Y OBJETIVOS COMUNES: ESTO ES UN GRAN PASO PARA ROMPER LAS BARRERAS TRADICIONALES ENTRE ESTOS DOS GRUPOS.
- . SIMPLIFICA LAS IDEAS DE R.A. FISHER (GRAN BRETAÑA - 1920) PARA QUE INGENIEROS, CIENTIFICOS Y TECNICOS PUEDAN APLICAR EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS.
- . SIMPLIFICA EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS EMPLEANDO ARREGLOS ORTOGONALES, GRAFICAS LINEALES Y TABLAS DE INTERACCION.
- . INTRODUCE UN NUEVO MARCO DE REFERENCIA PARA CONCEBIR LA CALIDAD: LA FUNCION DE PERDIDA
- . INTRODUCE UNA MEDIDA QUE INCORPORA TENDENCIA CENTRAL Y VARIABILIDAD EN UNA RESPUESTA: LA RELACION SEÑAL/RUIDO.
- . IMPLEMENTA CON EXITO EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS EN LAS ETAPAS DE DESARROLLO DE PRODUCTOS Y PROCESOS.
- . APLICA CON EXITO EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS EN LA MANUFACTURA
- . INTRODUCE EL CONCEPTO DE ROBUSTEZ CONTRA EL RUIDO POR MEDIO DEL CUAL, EN LUGAR DE ELIMINAR LA CAUSA DE UN EFECTO (LO CUAL ES COSTOSO), SE HACE EL PRODUCTO O PROCESO INSENSIBLE A LA CAUSA.

## LOS SIETE PUNTOS DE LA INGENIERIA DE CALIDAD

1. UNA DIMENSION IMPORTANTE DE LA CALIDAD DE UN PRODUCTO ES LA PERDIDA TOTAL GENERADA A LA SOCIEDAD.
2. EN UNA ECONOMIA COMPETITIVA EL MEJORAMIENTO CONTINUO DE LA CALIDAD Y LA REDUCCION DE COSTOS, SON NECESARIOS PARA LA SUPERVIVENCIA.
3. UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO CONTINUO DE LA CALIDAD INCLUYE LA REDUCCION INCESANTE DE LA VARIACION DE LAS CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO CON RESPECTO AL OBJETIVO.
4. LA PERDIDA DEL CONSUMIDOR, DEBIDA A LA VARIACION DEL COMPORTAMIENTO DE UN PRODUCTO, ES CON FRECUENCIA (APROXIMADAMENTE) PROPORCIONAL AL CUADRADO DE LA DESVIACION DE LA CARACTERISTICA DE SU OBJETIVO.
5. LA CALIDAD Y COSTO FINAL DE UN PRODUCTO MANUFACTURADO, SON DETERMINADOS EN GRAN MEDIDA POR EL DISEÑO DE INGENIERIA DEL PRODUCTO Y SU PROCESO DE MANUFACTURA.
6. LA VARIACION EN EL COMPORTAMIENTO DE UN PRODUCTO O PROCESO, SE PUEDE REDUCIR APROVECHANDO LOS EFECTOS NO LINEALES DE LOS PARAMETROS DE LAS CARACTERISTICAS.
7. LA PLANEACION DE EXPERIMENTOS ESTADISTICOS SE EMPLEA PARA IDENTIFICAR LOS VALORES OPTIMOS DE PARAMETROS EN PRODUCTOS Y PROCESOS QUE PERMITEN REDUCIR LA VARIABILIDAD.

## ESTRATEGIA DE LA INGENIERIA DE CALIDAD

1. **EL CLIENTE COMPRARA UN PRODUCTO QUE SEA:**
  - . DESEABLE POSEER Y SATISFAGA UN PROPOSITO
  - . FUNCIONAL Y ROBUSTO CONTRA EL MEDIO AMBIENTE
  - . MEJOR QUE LOS PRODUCTOS COMPETITIVOS, POR SUS CARACTERISTICAS, ESTILO Y POR LOS COSTOS DE COMPRA Y DE POSESION.
2. **LOS OBJETIVOS DEL CLIENTE EXTERNO SON ALCANZADOS A TRAVES DE:**
  - . OPTIMIZAR EL DISEÑO DE PRODUCTOS Y PROCESOS PARA MEJORAR CALIDAD Y REDUCIR COSTOS
  - . USAR LA FUNCION DE PERDIDA DE CALIDAD PARA CUANTIFICAR MEJORAS - EN CALIDAD EN TERMINOS DE COSTO Y PARA USO DE TOLERANCIAS DE DISEÑO.
  - . EL DESPLIEGUE DE LA FUNCION DE CALIDAD -LA "VOZ DEL CONSUMIDOR"- DESPLEGADA A TRAVES DE LOS CLIENTES INTERNOS EN LAS FASES DE PLANEACION, DISEÑO DE PRODUCTOS, DISEÑO DE PROCESOS, PRODUCCION, -- CUENTAS Y SERVICIOS.
3. **PASOS:**
  - . DESARROLLO DEL SISTEMA
  - . DISEÑO DE PARAMETROS
  - . DISEÑO DE TOLERANCIAS
4. **METODOS:**
  - . ARREGLOS ORTOGONALES
  - . GRAFICAS LINEALES
  - . FUNCION DE PERDIDA DE CALIDAD
5. **CONCEPTOS:**
  - . EL RESULTADO DEL ANALISIS NO NECESITA SER EL OPTIMO (VALIDEZ ESTADISTICA O NIVEL OPTIMO) PERO SI SE REQUIERE QUE SEA MEJOR, Y RAPIDO (CINCUENTA POR CIENTO DE RESULTADOS EN DIEZ DIAS ES MAS RENTABLE QUE NOVENTA POR CIENTO DE RESULTADOS EN DOSCIENTOS DIAS).
  - . MEJORAS INCREMENTALES PEQUEÑAS SOBRE UN GRAN NUMERO DE PRODUCTOS Y PROCESOS TIENE EFECTOS ACUMULATIVOS SUPERIORES QUE GRANDES MEJORAS SOBRE PROBLEMAS CONOCIDOS.

## LA FUNCION DE PERDIDA DE CALIDAD

### INTRODUCCIÓN

UN PRODUCTO SE VENDE POR SU PRESTIGIO, ESTO ES, SUS FUNCIONES Y POR SU -  
PRECIO. UN PRODUCTO PIERDE SU REPUTACION Y SU PARTICIPACION EN EL MERCA  
DO PORQUE ES DE CALIDAD POBRE. EN CONSECUENCIA, SE DEBEN DISTINGUIR:

PRESTIGIO DEL PRODUCTO  
CALIDAD DEL PRODUCTO

FUNCION - TAMAÑO DEL MERCADO  
PERDIDA - PARTICIPACION EN  
MERCADOS

LA CALIDAD DE UN PRODUCTO ES LA PERDIDA TOTAL CAUSADA A LA SOCIEDAD POR  
EL PRODUCTO DESDE EL MOMENTO EN QUE SE EMBARCA. EL PRODUCTO DE MEJOR CA  
LIDAD ES EL QUE MENOS PERDIDA CAUSA A LA SOCIEDAD. HAY TRES CATEGORIAS  
DE PERDIDA:

1. LA PERDIDA CAUSADA POR VARIABILIDAD EN LA FUNCION DEL PRODUCTO
2. LA PERDIDA CAUSADA POR EFECTOS DE DAÑOS COLATERALES
3. LA PERDIDA CAUSADA POR DIFERENCIAS ENTRE PRODUCTOS DE UN MISMO DISE-  
ÑO

LA PERDIDA DOMINANTE ES LA CAUSADA POR VARIACIONES FUNCIONALES. EL CON-  
TROL DE CALIDAD TRADICIONAL SE ORIGINA EN UN ESFUERZO POR CONTROLAR LOS  
PROBLEMAS CAUSADOS POR VARIACIONES FUNCIONALES. SIN EMBARGO, LA CARENCIA  
DE TECNICAS PARA LA EVALUACION CUANTITATIVA DE VARIACIONES FUNCIONALES -  
HA ESTORBADO AL MEJORAMIENTO EFECTIVO DE LA CALIDAD. POR MEDIO DE LA -  
FUNCION DE PERDIDA SE LOGRA UNA CUANTIFICACION DEL COSTO DE CALIDAD. EL  
OBJETIVO DE LA INGENIERIA DE CALIDAD ES "MINIMIZAR LA PERDIDA ASOCIADA -  
CON LA CALIDAD".

## FUNCIÓN DE PÉRDIDA DE CALIDAD

LA ECUACION DE FUNCION DE PERDIDA PARA ESTAS CARACTERISTICAS ESTA DADA -  
POR:

$$L(y) = k(y - m)^2$$

DONDE:

$L(y)$  = PERDIDA EN "PESOS" CUANDO LA CARACTERISTICA DE CALIDAD TIENE VA--  
LOR "Y"

$y$  = EL VALOR DE LA CARACTERISTICA DE CALIDAD (P.EJ.: LONGITUD, ANCHO,  
ACABADO SUPERFICIAL, ETC.)

$m$  = META O VALOR IDEAL DE LA CARACTERISTICA "y"

$k$  = CONSTANTE

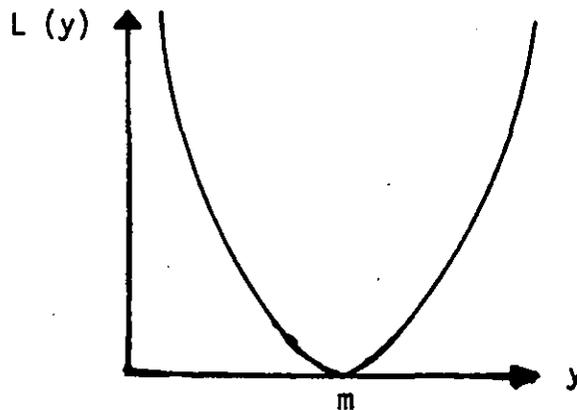
CARACTERISTICAS DE LA FUNCION DE CALIDAD:

a) ES EXPRESADA EN UNIDADES MONETARIAS

b) MINIMA CUANDO  $y = m$

c) SE INCREMENTA CUANDO "y" SE DESVIA DE LA META O VALOR IDEAL  $m$

GRAFICANDO LO ANTERIOR:



EN REALIDAD, PARA CADA CARACTERISTICA EXISTE UNA FUNCION QUE DEFINE DE -  
MANERA UNICA LA RELACION ENTRE PERDIDA ECONOMICA Y LA DESVIACION DE LA -  
CARACTERISTICA DE CALIDAD DE SU OBJETIVO.

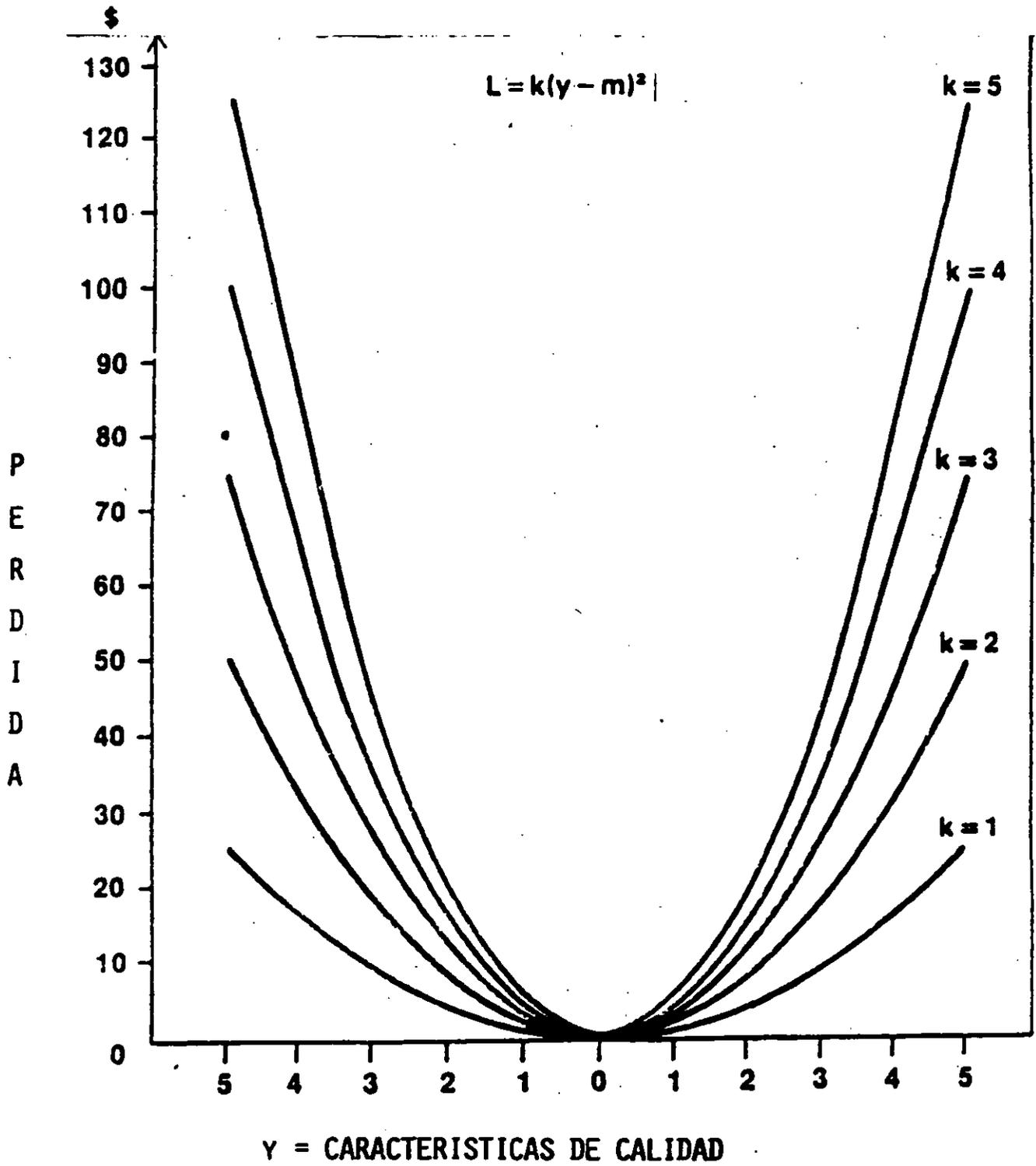


FIGURA. PERDIDA DE CALIDAD COMO FUNCION DE K

## TOLERANCIAS EN NIVELES MULTIPLES

PARA UN PRODUCTO CON META "m":  $m \pm \Delta_0$  REPRESENTA LOS VALORES MAXIMO Y MINIMO DE DESVIACION DE m QUE SI UN PRODUCTO SOBREPASA, LA MAYORIA DE LOS CLIENTES OPINAN QUE SE PRESENTA LA FALLA Y EL PRODUCTO DEBERA SER REEMPLAZADO, REPARADO, ETC., OCASIONANDO UN COSTO  $A_0$ , POR LAS MEDIDAS QUE OCASIONA. "LA TOLERANCIA DEL CLIENTE " ESTA DADA POR  $m \pm \Delta_0$ .

DADO QUE  $L(y) = K(y-m)^2$ , ENTONCES EN  $y = m + \Delta_0$  :  $A_0 = K (m + \Delta_0 - m)^2$   
 $K = A_0/\Delta_0^2$

CON ESTE VALOR DE "K", EL CUAL ES CONSTANTE PARA UNA CARACTERISTICA DETERMINADA DE CALIDAD CON UN VALOR IDEAL O META "m", SE DEFINE COMPLETAMENTE LA CURVA DE FUNCION DE PERDIDA DE ACUERDO A COMO SE INDICA EN LA FIGURA ADJUNTA.

EJEMPLO: UN CIRCUITO REQUIERE UNA RESISTENCIA DE 200 ohms. CUANDO LA RESISTENCIA ES DE  $20 \pm 5$  OHMS, EL CIRCUITO NO FUNCIONA CORRECTAMENTE Y EL PROMEDIO DE LOS CLIENTES TENDRAN QUE REPARAR EL CIRCUITO A UN COSTO DE \$50.00 . COMO  $L(y) = K(y-m)^2$ , ENTONCES  $50 = K (20 \pm 5 - 20)^2$ , POR LO QUE  $K = 2$ .

EN LA PLANTA DONDE SE ENSAMBLA EL CIRCUITO SE PODRIAN REEMPLAZAR LAS RESISTENCIAS DEFECTUOSAS CON UN COSTO DE \$20.00. EN CONSECUENCIA,  $L(y) = 2.0(y-20)^2$  Y  $20 = 2 (y-20)^2 \Rightarrow y = 20 \pm 3.16$

YA QUE LA ACCION CORRECTIVA TIENE UN COSTO DE \$50.00, ES MAS ECONOMICO IMPLANTAR EN PLANTA EL NIVEL. LA TOLERANCIA DE PRODUCCION DEBERA SER MENOR QUE LA TOLERANCIA DEL CLIENTE:

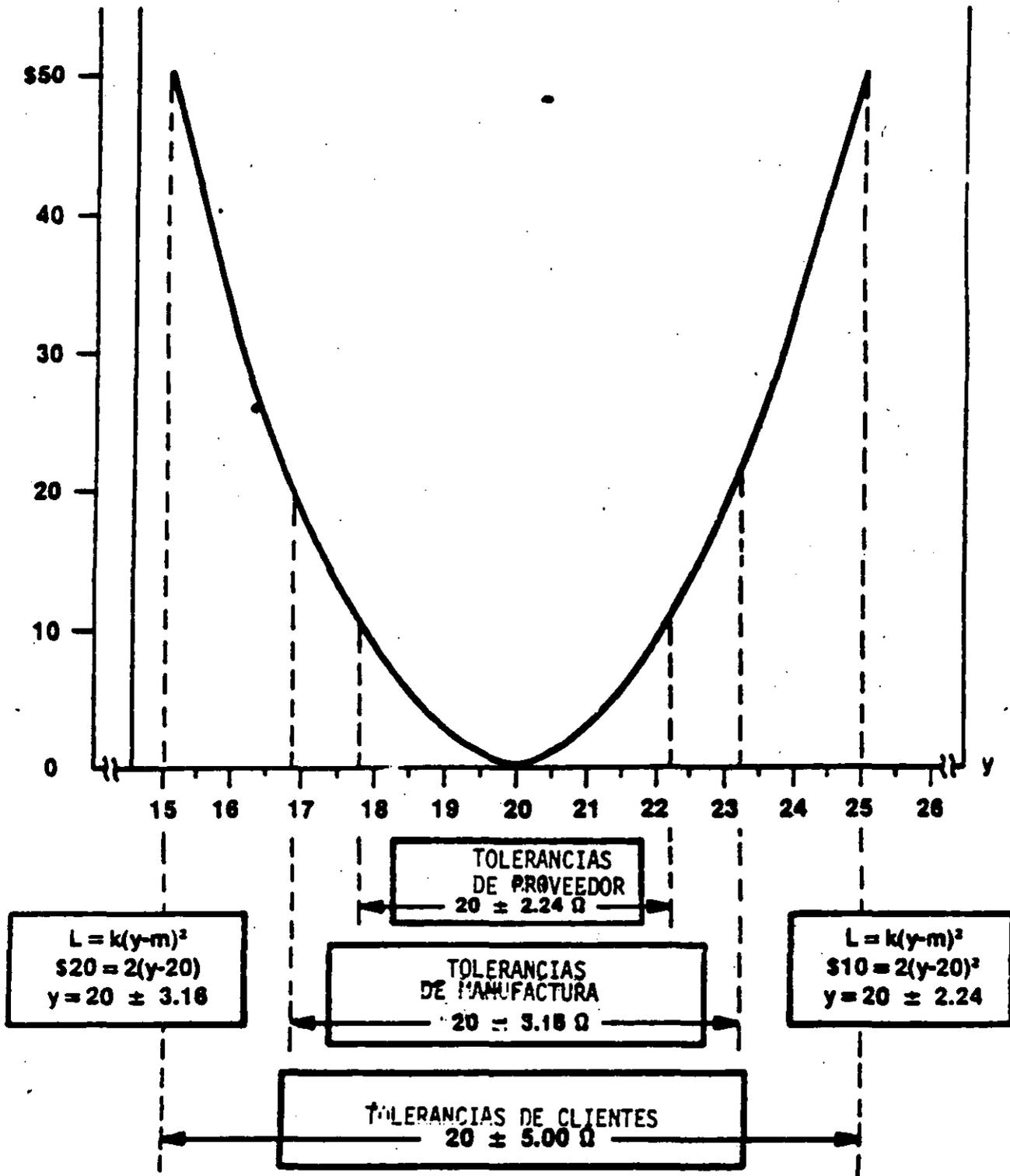
TOLERANCIA DEL CLIENTE:  $20 \pm 5$

TOLERANCIA DE PRODUCCION:  $20 \pm 3.16$ .

LA PLANTA DEBERA EMBARCAR AL SIGUIENTE CLIENTE, UNICAMENTE LOS PRODUCTOS QUE TENGAN UNA DESVIACION DE LA META IGUAL O MENOR A LA TOLERANCIA DE PRODUCCION.

SUPONGASE QUE EL CIRCUITO ES COMPRADO POR UN PROVEEDOR QUE REEMPLAZA LAS RESISTENCIAS DEFECTUOSAS POR \$10.00. LA MISMA LOGICA QUE CONDUJO A LAS TOLERANCIAS DEL PROVEEDOR:

FIGURA. FUNCION DE PERDIDA DE CALIDAD



$$L(y) = 2(y - 20)^2 \Rightarrow 10 = 2(y-20)^2 \Rightarrow y = 20 \pm 2.24$$

EL PROVEEDOR DEBERA TOMAR LA MEDIDA DE REEMPLAZAR LA RESISTENCIA SIEMPRE QUE LA COMPONENTE SE DESVIE DE 20 ohms EN 2.24 ohms O MAS. EN SINTESIS, LA TOLERANCIA DEL CLIENTE Y LA PERDIDA ECONOMICA GENERADA CUANDO SE VIOLAN LAS TOLERANCIAS DETERMINA LA FUNCION DE PERDIDA DE CALIDAD. ESTA FUNCION DE PERDIDA Y EL COSTO DE REPARACION EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE LA LINEA DE PRODUCCION DETERMINAN LOS DIFERENTES NIVELES DE TOLERANCIA DEL PRODUCTOR/PROVEEDOR.

### FUNCION DE PERDIDA DE CALIDAD PROMEDIO

LA ECUACION  $L(y) = K(y - m)^2$  ES USADA PARA CUANTIFICAR LA PERDIDA DEBIDA A LA CALIDAD POBRE DE UNA SOLA PIEZA DE PRODUCTO Y PARA ESTABLECER LAS TOLERANCIAS DE PRODUCCION QUE ESTAN BASADAS SOBRE EL COSTO DE LAS CONTRA MEDIDAS Y LAS EXPECTATIVAS DEL CLIENTE.

GENERALMENTE, TALES ASPECTOS DEBERAN BASARSE EN NIVELES DE CALIDAD PROMEDIO Y PERDIDAS. LA FUNCION DE PERDIDA DE CALIDAD PROMEDIO TAMBIEN ES DENOTADA POR  $L(y)$ , ES LA PERDIDA PROMEDIO SOBRE  $n$  UNIDADES DE PRODUCTO:

$$L(y) = \sum (Y_i - m)^2 / n$$

COMO LA MEDIA DE LA DESVIACION CUADRATICA ES:

$$MDC = \frac{1}{n} \sum (y_i - m)^2 = \sigma^2 + (\bar{y} - m)^2$$

SIENDO  $\sigma^2$  y  $\bar{y}$  LA VARIANZA Y MEDIA DE LA CARACTERISTICA ANALIZADA, EN TONCES:

$$L(y) = K(MDC) = K(\sigma^2 + (\bar{y} - m)^2)$$

EJEMPLO: LA DESVIACION ESTANDAR Y LA DENSIDAD DE CALOR PROMEDIO PARA UN CONJUNTO DE TELEVISIONES ES DE 10/6 y  $m$ , RESPECTIVAMENTE. CUANDO LA DENSIDAD DE CALOR DIFIERE EN 5 UNIDADES DE  $m$ , 50% DE LOS CLIENTES REPARAN SU TELEVISION A UN COSTO DE \$ 75.00, POR LO TANTO:

$$L = (A_0 / \Delta^2_0) (\sigma^2 + (\bar{y} - m)^2) = (75/25) ((10/6)^2 + 0) = 8.33$$

CARACTERISTICAS DE CALIDAD Y FUNCION DE PERDIDA

EN LA PRACTICA, EL MEJOR VALOR DE UNA CARACTERISTICA NO ES SIEMPRE REALIZABLE. POR EJEMLO A MAYOR CAPACIDAD DE TENSION DE UN RESORTE ES MEJOR, PERO NO SE TIENEN RESORTES DE RESISTENCIA INFINITA.

LA FUNCION DE PERDIDA DEPENDE DEL TIPO DE CARACTERISTICA A SER CONSIDERADA, QUE PUEDE SER:

- NOMINAL ES MEJOR: DIMENSION, PRESION, VISCOSIDAD, JUEGO, ....ETC.
- MENOR ES MEJOR: DESGASTE, ENCOGIMIENTO, DETERIORACION, IMPUREZAS, NIVEL DE RUIDO, .... ETC.
- MAYOR ES MEJOR: RESISTENCIA, VIDA, EFICIENCIA COMBUSTIBLE, .... ETC.
- ATRIBUTO CLASIFICADO: APARIENCIA, POROSIDAD, AGRIETAMIENTO, ...ETC.  
(CLASIFICADO COMO BUENO/MALO, GRADO A/B/C/D, ...ETC.)
- CARACTERISTICA DINAMICA: CARACTERISTICA FUNCIONAL DE CALIDAD.



ENSEGUIDA CONSIDERAMOS LOS DIFERENTES TIPOS DE FUNCIONES DE PERDIDA DE ACUERDO A LOS PRIMEROS TRES TIPOS DE CARACTERISTICAS.

FUNCION DE PERDIDA EN CARACTERISTICAS EN QUE EL VALOR NOMINAL ES MEJOR

PARA LAS CARACTERISTICAS EN LAS QUE EL VALOR NOMINAL  $m$  ES EL MEJOR  $y$  EN DONDE SE CONSIDERA QUE LA TOLERANCIA DEL CLIENTE ESTA DADA POR  $m \pm \Delta o$ , LA FUNCION DE PERDIDA VIENE A SER:

$$L = (A_o / \Delta o^2) (\sigma^2 + (m - \bar{y})^2)$$

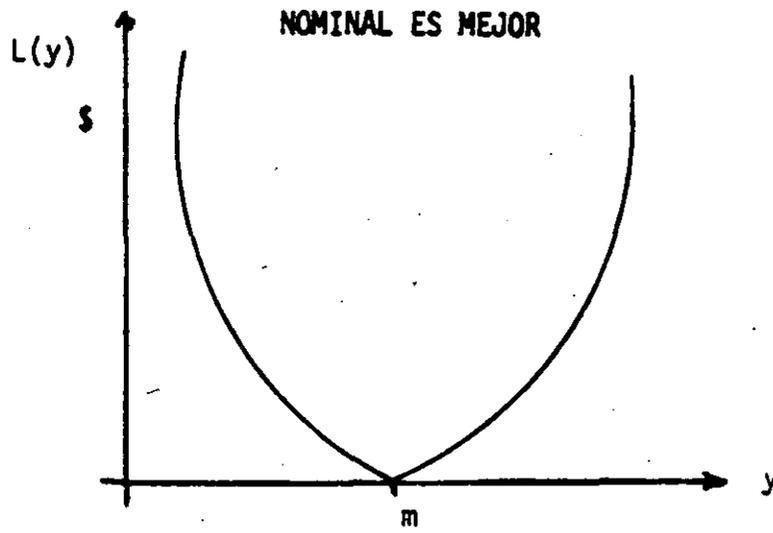
SIENDO:  $A_o$ , LA PERDIDA A LA FALLA;  $\sigma^2$   $y$   $\bar{y}$  LA VARIANZA Y MEDIA DE LA CARACTERISTICA CONSIDERADA.

EJEMPLO: EL VALOR NOMINAL OPTIMO DEL VOLTAJE EN UN APARATO DE TELEVISION ES 115 VOLTS. Y CUANDO ESTE VOLTAJE DIFIERE DE ESTE VALOR EN MAS DE 20 VOLTS SE TIENE UNA PERDIDA DE \$100.00, ENTONCES:

$$L = (A_o / \Delta o^2) (\sigma^2 + (\bar{y} - m)^2) = (100 / 20^2) (y - m)^2 = 0.25 (y - m)^2$$

SI EL COSTO DE REPARACION A LA SALIDA DE LA LINEA DE PRODUCCION ES DE \$2.00/PIEZA. LAS TOLERANCIAS REALES DEL FABRICANTE PARA EL VOLTAJE DE SALIDA SON:

$$3 = 0.25(y - 115)^2 \Rightarrow y = 115 \pm 3 \begin{cases} y_2 = 118 \\ y_1 = 112 \end{cases}$$



$$L(y) = k(y - m)^2$$

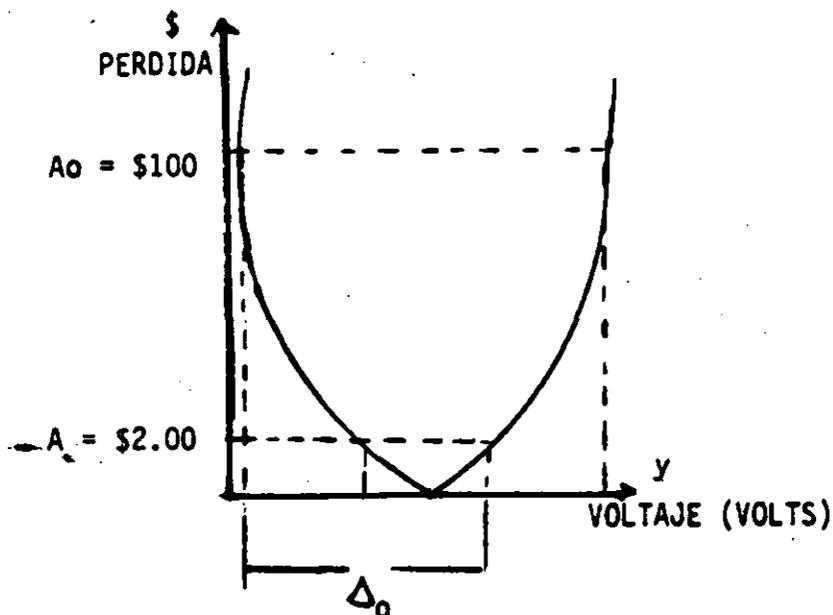
NOTA: 1) ES UNA CONSTANTE  $k = A_0 / \Delta_0^2$ .

2) ES LA DESVIACION DE LA META NOMINAL:  $\Delta_0$

3) PERDIDA: PROPORCIONAL AL CUADRADO DE LA DESVIACION DEL VALOR VALOR NOMINAL.

4)  $A_0$  LA PERDIDA A LA FALLA.

5) A COSTO DE REPARACION .



FUNCION DE PERDIDA EN CARACTERISTICAS EN QUE EL VALOR MAYOR ES MEJOR

LAS CARACTERISTICAS EN QUE EL VALOR MAYOR ES EL MEJOR SON AQUELLAS EN LAS CUALES SE TIENE UN VALOR MINIMO DETERMINADO Y TODOS LOS QUE SE ENCUENTRAN POR ENCIMA DE EL SON MUCHO MEJORES, TAL ES EL CASO DE LAS RESISTENCIAS DE MATERIALES.

LA ECUACION DE FUNCION DE PERDIDA PARA ESTA CARACTERISTICA ESTA DADA POR:

$$L(y) = \frac{k}{y^2} \quad L(y) = k/y^2$$

DONDE :

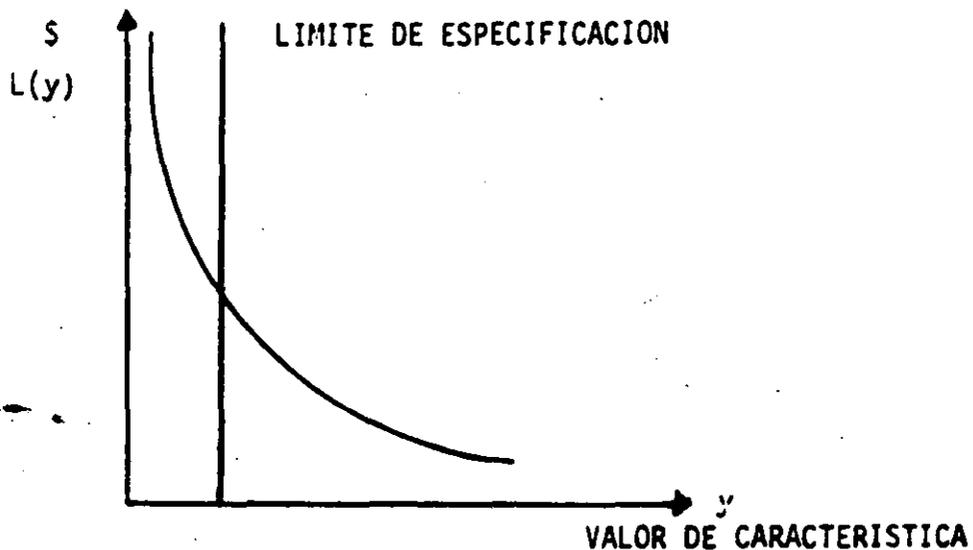
$L(y)$  = PERDIDA EN "PESOS" CUANDO LA CARACTERISTICA DE CALIDAD TIENE EL VALOR "Y"

y = EL VALOR DE LA CARACTERISTICA DE CALIDAD

k = CONSTANTE

CARACTERISTICAS DE LA FUNCION DE CALIDAD

- A) EXPRESADA EN UNIDADES MONETARIAS
- B) MINIMA CUANDO  $y \rightarrow \infty$
- C) DECEDE A MEDIDA QUE "Y" AUMENTA



SI LA PERDIDA " $L(y_0)$ " EN CUALQUIER PUNTO  $y=y_0$  ES CONOCIDA, EL VALOR DEL COEFICIENTE "K" SE PUEDE ENCONTRAR MEDIANTE:

$$K = y_0^2 L(y_0)$$

EL PUNTO " $y_0$ " SE PUEDE TOMAR COMO " $\Delta_0$ " A PARTIR DEL CUAL LOS PROBLEMAS SE EMPIEZAN A PRESENTAR EN EL CAMPO Y SIENDO " $A_0$ " LA PERDIDA CORRESPONDIENTE:

$$K = \Delta_0^2 A_0$$

SI SE TIENEN VARIOS PRODUCTOS: LA FUNCION DE PERDIDA DE CALIDAD PROMEDIO ES:  $L(y) = K \Sigma(1/y_i^2) / n$  COMO LA MEDIDA DE DESVIACION CUADRATICA ES:

$$MDC = \frac{1}{n} \Sigma(1/y_i^2) = \frac{1}{\bar{y}} (3 + \sigma^2 / \bar{y}^2)$$

DONDE:  $\sigma$  Y  $\bar{y}$  SON DESVIACION ESTANDAR Y MEDIA DE LA CARACTERISTICA ANALIZADA, ENTONCES:

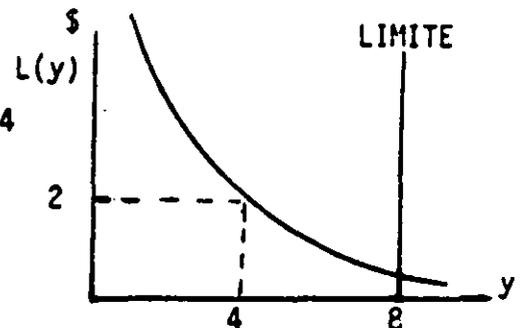
$$L(y) = K \frac{1}{\bar{y}^2} (1 + 3 \frac{\sigma^2}{\bar{y}^2}) = A_0 \Delta_0^2 \frac{1}{\bar{y}^2} (1 + 3 \frac{\sigma^2}{\bar{y}^2})$$

EJEMPLO: SE DESEA MAXIMIZAR LA RESISTENCIA DE SOLDADURAS DE TERMINALES DE MOTOR. SI LA RESISTENCIA ES DE 0.4 psi. SE TENDRA UNA ROTURA CON UN COSTO DE \$ 200.00 ENTONCES

$$L(y) = K/y^2 \quad K = Ly = 200(0.4) = 32$$

SI EL COSTO DE RETRABAJO ES DE \$ 2.00 POR UNIDAD, LA TOLERANCIA DE MANUFACTURA ESTA DADA POR

$$y = (K/L)^{\frac{1}{2}} = (32/2)^{\frac{1}{2}} = 4$$



### FUNCION DE PERDIDA EN CARACTERISTICAS EN QUE EL VALOR MENOR ES MEJOR

FUNCION DE PERDIDA EN CARACTERISTICAS EN QUE EL VALOR MENOR ES EL MEJOR  
EL TIPO DE CARACTERISTICAS EN QUE EL VALOR MENOR ES EL MEJOR SON AQUE-  
LLAS EN LAS CUALES SE TIENE UN VALOR MAXIMO DETERMINADO Y TODAS LAS QUE  
SE ENCUENTREN POR ABAJO DE EL SON MUCHO MEJORES, TAL ES EL CASO DE EXCEN-  
TRICIDADES, ACABADOS DE SUPERFICIE (EN LA MAYORIA DE LOS CASOS), ETC.

LA ECUACION DE FUNCION DE PERDIDA PARA ESTAS CARACTERISTICAS ESTA DADA  
POR:

$$L(y) = K y^2$$

DONDE:

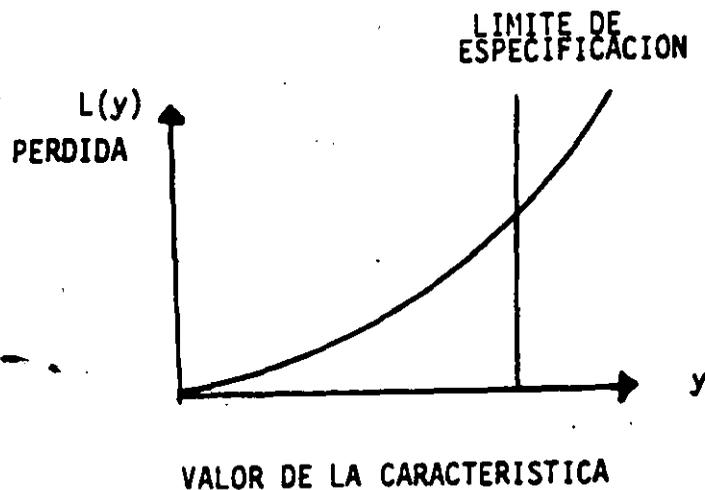
$L(y)$  = PERDIDA EN "PESOS" CUANDO LA CARACTERISTICA DE CALIDAD TIENE EL  
VALOR "Y"

$y$  = EL VALOR DE LA CARACTERISTICA DE CALIDAD

$K$  = CONSTANTE

CARACTERISTICAS DE LA FUNCION DE CALIDAD

- A) EXPRESADA EN UNIDADES MONETARIAS
- B) MINIMA CUANDO  $y = 0$
- C) DECRECE A MEDIDA QUE "Y" DISMINUYA



SI LA PERDIDA " $L(y_0)$ " EN CUALQUIER PUNTO  $y = y_0$  ES CONOCIDA, CON EL VALOR DE "K" PUEDE CALCULARSE DE :  $K = L(y_0) / y_0^2$

TOMANDO " $\Delta_0$ " COMO EL PUNTO A PARTIR DEL CUAL LOS PROBLEMAS DE PRESENTAN EN EL CAMPO CON PERDIDA " $A_0$ " CORRESPONDIENTE:  $K = A_0 / \Delta_0^2$

SI ESTE TIENE VARIOS PRODUCTOS

$$L(y) = k \sum y_i^2 / n$$

COMO LA MEDIA DE LA DESVIACION CUADRATICA ES:

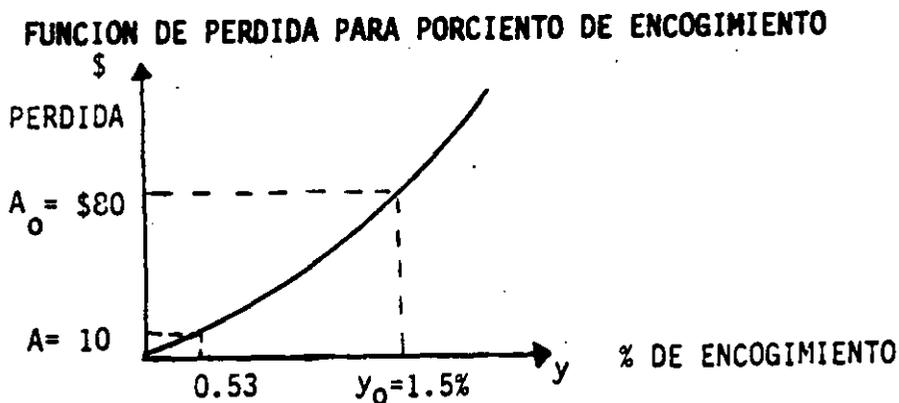
$$MDC = \frac{1}{n} \sum y_i^2 = \sigma^2 + \bar{y}^2$$

DONDE:  $\sigma$  y  $\bar{y}$  SON LA DESVIACION ESTANDAR Y EL PROMEDIO DE LA CARACTERISTICA ANALIZADA. ENTONCES  $L(y) = k(MDC) = k(\sigma^2 + \bar{y}^2)$

EJEMPLO: SE DESEA MINIMIZAR EL PORCENTAJE DE ENCOGIMIENTO DE UNA CAJA DE VELOCIMETRO. CUANDO ESTE PORCENTAJE ES DE 1.5%, EL 50% DE LOS CLIENTES SE QUEJAN Y REGRESAN EL PRODUCTO PARA REEMPLAZO. EL COSTO DE REEMPLAZO ES:  $\$80 / (1.5)^2 = 35.55$

SI EL COSTO DE RETRABAJO EN PRODUCCION ES DE \$ 10.00 POR CADA UNIDAD LA TOLERANCIA DE MANUFACTURA SERA:

$$y = (L/K)^{1/2} = (10 / 35.55)^{1/2} = 0.53 \%$$



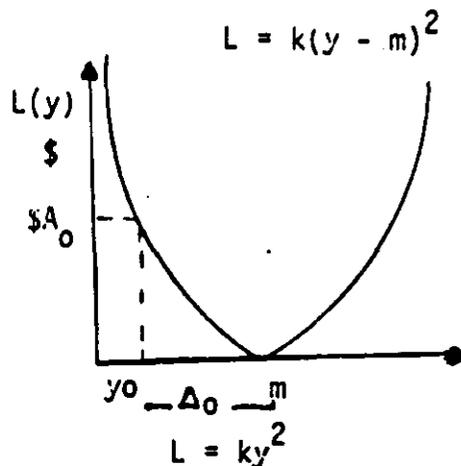
$$L = ky^2 \quad K = 80 / (1.5)^2 = 35.56$$

ASI, LA TOLERANCIA DE MANUFACTURA ES  $y = (L/K)^{1/2} = (10/35.55)^{1/2} = 0.53\%$   
CUANDO EL COSTO DE RETRABAJO DE PRODUCCIONES ES DE \$10.00

RESUMEN DE LA FUNCION DE PERDIDA

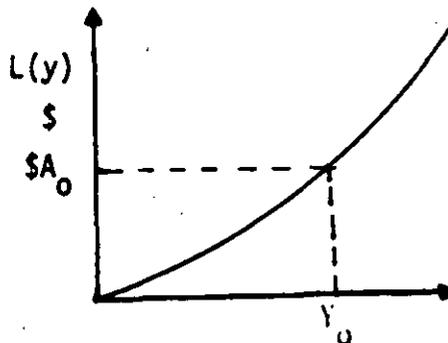
1. NOMINAL ES MEJOR

$$L = \begin{cases} k(y - m)^2, & k = \frac{A_0}{A_0^2} \\ k(\text{MSD})_n & \text{MSD} = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - m)^2}{n} \\ & = \sigma^2 + (\bar{y} - m)^2 \end{cases}$$



2. MEJOR ES MENOR

$$L = \begin{cases} ky^2, & k = \frac{A_0}{y_0^2} \\ k(\text{MSD})_n & \text{MSD} = \sum_{i=1}^n \frac{y_i^2}{n} \\ & = \bar{y}^2 + \sigma^2 \end{cases}$$



3. MAYOR ES MEJOR

$$L = \begin{cases} k \frac{1}{y^2}, & k = A_0 y_0^2 \\ k(\text{MSD})_n & \text{MSD} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \\ & = \frac{1}{\bar{y}^2} \left( 1 + 3 \times \frac{\sigma^2}{\bar{y}^2} \right) = \frac{1}{\bar{y}^2} \left( 1 + \frac{3\sigma^2}{\bar{y}^2} \right) \end{cases}$$

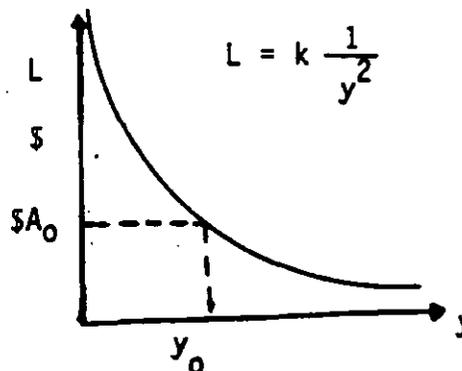


TABLA: CALCULOS PARA LA FUNCION DE PERDIDA

TOLERANCIA DE CLIENTES	FORMULA DE PERDIDA
$m + \Delta_0$	$L = (A_0 / \Delta_0^2) ( \sigma^2 + (m - \bar{y})^2 )$
$\begin{matrix} + \Delta_2 \\ m - \Delta_1 \end{matrix}$	$L = \frac{1}{n} ( (A_1 / \Delta_1^2) (-\text{DESVIACION})^2 + (\text{DESVIACION})^2 A_2 / \Delta_2^2 )$
$\begin{matrix} + \Delta_2 \\ m - 0 \end{matrix}$	$L = (A_1 / n) ( \text{No DE MUESTRAS EN LADO NEGATIVO} + (A_2 / \Delta_2^2) ( \sigma^2 + (m - \bar{y})^2 ) )$
$\begin{matrix} + \Delta_0 \\ *0 - 0 \end{matrix}$	$L = (A_0 / \Delta_0^2) ( \sigma^2 + \bar{y} )^2$
** $\Delta_0$ o SOBRE	$L = A_0 \Delta_0^2 \frac{1}{\bar{y}^2} ( 1 + 3 \frac{\sigma^2}{\bar{y}^2} )$

A<sub>0</sub> -- PERDIDA A LA FALLA

A<sub>1</sub> -- PERDIDA A LA FALLA EN EL LADO NEGATIVO

A<sub>2</sub> -- PERDIDA A LA FALLA EN EL LADO POSITIVO

n -- TAMAÑO DE MUESTRA

$\bar{y}$  -- VALOR PROMEDIO DE LA CARACTERISTICA EN MUESTRA

$\sigma$  -- DESVIACION ESTANDAR DE CARACTERISTICA EN MUESTRA

\* EL MENOR ES MEJOR

\*\* EL MAYOR ES MEJOR

LA FUNCION DE PERDIDA - UNA BASE PARA COMPARACION

PARA VISUALIZAR MAS CLARAMENTE LO QUE LA FUNCION DE PERDIDA SIGNIFICA, CONSIDERENSE CUATRO FABRICAS COMO SE MUESTRA EN LA FIGURA ANEXA. LAS FABRICAS 1, 2 Y 3 TIENEN UN INDICE  $C_{pk}$  de 1.0. LA FABRICA 1 TIENE SU MEDIA CENTRADA, ESTO ES SU PROMEDIO COINCIDE CON EL VALOR META, Y TIENE UNA DESVIACION ESTANDAR,  $\sigma = 1.33$ . LAS FABRICAS 2 Y 3 NO ESTAN CENTRADAS PERO TIENEN MENOR DESVIACION ESTANDAR QUE LA FABRICA 1. FINALMENTE, LA FABRICA 4 TIENE UNA MEDIA CENTRADA Y SUPONEMOS PARA PROPOSITOS DE DEMOSTRACION QUE TIENE LA MISMA PERDIDA DE CALIDAD POR DISPERSION QUE LA FABRICA 3.

LOS DATOS SUMARIOS DE ABAJO, QUE ESTAN BASADOS EN LA PRODUCCION DE 250,000 UNIDADES/AÑO, ENFATIZAN LAS DIFERENCIAS EN VALORACION, CONCLUSIONES Y PRIORIZACION QUE RESULTA DE LA PERDIDA POR DEFECTOS BASADA SOBRE EL NUMERO DE DEFECTUOSOS Y LA PERDIDA POR DISPERSION BASADA SOBRE LA FUNCION DE CALIDAD.

FABRICA 1:  $C_{pk} = 1.0$   
.PERDIDA POR DEFECTO =  $(.0027)(50)(250000) = \$ 33,750$   
.PERDIDA POR DISPERSION =  $3.55(250000) = \$ 887,500$

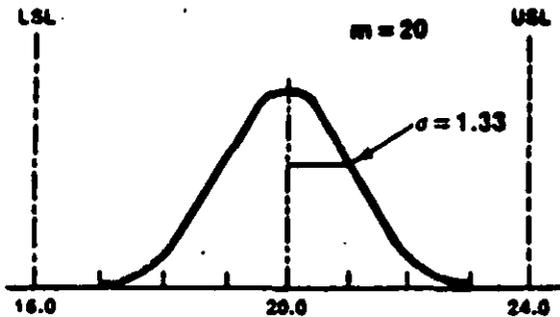
FABRICA 2:  $C_{pk} = 1.0$   
.PERDIDA POR DEFECTO = \$16,875  
.PERDIDA POR DISPERSION = \$2,220,000

FABRICA 3:  $C_{pk} = 1.0$   
.PERDIDA POR DEFECTO = \$ 16,875  
.PERDIDA POR DISPERSION = \$ 4,000,000

FABRICA 4:  $C_{pk} = 0.471$   
.PERDIDA POR DEFECTO =  $(1.6)(50)(250,000) = \$ 2,000,000$   
.PERDIDA POR DISPERSION = \$ 4,000,000

CAPACIDAD DE PROCESO  
FABRICA 1

ESPECIFICACION:  $20 \pm 4$



CARACTERISTICA DE CALIDAD y  $\sigma = 1.33$

$$C_{pk} = C_p (1 - k) = \frac{\text{TOLERANCIA}}{6\sigma} \left( 1 - \frac{|\bar{y} - m|}{\text{TOLERANCIA}/2} \right)$$

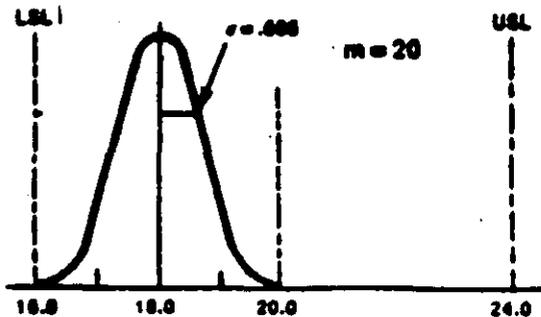
$$C_{pk} = \frac{8}{8} (1 - 0) = 1.0$$

$$L = k\sigma^2 + (y - m)^2 = 2.0 \times \frac{16}{9} = \$3.55/\text{UNIDAD}$$

FIGURA a

CAPACIDAD DE PROCESO  
FABRICA 2

ESPECIFICACION:  $20 \pm 4$



CARACTERISTICA DE CALIDAD y  $\sigma = .213$

$$C_{pk} = C_p (1 - k) = \frac{\text{TOLERANCIA}}{6\sigma} \left( 1 - \frac{|\bar{y} - m|}{\text{TOLERANCIA}/2} \right)$$

$$= \frac{8}{4} \left( 1 - \frac{1}{2} \right) = 1.0$$

$$L = k\sigma^2 + (y - m)^2$$

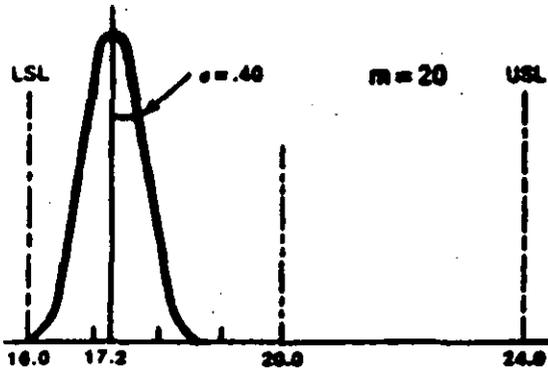
$$L = 2.0 \frac{4}{9} + 4$$

$$L = \$8.89$$

FIGURA b

CAPACIDAD DE PROCESO  
FABRICA 3

ESPECIFICACION  $20 \pm 4$



CARACTERISTICA DE CALIDAD y  $\sigma = .40$

$$C_{pk} = C_p (1 - k) = \frac{\text{TOLERANCIA}}{6\sigma} \left( 1 - \frac{|\bar{y} - m|}{\text{TOLERANCIA}/2} \right)$$

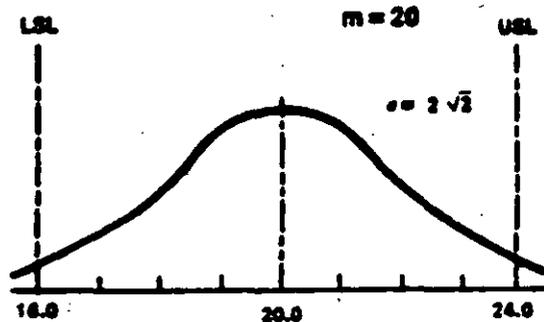
$$C_{pk} = \frac{8.0}{4.0} \left( 1 - \frac{2.8}{4.0} \right) = 1.0$$

$$L = k\sigma^2 + (y - m)^2 = 2.0 \times .16 + (2.8)^2 = \$16.00$$

FIGURA c

CAPACIDAD DE PROCESO  
FABRICA 4

ESPECIFICACION  $20 \pm 4$



CARACTERISTICA DE CALIDAD y  $\sigma = 2.828$

$$C_{pk} = \frac{8}{12\sqrt{2}} \left( 1 - \frac{0}{\text{TOLERANCIA}/2} \right) = .471$$

$$L = 2\sigma^2 + (y - m)^2$$

$$L = 2(8) = \$16.00$$

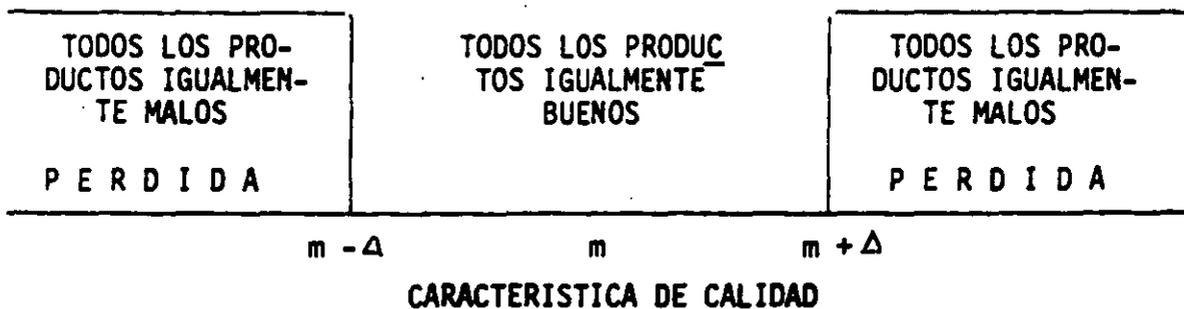
FIGURA d

USANDO LA PERDIDA POR DEFECTO, LAS FABRICAS 2 Y 3 SON LAS MEJORES ALTERNATIVAS PARA LA PRODUCCION DE LA PARTE O CARACTERISTICA EN CUESTION. SIN EMBARGO, LOS RESULTADOS OBTENIDOS USANDO LA FUNCION DE PERDIDA DE CALIDAD, ESTO ES, LA PERDIDA POR DISPERSION, INDICAN QUE LA FABRICA 1 ES LA MEJOR Y LA FABRICA 3 ES TAN MALA COMO LA FABRICA 4, CUYO  $C_{pk}$  ES SOLO DE .471. EN ESTE CASO, DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LOS CLIENTES, LA PERDIDA POR DEFECTOS CONDUCE A LA SELECCION O ALTERNATIVA MAS MALA PARA LA PRODUCCION DE LA PARTE EN CUESTION.

CALIDAD Y LIMITES DE ESPECIFICACION

HISTORICAMENTE, EL CONTROL DE CALIDAD HA TENIDO COMO SU OBJETIVO CONTROLAR VARIACIONES FUNCIONALES Y SUS PROBLEMAS RELACIONADOS. SIN EMBARGO, DADO QUE UN METODO DE EVALUACION CUANTITATIVA DE LA CALIDAD O PERDIDA NO HABIA SIDO ESTABLECIDO, LOS PROBLEMAS DE CONTROL DE CALIDAD Y SUS RESOLUCIONES FUERON TRATADOS AMBIGUAMENTE. EL OBJETIVO DE LA FUNCION DE PERDIDA ES LA EVALUACION CUANTITATIVA DE LA PERDIDA CAUSADA POR LAS VARIACIONES FUNCIONALES.

LOS METODOS TRADICIONALES DE SATISFACER LOS REQUERIMIENTOS DE CLIENTES A TRAVES DEL CONTROL DE COMPONENTES Y/O CARACTERISTICAS DE SUBSISTEMAS HA FALLADO. LA SIGUIENTE FIGURA REPRESENTA EL CONCEPTO TRADICIONAL -- ORIENTADO A LA INSPECCION DE LA PRODUCCION.



EN CONSECUENCIA, TODOS LOS PRODUCTOS O PROCESOS QUE EXISTAN O FUNCIONEN DENTRO DE LOS LIMITES PREESTABLECIDOS SERAN CONSIDERADOS IGUALMENTE BUENOS Y TODOS LOS PRODUCTOS O PROCESOS QUE ESTAN FUERA DE ESTOS LIMITES -

SERAN CONSIDERADOS IGUALMENTE MALOS. LA FALACIA DE ESTO SE ILUSTRAN EN EL ARTICULO, APARECIDO EN ABRIL DE 1979 EN EL PERIODICO ASHI, EN EL CUAL SE COMENTA LA PREFERENCIA DE LOS CONSUMIDORES AMERICANOS POR LAS TELEVISIONES SONY CONSTRUIDAS EN JAPON. APARENTEMENTE ERAN IGUALES LAS DOS PLANTAS DE SONY CONSTRUIDAS EN SAN DIEGO, CALIFORNIA Y EN TOKIO, JAPON. LAS DOS PLANTAS USABAN DISEÑOS Y TOLERANCIAS IDENTICOS Y PRODUCCION PARA EL MISMO MERCADO. REFIRIENDONOS A LA SIGUIENTE FIGURA, LOS APARATOS CONSTRUIDOS EN ESTADOS UNIDOS TENIAN CERO DEFECTOS, ESTO ES, LA PLANTA DE SAN DIEGO HABIA EMBARCADO TODOS LOS EQUIPOS CON LA DENSIDAD DE COLOR DENTRO DE LOS LIMITES DE TOLERANCIA. SIN EMBARGO, LOS LIMITES DE ESPECIFICACION SOLO PROPORCIONAN UN CRITERIO PARA ACEPTACION Y/O RECHAZO; - UN PRODUCTO QUE APENAS ALCANZA LOS LIMITES PREESTABLECIDOS, TIENE UNA DESVIACION DEL OPTIMO QUE NO ES ACEPTABLE POR LOS CONSUMIDORES.

EN LA FIGURA LA CARACTERISTICA DE CALIDAD HA SIDO CLASIFICADA DEPENDIENDO DE QUE TAN CERCANO ESTA SU VALOR DEL OBJETIVO O META "m", Y MUESTRA QUE LA MAYORIA DE LOS PRODUCTOS JAPONESES ESTAN EN LAS CLASIFICACIONES A Y B, MIENTRAS QUE LOS CONSTRUIDOS EN ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMERICA, SE DISTRIBUYEN UNIFORMEMENTE EN LAS CATEGORIAS A, B Y C.

LA CALIDAD SE PUEDE EVALUAR COMO UNA FUNCION DE LA DESVIACION DE UNA CARACTERISTICA DE SU META "m". SI LA DENSIDAD DEL COLOR DE LAS TELEVISIONES TIENE UN VALOR OPTIMO "m", ENTONCES LA PERDIDA DE LA CALIDAD DEBE EVALUARSE COMO UNA FUNCION DE LA DESVIACION DE LA DENSIDAD DEL COLOR DESDE m, CALCULANDO LAS FUNCIONES DE PERDIDA CORRESPONDIENTES SE OBTIENE:

$$L_{\text{JAPON}} = (A_0 / \sigma^2) (\sigma^2 + (\bar{y} - m)^2) = (75/25)(10/6)^2 + 0 = \$ 8.33$$

$$L_{\text{EEUU}} = (75/25)(10^2/12 + 0) = \$ 25.00$$

LA PREFERENCIA DE LOS CLIENTES PARA LOS EQUIPOS DE TIPO A Y B, SOBRE LOS DEL TIPO B Y C, SE TRADUCE A QUE LOS CLIENTES PREFIEREN GASTAR \$ 8.33 A \$ 25.00.

## Uniformidad Y Calidad de Producción En El Japón Y Los EE. UU.

Caso Sony (citado por Asahi,  
17 de Abril de 1979)

Densidad de color del aparato de televisión

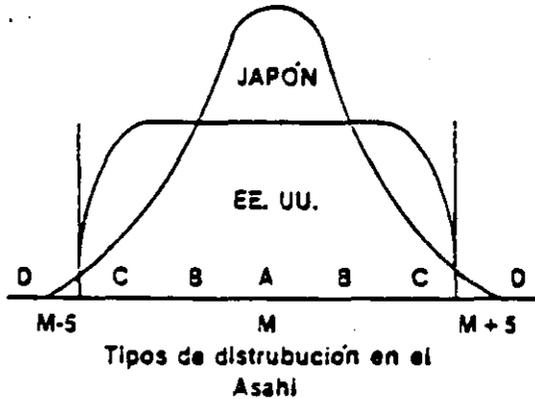
Suposición: costo de reparación A = 4 (\$)

Función de Pérdida

$$L = \frac{4}{5^2} x^2 = 0.16x^2$$

San Diego:  $L = 0.16 \times \left(\frac{10}{\sqrt{12}}\right)^2 = 1.33$

Japón:  $L = 0.16 \times \left(\frac{10}{6}\right)^2 = 0.44$



Lugar de Fabricación	Tipo de Distribución (aproximado)	Porcentaje Fuera de Especificación	Desviación Normal	Pérdida por Unidad	Diferencia En Calidad	C <sub>p</sub>
San Diego	Uniforme	Casi Nula	$\frac{10}{\sqrt{12}}$	L = \$1.33	\$ 0.89	0.58
Japón	Normal	0.3%	$\frac{10}{6}$	L = \$0.44		1.00

**EJERCICIOS:**

1. **NOMINAL ES MEJOR:** SE TIENEN TELEVISORES A COLOR LOS CUALES TIENEN UNA FUENTE DE VOLTAJE CON UNA SALIDA NOMINAL DE 115 VOLTS (m). CUANDO EL VOLTAJE DE SALIDA ESTA FUERA DEL RANGO DE  $115 \pm 25$  VOLTS, Y EL TELEVISOR ES ADQUIRIDO POR EL CONSUMIDOR, EL COSTO PROMEDIO POR REPARARLO O REEMPLAZARLO ES DE \$ 200,00 USD.

1. ENCUENTRE LA CONSTANTE "K" Y DETERMINE LA FUNCION DE PERDIDA
2. EL COSTO DE REPARACION A LA SALIDA DE LA LINEA DE PRODUCCION ES DE \$3.00 USD/PIEZA ¿CUALES SON LAS TOLERANCIAS REALES DEL FABRICANTE PARA EL VOLTAJE DE SALIDA?
3. DOS PROCESOS DIFERENTES HAN SIDO CONSIDERADOS PARA LA PRODUCCION DE ESTOS TELEVISORES. UNA MUESTRA DE VOLTAJES DE SALIDA DE CADA UNO - DE LOS PROCESOS ES DADA EN LA TABLA SIGUIENTE:

PROCESO	DATOS
A	113 116 115 113 117 115 115 114
B	113 112 113 112 113 113 112 114

¿CUAL PROCESO ES EL MEJOR? ANALICE CON BASE A LA FUNCION DE PERDIDA.

2. **MAYOR ES MEJOR:** ES DESEABLE MAXIMIZAR LA FUERZA DE LA SOLDADURA EN TERMINALES PARA CABLES DE ALTERNADOR. CUANDO LA FUERZA ES DE  $0.2 \text{ Lbs/in}^2$  SE SABE QUE ALGUNAS SOLDADURAS SE ROMPEN Y RESULTAN EN UN COSTO PROMEDIO DE REEMPLAZO DE  $L_0 = \$200.00 \text{ USD}$ .

1. ENCUENTRE LA CONSTANTE - K - Y DETERMINE LA FUNCION DE PERDIDA.
2. SI EL COSTO DE RETRABAJO EN PRODUCCION ES DE \$ 2.00 USD POR UNIDAD, ENCUENTRE LA TOLERANCIA REAL DEL FABRICANTE.

3. SE LLEVA A CABO UN EXPERIMENTO PARA OPTIMIZAR EL PROCESO EXISTENTE DE SOLDADURA SEMI-MANUAL. COMPARE LOS DATOS ANTES Y DESPUES DEL EXPERIMENTO.

	DATOS FUERZA (Lbs/in <sup>2</sup> )				
ANTES DEL EXPERIMENTO	2.3 2.2	2.0 1.4	1.9 2.2	1.7 2.0	2.1 1.6
DESPUES DEL EXPERIMENTO	2.1 2.8	2.9 2.1	2.4 2.6	2.5 2.7	2.4 2.3

ANALICE CON BASE EN LA FUNCION DE PERDIDA:

3. MENOR ES MEJOR: PARA UN CABLE DE VELOCIMETRO LA CARACTERISTICA DE CALIDAD (Y) ES EL PORCENTAJE DE ENCOGIMIENTO. CUANDO  $Y = 1\%$  EL CLIENTE RECLAMA CERCA DEL 50% DE LAS VECES Y TRAE EL PRODUCTO PARA EL REEMPLAZO. EL COSTO DE REEMPLAZO ES DE  $L_0 = \$ 80.00$  USD.

1. ENCUENTRE LA CONSTANTE -K- Y DETERMINE LA FUNCION DE PERDIDA.
2. DOS MATERIALES DIFERENTES HAN SIDO CONSIDERADOS PARA LA PRODUCCION DE ESTOS CABLES DE VELOCIMETRO. UNA MUESTRA DE PORCENTAJES DE ENCOGIMIENTO PARA CADA UNO DE LOS MATERIALES ES DADA EN LA SIGUIENTE TABLA:

MATERIAL	DATOS				
TIPO "A"	0.28 0.18	0.24 0.26	0.33 0.24	0.30 0.16	0.35 0.33
TIPO "B"	0.08 0.09	0.12 0.06	0.07 0.05	0.03 0.04	0.03 0.03

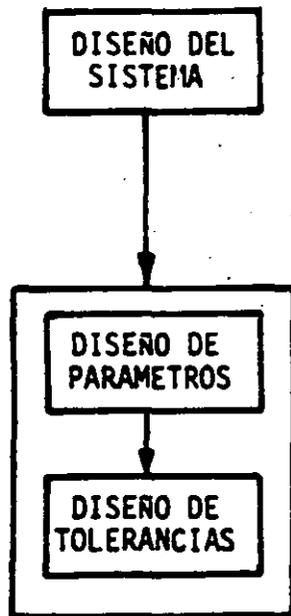
¿CUAL MATERIAL ES MEJOR? ANALICE CON BASE EN LA FUNCION DE PERDIDA.

## METODOLOGIA EN INGENIERIA DE CALIDAD

- LA METODOLOGIA DE LA INGENIERIA DE CALIDAD INVOLUCRA EL EMPLEO DE - ARREGLOS ORTOGONALES, LA FUNCION DE PERDIDA Y OTRAS TECNICAS ANALITICAS PARA LA OPTIMIZACION DEL DISEÑO DURANTE EL DESARROLLO DEL PRODUCTO.
- EL OBJETIVO PRIMORDIAL ES LA REDUCCION DE COSTOS DE INGENIERIA DE MANUFACTURA Y SERVICIOS A TRAVES DE LA OPTIMIZACION DEL DISEÑO, CREANDO PRODUCTOS COMPETITIVOS.
- LA MEJORA DE CALIDAD SE CONVIERTE EN GANANCIA INDIRECTA A TRAVES DEL LOGRO DE UNA MAYOR UNIFORMIDAD EN EL PRODUCTO Y EN EL PROCESO.
- EL BENEFICIO SON: CICLOS DE DESARROLLO DEL PRODUCTO MAS CORTOS, CALIDAD MEJORADA Y REDUCCION DE COSTOS.

### ETAPAS EN EL DESARROLLO DE UN PRODUCTO O PROCESO

C  
R  
E  
A  
T  
I  
V  
I  
D  
A  
D  
  
O  
P  
T  
I  
M  
I  
Z  
A  
C  
I  
O  
N



HACER QUE SE TRABAJE PARA LOS OBJETIVOS Y METAS

INGENIERIA DE CALIDAD

ENCONTRAR LOS MEJORES NIVELES DE PARAMETROS

ENCONTRAR LOS MINIMOS COSTOS DE TOLERANCIA

## ETAPAS EN EL DESARROLLO DE UN PRODUCTO O PROCESO

### DISEÑO DEL SISTEMA (INNOVACION)

- INVOLUCRA INNOVACION
- REQUIERE CONOCIMIENTOS
  - CIENCIA
  - INGENIERIA
- INCLUYE SELECCION PRELIMINAR DE:
  - MATERIALES
  - PARTES
  - VALORES PARAMETROS PRODUCTO
  - EQUIPO PRODUCCION
  - VALORES FACTORES PROCESO

### DISEÑO DE PARAMETROS (OPTIMIZACION)

- INVOLUCRA DISEÑO EXPERIMENTOS
- SELECCIONA LA MEJOR COMBINACION DE NIVELES (AQUELLOS QUE SON MENOS SENSIBLES A CAMBIO DEBIDO AL RUIDO)
- LOGRA ALTA CALIDAD SIN INCREMENTAR EL COSTO
- FORTALEZA JAPONESA/DEBILIDAD AMERICANA

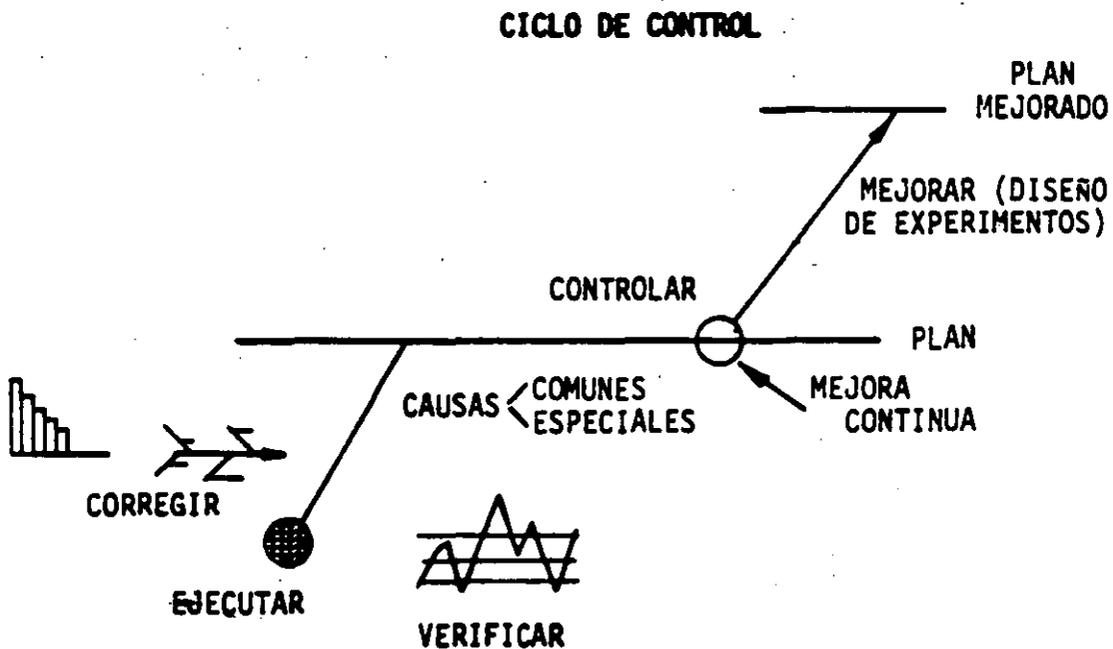
### DISEÑO DE TOLERANCIAS (OPTIMIZACION)

- INVOLUCRA AJUSTE TOLERANCIAS
- IDENTIFICA VARIACIONES EN FACTORES QUE TIENEN GRAN INFLUENCIA EN LA RESPUESTA.
- EMPLEAR SOLAMENTE EN CASO DE QUE LA REDUCCION DE LA VARIACION MEDIANTE DISEÑO DE PARAMETROS NO SEA SUFICIENTE.
- REQUIERE INVERSION ECONOMICA (MEJORES MATERIALES, COMPONENTES O MAQUINARIA).

ETAPAS EN EL DESARROLLO DE UN PRODUCTO EN LAS CUALES SE PUEDEN ESTABLECER CONTRAMEDIDAS CONTRA LAS DIFERENTES FUENTES DE VARIACION EN EL PRODUCTO.

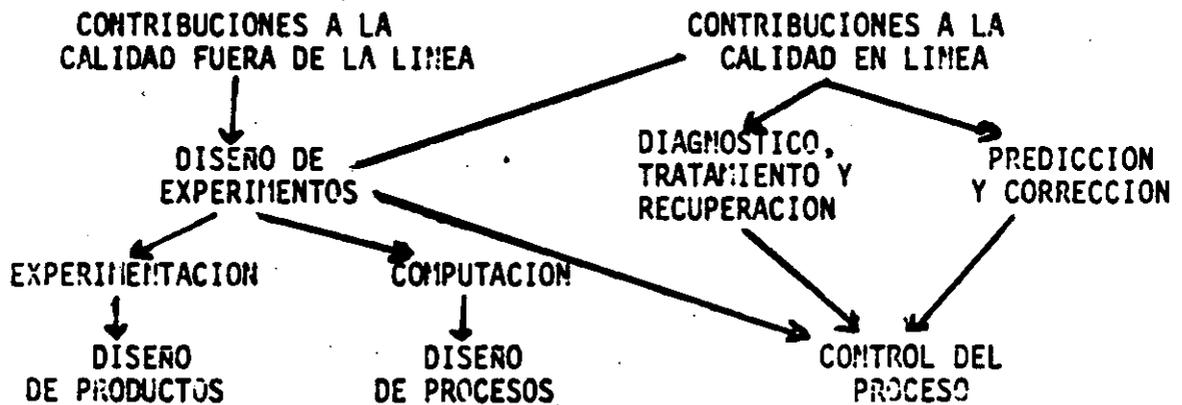
ETAPAS DE DESARROLLO DEL PRODUCTO	FUENTES DE VARIACION		
	VARIABLES AMBIENTALES	DETERIORO DEL PRODUCTO	VARIACIONES EN MANUFACTURA
DISENO DEL PRODUCTO	0	0	0
DISENO DEL PROCESO	X	X	0
MANUFACTURA	X	X	0

0 - CONTRAMEDIDAS POSIBLES  
X - CONTRAMEDIDAS IMPOSIBLES

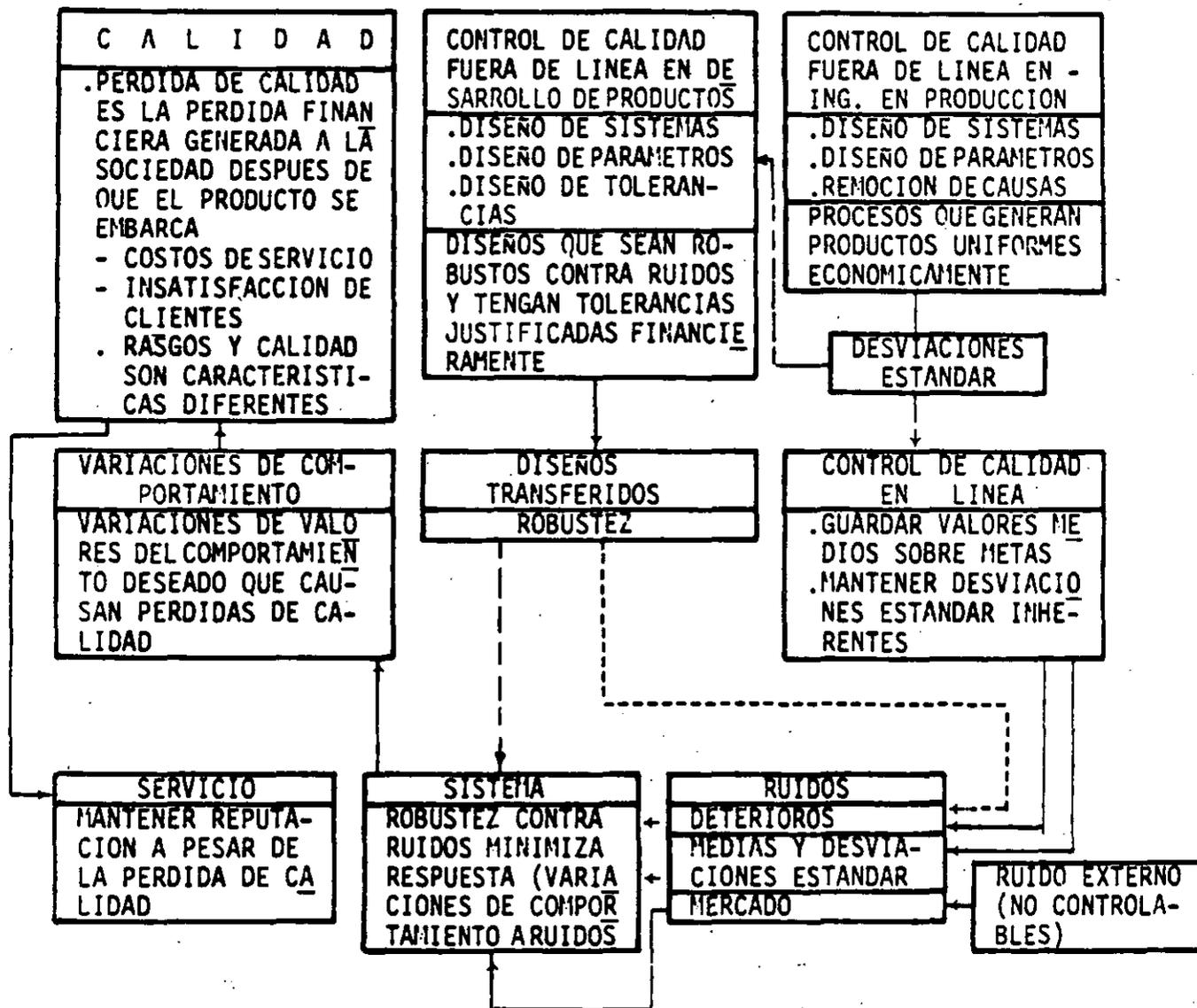


## CONTRIBUCIONES A LA CALIDAD DE LA INGENIERIA DE CALIDAD FUERA DE LINEA Y EN LINEA

- IDENTIFICAR LOS NIVELES DE PARAMETROS EN LOS QUE EL EFECTO DE LAS FUENTES DE RUIDO EN LA CARACTERISTICA DE RESPUESTA ES MINIMO.
- IDENTIFICAR LOS NIVELES DE PARAMETROS QUE REDUCEN EL COSTO SIN AFECTAR LA CALIDAD.
- IDENTIFICAR LOS PARAMETROS QUE TIENEN UNA GRAN INFLUENCIA EN LA MEDIA DE LA CARACTERISTICA DE RESPUESTA, PERO NO AFECTAN SU VARIACION. ESTOS PARAMETROS SE PUEDEN EMPLEAR PARA AJUSTAR LA MEDIA.
- IDENTIFICAR LOS PARAMETROS QUE NO AFECTAN (SIGNIFICATIVAMENTE) LA CARACTERISTICA DE RESPUESTA. LAS TOLERANCIAS DE ESTOS PARAMETROS SE PUEDEN RELAJAR.

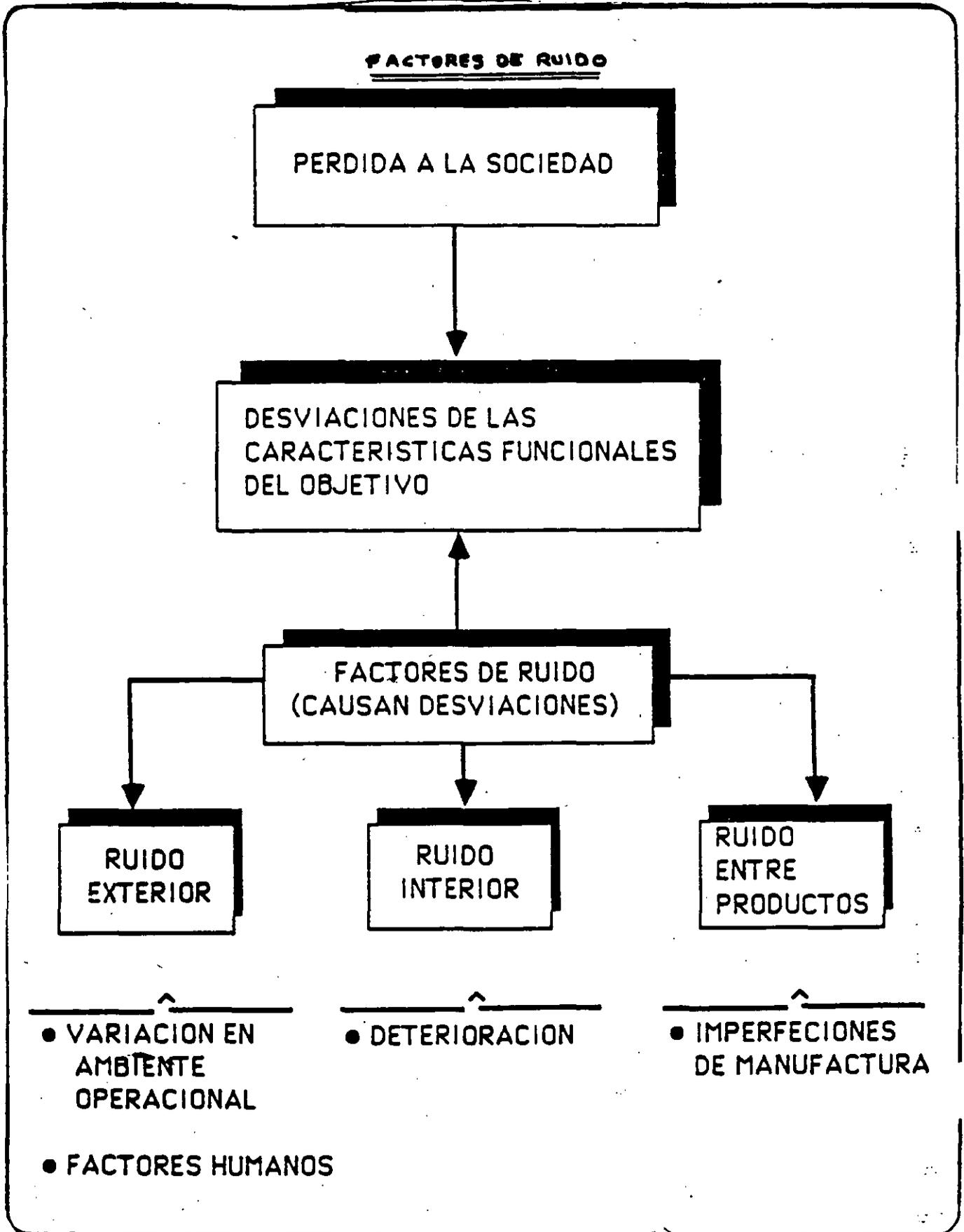


**CONTROL DE CALIDAD VIA INGENIERIA DE CALIDAD  
FUERA DE LINEA Y EN LINEA**



• RUIDOS INTERNOS

**FACTORES DE RUIDO**

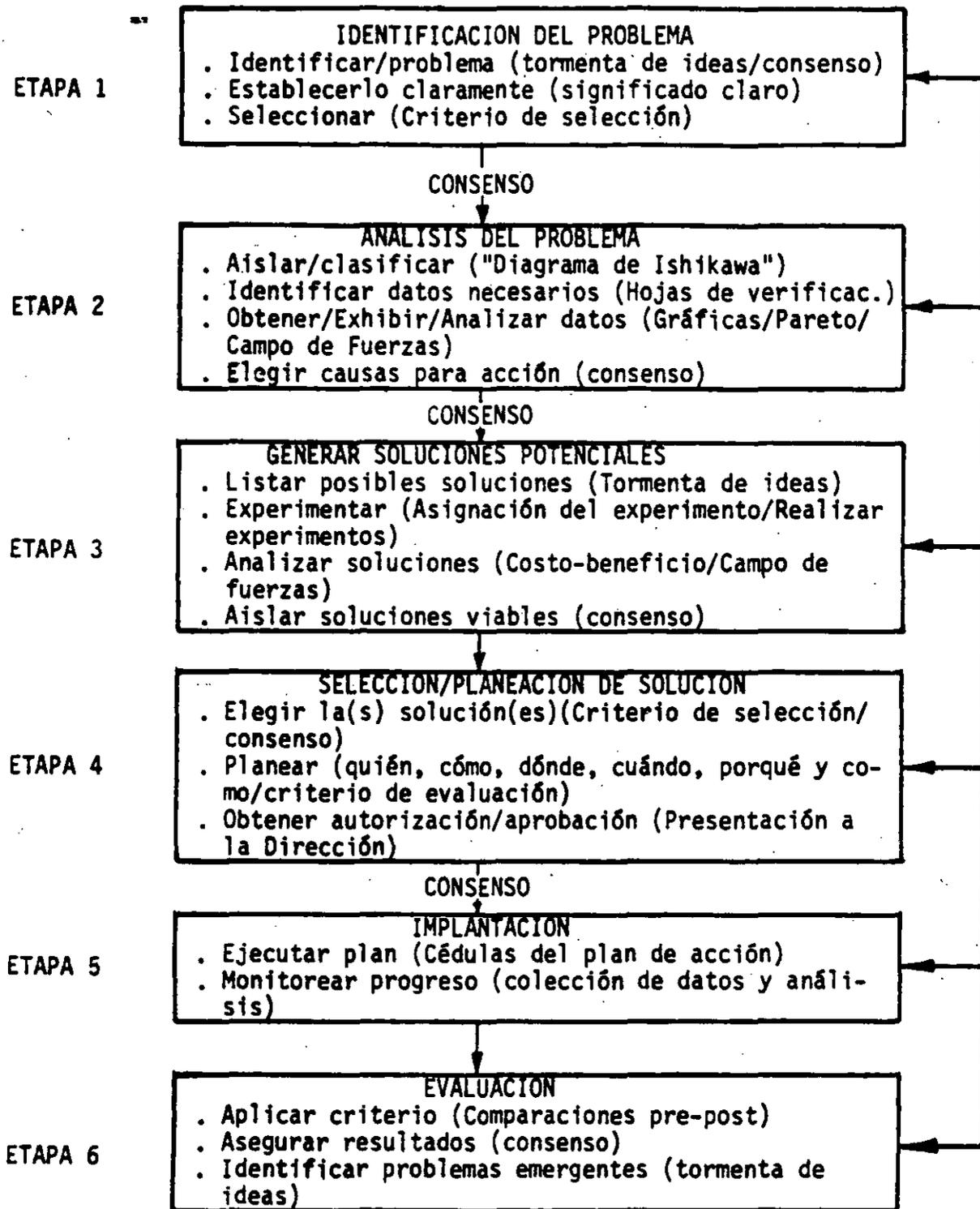


EL PAPEL DE DIVERSAS ACTIVIDADES DE CONTROL DE CALIDAD SOBRE EL EFECTO DE TRES CLASES DE RUIDO

SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD	ETAPAS	PASOS	RUIDO EXTERIOR	RUIDO INTERNO DEBIDO A DETERIORACION	RUIDO DEBIDO A IMPERFECCIONES DE MANUFACTURA
FUERA DE LINEA	DISEÑO DE PRODUCTO	DISEÑO DE SISTEMAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		DISEÑO DE PARAMETROS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		DISEÑO DE TOLERANCIAS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	DISEÑO DE PROCESO	DISEÑO DE SISTEMAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		DISEÑO DE PARAMETROS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		DISEÑO DE TOLERANCIAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EN LINEA	PRODUCCION	DISEÑO DE SISTEMAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		DISEÑO DE PARAMETROS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		DISEÑO DE TOLERANCIAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SERVICIO AL CLIENTE			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- CONTROL POSIBLE
- CONTROL NO RECOMENDABLE
- CONTROL IMPOSIBLE

## MODELO DE SOLUCION DE PROBLEMAS LINEAMIENTOS



## EL DISEÑO EXPERIMENTAL EN LA INGENIERIA DE CALIDAD

- EL PROPOSITO DE LA EXPERIMENTACION EN MANUFACTURA ES CONOCER MANERAS DE MINIMIZAR LA DESVIACION DE LAS CARACTERISTICAS DE CALIDAD DE UN OBJETIVO.
- ESTO SE LOGRA IDENTIFICANDO AQUELLOS FACTORES QUE AFECTAN LAS CARACTERISTICAS DE CALIDAD EN CUESTION Y MODIFICANDO SUS NIVELES PARA QUE LAS DESVIACIONES SEAN MINIMAS.
- DESDE UNA PERSPECTIVA DE CALIDAD, LA EXPERIMENTACION TIENE COMO PROPOSITO ENCONTRAR LOS MEJORES MATERIALES, LA PRESION MAS ADECUADA, LA MEJOR TEMPERATURA, EL TIEMPO DEL CICLO, ETC., QUE OPERARAN EN CONCORDANCIA CON NUESTRO PROCESO PARA PRODUCIR LA LONGITUD DESEADA, ESPESOR, DURABILIDAD, ETC., TOMANDO EN CUENTA EL COSTO.
- LOS METODOS CLASICOS DEL DISEÑO DE EXPERIMENTACION FUERON DESARROLLADOS EN 1920 POR R.A. FISHER EN INGLATERRA Y CONSISTEN EN UNA VARIEDAD DE TECNICAS ESTADISTICAS. A PESAR DEL RIGOR MATEMATICO, UN PROBLEMA DE LOS METODOS CLASICOS EN LA INDUSTRIA, ES EL TIEMPO Y COSTO QUE SE REQUIERE PARA APRENDERLOS Y APLICARLOS.
- EN LA INGENIERIA DE CALIDAD SE HA DESARROLLADO UNA HERRAMIENTA EFICIENTE DE INGENIERIA, QUE ES DIRECTAMENTE APLICABLE A LOS PROBLEMAS Y REQUERIMIENTOS DE LA INDUSTRIA MODERNA TOMANDO EN CUENTA EL COSTO.
- LA INGENIERIA DE CALIDAD SIMPLIFICA O ELIMINA ALGUNOS CONCEPTOS ESTADISTICOS CLASICOS E INTRODUCE UNA MANERA DIRECTA DE EXAMINAR MUCHOS FACTORES SIMULTANEAMENTE EN FORMA ECONOMICA.
- LA INGENIERIA DE CALIDAD RECOMIENDA EL EMPLEO DE ARREGLOS ORTOGONALES Y GRAFICAS LINEALES PARA CONSTRUIR MATRICES DE FACTORES DE CONTROL Y FACTORES DE RUIDO EN EL DISEÑO EXPERIMENTAL. LOS ARREGLOS ORTOGONALES PERMITEN AL INGENIERO EVALUAR PRODUCTOS Y PROCESOS CON RESPECTO A ROBUSTEZ Y COSTO.
- EN CONTRASTE CON EL METODO CLASICO, LA INGENIERIA DE CALIDAD TRATA LAS INTERACCIONES (CUANDO SON LEVES) COMO EQUIVALENTES A RUIDO, PROPORCIONANDO CONDICIONES OPTIMAS Y BUENA REPRODUCTIBILIDAD EN UN EXPERIMENTO.

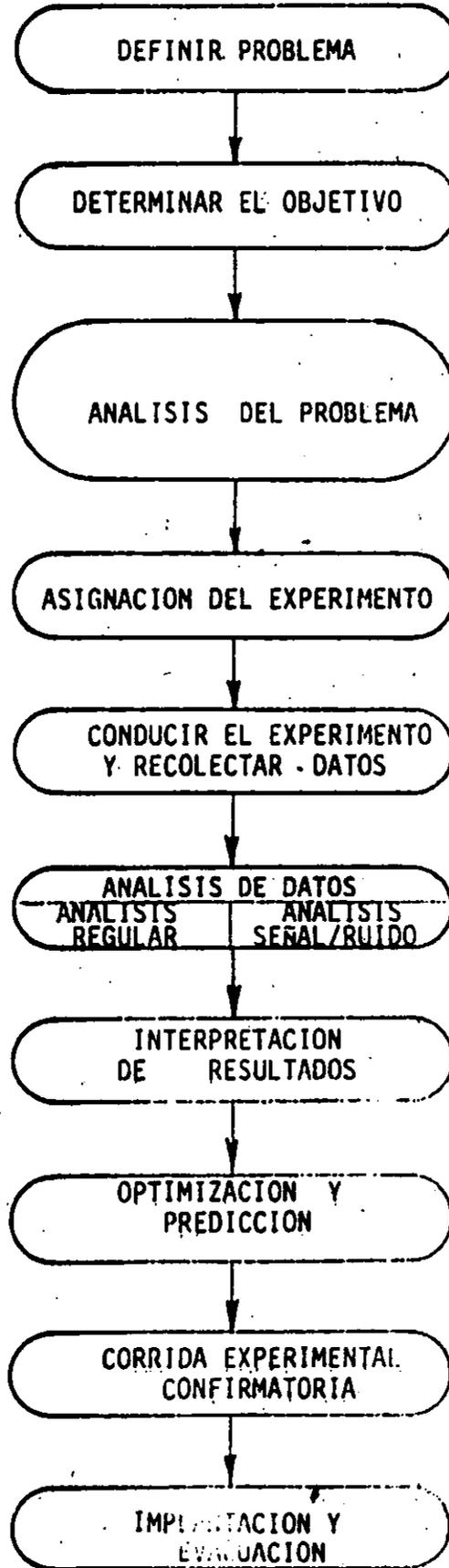
### MONTO DE TIEMPO GASTADO EN EL DISEÑO

	CON LA INGENIERIA DE CALIDAD	SIN LA INGENIERIA DE CALIDAD
DISEÑO DEL SISTEMA	70%	40%
DISEÑO DE PARAMETROS	2%	40%
DISEÑO DE TOLERANCIA	28%	20%

#### OBSERVACIONES:

- TODO PROCESO GENERA INFORMACION QUE PUEDE EMPLEARSE PARA MEJORARLO
- PARA ELLO SE NECESITA QUE COINCIDAN UN OBSERVADOR PERCEPTIVO Y UN EVALUADOR CRITICO

## METODOLOGIA DE INGENIERIA DE CALIDAD



### PASOS SUGERIDOS EN EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS

1. DEFINIR EL PROBLEMA: UN CLARO ENUNCIADO DEL PROBLEMA A SER RESUELTO
2. DETERMINAR EL OBJETIVO: IDENTIFICAR CARACTERISTICA DE SALIDA, PREFERENTEMENTE MEDIBLE Y CON BUENA ADITIVIDAD; DETERMINAR EL METODO DE MEDICION, LO CUAL PUEDE REQUERIR EXPERIMENTACION SEPARADA.
3. TORMENTA DE IDEAS: IDENTIFICAR FACTORES QUE SE CONSIDERA QUE INFLUYEN EN LA CARACTERISTICA DE SALIDA; AGRUPAR FACTORES EN FACTORES CONTROLABLES Y FACTORES DE RUIDO; DETERMINAR NIVELES Y VALORES PARA FACTORES
4. DISEÑAR EL EXPERIMENTO: ELEGIR EL ARREGLO ORTOGONAL APROPIADO PARA LOS FACTORES CONTROLABLES; ASIGNAR FACTORES CONTROLABLES E INTERACCIONES AL ARREGLO ORTOGONAL; ELEGIR UN ARREGLO EXTERNO PARA LOS FACTORES DE RUIDO Y ASIGNAR FACTORES A COLUMNAS.
5. REALIZAR EL EXPERIMENTO Y COLECTAR DATOS
6. ANALIZAR LOS DATOS POR:

#### ANALISIS REGULAR

TABLAS DE RESPUESTA PROMEDIO  
GRAFICAS DE RESPUESTA PROMEDIO  
ANOVA

#### ANALISIS SEÑAL/RUIDO

TABLAS DE RESPUESTA S/R  
GRAFICAS DE RESPUESTA S/R  
ANOVA S/R

7. INTERPRETAR RESULTADOS: ELEGIR NIVELES OPTIMOS DE FACTORES DE CONTROL PARA NOMINAL ES MEJOR USAR ANALISIS DE RESPUESTA MEDIA EN COMBINACION CON EL ANALISIS SEÑAL/RUIDO); PREDECIR RESULTADOS PARA CONDICIONES OPTIMAS
8. SIEMPRE-SIEMPRE-SIEMPRE CORRER O LLEVAR A CABO LA EXPERIMENTACION -- CONFIRMATORIA PARA VERIFICAR LOS RESULTADOS PREDICHOS.
- SI LOS RESULTADOS NO SON CONFIRMADOS O RESULTAN INSATISFACTORIOS, SE REQUIERE REALIZAR EXPERIMENTOS ADICIONALES

#### OBSERVACIONES

- . EL PROPOSITO DE LA EXPERIMENTACION ES OBTENER CONDICIONES OPTIMAS DE UNA CARACTERISTICA DE CALIDAD.
- . LA PLANEACION Y REALIZACION DE UN EXPERIMENTO ES MUY DIFICIL DE LLEVAR A CABO Y CON FRECUENCIA TRAUMATICA.
- . EL PROCESO DE EXPERIMENTACION INVOLUCRA HABLAR CON MUCHA GENTE Y EN TRABAJO CONJUNTO PARA QUE SE ENTIENDA LO QUE SE REQUIERE DE ESTA GENTE.
- . EL TENER "FLEXIBILIDAD" PARA CAMBIAR EL OBJETIVO DE LA INVESTIGACION ES MUY IMPORTANTE.
- . DEBERA DESARROLLARSE, CUIDADOSAMENTE, Y POR ESCRITO EL PROCEDIMIENTO OPERACIONAL PARA EL EXPERIMENTO.

SE PUEDE CONCLUIR QUE:

- LA CONFORMIDAD CON LIMITES DE ESPECIFICACIONES ES UNA MEDIDA INADECUADA DE CALIDAD O DE LA PERDIDA DERIVADA DE CALIDAD POBRE
- LA PERDIDA DE CALIDAD ESTA DETERMINADA POR LA INSATISFACCION DEL CONSUMIDOR
- LA PERDIDA DE CALIDAD PUEDE RELACIONARSE CON LA CARACTERISTICA DEL PRODUCTO
- LA PERDIDA DE CALIDAD ES UNA PERDIDA FINANCIERA

#### ENFOQUE EN LA INGENIERIA DE CALIDAD

LAS TECNICAS DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS CONVENCIONAL FUERON DESARROLLADAS PARA USAR EN LA INVESTIGACION CIENTIFICA PARA LA "DETERMINACION DE RELACIONES CAUSA-EFECTO"; BUSCANDO UNA LEY QUE EXPLIQUE LA NATURALEZA DEL FENOMENO; EN CONSECUENCIA EL ESFUERZO SE ORIENTA A ENCONTRAR LA LEY UNICA QUE EXPLICA LA RELACION QUE ESTA SIENDO ESTUDIADA. EN TALES CIRCUNSTANCIAS, LA INVESTIGACION USANDO UN MODELO MATEMATICO DADO ES IMPORTANTE DADO QUE EXISTE UNICAMENTE UNA ECUACION MATEMATICA.

EN EL CAMPO TECNOLOGICO EXISTEN NUMEROSAS MANERAS PARA OBTENER UN PRODUCTO DADO. POR EJEMPLO, EN EL DISEÑO DE UN CIRCUITO HAY CIENTOS DE COMBINACIONES DE COMPONENTES QUE PODRIAN PRODUCIR CIERTO VOLTAJE DE SALIDA. ESTO ES, HAY CIENTOS DE ECUACIONES QUE PODRIAN USARSE PARA DESCRIBIR LA SITUACION Y LO QUE SE DEBE HACER EN EL DISEÑO DE PRODUCTOS ES ENCONTRAR LA COMBINACION QUE DE EL COMPORTAMIENTO MAS CONFIABLE Y ESTABLE AL MENOR COSTO DE PRODUCCION.

EN MUCHOS CASOS, AUN CONOCIENDO LAS CAUSAS EL PROBLEMA NO SE PUEDE RESOLVER PORQUE LA ELIMINACION DE LAS CAUSAS PUEDE SER MUY COSTOSO. EN TALES CASOS, EL ESFUERZO SE PUEDE ORIENTAR, NO A LA ELIMINACION DE LA CAUSA SINO A ENCONTRAR LAS CONTRAMEDIDAS PARA REDUCIR LAS "INFLUENCIAS DE LAS CAUSAS". TALES ENFOQUES DE EFECTIVIDAD EN COSTO Y ORIENTACION AL -

MERCADO SON LAS BASES DE LAS DIFERENCIAS ENTRE LAS TECNICAS DE LA INGENIERIA DE CALIDAD Y LAS TECNICAS CONVENCIONALES DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS; LO CUAL AFECTA LA NATURALEZA DE LOS PARAMETROS A SER CONSIDERADOS, LA REALIZACION DEL EXPERIMENTO Y LA MANERA DE ANALIZAR LOS DATOS.

FILOSOFICAMENTE, EL ENFOQUE DE LA INGENIERIA DE CALIDAD ES TECNOLÓGICO MAS QUE TEÓRICO; ES INDICATIVO MAS QUE DEDUCTIVO; ES UNA HERRAMIENTA DE LA INGENIERIA QUE ESTA INVOLUCRADA CON EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD Y LA EFECTIVIDAD DE COSTOS, SIN RIGOR ESTADÍSTICO. METODOLÓGICAMENTE, EL ENFOQUE DE LA INGENIERIA DE CALIDAD PARA EL DISEÑO EXPERIMENTAL - ES LA APLICACION DE ARREGLOS ORTOGONALES, RELACIONES SEÑAL/RUIDO Y TECNICAS ANALITICAS NUEVAS: LA DESCOMPOSICION DE LA VARIACION TOTAL EN LAS CONTRIBUCIONES DE FUENTES INDIVIDUALES DE VARIACION, PARA CUANTIFICAR - VARIACIONES INDIVIDUALES EN TERMINOS DE PORCENTAJES; EL ANALISIS DE - ACUMULACION, QUE ES UN METODO PARA EL TRATAMIENTO DE DATOS CLASIFICADOS, Y LA RELACION SEÑAL/RUIDO QUE SE USA PARA EVALUAR LA CALIDAD DE MEDICIONES, ANALISIS, PRUEBA DE EQUIPOS Y METODOS DE PRUEBA Y COMPORTAMIENTO - FUNCIONAL DE PRODUCTOS Y PROCESOS.

#### **EXPERIMENTACION CON ARREGLOS ORTOGONALES**

LOS ARREGLOS ORTOGONALES SON UTILES PARA OBTENCION EFICIENTE DE DATOS Y SU EMPLEO EN LA EXPERIMENTACION PERMITE SEPARAR LOS EFECTOS DE VARIACION DE UN PARAMETRO DADO DE OTROS EFECTOS. EL TERMINO ORTOGONAL SIGNIFICA "BALANCEADO", "SEPARABLE" O "NO MEZCLADO".

EN LOS MODELOS ORTOGONALES CONVENCIONALES FACTORIALES, DE CUADRADOS LATINOS Y GRECOLATINOS EL NUMERO DE EXPERIMENTOS REQUERIDOS AUMENTA EXPONENCIALMENTE Y NO HACE FACTIBLE REALIZAR LOS DISEÑOS, Y PARA REDUCIR EL NUMERO DE EXPERIMENTOS REQUERIDOS SE HAN DESARROLLADO OTROS DISEÑOS, CUYA APLICABILIDAD ES LIMITADA Y ANALISIS DE DATOS COMPLICADO.

AL USAR LAS TECNICAS DE LOS ARREGLOS ORTOGONALES, DESARROLLADOS EN LA INGENIERIA DE CALIDAD, EN GRAN NUMERO DE VARIABLES CON DIFERENTE NUMERO

DE NIVELES SON FACILMENTE ASIGNADOS A UN PEQUEÑO NUMERO DE EXPERIMENTOS. LAS INTERACCIONES Y FACTORES DE BLOQUES PUEDEN TAMBIEN ASIGNARSE RAPIDAMENTE. ADEMAS, EL ANALISIS DE DATOS ES BASTANTE SIMPLE. LA RAZON MAS IMPORTANTE PARA EL USO DE ARREGLOS ORTOGONALES ES LA "REPRODUCIBILIDAD DE CONCLUSIONES" A LO LARGO DE DIFERENTES CONDICIONES.

### DISEÑO DE PRODUCTOS

LA FUNCION DE LOS ARREGLOS ORTOGONALES ES AUMENTAR LA DETERMINACION EFICIENTE DE LOS EFECTOS DIFERENCIALES DE MULTIPLES VARIABLES: SIENDO UNA DE SUS APLICACIONES MAS IMPORTANTES EL DISEÑO DE UN PRODUCTO O PROCESO. EL OBJETIVO DE ESTE DISEÑO ES GENERAR UN PRODUCTO CON COMPORTAMIENTO ESTABLE. ESPECIFICAMENTE, ES SELECCIONAR EL NIVEL OPTIMO DE VARIABLES CONTROLABLES PARA LOS PROPOSITOS DE ABATIR LOS EFECTOS DE LAS VARIABLES AMBIENTALES Y CONDICIONES QUE DEGRADAN EL COMPORTAMIENTO ESTABLE DEL PRODUCTO.

EL ENFOQUE TRADICIONAL PARA LOGRAR ESTO SE BASA EN LA FILOSOFIA DE DISEÑO-PRUEBA-REDISEÑO. PARTE DE LAS CARACTERISTICAS O NIVELES DE LOS PARAMETROS DEL PROCESO EN OPERACION SON ESTABLECIDOS EN CONDICIONES NOMINALES APOYANDOSE EN PRINCIPIOS DE INGENIERIA, EXPERIENCIA Y JUICIO. LOS PROBLEMAS SURGEN DESPUES DE QUE EL PRODUCTO O PROCESO ESTA EN PRODUCCION, PORQUE EL ENFOQUE TRADICIONAL NO CONSIDERA A TODOS LOS EFECTOS DE TODAS LAS VARIACIONES Y NO USA POSIBLES CONTRAMEDIDAS QUE PODRIAN MINIMIZAR LOS EFECTOS. LA INGENIERIA DE CALIDAD HA DESARROLLADO UN METODO SISTEMATICO DE OPTIMIZACION DEL DISEÑO PARA HACERLO MENOS SENSITIVO A LAS VARIACIONES SIN INCREMENTAR COSTOS. LAS IDEAS EXPUESTAS PREVIAMENTE SERAN ILUSTRADAS Y CONCRETADAS A TRAVES DEL ESTUDIO DE UN CONJUNTO DE CASOS.

### CASO 1: RECONVERSION INDUSTRIAL VS. INGENIERIA DE CALIDAD

UNA COMPANIA DE PRODUCTOS QUIMICOS TIENE UN REACTOR QUIMICO CON RENDIMIENTO DEL 73%. EL PROMEDIO DE RENDIMIENTO DE LA INDUSTRIA ES DEL 84%.

SE DEBE HACER UNA DECISION PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO. UNA ALTERNATIVA ERA ACTUALIZAR EL DISEÑO DEL REACTOR LO CUAL SIGNIFICABA PARAR LA PLANTA CON UN COSTO DE  $5 \times 10^6$  DLLS. OTRA ALTERNATIVA ERA COMPRAR OTRO REACTOR Y ACTUALIZAR LA PLANTA CON UN COSTO DE  $35 \times 10^6$  DLLS. EL PROCESO DE ANALISIS Y SOLUCION VIA LA INGENIERIA DE CALIDAD SIGUIO LAS SIGUIENTES ETAPAS:

1. DEFINICION DEL PROBLEMA Y DEL OBJETIVO: LOGRAR UN RENDIMIENTO MINIMO DEL 84% A UN COSTO MINIMO
2. INVESTIGACION DE LO QUE AFECTA EL RENDIMIENTO, VIA EL CONOCIMIENTO DEL PROCESO Y HACIENDO USO DE LAS HERRAMIENTAS DE ISHIKAWA Y DE LA TORMENTA DE IDEAS:

INFORMACION  $\longleftrightarrow$  | PROCESO |  $\longrightarrow$  Y (73%) CARACTERISTICA

a. SE ELABORO DIAGRAMA DE BALLENA:



b. SE USO EL ANALISIS DE PARETO Y LA ESTRATIFICACION PARA REDUCIR EL NUMERO DE FACTORES A CONSIDERAR.

NOTA: EN ESTE NIVEL DE ANALISIS SE RESUELVE EL 30% DE LOS PROBLEMAS

c. SE ENCONTRO QUE LOS FACTORES DETERMINANTES DEL RENDIMIENTO ERAN:

<u>FACTORES</u>	<u>NIVELES</u>
- TEMPERATURA (°F)	80°F, 85°F, 90°F
- CARBONATO DE SODIO (LBS)	35 LBS, 48 LBS, 55 LBS
- CATALIZADOR (PROVEEDOR)	1, 2, 3

d. SE DETERMINO EL NUMERO DE NIVELES QUE ERA CONVENIENTE CONSIDERAR EN CADA FACTOR.

e. SE DETERMINO EL NUMERO DE CORRIDAS EXPERIMENTALES: 27

3. SE DETERMINO EL ARREGLO ORTOGONAL QUE CONSTITUYE UNA FRACCION DEL ARREGLO FACTORIAL COMPLETO, QUE FUERA REPRESENTATIVO DEL TODO:

NUEVO EXPERIMENTO	T	S	C	Y(%)
1	1	1	1	51
2	1	2	2	71
3	1	3	3	58
4	2	1	2	82
5	2	2	3	69
6	2	3	1	59
7	3	1	3	77
8	3	2	1	85
9	3	3	2	84

4. SE "CORRIO" LA EXPERIMENTACION REPRESENTATIVA DANDO LUGAR A LOS RESULTADOS ANOTADOS EN LA ULTIMA COLUMNA DE LA TABLA.
5. SE LLEVO A CABO UN ANALISIS DE LA INFORMACION, CON EL PROPOSITO DE HACER UN PRONOSTICO:

- a. SE CALCULO EL EFECTO PROMEDIO DE CADA PARAMETRO O RESPUESTA PROMEDIO:

$$T_1: (51 + 71 + 58)/3 = 60$$

$$T_2: (82 + 69 + 59)/3 = 70$$

$$T_3: (77 + 85 + 84)/3 = 82$$

$$S_1: (51 + 82 + 77)/3 = 70$$

$$S_2: (71 + 69 + 85)/3 = 75$$

$$S_3: (58 + 59 + 84)/3 = 67$$

$$C_1: (51 + 59 + 85)/3 = 65$$

$$C_2: (71 + 82 + 84)/3 = 79$$

$$C_3: (58 + 69 + 77)/3 = 68$$

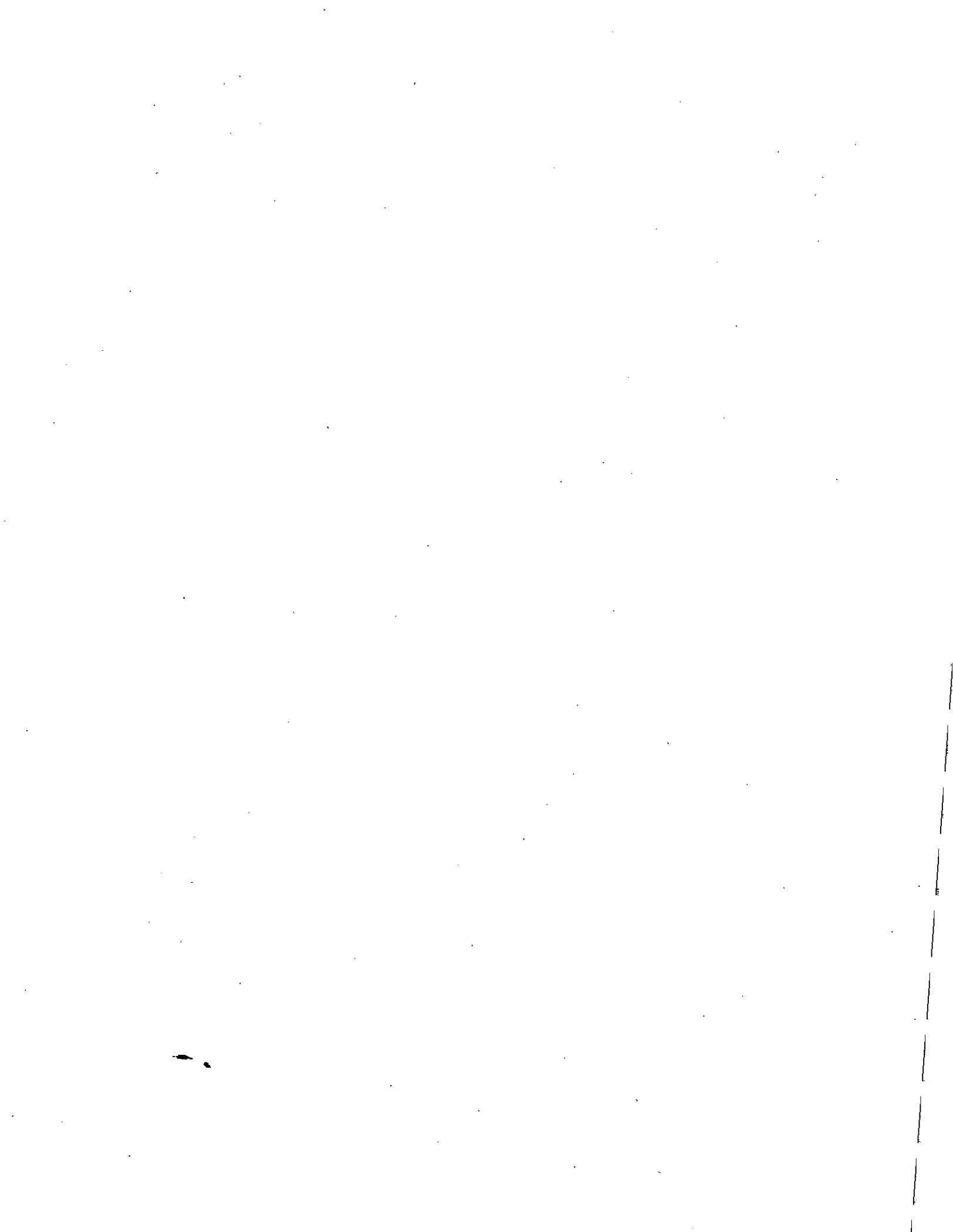


**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

*INGENIERIA DEL VALOR, INGENIERIA DE CALIDAD Y DESPLIEGUE  
DE LA FUNCION DE CALIDAD*

*DESPLIEGUE DE LA FUNCION DE CALIDAD*

*M. EN I. GUTIERREZ JAIMES.*



## V. LA CASA DE LA CALIDAD.

"La casa de la calidad" es una herramienta que es utilizada por los administradores y técnicos que desean conocer las preferencias de sus clientes y establecer los diseños futuros de sus productos en función de lo que el consumidor desea; también se conoce a esta herramienta como "la expansión de la función de calidad" (Quality Function Deployment, conocida como QFD). Esta herramienta se originó en 1972 en una empresa japonesa llamada Mitsubishi Heavy Industries LTD, y fue desarrollada ampliamente por la empresa automotriz Toyota. Algunos expertos atribuyen su origen al profesor japonés Yoji Akao de la Universidad de Tamagawa y posteriormente Shigeru Mizuno desarrolló algunos elementos para un diseño más competitivo.

Actualmente se calcula que 200 compañías norteamericanas lo usan. Digital Equipment, Hewlett Packard, AT&T, IT&T, Ford, General Motors, Chrysler, etc. son algunas de las empresas que están implementando QFD a nivel mundial para incrementar su competitividad en sus áreas respectivas. En Japón QFD está difundiéndose en gran parte de las empresas manufactureras debido a los buenos resultados obtenidos. En las empresas de servicios también se está implementando para atraer y conservar a los consumidores.

La expansión de la función de calidad comunica "la voz del consumidor" con la empresa que diseña y produce los bienes y servicios que la sociedad necesita. "La casa de la calidad" es una técnica estructurada que recopila la información necesaria y suficiente del cliente para que la ingeniería de diseño establezca sus normas y los productos se realicen en función de lo que el consumidor desea. Anteriormente caía toda la responsabilidad del diseño en los ingenieros de ese departamento, pero en la actualidad se conjuga la ingeniería con las necesidades de los clientes para el mejoramiento de los productos.

La demanda de mejores productos en el mercado requiere de un sistema de información eficiente con el cual se pueda planear, diseñar, fabricar, vender y dar un buen servicio a los consumidores.

En las empresas que desean tomar el liderazgo en el mercado se ha hecho necesario coordinar los elementos de diseño, manufactura y calidad con el precio del producto y necesidades del cliente. La casa de la calidad da una guía para determinar los atributos o factores más importantes para el consumidor final, reduciendo su variación en las tolerancias y especificaciones, por la suposición de nuevas metas, es decir, este proceso consiste en UNA MEJORA CONTINUA EN LA PRODUCCION DE BIENES O SERVICIOS.

Con la técnica anteriormente descrita, la mayor parte del esfuerzo que se realiza en la empresa cae en el desarrollo del producto y en la planeación del mismo. Esto significa que

*la administración estratégica de la calidad esta en CONOCER Y APRENDER de las experiencias que han tenido los usuarios con respecto a los productos que han adquirido y los resultados que éstos han brindado. Conciliar el deseo de los clientes con la empresa es una función de los ingenieros de diseño. No deben establecerse normas a espaldas de los consumidores. Ante ésta nueva revolución industrial los directores de empresa han formado equipos que están en contacto con los usuarios de sus productos y con los de la competencia para que interpreten las preferencias de los consumidores y traducirlas a los departamentos de diseño, manufactura y mercadotecnia.*

*La comunicación que en un principio había entre el artesano y el usuario se había perdido con el advenimiento de la producción masiva, y se creó un espacio en donde no se oía la voz del consumidor, pero en la actualidad se ha hecho necesario aprender cuáles son las preferencias del público.*

*En realidad, se puede apreciar que en los países como Japón, en la última década han dedicado un mayor esfuerzo al diseño del producto para evitar reclamaciones y rectificaciones sobre la marcha.*

*La prevención de los problemas efectuados en todas las actividades del proceso de fabricación del producto no tienen reconocimiento por parte de los directivos de la empresa, ya que los mejor recompensados en los problemas de producción son los denominados "apaga-fuegos". Este tipo de personas realizan un trabajo espectacular a los ojos de toda la empresa, pero normalmente no ataca la causa última de los problemas.*

## **5.1 LOS CONSUMIDORES Y LA CONSTRUCCION DE LA CASA DE LA CALIDAD.**

*Si consideramos un automóvil deportivo, en el cual los ingenieros responsables de este producto han resuelto "todos" los problemas de ingeniería, y se desea vender en el mercado nacional es muy posible que los directivos y fabricantes no hayan tomado en cuenta a los consumidores que usan falda y les sea incómodo sentarse o utilizar alguno de los instrumentos dentro del automóvil.*

*Al inicio de su producción, Toyota mejoró su calidad durante la década de los 80 en 53 conceptos de diseño para un automóvil, utilizando la herramienta denominada "La casa de la calidad". Aunado a las mejoras del diseño original se redujeron en un 60% sus costos con respecto a la forma anterior de producción (antes de usar QFD). La casa de la calidad puede exhibir los requerimientos de los consumidores en un determinado tiempo y originar*

*nuevos requerimientos en otro tiempo, razón por la cual el diseño en ingeniería es el establecimiento de la mejora continua.*

*Lo primero que se preguntaron los diseñadores del producto fue: ¿QUE REQUIEREN LOS CONSUMIDORES?. La pregunta anterior parece fácil de contestar, pero al tratar de cuantificar las frases de los consumidores, los ingenieros de diseño afrontan el primer problema. Es decir, cuando a través de una encuesta se le solicita al usuario los atributos que debería tener el producto que adquirió de la empresa o de la competencia, normalmente utiliza frases como: fácil de usar, durable, seguro, cómodo, rápido, bonito, elegante, lujoso, silencioso, ruidoso, presentable, agradable, etc. Los adjetivos anteriores se deben transformar en especificaciones de fabricación y se presenta el dilema de: qué tan fácil de usar, qué tan durable, qué tan cómodo, qué tan rápido, etc. También es necesario utilizar algunos parámetros de la competencia y adicionarlos a la casa de la calidad para satisfacer los requerimientos del usuario.*

*Las compañías deben estar atentas a sus competidores para poder conocer sus puntos débiles y fuertes. El conocer los puntos donde puede competir con las demás empresas y reforzar los conceptos débiles pueden identificar oportunidades que no han sido vistas por el departamento de mercadotecnia, el departamento de planeación, el departamento de producción o inclusive el de diseño. Esta ubicación no la establece la empresa, la establece el consumidor e implícitamente es el sugerente, es decir, se toma en cuenta la "voz del consumidor" para establecer una planeación estratégica de la producción.*

*En el cuadro 5.1 se muestra una lista de atributos que el consumidor desea en la puerta de su automóvil. Toyota, en algunos de sus estudios ha utilizado hasta 8 niveles de desagregación de atributos, en este caso se utilizarán únicamente 3. Actualmente se está buscando la forma de simplificar aún más las respuestas de los consumidores hacia los ingenieros de diseño, para lo cual algunas compañías japonesas exhiben sus productos en áreas públicas con el propósito de que un grupo de expertos seleccionados traduzcan las impresiones de los posibles consumidores. En el caso de que el consumidor no hubiese tenido contacto con el producto se deja que maneje o utilice libremente el bien. Los ingenieros experimentados en esta técnica tratan de preservar las frases del consumidor para que sean traducidas en forma multidisciplinaria por los planeadores, diseñadores, ingenieros, técnicos, administradores, expertos en mercadotecnia y publicistas.*

*Otra de las preguntas que se utilizan para jerarquizar el orden de importancia en las preferencias del consumidor es: ¿CUALES SON LAS PREFERENCIAS MAS IMPORTANTES DEL CONSUMIDOR, Y QUE LUGAR OCUPAN?.*

*Uno de los problemas que enfrentan los diseñadores para satisfacer las necesidades de sus clientes es abarcar en sus soluciones el mayor número de preferencias de los usuarios. Es decir, no es posible crear un diseño que satisfaga a todos los usuarios, pero si es factible dejar satisfecho a la mayor parte de los consumidores. Cuando se traducen las preferencias*

# REQUERIMIENTOS DEL CONSUMIDOR

PRIMARIOS	SECUNDARIOS	TERCIARIOS	IMPORTANCIA RELATIVA
		Fácil cerrar por dentro	80
		Fácil cerrar por fuera	70
	Fácil de abrir y cerrar	Fácil de abrir	70
		No rebota	50
		No hay adherencia	50
		Movimiento fácil al abrir	80
		Movimiento fácil al cerrar	80
	Entrada oper. fácil	Suave al abrir	70
		Funciona rápida	40
		No empuja	60
Buena operación y uso	Aislamiento	Aísla ruido	50
		No escuche ruido cuando abre o cierra	70
		No penetra agua al abrir o cerrar de la puerta	90
		Suave	50
	Arrebrazo de descanso	Confortable	80
		Forma adecuada	40
		Cubierto	40
		Suave	50
	Recubrimiento interior de la puerta	Durable	60
		Elegante	70
		Frio	40

CUADRO 5.1

*de los consumidores para diseñar la puerta de un automóvil se hace necesario emplear diversas técnicas estadísticas para jerarquizar la importancia que el consumidor le otorga a un determinado atributo. Es posible que el usuario le de una mayor importancia a cerrar una puerta con facilidad, se aisle el ruido, y no penetre el aire cuando esta cerrada, contra la dificultad de elevar el vidrio rápidamente. Si el motor eléctrico para levantar el vidrio más rápido fuera grande se tendría que incrementar el ancho de la puerta y el peso de la misma, causando problemas de desajuste más adelante. Esto posiblemente ocasionaría dificultades para cerrar con facilidad, por el mayor peso de la puerta. Es casi seguro que el cliente preferiría una menor velocidad en el cerrado del vidrio que tratar de abrir una puerta pesada cuando el auto este estacionado en una pendiente y tener otros problemas que le ocasionarían gastos innecesarios de ajuste. Usualmente en la técnica que se va a describir, se hace necesario otorgar pesos o calificaciones que oscilan de 0 a 100. (Cuadro 5.1).*

## 5.2 ¿COMO MEJORAR EL PRODUCTO?

*La casa de la calidad está basada en un proceso lógico de preguntas y respuestas que son las siguientes:*

*¿Qué desean nuestros clientes?*

*¿Cómo podemos satisfacer a nuestros clientes?*

*¿Cuánto se necesita para satisfacer a nuestros clientes?*

*Las matrices de la Casa de la calidad se basan en el proceso Qué/Cómo/Cuánto. Para cada Cómo, es necesario fijar un cuánto. (Fig. 5.1). La intersección de cada Qué con cada Cómo define una matriz rectangular, en la cual se puede establecer la fuerza de cada una de las relaciones para definir los requerimientos que son fundamentales en el consumidor.*

*En la parte superior de los Cómo (techo de la casa), se desarrolla la matriz que correlaciona un Cómo con todos los demás Cómo, y establece su nivel de significancia (Fig. 5.2). Los símbolos que se usan son para mostrar las relaciones conflictivas entre los Cómo, y generan importante información que evita modificaciones problemáticas en el nuevo diseño del producto.*

*El dominio en el mercado y la tecnología predominante nos dirán qué se debe hacer. En la parte alta debemos establecer la voz del consumidor en los requerimientos de diseño, para*

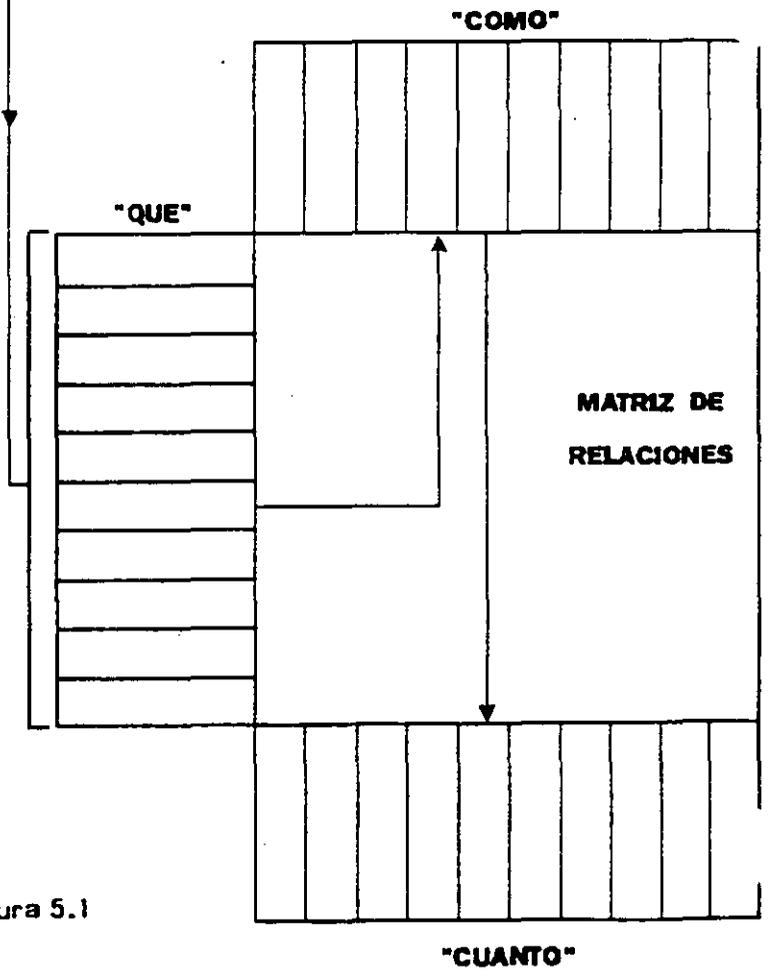
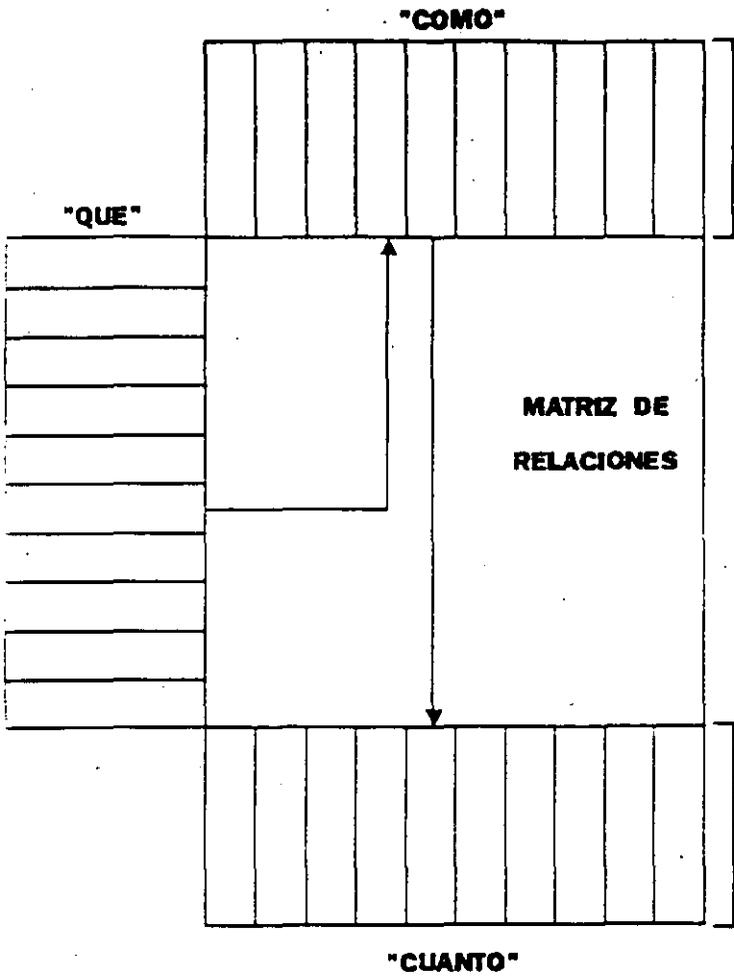


Figura 5.1

# LA CASA DE LA CALIDAD

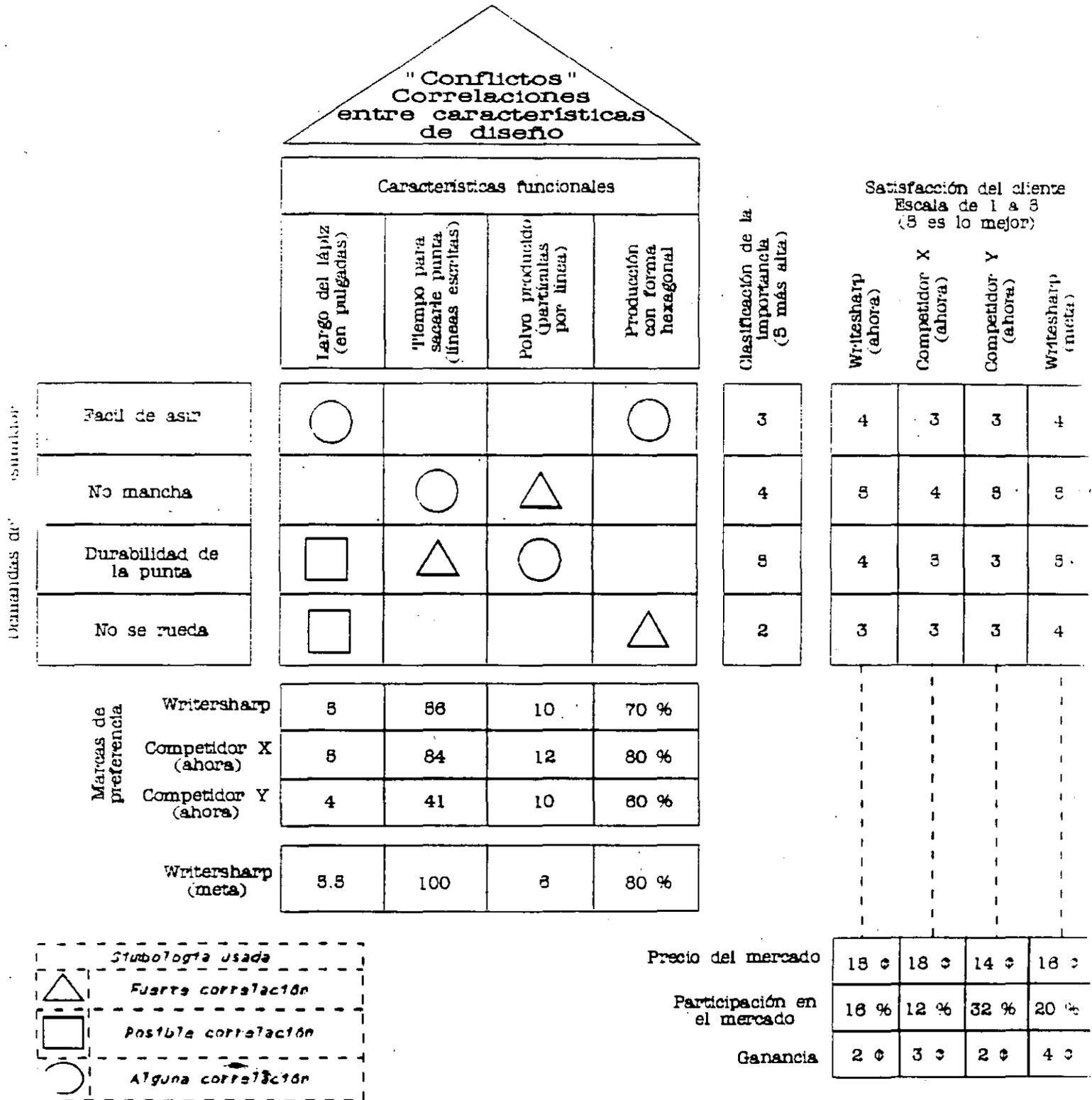


Figura 5.2

lo cual es necesario contar con expertos que traduzcan los adjetivos que el consumidor desea en su producto en lenguaje ingenieril.

Los signos negativos que fueron empleados por el usuario en el concepto: "esfuerzo al cerrar" significa que el consumidor espera que el ingeniero reduzca la fuerza necesaria que emplea cada vez que cierra la puerta de su automóvil.

Si las especificaciones estandarizadas de ingeniería no causan ningún efecto en los atributos que solicita el usuario, tendremos el peligro de que la competencia se adelante y satisfaga las necesidades del mercado. Las especificaciones de ingeniería están en función de la importancia o peso de los atributos que se han recopilado a través de encuestas y que deben plasmarse en el diseño de las nuevas especificaciones del producto.

En algunos proyectos los equipos multidisciplinarios establecen una metrología sobre los requerimientos, por ejemplo, la cantidad de energía requerida para cerrar una puerta puede afectar incrementando o disminuyendo ciertos efectos en otras partes del automóvil que pueden ser más difíciles de solucionar.

Una vez que se han establecido las técnicas de valorización se establecen las medidas objetivas en la parte inferior de la casa de la calidad que comparan cada uno de los requerimientos de diseño con los productos de la competencia, obteniendo lo que se llama "la valoración competitiva del producto".

### 5.3 ¿COMO UN CAMBIO EN EL DISEÑO AFECTA OTRAS CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO?

Si se desea un cambio para incrementar la velocidad al subir el cristal de la puerta de un automóvil, es posible que se haga necesario modificar el diseño de la puerta en algunas partes internas de la misma, que quizás aumente su peso y dificulte la maniobra de abrirla. Para lo anterior se hace necesario soluciones creativas y "La casa de la calidad" es de gran ayuda. Los requerimientos de diseño y sus rangos de importancia para el consumidor se muestran en la matriz de relaciones. A través de las calificaciones, se puede establecer si las relaciones son fuertes, medias o débiles, también se puede utilizar símbolos como triángulos, círculos y líneas para los diferentes pesos que se establecen en la matriz de relaciones. (Fig. 5.2)

En la parte superior se establece la matriz de correlación (techo de la casa) que ayudará al ingeniero a las futuras modificaciones en el mejoramiento del producto. También se

*establecen en base a una simbología las relaciones entre el cambio de características en el diseño en una de sus partes con respecto a las demás. (Fig. 5.2)*

*El establecer una relación clara entre los componentes de la puerta y sus implicaciones con otras partes para satisfacer los requerimientos del consumidor no son fáciles de realizar a simple vista. Suponga que se decide que la puerta debe cerrar fácilmente, es decir, con un esfuerzo mínimo, y establecer un valor de 7 ft-lb. Para conseguir esta meta en el diseño de la puerta pueden estar fuertemente implicados el peso de la puerta, el mecanismo de las bisagras, la inclinación de la puerta, el motor para elevar el vidrio, etc. Supongamos que cierra fácilmente porque decidimos inclinar el peso de la puerta hacia el interior del vehículo en  $x$  grados, ahora se tendría el problema de abrir la puerta con un mayor esfuerzo, es por esta razón que en la casa de la calidad se establecen las implicaciones de: ¿Qué hacer? ¿Cómo hacerlo? ¿Cuánto va a costar?*

*Para ilustrar cómo se contruye "La casa de la calidad" de manera formal se usará un ejemplo de la empresa Chrysler. (Tabla 5.1, 5.2 y 5.3). Al final de este capítulo se presenta la metodología completa del QFD.*

#### 5.4 VENTAJAS

*La técnica del QFD se emplea para la Planeación Táctica y Estratégica en el desarrollo de los productos y servicios. Su filosofía exige el cumplimiento de las normas y especificaciones para la satisfacción total del cliente. Aquí se establece que la única definición de calidad la da el cliente. Esta técnica, permite analizar los problemas que se presentan en los sistemas productivos. Además, genera indicadores que señalan el posicionamiento de la empresa con respecto a la competencia, estableciendo una interrelación entre lo que se da y lo que se puede dar.*

*Este método crea un sistema de producción económica que genera bienes y servicios de calidad en función de los requisitos del mercado y presenta las siguientes ventajas:*

- Es sistemático y estructurado.*
- Menos problemas al inicio en el proceso, optimización en los costos de producción y mayor garantía.*
- Asegura que las características del producto sean iguales a los requerimientos del cliente.*

REQUERIMIENTOS Y CARACTERISTICAS DE CALIDAD PARA EL PRODUCTO			LIENZO EXTERIOR		LIENZO INTERIOR		REFUERZOS ABRASAD.		SELLOS SORDINAS		ENSAM-BLES		MARCO VENT.		CALIDAD CONSTR.		PESO											
			PERIFERIA EXTERNA	MATERIAL	FORMA	ESPESOR DE MATERIAL	ACABADO SUPERFICIAL	SUPERFICIE	MATERIAL	ACUERDOS DE DISEÑO	ESPESOR DE MATERIAL	LOCALIZACION DE AGS.	POSICION	ESPESOR DE MATERIAL	SEGURIDAD	RIGIDEZ	PROTECCION	MATERIAL	RETIRO	FUGAS	BORDEADO	SOLDADO	ADHESIVOS	MASILLA	RELACION AL EXTERIOR	INTEGR. INT. Y EXT.	ACABADO SUPERFICIAL	CALIDAD DE ENSAMBLE
PRIM.	SECUND.	TERCIARIO																										
SELLADO	ENTRADAS DE AGUA	1.1 NO PASA AGUA AL LLOVER																										
		1.2 NO PASA AGUA AL LAVARLO																										
		1.3 NO GOTEA AL ABRIR																										
SELLADO	RUIDO DE VIENTO	2.1 MANEJO DE CIUDAD SILENC.																										
		2.2 MANEJO DE CARR. SILENC.																										
SELLADO	RUIDO DE CARRETERA	3.1 SIN SACUDIDAS																										
		3.2 SILENCIOSO AL MANEJO																										
		3.3 SILENC. C.MOTOR CALENT.																										
DURACION	MANTIENIMIENTO FACIL	4.1 NO SE CORROE																										
		4.2 MECANISMO OPER. DURABLE																										
		4.3 FACIL DE MANTENER																										
		4.4 FACIL DE DAR SERVICIO																										
DURACION	RESISTENTE	5.1 SEGURIDAD EN COLISION																										
		5.2 DIFICIL DE ABOLLAR																										
OPERACION	MECANISMO OPER. VENTANA	6.1 VENTANAS OPERAN FACIL																										
		6.2 VENTANAS NO SE ATASCAN																										
		6.3 MANIVELAS FACILES DE USAR																										
		6.4 MANIVELAS ALCANZABLES																										
OPERACION	MECANISMO DE OPER. DE PUERTAS	7.1 MANIJA FACIL DE ALCANZAR																										
		7.2 MANIJA FACIL DE OPERAR																										
		7.3 SE MANTI. ABIERTA EN CUALQ. POS.																										
		7.4 SE MANTIENE CERRADA																										
		7.5 FACIL DE ABRIR/CERRAR																										
OPERACION	CONTROLES	8.1 FACILES DE ALCANZAR																										
		8.2 FACILES DE OPERAR																										
APARIENCIA	ESPEJO	9.1 NO OBSTRUYE LA VISTA																										
		9.2 SE MIRA BIEN																										
		9.3 BIEN LOCALIZADO																										
	APARIENCIA	HOLGURAS	10.1 ESPACIADO UNIFORME																									
10.2 AJUSTADAS																												
APARIENCIA	MARCO DE PUERTA	11.1 CONTORNOS SUAVES																										
		11.2 SIN CORROSION																										
		11.3 FACIL DE LIMPIAR																										
APARIENCIA	ACABADO DE SUPERFICIES	12.1 MARCAS DE SOLDADURA																										
		12.2 ACABADO LISO																										
		12.3 ACABADO DE PINTURA																										
CARACTERISTICAS ESPECIALES	PUERTAS ABIERTAS	13.1 FACIL DE CARGAR/DESCARGAR																										
		13.2 FACIL DE ABORDAR/BAJAR																										
	CONVENIENCIA Y VISTA	14.1 DESEMPEÑADO FACIL																										
		14.2 BUENA VENTILACION																										
		14.3 MANIJAS NO PROTUBERANTES																										
		14.4 CAJUELA ESPACIOSA																										
		14.5 MARCO NO OBSTRUYE VISTA																										
		14.6 LUCES PARA SUBIR/BAJAR																										
		PREVENTIVA																										
		14.7 ESPEJO FACILITA VISION																										
		FACIL AJUSTE																										
		14.8 DESCANSABRAZO COMODO																										
		CONTROLES FACIL OPER.																										

TABLA 5.1

REQUERIMIENTOS Y CARACTERISTICAS DE CALIDAD PARA EL PRODUCTO			ANALISIS DE MERCADO			COMPARACIONES DEL CONSUMIDOR				
			CARACTERISTICAS DE VENTA	"DESIOS" PARA PLANEACION DEL PROD.	SERVICIO A RECLAMACIONES POR GRA.	COMPETIDOR "A" COMPETIDOR "B" COMPETIDOR "C"				
PRIM.	SECUND.	TERCIARIO								
						FUERTE		ACEPTABLE		MEJOR
						20	25	30	35	40
SELLADO	ENTRADAS DE AGUA	1.1 NO PASA AGUA AL LLOVER			A5					
		1.2 NO PASA AGUA AL LAVARLO			A5					
		1.3 NO GOTEA AL ABRIR			A5					
	RUIDO DE VIENTO	2.1 MANEJO DE CIUDAD SILENC.			A2					
		2.2 MANEJO DE CARR. SILENC.			A2					
	RUIDO DE CARRETERA	3.1 SIN SACUDIDAS								
3.2 SILENCIOSO AL MANEJO				A2						
3.3 SILENC. C.MOTOR CALENT.				A2						
DURACION	MANTENIMIENTO FACIL	4.1 NO SE CORROE								
		4.2 MECANISMO OPER. DURABLE								
		4.3 FACIL DE MANTENER								
		4.4 FACIL DE DAR SERVICIO								
RESISTENTE	5.1 SEGURIDAD EN COLISION									
	5.2 DIFICIL DE ABOLLAR									
OPERACION	MECANISMO OPER. VENTANA	6.1 VENTANAS OPERAN FACIL								
		6.2 VENTANAS NO SE ATASCAN								
		6.3 MANIVELAS FACILES DE USAR								
		6.4 MANIVELAS ALCANZABLES								
OPERACION	MECANISMO DE OPER. DE PUERTAS	7.1 MANILA FACIL DE ALCANZAR								
		7.2 MANILA FACIL DE OPERAR								
		7.3 SE MANT. ABIERTA EN CUALO. POS.								
		7.4 SE MANTIENE CERRADA			A6					
		7.5 FACIL DE ABRIR/CERRAR			A1/A5					
OPERACION	CONTROLES	8.1 FACILES DE ALCANZAR								
		8.2 FACILES DE OPERAR								
APARIENCIA	ESPEJO	9.1 NO OBSTRUYE LA VISTA								
		9.2 SE VIRA BIEN								
		9.3 BIEN LOCALIZADO								
	HOLGURAS	10.1 ESPACIADO UNIFORME			A4					
		10.2 AJUSTADAS			A4					
	MARCO DE PUERTA	11.1 CONTORNOS SUAVES								
11.2 SIN CORROSION										
11.3 FACIL DE LIMPIAR										
ACABADO DE SUPERFICIES	12.1 MARCAS DE SOLDADURA									
	12.2 ACABADO LISO			A7						
	12.3 ACABADO DE PINTURA			A7						
CARACTERISTICAS ESPECIALES	PUERTAS ABIERTAS	13.1 FACIL DE CARGAR/DESCARGAR								
		13.2 FACIL DE ABORDAR/BAJAR								
	CONVENIENCIA Y VISTA	14.1 DESEMPENADO FACIL								
		14.2 BUENA VENTILACION								
		14.3 MANIJAS NO PROTUBERANTES								
		14.4 CAJUELA ESPACIOSA								
		14.5 MARCO NO OBSTRUYE VISTA								
		14.6 LLUCES PARA SUBIR/BAJAR								
		PREVENTIVA								
		14.7 ESPEJO FACILITA VISION								
		FACIL AJUSTE								
		14.8 DESCANSABRAZO COMODO								
		CONTROLES FACIL OPER.								

RECLAMACIONES:

A1- DIFICIL DE CERRAR  
A2- RUIDO DE VIENTO  
A3- ENTRADAS DE AGUA  
A4- CORTEJO DE PUERTAS

A5- DIFICIL DE ABRIR  
A6- AS-CURAR UNIONES  
A7- ACABADO DE SUPERFICIES

TABLA 5.1

REQUERIMIENTOS Y CARACTERISTICAS DE CALIDAD PARA EL PRODUCTO		LIENZO EXTERIOR		LIENZO INTERIOR		REFUERZOS ABRASAD.		SELLOS SORDINAS		ENSAM- BLES		MARCO VENT.		CALIDAD CONSTR.		PESO													
		PERIFERIA EXTERNA	MATERIAL	FORMA	ESPAESOR DE MATERIAL	ACABADO SUPERFICIAL	SUPERFICIE	MATERIAL	AGUIEROS DE DIFERENTE	ESPAESOR DE MATERIAL	LOCALIZACION DE AGS	POSICION	ESPAESOR DE MATERIAL	SEGURIDAD	RIGIDEZ	PROTECCION	MATERIAL	RUIDO	FUGAS	BORDEADO	SOLDADUX	ADHESIVOS	MASILLA	RELACION AL EXTERIOR	INICRE. INT. Y EXT.	ACABADO SUPERFICIAL	CALIDAD DE ENSAMBLE	CALIDAD DE BORDEADO	ENSAMBLADO
PRIM.	SECUND.	TERCIARIO																											
COMPARACION TECNICA DE PRODUCTO COMPETITIVO	COMPETIDOR "A"	MEJOR	4.0																										
	COMPETIDOR "B"		3.5																										
	COMPETIDOR "C"	ACEPTABLE	3.0																										
		POBRE	2.0																										
METAS DE ESPECIFICACION PARA EL PRODUCTO				PERIFERIA Y ENLACES NO MOSTRAN ONDULACION PERCEPTIBLE Y MAYOR DE 0.5 mm DE VARIACION EN LONGITUD DE 250 mm SUPERFICIE CLASE 10.74 mm ESPEESOR MINIMO		AREAS ASIENIO VISAGRA DEBEN SER PLANAS Y CONCAVAS DENTRO DE 0.5 mm Y 0° 30° RESPECTO AL PLANO DE DISEÑO Y RANURAS PARA DESAGUE 0.74 mm DE ESPEESOR MINIMO		LA POSICION DEBE ESTAR DENTRO DEL LIMITE DEL PROMEDIO DE LAS DIMENSIONES DE LOCALIZACION INCLUYENDO LA ACUMULACION DE TOLERANCIAS		EPOXY ADHESIVO N° ESD M46 MASILLA N° ESD P16		45° PRE-SUGESION SOLDADURA POR PUNTOS SEGUN ESPECIFICACIONES 4.76 mm DIA. ADHESIVO EN TODA LA PERIFERIA		REQUERIMIENTOS DE DISEÑO		AREAS DE ASIENIO EN LAS BUISAS SUPERIORES E INFERIORES DEL ENSAMBLE PUERTA DEBEN SER PLANAS Y CONCAVAS DENTRO DE 0.5 mm DEL NOMINAL		ESPECIFICACIONES REQUERIDAS POR DISEÑO											
DETALLES IMPORTANTES DE CONTROL	DATOS CRITICOS DE GARANTIA	DIFICIL DE CERRAR																											
		RUIDO DE VIENTO																											
		ENTRADAS DE AGUA																											
		COLPETEO EN CUERTAS																											
		ESPECIFICACION DE TOLERANCIA																											
		ESPEC. DE SOLDADURA POR PUNTOS																											
CARACTS. REGULADORAS DEL PRODUCTO	ESPECIFICACION DE CARACTERISTICAS																												
	CARACTS. BASICAS DE CONTROL																												
	BARRA PROTECTORA PARA IMPACTOS																												
	ESPECIFICACION DE MATERIAL																												

TABLA 5.1



REQUERIMIENTOS DE ENSAMBLE	HERRAMIENTAS CARACTERISTICAS PARA ENSAMBLE		MEDICION		FIJACIONES		SOLDADURAS		MANEJO MATERIAL		RECORDADO		PRENSADO		REPA-SADO		INSPEC-CION							
	CONTROL DE LOCALIZACION	SOPORTES	POSICION DE PARTES	PRE-SION DE APOYO	SUPERFICIES A CONTROLAR	LOCALIZACION	CANTIDAD	FUERZA DE UNION	TAMANO DE HUELLA	LEVANTAR	TRANSFORTAR	CARGAR	TAMANO	FUERZA	CANTIDAD	LONGITUD DE PRENSADO	PRE-SION	TONELAJE	SUPERFICIES DE TROQUEL	EN LINEA	REQUERIMIENTOS DE ESPEC. EN DIBUJOS	CANTIDAD DE SOLDADURA		
MATERIAL																								
ESPESOR DE MATERIAL																								
CLASIFICACION DE SOLDADURA																								
CERRADO DE CEJA PERIF. DEL LIENZO INTERIOR																								
PLANICIDAD DEL CERRADO DE LA CEJA																								
PLANICIDAD DE SUPERFICIE DE SELLO																								
PERPENDICULARIDAD DE LA CEJA FRONTAL																								
LONGITUD DE LA CEJA FRONTAL																								
PROFUNDIDAD DEL LIENZO INTERIOR																								
ACUJEROS PARA MONTAJE DE BISACRA																								
PLANICIE DE LA SUPERFICIE PEMPAALE BISACRA																								
REFUERZO DE LA BISACRA																								
PLANICIDAD DE LA CEJA DE VENTANA P/BANDA																								
REFUERZO DE LA BANDA																								
ACUJEROS PARA MONTAJE DE LA CONTRA																								
ANCHO CANAL DEL VIDRIO																								
PARALELISMO CANAL PARA VIDRIO																								
REFUERZO FRONTAL PARA VENTANA																								
REFUERZO TRASERO PARA VENTANA																								
REFUERZO SUPERIOR PARA VENTANA																								
REFUERZO PARA REGULADOR DE VENTANA																								
ACUJEROS PARA REGULADOR DE VENTANA																								
ACUJEROS PARA PICAPORTE																								
COLADOR AGUA																								
SEPARADOR COLADOR AGUA																								
ACUJERO PARA AMORTIGUADOR DE PORTAZOS																								
REFUERZO FRONTAL DE LA PUERTA																								
ACUJEROS P/ABRAZADERA DEL DESCANSABRAZO																								
ACUJEROS PARA ESPACIADOR DEL MARCO																								
ACUJEROS PARA LA APLICACION																								
ACUJEROS DE ACCESO																								
ACUJEROS PARA DESAGÜE																								

TABLA 5.3

- *Evita omisiones resultantes del descuido.*
- *Evita especificaciones fuera de las normas planeadas, lo que genera menos cambios.*
- *Crea un sistema en la compañía para anticiparse a los cambios.*
- *Transfiere conocimientos por la detallada documentación que se requiere en la construcción del QFD.*
- *Transmite experiencias por que esta técnica está diseñada para aplicarse en forma multidisciplinaria.*
- *Identifica las prácticas, procedimientos e instrucciones para cada tarea.*

#### 5.5 RECOMENDACIONES.

*El QFD se puede aplicar en una organización donde los canales de comunicación son fluidos. Cuando la información se emite en forma clara y se recibe sin contratiempos. La comunicación en la empresa no se reduce a un problema de tecnología únicamente. El estar comunicados en forma correcta es también una cuestión de comportamiento personal. La comunicación participativa, con objetivos compartidos da como resultado el consenso necesario para desarrollar el QFD.*

*El potencial del QFD es muy amplio, pero tiene importantes limitaciones. Este proceso estructurado de información para la toma de decisiones requiere de mucha disciplina, orden, organización, estandarización y limpieza.*

*El QFD es un sistema de información que incluye diferentes niveles de la organización, y no puede emplearse en forma superficial. Cuando se emplea, muchos departamentos se encadenan horizontalmente, sin embargo los intereses y conflictos departamentales pueden ser más fuertes que el programa del QFD. En este caso no puede lograrse el éxito deseado. Integrar los requerimientos del cliente, el diseño del producto, el proceso productivo, el control de calidad y la competencia comercial con la técnica de QFD, implica un arduo trabajo grupal, con encadenamientos departamentales en forma vertical y horizontal, es decir actividades funcionales cruzadas.*

## 5.6 METODOLOGIA PARA CONSTRUIR LA CASA DE LA CALIDAD.

*El establecimiento de la metodología denominada "la expansión de la función de calidad" o "la casa de la calidad" parece complicada, pero algunas compañías japonesas y norteamericanas han obtenido beneficios que reeditan ese trabajo, y se establece un vínculo entre producto y consumidor que permite eliminar errores, y lo más importante aprender de ellos.*

*La recopilación de información y su proceso detallado en su análisis da como resultado una forma de procesamiento más sistemático y estructurado para la planeación de nuevos productos.*

*Con el fin de ejemplificar la metodología para construir la casa de la calidad, se supondrá que la empresa Writesharp (Escribe Fino) fabrica lápices y desea ser más competitiva. Como primer paso se identifican los requerimientos de los consumidores, sin importar que sean de la competencia. Se evalúan cada una de las características funcionales del producto, correlacionándose en el techo de la casa. (Fig. 5.2).*

*Las medidas de referencia entre el fabricante y los competidores producen los valores meta que se deben alcanzar como requerimientos globales en el diseño del producto. La comparación técnica de los nuevos requerimientos en el diseño, genera un cierto grado de dificultad técnica que puede ocasionar un gasto mayor, pero obtener una mayor participación en el mercado.*

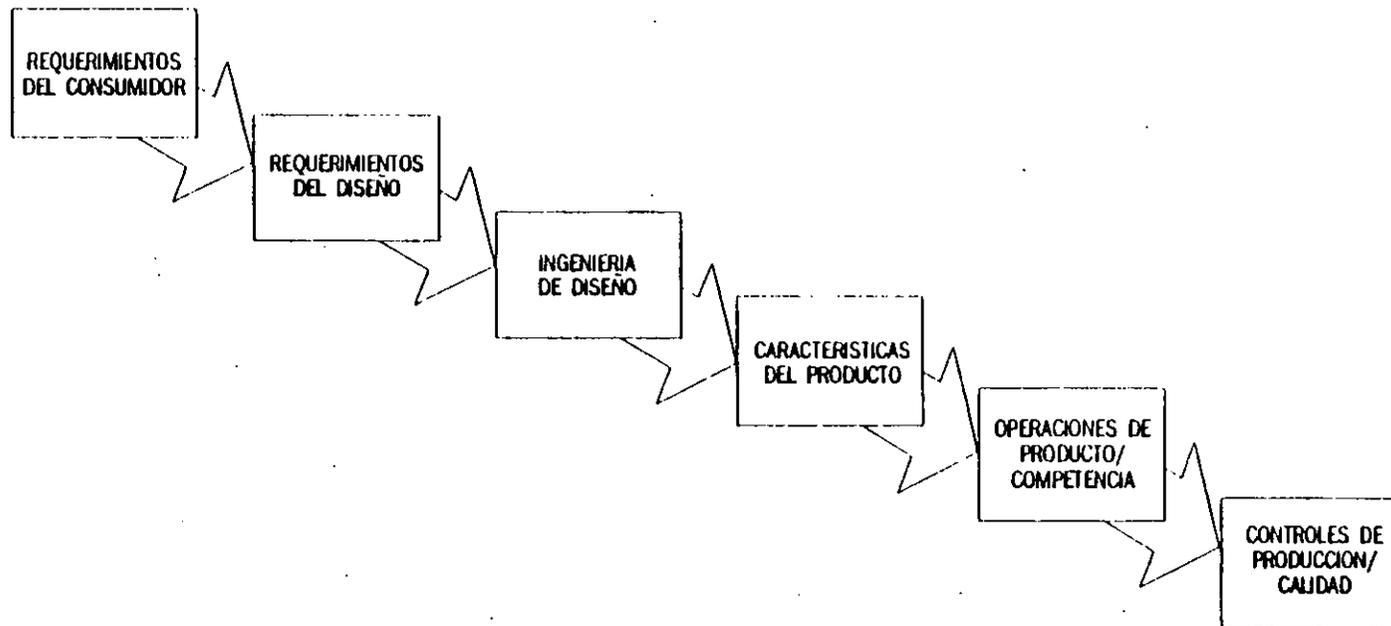
*Determinar los requerimientos del consumidor crea nuevas oportunidades de competencia y proporciona nueva información para diseños futuros que dejan clientes más satisfechos.*

*La valoración competitiva del producto se establece en función los atributos que desea el consumidor, y es utilizada para establecer las metas que deberán ser alcanzadas por los ingenieros en diseño, tomando en cuenta el costo de las mismas. Como se puede apreciar en la figura 5.2, la satisfacción del cliente y los valores meta desarrollados facilitan el proceso de decisión en el costo total de cada lápiz fabricado, en función de su posible participación en el mercado.*

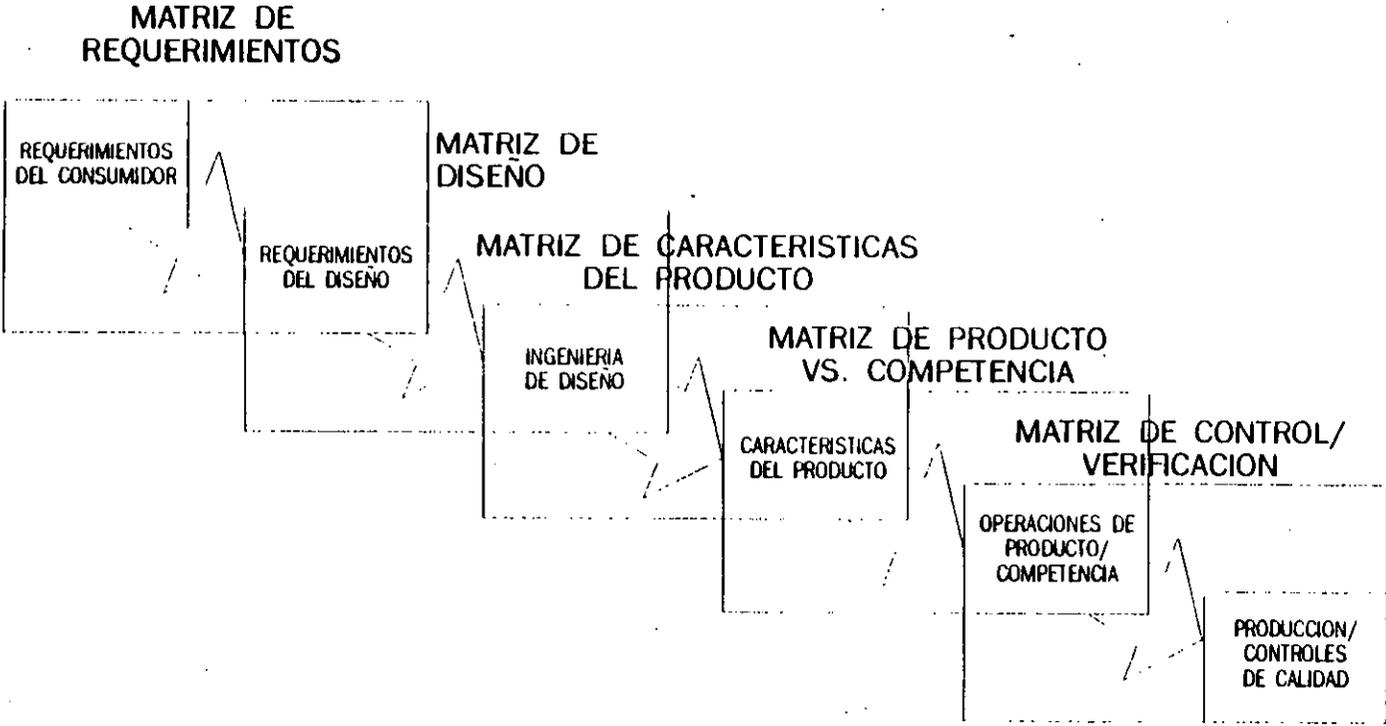
*METODOLOGIA*

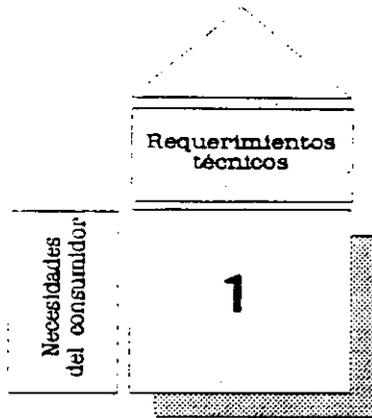
*QFD*

# FLUJO DEL PROCESO



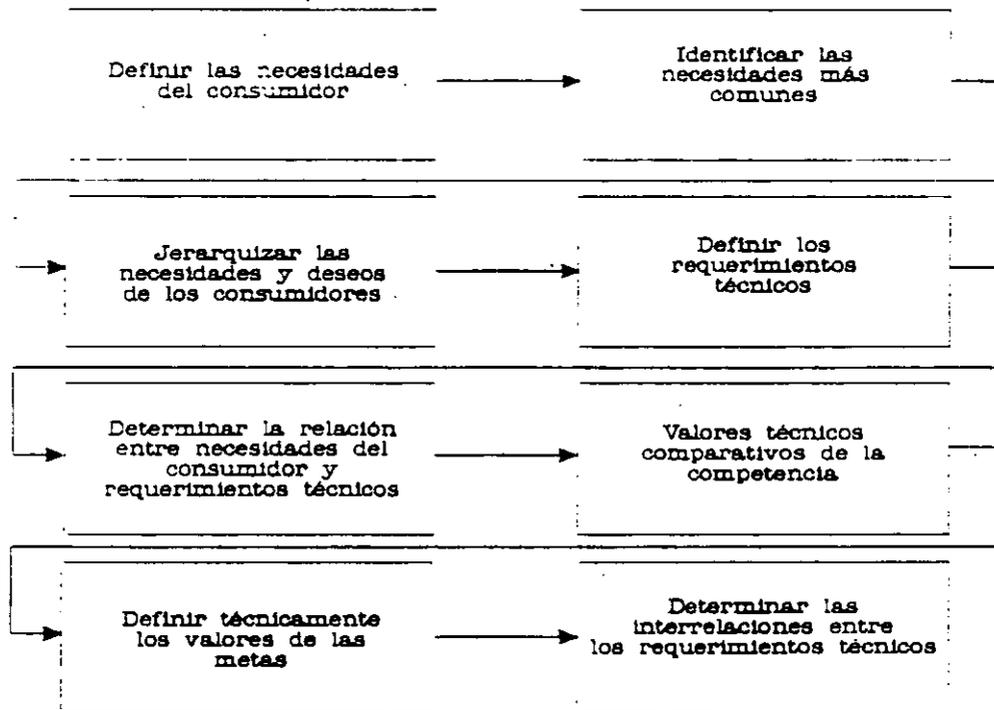
# FLUJO DEL PROCESO





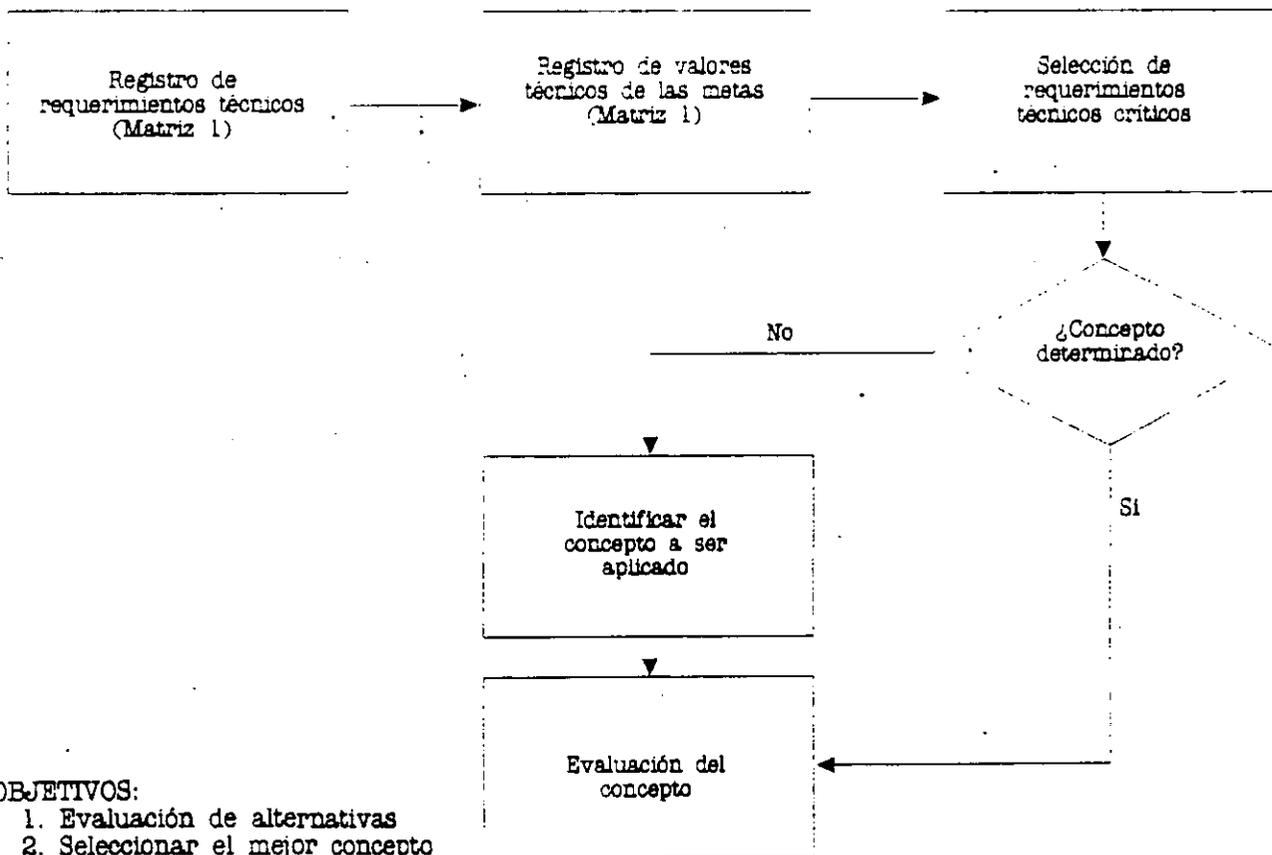
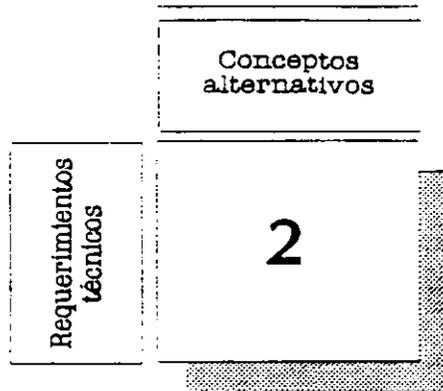
# MATRIZ 1

(Casa de la Calidad)



# MATRIZ 2

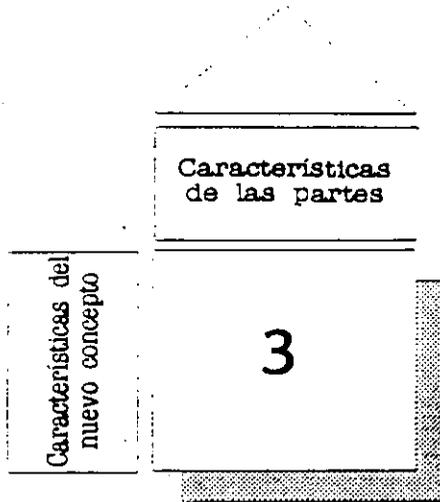
(Selección de concepto)



- OBJETIVOS:
1. Evaluación de alternativas
  2. Seleccionar el mejor concepto

# MATRIZ 3

(Desarrollo de partes)



Introducir las características alternativas del nuevo concepto (Matriz 2)

Determinar las partes

Determinar las características críticas de la parte

Identificar los valores límites de las características de la parte

Identificar las secciones que requieren atención especial

Establecer prioridades para las características de la parte

**OBJETIVO:**

1. Determinar las características críticas de las partes.

# DESARROLLO DE PARTES

Interrelación de partes y componentes

Partes/Componentes

Características del nuevo concepto (funciones) (etc.)

Matriz de relación

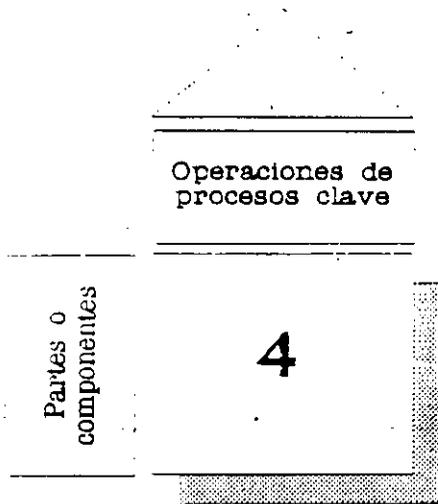
Partes críticas/ componentes (valores)

Producto Funciones

Elegir el concepto de la matriz 2

Sistema Subsistema Partes

# MATRIZ 4 (Planeación del proceso)



Introducir partes críticas y valores característicos (Matriz 3)

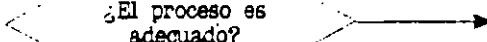
Identificar las operaciones de los procesos

Construir el diagrama de flujo del producto



¿El proceso es adecuado?

Seleccionar procesos alternativos



Matriz 5

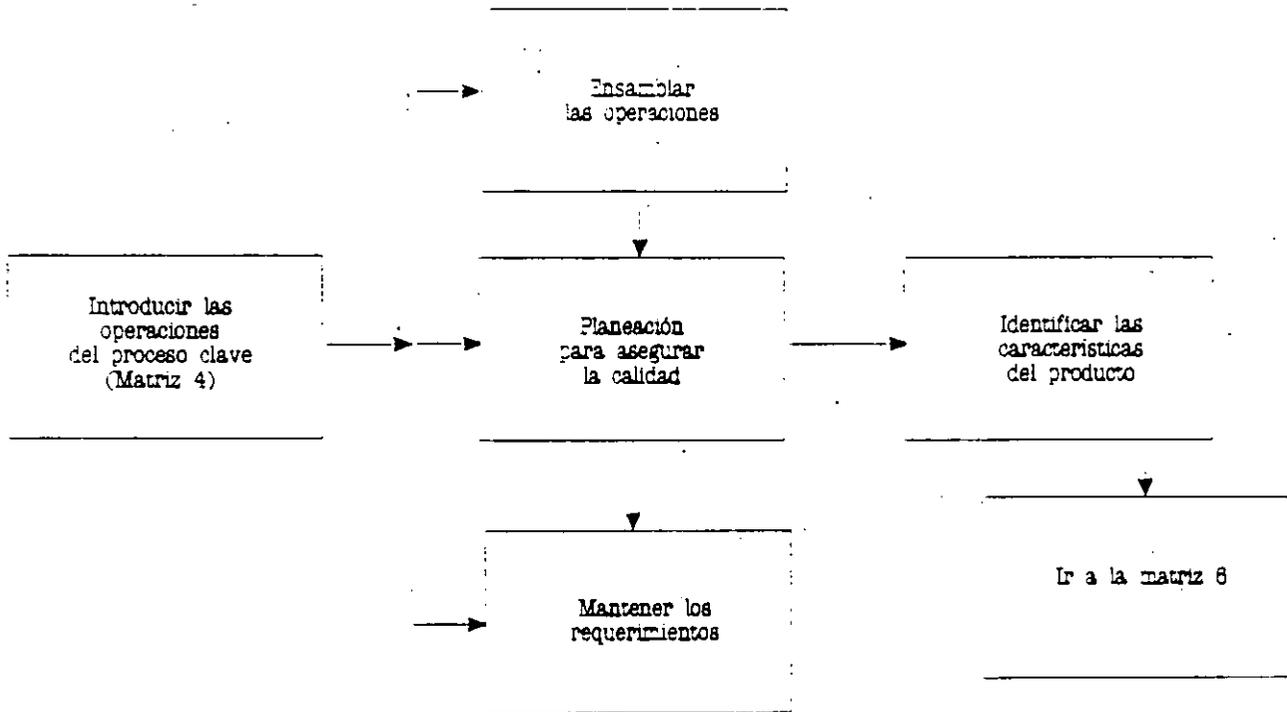
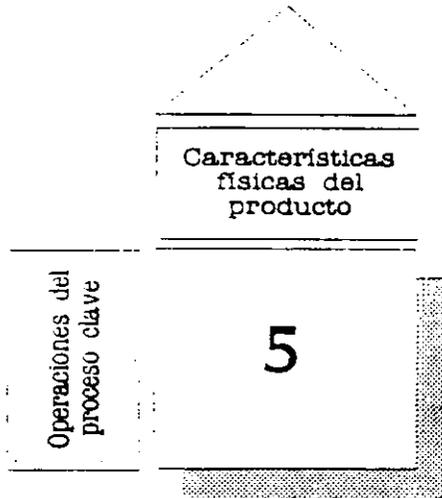


## OBJETIVOS:

1. Determinar si los procesos son adecuados
2. Determinar las operaciones más importantes

# MATRIZ 5

(Planeación de la producción)



**OBJETIVO:**

1. Auditar internamente para conocer si la operación fué elegida correctamente

# PLANEACION DE LA PRODUCCION

---

Características  
físicas de  
producto/componente.  
(entrada de la  
matriz 3)

---

Procesos clave

Operaciones  
de  
Manufactura

Matriz de relaciones

---

Componentes del  
producto clave  
(valores)

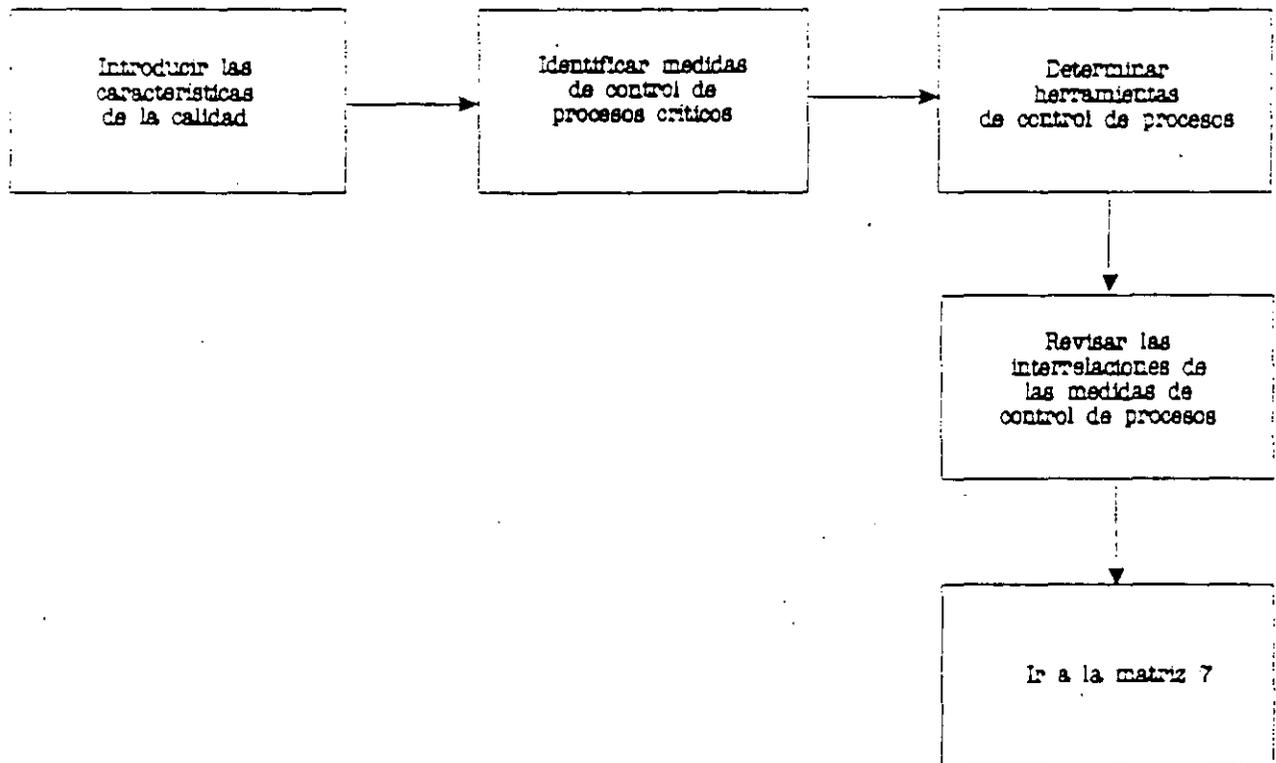
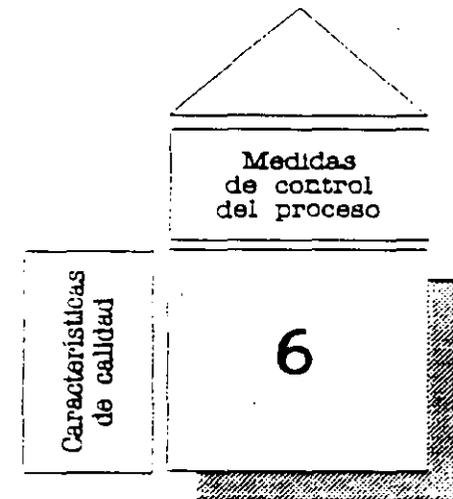
---

Valores finales

---

# MATRIZ 6

(Control del proceso)



**OBJETIVO:**

1. Identificar medidas de control de procesos críticos que serán monitoreados usando las metodologías de CEP

# CONTROL DEL PROCESO

Interrelación  
de medidas de  
control del proceso

Factores del control  
del proceso

Componente físico  
del producto/  
Características de  
calidad

Matriz de  
relación

Medidas de control  
de procesos críticos

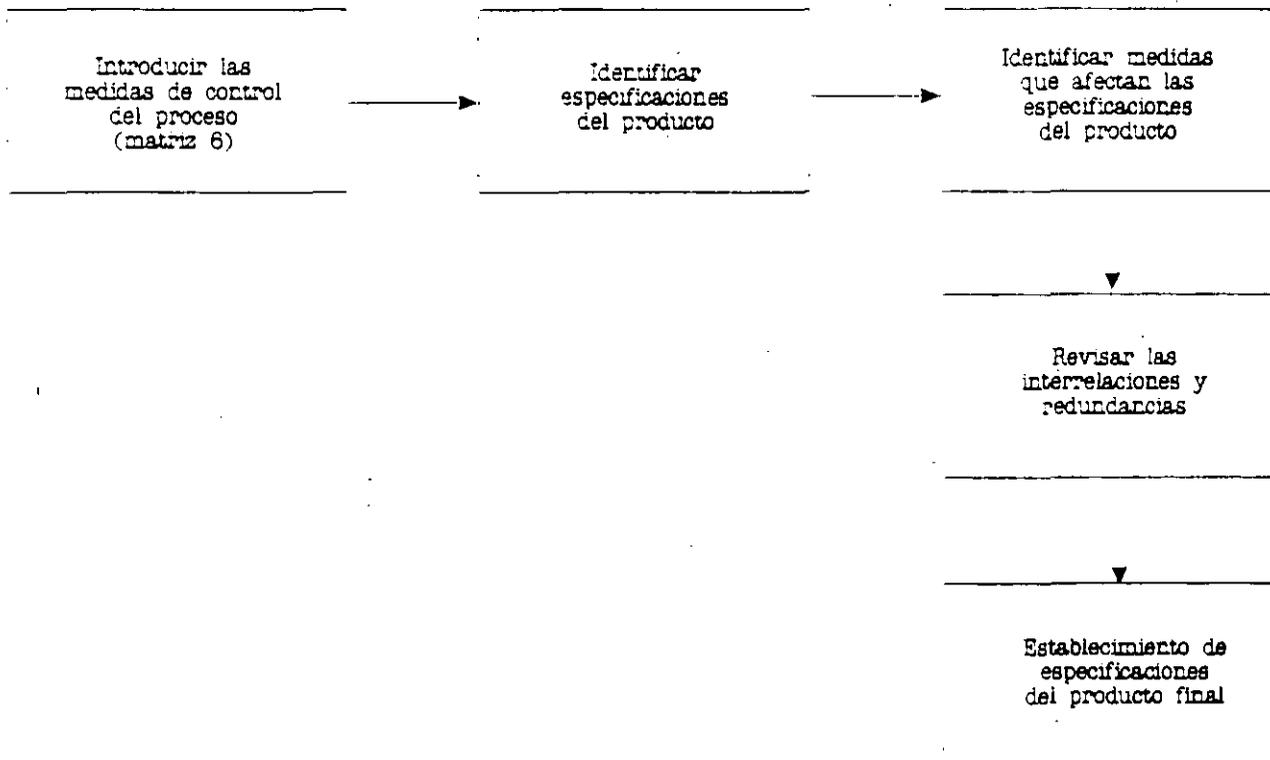
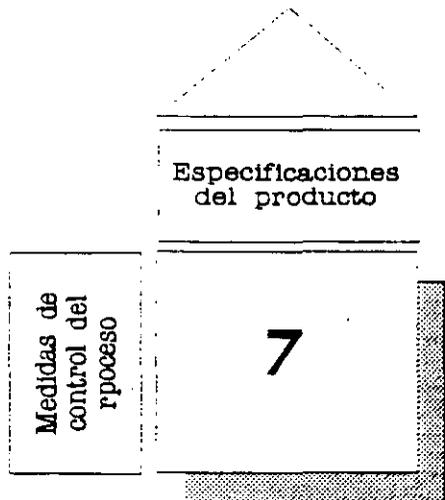
Medidas

Métodos

Metodología CEP

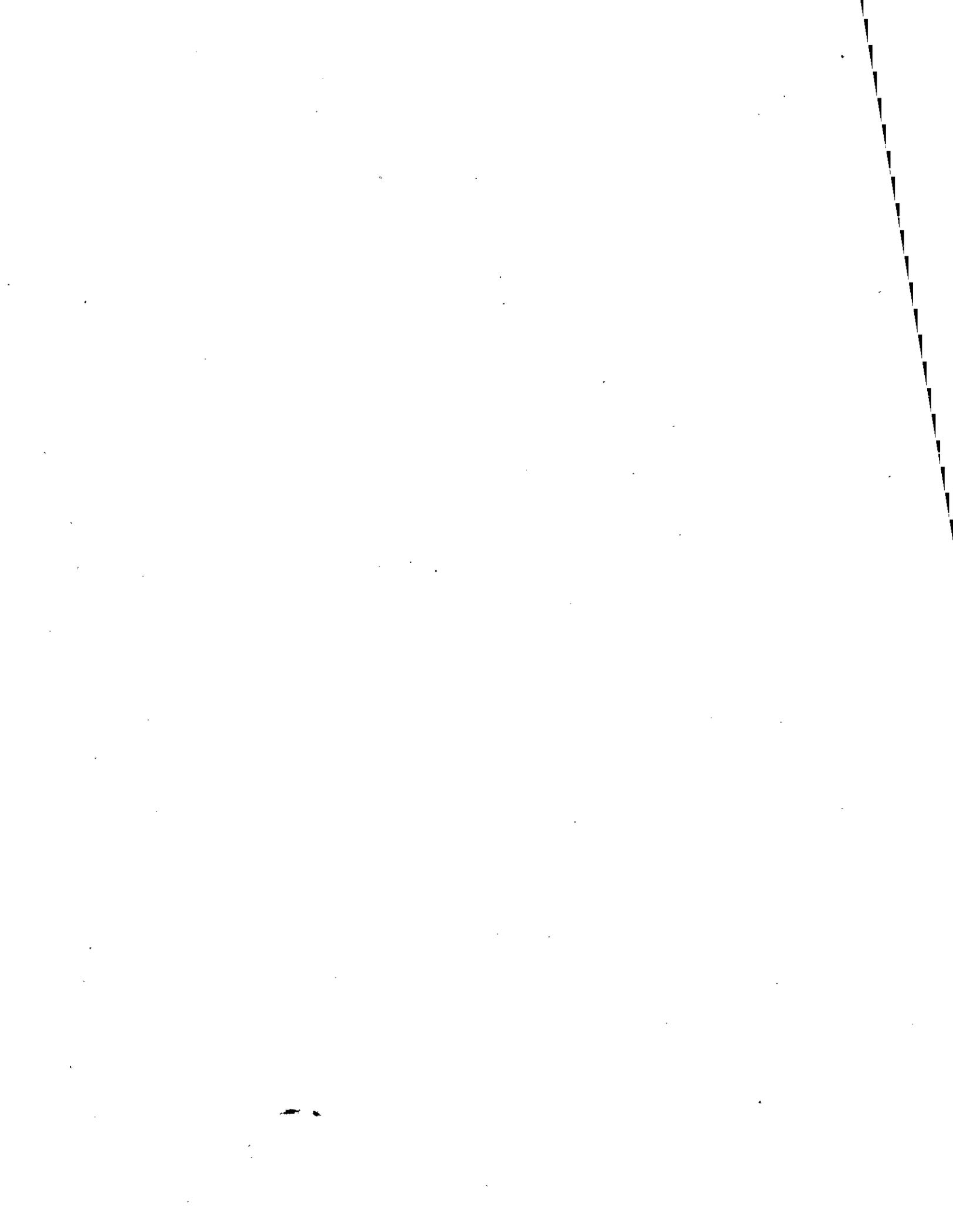
# MATRIZ 7

## (Aseguramiento de calidad)



### OBJETIVO:

1. Establecer las especificaciones del producto final





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

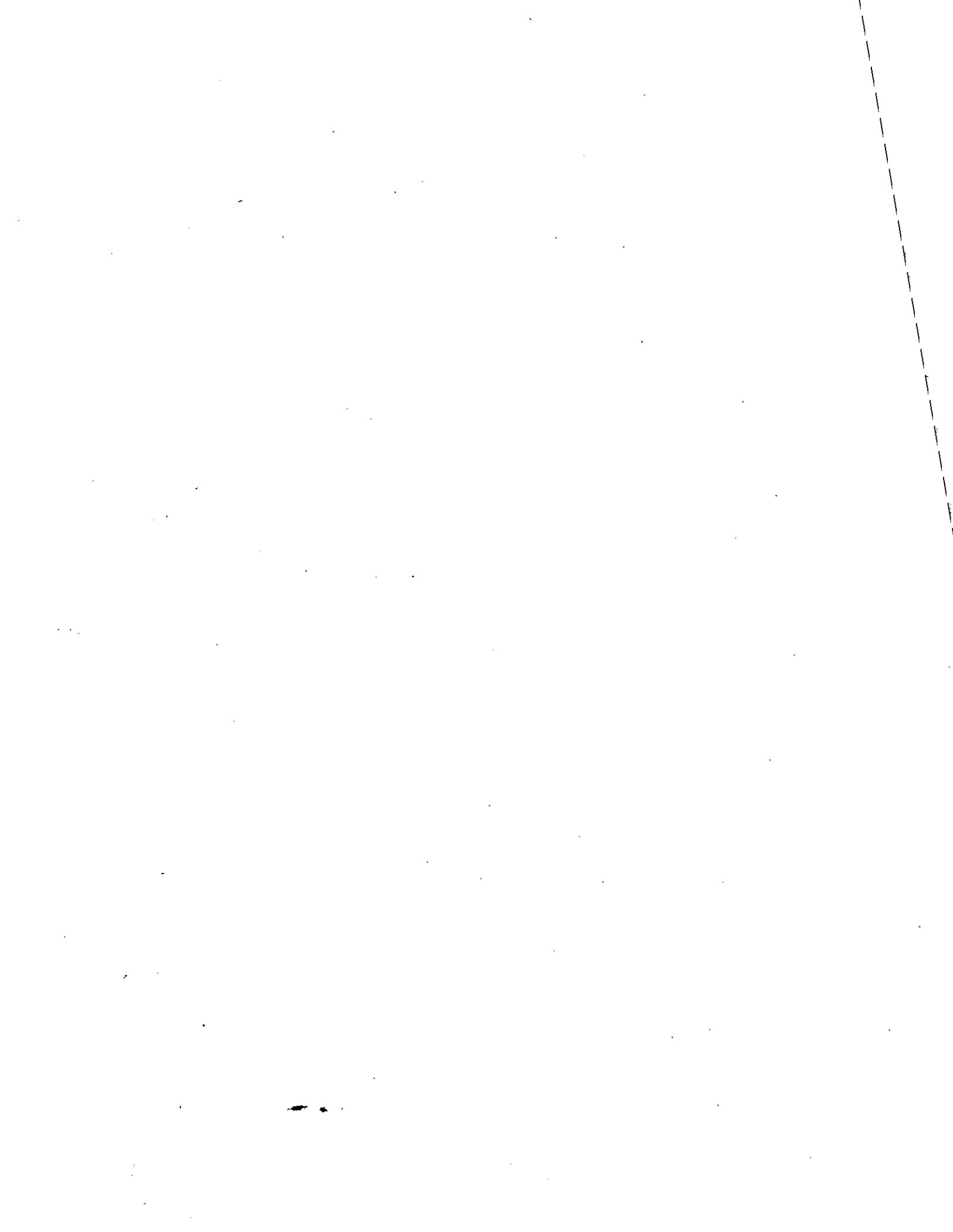
**INGENIERIA DEL VALOR E INGENIERIA DE CALIDAD**

**ANALISIS DE CASOS: MEJORAMIENTO DE UN PRODUCTO**

**J. QUILAN**

**NOVIEMBRE, 1992**

**Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285**



# MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE LAMINA MOLDEADA

## 1. INTRODUCCION

UN COMPROMISO DE LA ADMINISTRACION EN CHRYSLER MOTORS PARA DEDICAR RECURSOS PARA TRABAJAR CON PROVEEDORES PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LOS PRODUCTOS CONDUCE A ESTE CASO DE ESTUDIO. UNA FUERZA DE ATAQUE CONSISTENTE DE PERSONAL DE MANUFACTURA, ENSAMBLE, ASEGURAMIENTO DE CALIDAD DE PROVEEDORES E INGENIERIA FUE FORMADA PARA INVESTIGAR Y AYUDAR A MEJORAR EL COMPONENTE DE PROCESOS DE LAMINA MOLDEADA Y LA CALIDAD DEL PRODUCTO. EL PRODUCTO BAJO ESTUDIO EN ESTE EXPERIMENTO FUE EL DE PANELES DE REJILLA ABIERTA, EL CUAL HA SIDO PRODUCIDO POR EAGLE PICHER POR MUCHOS AÑOS. EL PROVEEDOR PREVIAMENTE CONDUJO EXPERIMENTACION DE MEJORA DE UN FACTOR A LA VEZ PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO DE SU PROCESO. ESTOS EXPERIMENTOS TUVIERON RESULTADOS DESAGRADABLES.

## 2. EL PROBLEMA

LOS PANELES DE LA PARRILLA ABIERTA SON ENVIADOS A LAS PLANTAS DE ENSAMBLE DE CHRYSLER DESDE LOS PROVEEDORES Y ENSAMBLADOS EN EL CARRO ANTES DEL PROCESO DE PINTURA. LAS IMPERFECCIONES DE LA SUPERFICIE EN EL ACABADO DE LA PINTURA DESPUES DEL PROCESO DE PINTURA, CAUSA UNA BAJA CAPACIDAD DE PRIMERA VEZ DE APROXIMADAMENTE 77% PARA UNA PLANTA DE ENSAMBLE. EL HECHO DE QUE LAS IMPERFECCIONES NO FUERON DETECTADAS HASTA QUE LOS COMPONENTES FUERON EMBARCADOS, ENSAMBLADOS Y PINTADOS CREAM SERIOS EFECTOS CONCERNIENTES A PRODUCTIVIDAD PARA LAS PLANTAS ENSAMBLADORAS Y EL PROVEEDOR.

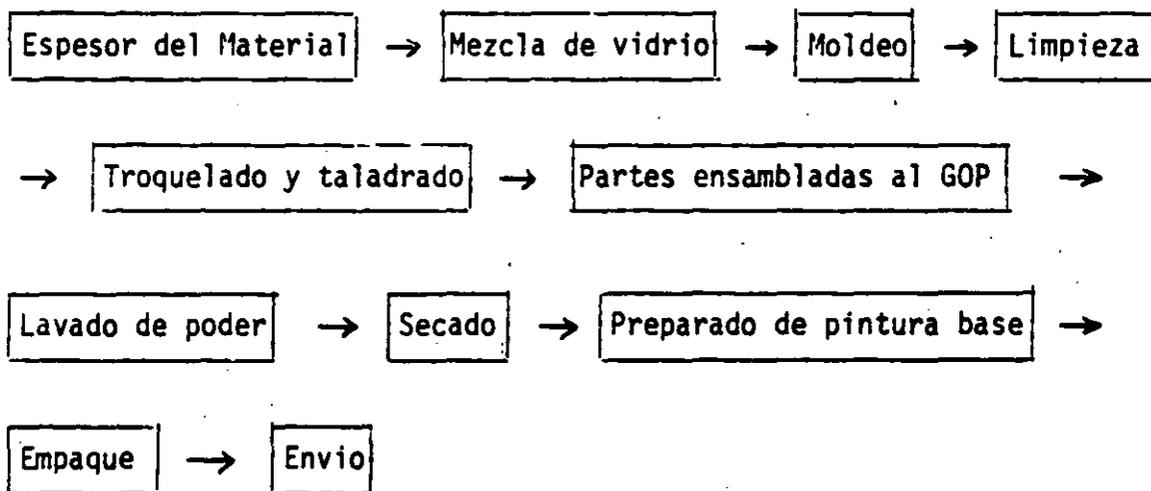
## 3. EL PROCESO

EL PROCESO ESTUDIADO EN ESTE EXPERIMENTO INCLUIDO EL MEZCLADO DE LA MATERIA PRIMA AL TERMINO DE LA PARTE CON EL PROVEEDOR. EAGLE PICHER.

LAS PARTES TERMINADAS FUERON EMPACADAS Y ENVIADAS A LAS PLANTAS DE CHRYSLER.

LA FIGURA 1. MUESTRA EL PROCESO DE PRODUCCION DEL PROVEEDOR EAGLE - PICHER DE LA GOP.

FIGURA 1 - EL PROCESO



#### 4. DIAGRAMA CAUSA Y EFECTO

EN UNA SESION DE TORMENTA DE IDEAS, LA FUERZA DE ATAQUE DE CHRYSLER Y EL EQUIPO DE TRABAJO DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DEL PROVEEDOR CONSTRUYO UN DIAGRAMA DEL EFECTO ENFOCADO AL PRODUCTO Y AL PROCESO. UNA VERSION ABREVIADA DEL DIAGRAMA APARECE EN LA FIGURA 2

#### 5. PROCESO EXPERIMENTAL

USANDO EL DIAGRAMA CAUSA-EFECTO UN EXPERIMENTO FUE LLEVADO A CABO INCLUYENDO LAS NUEVE VARIABLES PRINCIPALES: (TABLA 1 )

- FIGURA 2- DIAGRAMA CAUSA Y EFECTO -

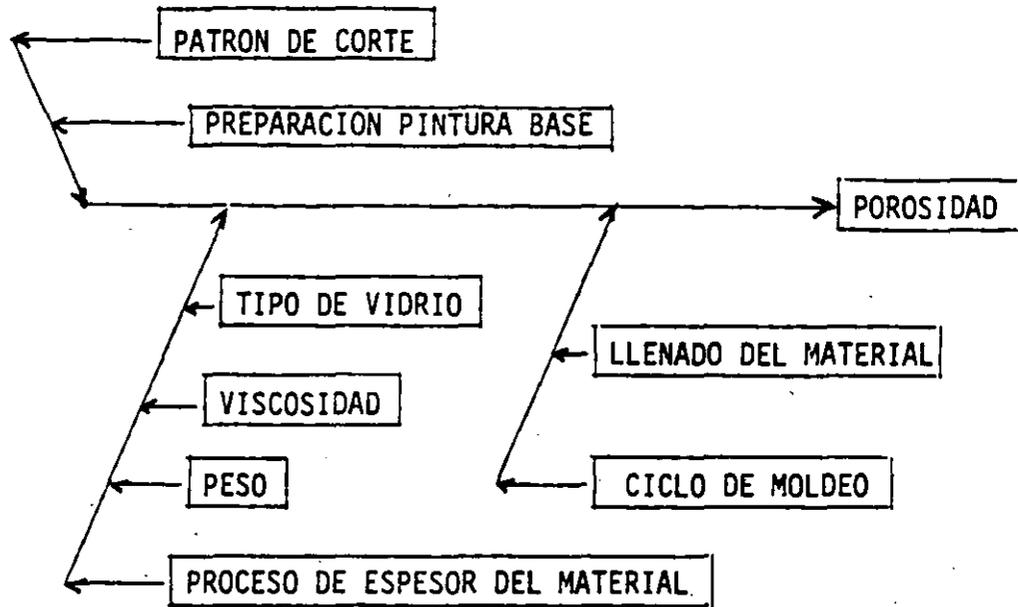


TABLA 1

<u>VARIABLE</u>	<u>No. DE NIVELES</u>	<u>NIVEL 1</u>	<u>NIVEL 2</u>
PRESION DE MOLDES A	2	BAJA	ALTA
TEMPERATURA DE MOLDES B	2	BAJA	ALTA
CICLO DE MOLDES C	2	BAJO	ALTO
PATRON DE CORTE D	2	METODO 1	METODO 2
PREP. DE PINTURA BASE E	2	METODO 1	METODO 2
VISCOSIDAD F	2	BAJA	ALTA
PESO G	2	BAJO	ALTO
ESPESOR DE MATERIAL H	2	PROCESO I	PROCESO II
TIPO DE VIDRIO I	2	TIPO 1	TIPO II

EN ADICION DE ESTOS NUEVE EFECTOS PRINCIPALES, LAS SIGUIENTES CINCO INTERACCIONES POTENCIALES FUERON INVESTIGADAS EN ESTE EXPERIMENTO:

A X B  
 A X C  
 A X D  
 B X F  
 F X H

CON ESTAS CONSIDERACIONES EXPERIMENTALES, UNA DISTRIBUCION DE ARREGLO ORTOGONAL L16 FUE ELEGIDO PARA CONducIR EL EXPERIMENTO. EL ARREGLO Y LAS RESPUESTAS DE LAS POROSIDADES OBSERVADAS PUEDEN SER VISTAS EN LA TABLA 2, DOS RESPUESTAS POR EXPERIMENTO FUERON CORRIDAS. LOS VALORES DE RESPUESTA FUERON EL NUMERO DE "POPS" ENCONTRADOS.

TABLA 2. ARREGLO ORTOGONAL L16

Exp. No.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	RESPONSES	
	A	B	A X B	F	G	B X F	E	C	A X C	H	I	D	A X D	F X H	(e)	R1	R2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	56	10
2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	17	2
3	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1
4	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	4	3
5	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	3	1
6	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	4	13
7	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	50	49
8	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	2	3
9	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	3
10	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	0	3
11	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	3	2
12	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2	12	2
13	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	3	4
14	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	4	10
15	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2	0	5
16	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1	0	8

## 6. ANALISIS

UN ANALISIS DE VARIANZA ANOVA INDICA QUE:

(1) LA PRESION DE MOLDES (A) PREPARACION DE PINTURA (E) Y EL CICLO DE MOLDEO (C) FUERON SIGNIFICANTES EN CONTRIBUCION A LA VARIACION EXPERIMENTAL .

(2) AUNQUE EL PROCESO DE ESPESOR DEL MATERIA (H) Y LA VISCOSIDAD (F) AMBAS FUERON SIGNIFICANTES, SON VALORES F DE .4854 y .0539 RESPECTIVAMENTE.

(3) LA INTERACCION FXH FUE SIGNIFICANTE CON VALOR F DE 11.0801 (NIVEL - DE CONFIANZA DE 99%) UNA OBSERVACION SIMILAR FUE VISTA EN BXF.

(4) COMO ANTICIPAMOS, LA INTERACCION AXC FUE ENCONTRADA SIGNIFICANTE

LA TABLA ANOVA COMPLETA SE PRESENTA EN LA TABLA 2 CON LA SUMA DE NIVELES DE LAS VARIABLES.

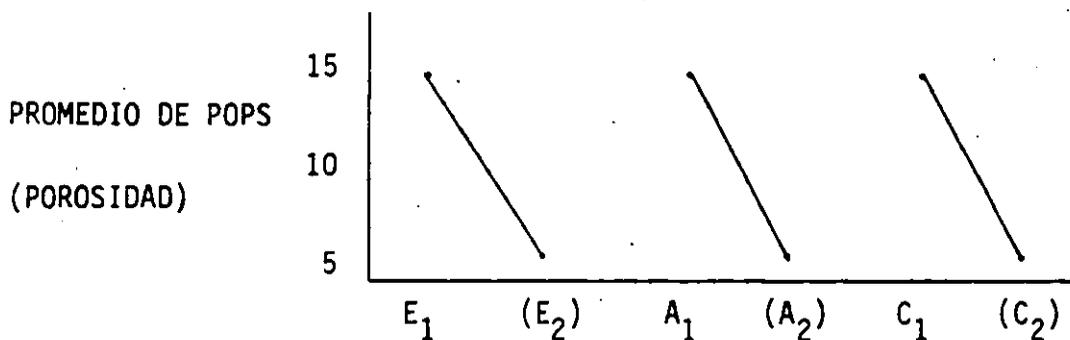
TABLA 2.- ANOVA

FUENTE	DF	S	V	F	F(pool)	S'	Rho %
A	1	800.000	800.000	9.588	11.728	731.788	11.04
B	1	45.125	45.125	0.541	---	---	---
AXB	1	15.125	15.125	0.181	---	---	---
F	1	4.500	4.500	0.054	---	---	---
G	1	0.500	0.500	0.006	---	---	---
BXF	1	595.125	595.125	7.133	8.725	526.913	7.95
E	1	990.125	990.125	11.867	14.515	921.913	13.01
C	1	351.125	351.125	4.208	5.148	281.913	4.27
AXC	1	630.125	630.125	7.552	9.128	561.913	8.48
H	1	40.500	40.500	0.485	---	---	---
I	1	50.000	50.000	0.599	---	---	---
D	1	78.125	78.125	0.933	---	---	---
AXD	1	120.125	120.125	1.440	1.761	51.913	0.78
FXH	1	924.500	924.500	11.080	13.553	856.288	12.92
e	1	648.000	648.000	7.766	9.500	579.788	8.75
Error (pool)	16 (23)	1335.000 (1568.873)	83.438 (68.212)			2114.571	31.90
Total	31	6628.000	213.807				

<u>SUM/VARIABLES</u>	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Primer Nivel (1)	220	121	193	115	229	134	138	122	120
Segundo Nivel (2)	60	159	87	165	51	146	142	158	160

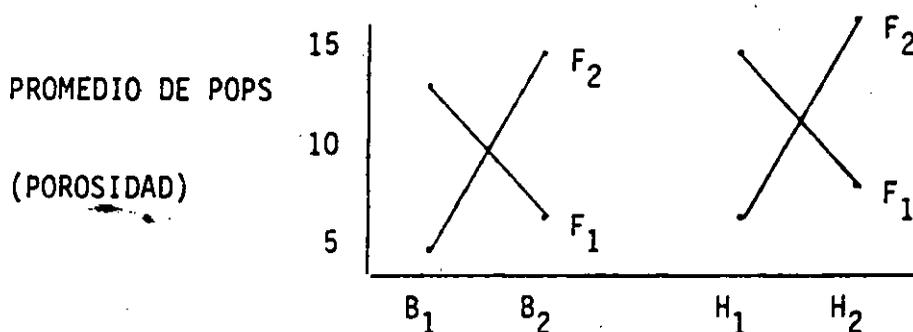
PARA TENER UNA CLARA IDEA DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES, LOS EFECTOS DE CADA FACTOR SIGNIFICANTE ES GRAFICADO.

ESTAS GRAFICAS REPRESENTAN LO QUE FUE OBSERVADO EN LA TABLA 2 (ANOVA) LOS FACTORES SON ARREGLADOS ASI QUE EL MAS SIGNIFICANTE ESTÁ A LA IZQUIERDA



( ) DENTRO CONDICIONES DESEADAS, ESTO ES:  
EL NIVEL E<sub>2</sub> SE PREFERE EN LUGAR DE E.

SE OBSERVA QUE B, F y H NO SON FACTORES SIGNIFICANTES PARA INFLUENCIAR LOS POPS AL MEDINA. SIN EMBARGO, LAS INTERACCIONES SON PRESENTADAS ENTRE B y F (BXF) Y TAMBIEN PARA F y H (FXH).



POR LO TANTO  $(B_2, F_1)$  ,  $(H_2, F_1)$  SON RECOMENDABLES

LA MEJOR CONDICION BASADA EN LOS NIVELES DE FACTORES COMO SE INDICA EN ESTE PRIMER EXPERIMENTO ES:

PRESION DE MOLDEO	ALTA
TEMPERATURA DE MOLDEO	ALTA
CICLO DE MOLDEO	ALTO
PATRON DE CORTE	METODO II
PREPARACION DE PINTURA BASE	METODO II
VISCOSIDAD	BAJA
PESO	BAJO
PROCESO DE ESPESOR DE MATERIAL	PROCESO II
TIPO DE VIDRIO	TIPO I

## 7. CONFIRMACIÓN DE RESULTADOS

LOS EXPERIMENTOS CONFIRMADOS FUERON LLEVADOS A CABO POR EL PROVEEDOR EN SU PROPIA PLANTA.

NUESTRA PLANTA DE ENSAMBLE CONDUJO UN ESTUDIO ANTERIOR Y POSTERIOR SOBRE EL ÓPTIMO RESULTADO EN EL PROCESO. LOS RESULTADOS REVELARON UN INCREMENTO EN LA CAPACIDAD DE PRIMERA VEZ DE 77% a 96%.

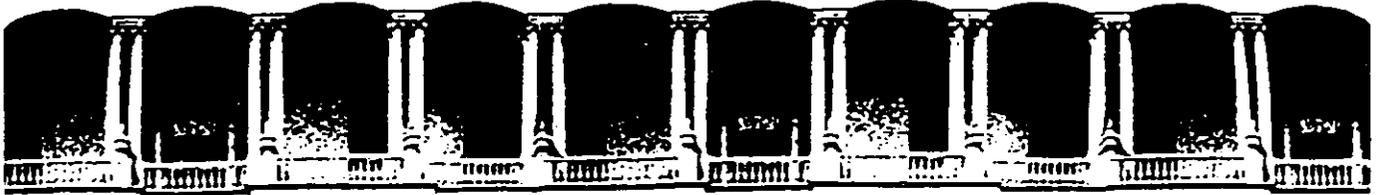
## 8. CONCLUSIÓN

ESTE EXPERIMENTO ES CONSIDERADO UNICO Y EXITOSO DEBIDO A LOS SIGUIENTES ASPECTOS:

- 1) AMBAS AREAS DE INGENIERIA DEL PROVEEDOR Y CHRYSLER ESTUVIERON MUY ENTUSIASTAS EN LA PARTICIPACION DEL "DISEÑO DE EXPERIMENTOS". EL PROVEEDOR SE MUESTRA PARTICULARMENTE COMPLACIDO DE QUE UN ESFUERZO CONJUNTO SE HAYA HECHO PARA ASISTIRLO A MEJORAR SUS PROCESOS.

- 2) EL PROVEEDOR Y CHRYSLER HAN COMPRENDIDO EL PODER DE LOS METODOS TAGUCHI EN DDE.
- 3) EL PROVEEDOR A EXPANDIDO EL USO DE DDE A OTROS PRODUCTOS
- 4) LA HABILIDAD DEL PROVEEDOR PARA OPTIMIZAR PROCESOS INTERNOS PARA PARTES, ABASTECIDAS DAN COMO RESULTADO REDUCCION DE PRECIO PARA CHRYSLER.
- 5) CHRYSLER REALIZO UNA MEJORA EN LA CAPACIDAD DE USO DE PRIMERA VEZ DEL 77% a 96% EN LA PLANTA DE ENSAMBLE. EL AHORRO ESTIMADO AL REDUCIR LA INSPECCION Y REPARACION EN LA PLANTA DE ENSAMBLE DEL ORDEN DE 900,000 DOLARES POR AÑO.
- 6) HAY AHORROS ADICIONALES QUE NO PUEDEN SER PRECISAMENTE CALCULADOS , ESTAS AREAS INCLUYEN MENOR PERSONAL DE MANEJO Y REDUCCION DE INVENTARIOS EN LA PLANTA DE ENSAMBLE Y CON EL PROVEEDOR.

Presentado por: D.E. Goodwin de Chrysler Motors Engineering.

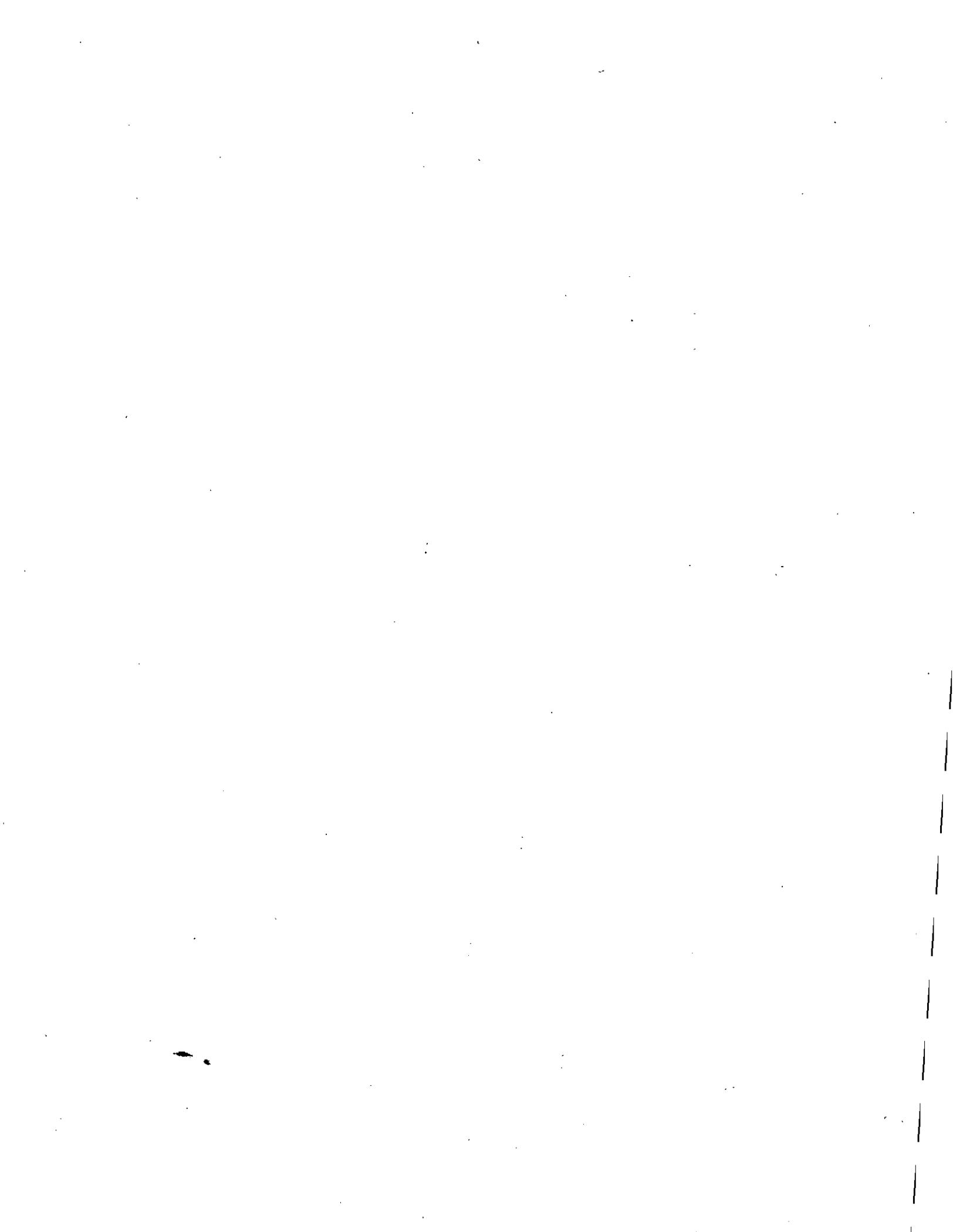


**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**INGENIERIA DEL VALOR E INGENIERIA DE CALIDAD**

**ORTHOGONAL ARRAY EXPERIMENTS**

**NOVIEMBRE, 1992**



## CHAPTER 7 ORTHOGONAL ARRAY EXPERIMENTS

### Introduction

A long time ago, orthogonal arrays were known as magic squares. Perhaps the effectiveness of the orthogonal arrays in experimental design is magic. In this chapter, simple orthogonal arrays,  $L_4 (2^3)$  and  $L_8 (2^7)$  will be introduced and used for layouts and data analysis.

### 7.1 The $2^3$ Layout

In Chapter 5, the layout of an experiment with two 2-level factors was discussed. If the factors are A, B and the levels  $A_1, A_2, B_1, B_2$ , only four unique experiments exist, i.e.,  $A_1B_1, A_1B_2, A_2B_1$ , and  $A_2B_2$ . When a third 2-level factor is included e.g. C, the total number of unique experiments is eight ( $2^3$ ). The layout is shown in Table 7.1. If all eight experiments are conducted, the results will make it possible to assess the main effects on the quality characteristic of varying A, B, and C as well as effects on the quality characteristic of interaction between these factors.

Table 7.1  $2^3$  Layout

	B <sub>1</sub>		B <sub>2</sub>	
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
A <sub>1</sub>				
A <sub>2</sub>				

Table 7.2  $2^3$  Layout

	B <sub>1</sub>		B <sub>2</sub>	
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
A <sub>1</sub>	*			*
A <sub>2</sub>		*	*	

If only main effects are our concern, the four combinations marked with an asterisk (\*) in Table 7.2 are selected and arranged as shown in Table 7.3, which is called an orthogonal array, O.A.

Table 7.3 Orthogonal Array  $L_4(2^3)$ 

Exp. No.	A	B	C	Results
	1	2	3	
1	1	1	1	$y_1$
2	1	2	2	$y_2$
3	2	1	2	$y_3$
4	2	2	1	$y_4$

The O.A. is a display of experiments, either planned or completed, showing experimental conditions. In Table 7.3, experiment 1 was conducted with all factors at level 1, i.e.  $A_1B_1C_1$ . The observed response was  $y_1$ . Experiment 2 was conducted with factor A at the first level ( $A_1$ ), and with factors B and C at their respective second levels, ( $B_2, C_2$ ). The response of experiment 2 was  $y_2$ .

The symbol  $L_a(b^c)$  is used to represent the orthogonal array

where    a = the number of experimental runs  
          b = the number of levels for each factor  
          c = the number of columns in the O.A.

The term 'orthogonal' means balanced, i.e. not mixed or confounded. With an experimental layout as in Table 7.3, the effect of A can be separated from the effects of B and C. Likewise, the effect of B can be separated from those of A and C, etc.

For example, the factors A, B and C in a chemical experiment are

A	Temperature:	$A_1 = 200^\circ\text{C}$	$A_2 = 250^\circ\text{C}$
B	Additive:	$B_1 = \text{No}$	$B_2 = \text{yes}$
C	Agitation:	$C_1 = \text{Lower speed}$	$C_2 = \text{Higher speed}$

Experiment 1, conducted at  $A_1B_1C_1$ , or at  $200^\circ\text{C}$ , without additive, and agitated at a lower speed, will yield  $y_1$ . In the same way, Experiment 2 would be conducted at  $200^\circ\text{C}$ , with additive and at a higher speed to obtain  $y_2$ .

The effect of A is obtained by averaging the yields at condition  $A_1$ , averaging the yields at condition  $A_2$ , and finding the difference.

Effect A = (Average effect of  $A_1$  only) - (Average effect of  $A_2$  only)

$$= \bar{A}_1 - \bar{A}_2 \quad (7.1)$$

$$= \frac{1}{2} (A_1B_1 + A_1B_2) - \frac{1}{2} (A_2B_1 + A_2B_2)$$

$$= \frac{1}{2} (y_1 + y_2) - \frac{1}{2} (y_3 + y_4) \quad (7.2)$$

Note: Using equation (7.1) and Table 7.3,  $\bar{A}_1$  was obtained from the results of Experiments 1 and 2 conducted at  $B_1$  and at  $B_2$ , respectively. Similarly,  $\bar{A}_2$  was obtained from the yield of Experiments 3 and 4. Since the effect of B is not mixed with the effect of A, A and B are orthogonal. In the same way, A and C are orthogonal, and B and C are orthogonal. That is, in every pair of columns, all combinations of all levels occur and they occur an equal number of times.

Effects of B and C are obtained by

$$\begin{aligned} \text{Effect of B} &= \bar{B}_1 - \bar{B}_2 \\ &= \frac{1}{2} (y_1 + y_3) - \frac{1}{2} (y_2 + y_4) \end{aligned} \quad (7.3)$$

$$\begin{aligned} \text{Effect of C} &= \bar{C}_1 - \bar{C}_2 \\ &= \frac{1}{2} (y_1 + y_4) - \frac{1}{2} (y_2 + y_3) \end{aligned} \quad (7.4)$$

## 7.2 Definition of Orthogonality

In the literature, orthogonal arrays are constructed differently. For example, instead of the numbers, the '1' and '2', that were used in Table 7.3, the symbols, '+' and '-', are used as in Table 7.4.

Table 7.4 Orthogonal Array  $L_4(2^3)$

Exp. No.	A	B	C	Results
	1	2	3	
1	-	-	-	$Y_1$
2	-	+	+	$Y_2$
3	+	-	+	$Y_3$
4	+	+	-	$Y_4$

Table 7.4 results directly from the classic definition of orthogonality. In equation (4.5) the linear equation L was introduced.

If in a linear equation with constant coefficients  $c_1, c_2, \dots, c_n$ , where

$$L = c_1 Y_1 + c_2 Y_2 + \dots + c_n Y_n, \quad (4.5)$$

the sum of the coefficients is equal to zero.,

$$\text{i.e. } c_1 + c_2 + \dots + c_n = 0, \quad (7.5)$$

then L is called a 'Contrast' or 'Comparison'.

If in two contrasts,

$$L_1 = c_1 y_1 + c_2 y_2 + \dots + c_n y_n \quad (7.6)$$

$$L_2 = c'_1 y_1 + c'_2 y_2 + \dots + c'_n y_n \quad (7.7)$$

the sum of the products of corresponding coefficients is equal to zero,

$$c_1 c'_1 + c_2 c'_2 + \dots + c_n c'_n = 0, \quad (7.8)$$

the equations  $L_1$  and  $L_2$  are orthogonal.

Orthogonal arrays represent a set of orthogonal linear equations. Use the columns of the O.A. in Table 7.4 to form linear equations in  $y_1, y_2 \dots y_n$  where the  $c_i$ 's = 1.0 and the signs of the  $c_i$ 's are the elements of the array.

For example in column 1 of Table 7.4, the signs of experiments 1, 2, 3 and 4 are -, -, + and +; therefore, the coefficients  $c_1, c_2, c_3$  and  $c_4$  of these four experimental results are -1, -1, +1 and +1. The linear equation from column 1 or the linear equation of A is then

$$L_A = -y_1 - y_2 + y_3 + y_4 \quad (7.9)$$

Similarly, the linear equations of columns 2 or B and 3 or C are

$$L_B = -y_1 + y_2 - y_3 + y_4 \quad (7.10)$$

$$L_C = -y_1 + y_2 + y_3 - y_4 \quad (7.11)$$

The orthogonality of  $L_A$  and  $L_B$  is ascertained by showing that the sum of the products of corresponding coefficients is zero:

$$(-1) \times (-1) + (-1) \times (1) + (1) \times (-1) + (1) \times (1) = 0 \quad (7.12)$$

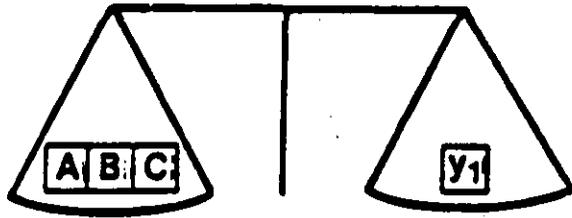
The orthogonality of  $L_A$  and  $L_C$ , and  $L_B$  and  $L_C$  can be demonstrated in the same way. In this book, numbers are used instead of signs and symbols because it is more convenient to use numbers when the number of factor levels exceeds two.

### 7.3 Weighing Problem

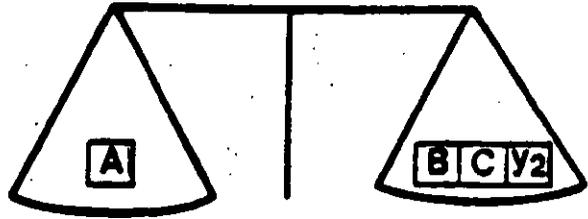
Orthogonal arrays were used in a study called the weighing problem which demonstrates their usefulness for efficient data collection.

Assume that there are three objects namely A, B, and C to be weighed. Let the true weights of these objects be A, B, and C. The experiments to determine the weights are:

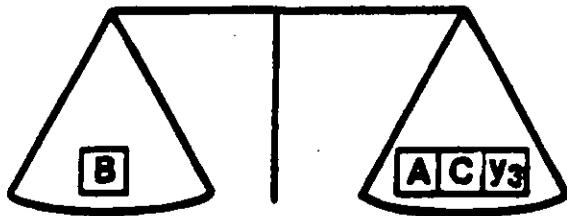
1. All three objects are put in the left pan and the total weight is measured to be  $y_1$ .
2. A is put in the left pan, B and C are placed in the right pan: the balance weight is measured to be  $y_2$ .
3. B is placed in the left pan, A and C are placed in the right pan: the balance weight is  $y_3$ .
4. C is placed in the left pan, A and B are placed in the right pan: the balance weight is  $y_4$ .



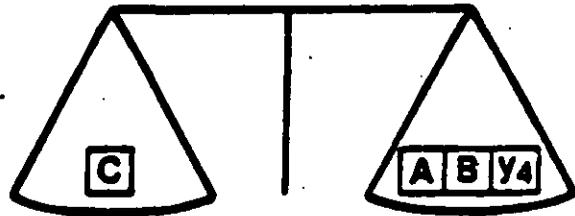
(1)



(2)



(3)



(4)

**FIGURE 7.1 WEIGHING PROBLEM**

These experiments are expressed by

$$\left. \begin{aligned} A + B + C + e_1 &= Y_1 \\ A - B - C + e_2 &= Y_2 \\ -A + B - C + e_3 &= Y_3 \\ -A - B + C + e_4 &= Y_4 \end{aligned} \right\} (7.13)$$

Where the e's denote the measurement errors. The weight of the three objects are estimated as:

$$\left. \begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \{ (Y_1 + Y_2 - Y_3 - Y_4) - (e_1 + e_2 - e_3 - e_4) \} \\ B &= \frac{1}{4} \{ (Y_1 - Y_2 + Y_3 - Y_4) - (e_1 - e_2 + e_3 - e_4) \} \\ C &= \frac{1}{4} \{ (Y_1 - Y_2 - Y_3 + Y_4) - (e_1 - e_2 - e_3 + e_4) \} \end{aligned} \right\} (7.14)$$

With this method, the standard deviation of the measurement error is  $\sigma/2$ . But if the individual objects were measured one by one, the standard deviation would have been  $\sigma$ . The array in Equation (7.13) is rewritten to obtain the orthogonal array in Table 7.5.

Table 7.5 Orthogonal Array  $L_4(2^3)$ .

No.	A	B	C	Results
1	+1	+1	+1	$Y_1$
2	+1	-1	-1	$Y_2$
3	-1	+1	-1	$Y_3$
4	-1	-1	+1	$Y_4$

#### 7.4 Orthogonal Array $L_8(2^7)$

The orthogonal array in Table 7.3 is an  $L_4(2^3)$  where up to three factors can be studied in four experimental runs. The  $L_4$  array is rarely used since most experimental conditions require consideration of a larger number of factors. The next simplest two-level orthogonal array is the  $L_8(2^7)$  where up to seven 2-level factors can be considered in eight experimental runs.

The array in Table 7.6 is an  $L_8(2^7)$  orthogonal array, or simply, orthogonal array  $L_8$ .

Table 7.6 Orthogonal Array  $L_8(2^7)$

Factor	A	B	C	D	E	F	G	
No.	1	2	3	4	5	6	7	Results
1	1	1	1	1	1	1	1	$Y_1$
2	1	1	1	2	2	2	2	$Y_2$
3	1	2	2	1	1	2	2	$Y_3$
4	1	2	2	2	2	1	1	$Y_4$
5	2	1	2	1	2	1	2	$Y_5$
6	2	1	2	2	1	2	1	$Y_6$
7	2	2	1	1	2	2	1	$Y_7$
8	2	2	1	2	1	1	2	$Y_8$

There are eight rows representing eight experiments and numbered 1-8. The elements of the seven columns consist of 1's and 2's. There are four 1's and four 2's in every column. In any pair of columns there are four 1,2 combinations, namely, (11), (12), (21) and (22). When each of these four combinations occurs an equal number of times in a given pair of columns, the two columns are balanced or orthogonal. It is seen that in Table 6.6 in all pairs of columns, the combinations (11), (12), (21) and (22) all occur, and each combination occurs an equal number of times. To assign an experiment to the  $L_8$  table, the number of factors may not exceed seven. When there are eight or more factors, larger layouts, addressed in subsequent chapters, must be used. When seven factors (A, B, C, D, E, F and G) with two levels each are assigned to the  $L_8$ , as in Table 7.6, eight experiments are

conducted, with eight combinations of  $A_1, A_2, B_1, B_2,$   
 $\dots,$  and  $G_1, G_2$  instead of 128 ( $2^7$ ) experiments and  
 combinations, as shown in Table 7.7

Table 7.7 Eight Combinations in  $L_8$  Table and Full Factorial Experiments

			$A_1$				$A_2$				
			$B_1$		$B_2$		$B_1$		$B_2$		
			$C_1$	$C_2$	$C_1$	$C_2$	$C_1$	$C_2$	$C_1$	$C_2$	
$D_1$	$E_1$	$F_1$	$G_1$	$y_1$							
			$G_2$								
		$F_2$	$G_1$								
			$G_2$				$y_3$				
	$E_2$	$F_1$	$G_1$								
			$G_2$					$y_5$			
		$F_2$	$G_1$						$y_7$		
			$G_2$								
$D_2$	$E_1$	$F_1$	$G_1$								
			$G_2$						$y_8$		
		$F_2$	$G_1$					$y_6$			
			$G_2$								
	$E_2$	$F_1$	$G_1$			$y_4$					
			$G_2$								
		$F_2$	$G_1$								
			$G_2$	$y_2$							

In Table 7.7, the eight combinations of factors A, B, C, D, E, F, and G are indicated by those cells with y's.

## 7.5 Rubber Mixing Experiment

In a rubber mixing process, mixing conditions affect physical properties of the product. In order to obtain the best mixing conditions for the lowest rubber extrusion temperature, the following factors were cited:

A Banbury mixer mixing time	A <sub>1</sub> : Current time	A <sub>2</sub> : Current time + 3 min.
B Cooling mixer mixing time	B <sub>1</sub> : Current time	B <sub>2</sub> : Current time + 5 min.
C Heating roll mixing time	C <sub>1</sub> : Current time	C <sub>2</sub> : Current time - 3 min.
D Mixer batch quantity	D <sub>1</sub> : Smaller quantity	D <sub>2</sub> : Larger quantity
E Carbon black mixing ratio	E <sub>1</sub> : 30 parts	E <sub>2</sub> : 20 parts
F Process oil mixing ratio	F <sub>1</sub> : Less	F <sub>2</sub> : More
G Quantity of hard clay	G <sub>1</sub> : More	G <sub>2</sub> : Less

It was suggested before the experiment that the quantity of process oil should be increased when the quantity of carbon black is increased. Therefore, the quantity of process oil was not fixed at a certain level but set at the levels shown in the following table:

Process oil	F <sub>1</sub> (less)	F <sub>2</sub> (more)
E <sub>1</sub>	11	14
carbon black		
E <sub>2</sub>	9	12

The technique of adjusting the levels of P according to the level change of E was explained in the previous chapter and is called 'the sliding of levels'.

The assignment and results of the experiments are shown in Table 7.8.

Table 7.8 Layout and results

Factor	A	B	C	D	E	F	G	Results
No.	1	2	3	4	5	6	7	
1	1	1	1	1	1	1	1	84
2	1	1	1	2	2	2	2	96
3	1	2	2	1	1	2	2	89
4	1	2	2	2	2	1	1	97
5	2	1	2	1	2	1	2	94
6	2	1	2	2	1	2	1	91
7	2	2	1	1	2	2	1	94
8	2	2	1	2	1	1	2	92

The conditions of experiment No. 3 are  $A_1B_2C_2D_1E_1F_2G_2$ , or

$A_1$  = Banbury mixer mixing time is current time

$B_2$  = Cooling roll mixing time is current time plus 5 minutes

$C_2$  = Heating roll mixing time is current time minus 3 minutes

$D_1$  = Mixer batch quantity is smaller quantity

$E_1$  = Quantity of carbon black is 30 parts

$F_2$  = Quantity of process oil is 14 parts

$G_2$  = Quantity of hard clay is less

Using this configuration, rubber was mixed and extruded under the experimental conditions indicated, and the temperature immediately after the extrusion was 89°C.

$A_1$  and  $A_2$  are compared by comparing the totals of  $A_1$  and  $A_2$ . The total of  $A_1$  or  $A_2$  is the sum of all results obtained with  $A = A_1$ , or  $A = A_2$ , respectively.

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= 84 + 96 + 89 + 97 = 366 \\ A_2 &= 94 + 91 + 94 + 92 = 371 \end{aligned} \right\} \quad (7.15)$$

and the averages,  $\bar{A}_1$  and  $\bar{A}_2$ , are

$$\left. \begin{aligned} \bar{A}_1 &= \frac{366}{4} = 91.5 \\ \bar{A}_2 &= \frac{371}{4} = 92.5 \end{aligned} \right\} \quad (7.16)$$

In the same way, the total of  $B_1$  is the total of all experimental results obtained with  $B = B_1$ , i.e. Experiments 1, 2, 5 and 6, and the total of  $B_2$  is obtained from the sum of all experimental results obtained with  $B = B_2$ , i.e. experiments 3, 4, 7 and 8.

## 7.6 Analysis of Variance

The totals for each level of factors A, B, ..., and G were calculated and are shown in Table 7.9.

Table 7.9 Total of Factor Levels

Factor	A	B	C	D	E	F	G
First level	366	365	366	361	356	367	366
Second level	371	372	371	376	381	370	371
Total	737	737	737	737	737	737	737

Equation (5.2) defined the correction factor for n runs as:

$$CF = \frac{T^2}{n}$$

Therefore,

$$\begin{aligned} CF &= \frac{(84 + 96 + 89 + \dots + 92)^2}{8} \\ &= \frac{737^2}{8} = 67896 \end{aligned} \quad (7.17)$$

From equation (5.1), the total sum of squares,

$$\begin{aligned} S_T &= y_1^2 + y_2^2 + \dots + y_n^2 - CF \\ &= 84^2 + 96^2 + \dots + 92^2 - 67896 \\ &= 68019 - 67896 = 122 \quad (f=7) \quad (7.18) \end{aligned}$$

Likewise, from equation (5.4), the main effect A is

$$\begin{aligned} S_A &= \frac{A_1^2}{n} + \frac{A_2^2}{n} - CF \\ &= \frac{366^2}{4} + \frac{371^2}{4} - 67896 = 3 \quad (7.19) \end{aligned}$$

When a factor has two levels, its sum of squares may also be calculated by

$$S = \frac{\{(\text{Total of first level}) - (\text{Total of second level})\}^2}{\text{Total number of observations}} \quad (7.20)$$

In the case of A,

$$S_A = \frac{(366 - 371)^2}{8} = 3 \quad (7.21)$$

Similarly,

$$S_B = \frac{(365 - 372)^2}{8} = 6 \quad (7.22)$$

$$S_C = \frac{(366 - 371)^2}{8} = 3 \quad (7.23)$$

The results of analysis of variance as detailed in Chapter 4 are summarized in Table 7.10.

Table 7.10 ANOVA

Source	f	S	V	F
A	1	3	3 <sup>o</sup>	
B	1	6	6 <sup>o</sup>	
C	1	3	3 <sup>o</sup>	
D	1	28	28	8.7*
E	1	78	78	24.3*
F	1	1	1 <sup>o</sup>	
G	1	3	3 <sup>o</sup>	
T	7	122		

In the ANOVA discussions in chapters 3, 4 and 5, the sum of squares was decomposed into several contributing components. One of which was  $S_e$ , calculated as:

$$S_e = S_T - \text{(Total of main effects)}$$

$$f_e = f_T - \text{(Total degrees of freedom of main effects)}$$

In the current example,

$$f_e = 7 - 7 = 0$$

Recall that the number of degrees of freedom is a measure of the amount of information that can be uniquely determined from a given set of data. The error degrees of freedom,  $f_e = 0$  does not imply that there is no error, but that the information concerning error sum of squares cannot be specifically determined. Therefore, in such instances the smaller factorial effects can be and often are pooled together as an estimate of error.

The small sums of squares (marked with a  $^{\circ}$  in Table (7.10)) are pooled together into  $S_{(e)}$ ,

$$S_{(e)} = S_A + S_B + S_C + S_F + S_G$$

$$S_{(e)} = 3 + 6 + 3 + 1 + 3 = 16$$

and

$$f_{(e)} = f_A + f_B + f_C + f_F + f_G$$

$$f_{(e)} = 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 5$$

Therefore, the pooled error variance,

$$v_{(e)} = \frac{S_{(e)}}{f_{(e)}} = \frac{16}{5} = 3.2 \quad (7.24)$$

The significance of the main effects D and E are now tested against  $V_e$ .

$$F_D = \frac{28}{3.2} = 8.7 \quad (7.25)$$

$$F_E = \frac{78}{3.2} = 24.3 \quad (7.26)$$

Since  $F_{0.05}(1,5) = 6.61$  and  $F_{0.01}(1,5) = 16.26$ , D and E are significant at the 5% and 1% levels, respectively.

Pooling, the incorporation of main effects into the error sum of squares, is usually done starting with the smallest main effect and continued with successively larger effects until the total pooled degrees of freedom is about a half of the total degrees of freedom.

In this case, the total degrees of freedom is 7 (half 3.5). Accordingly, the pooled degrees of freedom should be 3 or 4; however, the magnitudes of A, B, C, F and G are so close to one another as compared to D and E that they are all pooled together giving the pooled degrees of freedom of 5. From the observations made at  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $E_1$ ,  $E_2$ , and using Table 7.9, the averages of significant factors D and E are

$$\bar{D}_1 = \frac{361}{4} = 90.3$$

$$\bar{D}_2 = \frac{376}{4} = 94.0$$

$$\bar{E}_1 = \frac{356}{4} = 89.0$$

(7.27)

$$\bar{E}_2 = \frac{381}{4} = 95.3$$

From equations (4.43) and (4.47), the 95% confidence intervals for D and E are equal and given by

$$\begin{aligned} \text{C.I.} &= \pm \sqrt{F_{0.05}(1,5) \times V_e \times \frac{1}{n_e}} = \pm \sqrt{6.61 \times 3.2 \times \frac{1}{n_e}} \quad (7.28) \\ &= \pm 2 \end{aligned}$$

These results are plotted in Figures 7.2 and 7.3.

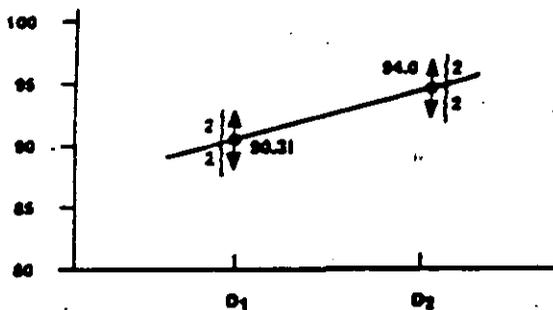


FIGURE 7.2 EFFECT OF D

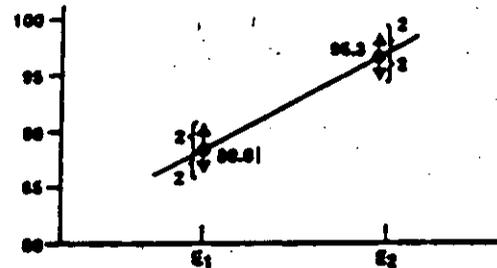


FIGURE 7.3 EFFECT OF E

As defined in Chapter 5, equation (5.29), the process average,

$\hat{\mu}$ , is calculated as follows:

$$\hat{\mu} = \bar{T} + (\bar{D}_1 - \bar{T}) + (\bar{E}_1 - \bar{T})$$

$$= \bar{D}_1 + \bar{E}_1 - \bar{T}$$

$$= \frac{361}{4} + \frac{356}{4} - \frac{737}{8} = 87$$

The optimum operating conditions are those which result in the lowest temperature (if the cost is right) and are  $D_1$  and  $E_1$ . The estimate,  $\mu$ , of the temperature under these conditions is (equation 5.28)

$$\hat{\mu} = \mu \pm \sqrt{F_{0.05}(1,5) \times v_e \times \frac{1}{n_e}}$$

where  $n_e$  is calculated from Taguchi's Equation (equation 5.32)

$$n_e = \frac{\text{Total number of experiments}}{\text{Total degrees of freedom of factorial effects used to estimate } \mu}$$

$$= \frac{8}{1(\text{mean}) + 1(D) + 1(E)} = 2.7$$

### 7.7 The Reasons For Using Orthogonal Arrays

In order to estimate the seven factorial effects A, B, ..., G, it is not necessary to carry out the experiments using the orthogonal array as shown in the previous section.

The experiments represented in Table 7.11 have been used for many years. With this method, the effect of mixing time in Banbury mixers is investigated by varying the condition of A, from  $A_1$  to  $A_2$ , while the levels of B, C, ..., G are kept constant (at  $B_1C_1D_1E_1F_1G_1$  for example). The effect of cooling mixer time is investigated by varying the condition of B, from  $B_1$  to  $B_2$ , while levels  $A_1C_1D_1 \dots G_1$  are kept constant, etc.

This method is called the one-factor-at-a-time method of experimentation.

Table 7.11 One-Factor-at-a-Time Method

No.	A	B	C	D	E	F	G
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	1	1	1	1	1	1
3	2	2	1	1	1	1	1
4	2	2	2	1	1	1	1
5	2	2	2	2	1	1	1
6	2	2	2	2	2	1	1
7	2	2	2	2	2	2	1
8	2	2	2	2	2	2	2

In the experiments shown in Table 7.11 the level of only one factor is changed from one experiment to another. Such an experiment is much easier to conduct than the experiments represented in orthogonal arrays. Nevertheless, the layout by orthogonal array is superior. In the one-factor-at-a-time method, levels  $A_1$  and  $A_2$  are compared while other factors B, C, ..., G are fixed.

Generally speaking, the difference of  $A_1$  and  $A_2$  can be obtained very precisely by using this method. On the contrary, in orthogonal arrays, the average effect of  $A_1$  and  $A_2$  (or

main effect  $A_1$ ) is obtained by varying the levels of other factors. That is, to calculate the average of  $A_1$ , the data obtained from four experiments (1, 2, 3 and 4) are used, and the average of  $A_2$  is obtained from experiments 5, 6, 7 and 8. Application of such a layout is very time consuming since the conditions of many factors must be varied for each experiment and the data variation between experiments generally becomes larger than the variation between experiments which allow one factor to vary at a time. On the other hand, the comparison between data from single experiments in the one-factor-at-a-time method is less precise than the comparison between the averaged data of several experiments using orthogonal arrays. This advantage in orthogonal array design might be offset by the disadvantage caused by possible increased variation when the levels of many factors vary from experiment to experiment. As a result, there is no guarantee of better precision. What then is the merit of the more time consuming orthogonal array experiments?

Orthogonal array experiments often result in good reproducible results concerning factorial effects. In the experiments of orthogonal arrays, the difference of the two levels  $A_1$  and  $A_2$  is determined as the average effect while the conditions of other factors vary.

If the influence of  $A_1$  and  $A_2$  on experimental results is consistent while other factors vary, the effects obtained from orthogonal array experiments tend to be significant. On the

other hand, if the difference between  $A_1$  and  $A_2$  reverses or varies greatly when other factors change, the effect A tends to be insignificant.

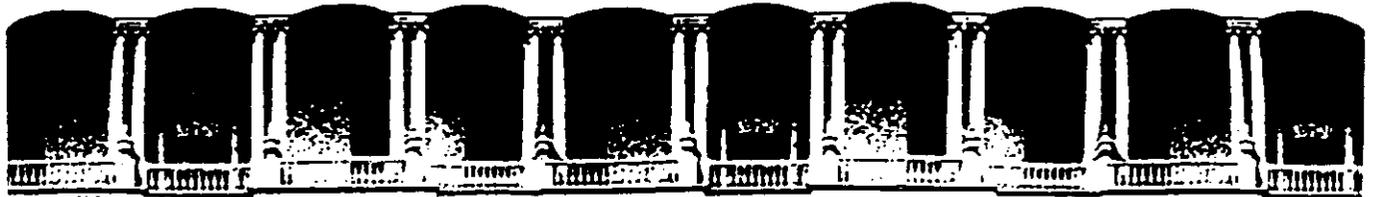
The meaning of the terms significant and insignificant as applied to orthogonal arrays should be clarified. 'Significant effect' implies that the variance of the effect or phenomenon is large when compared to the pooled variance of small factorial effects, interactions and error. The property whereby factors maintain their effects under varied and changing conditions is called robustness. The main purpose of experimentation is to obtain results that are reproducible under varied, and untested conditions. The strength of design of experiments using orthogonal arrays is the reliability of significant factorial effects, i.e. the robustness of significant effects.

According to experiments using the one-factor-at-a-time method, the difference between  $A_1$  and  $A_2$  is estimated under a certain constant condition of other factors. No matter how precisely such an effect is estimated or how neatly the curve is plotted, the magnitude of the effect is correctly predicted only for the case where the levels of other factors are exactly identical to the condition which was fixed at the time of experimentation. There are no guarantees for obtaining experimental factorial effects in manufacturing situations where factorial conditions are different. Accordingly, it is also doubtful whether the results obtained from the experimental data of the one-factor

at-a-time method will be consistent if researchers or raw materials are changed.

It is said that since orthogonal arrays have been used for experimental design, the results of small scale laboratory experimental results have become satisfactorily reproduced in the actual manufacturing environment. That is, the effect of a factor that is consistent under various conditions of other factors, will probably be reproduced under manufacturing scale conditions.

Reproducibility or reliability of experimental conclusions is, therefore, by far the most important feature in the application of orthogonal arrays.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**INGENIERIA DEL VALOR E INGENIERIA DE CALIDAD**

**ANALISIS DE CASOS: MEJORAMIENTO DE UN PROCESO**

**E.D. GOODWIN**

**NOVIEMBRE, 1992**

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285



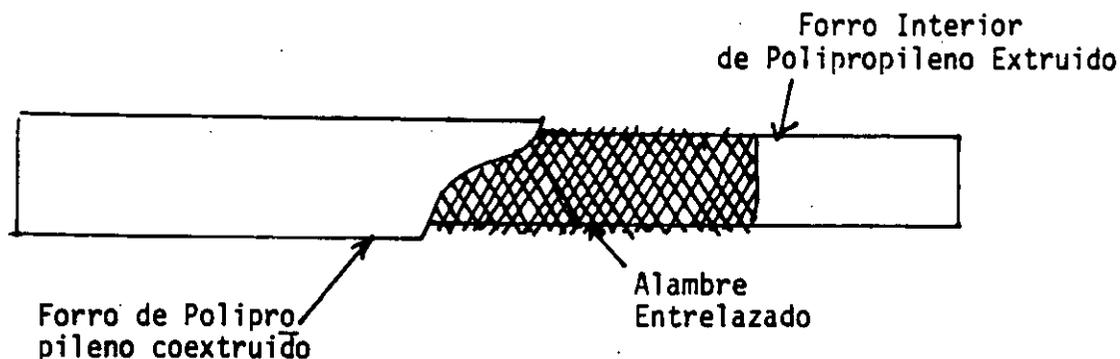
## MEJORAMIENTO DE UN PRODUCTO

### 1. PRODUCTO SOMETIDO A PRUEBA

EL PRODUCTO SOMETIDO A ENSAYO EN ESTE EXPERIMENTO ES LA CUBIERTA EXTRUIDA EN TERMOPLASTICO DEL CABLE DEL VELOCIMETRO, MOSTRADO EN LA FIGURA 1, ESTE PRODUCTO ES UTILIZADO PARA CUBRIR EL CABLE DE LOS VELOCIMETROS MECANICOS EN AUTOMOVILES. EL PRODUCTO CONSISTE DE UN FORRO INTERIOR DE POLIPROPILENO EXTRUIDO, UNA CAPA DE ALAMBRE ENTRELAZADO Y UN FORRO COEXTRUIDO.

ESTE PRODUCTO HA SIDO PRODUCIDO POR MAS DE QUINCE AÑOS, PRIMERA-MENTE MANUFACTURADO POR PRODUCTOS FLEX, EL FORRO BAJO PRUEBA HA SIDO PRODUCIDO POR UNA DIVISION DE LA CORPORACION GENERAL MOTORS. ESA DIVISION HA EFECTUADO MUCHA EXPERIMENTACION PARA UN SOLO FAC-TOR A UN TIEMPO CON ALTOS COSTOS Y RESULTADOS DECEPCIONANTES.

FIGURA.- 1 . EL PRODUCTO  
CUBIERTA EXTRUIDA EN TERMOPLASTICO DEL CABLE DEL VELOCIMETRO



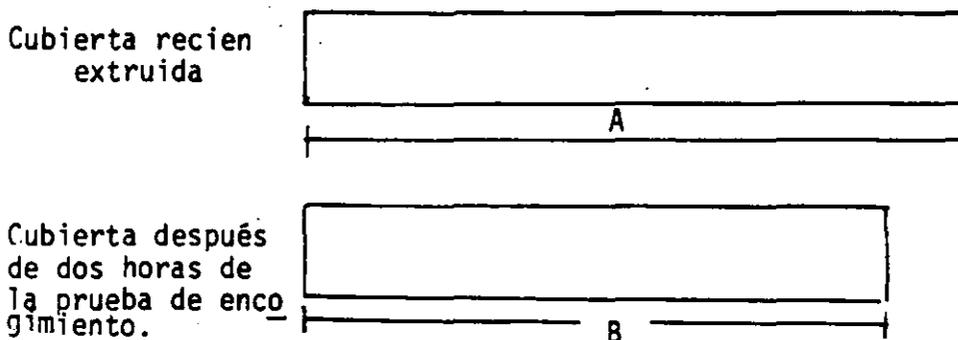
### 2. CARACTERÍSTICA DE CALIDAD

LA CARACTERÍSTICA DE CALIDAD DE INTERES ES EL ENCOGIMIENTO POSTERIOR A LA EXTENSION DEL FORRO. EL EXCESIVO ENCOGIMIENTO PUEDE CAUSAR RUIDO EN EL ENSAMBLE, EL CUAL HA SIDO UNO DE LOS GRANDES PROBLEMAS EN SU ENSAMBLE CON VELOCIMETROS MECANICOS. EL ENCOGIMIEN-

TO POSTERIOR A LA EXTRUSION SE PRESENTA APROXIMADAMENTE A LAS DOS HORAS DE LA PRUEBA DE CALENTAMIENTO (HEAT SOAK TEST) COMO SE MUESTRA EN LA FIGURA 2.

EL PORCENTAJE DE ENCOGIMIENTO SE OBTIENE POR LA MEDICION DE UN FORRO QUE HA SIDO ACONDICIONADO APROPIADAMENTE, COLOCANDO EL FORRO POR DOS HORAS EN MEDIO DE UNA CORRIENTE DE AIRE CALIENTE, DESPUES DE LO CUAL SE MIDE SU LONGITUD, LA LONGITUD FINAL ES ENTONCES RESTADA DE LA LONGITUD ORIGINAL Y ENTONCES MULTIPLICAMOS POR 100 PARA OBTENER EL RESULTADO EN POR CIENTO. LA LONGITUD APROXIMADA DE LAS MUESTRAS ES 600 mm.

FIGURA.- 2  
LA CARACTERISTICA DE CALIDAD  
PORCENTAJE DE ENCOGIMIENTO DESPUES DE DOS HORAS DE LA PRUEBA DE CALENTAMIENTO



### 3. EL PROCESO

EL PROCESO DE PRODUCCION PARA ESTE PRODUCTO ES (1) EXTRUIDO LA LINEA INTERIOR DEL POLIPROPILENO, ~~SE~~ ENFRIA Y SE ENROLLA, (2) DESARROLLANDO LA LINEA INFERIOR (POLIPROPILENO) SE COLOCA EL ALAMBRE TRENZADO SOBRE ELLA Y SE VUELVE A ENROLLAR Y (3) DESARROLLANDO EL ENSAMBLE PREVIO SE ESTRUYEN EL FORRO SOBRE EL Y ENTONCES SE HACE EL CORTE DEL PRODUCTO A SU LONGITUD FINAL.

HAY TRES OPERACIONES SEPARADAS. MUCHOS DE LOS ESFUERZOS PARA REDUCIR EL ENCOGIMIENTO POSTERIOR A LA EXTRUSION HAN SIDO DIRIGIDOS A LA OPERACION FINAL, DEBIDO A QUE LAS CARACTERISTICAS SE ESPECIFI-

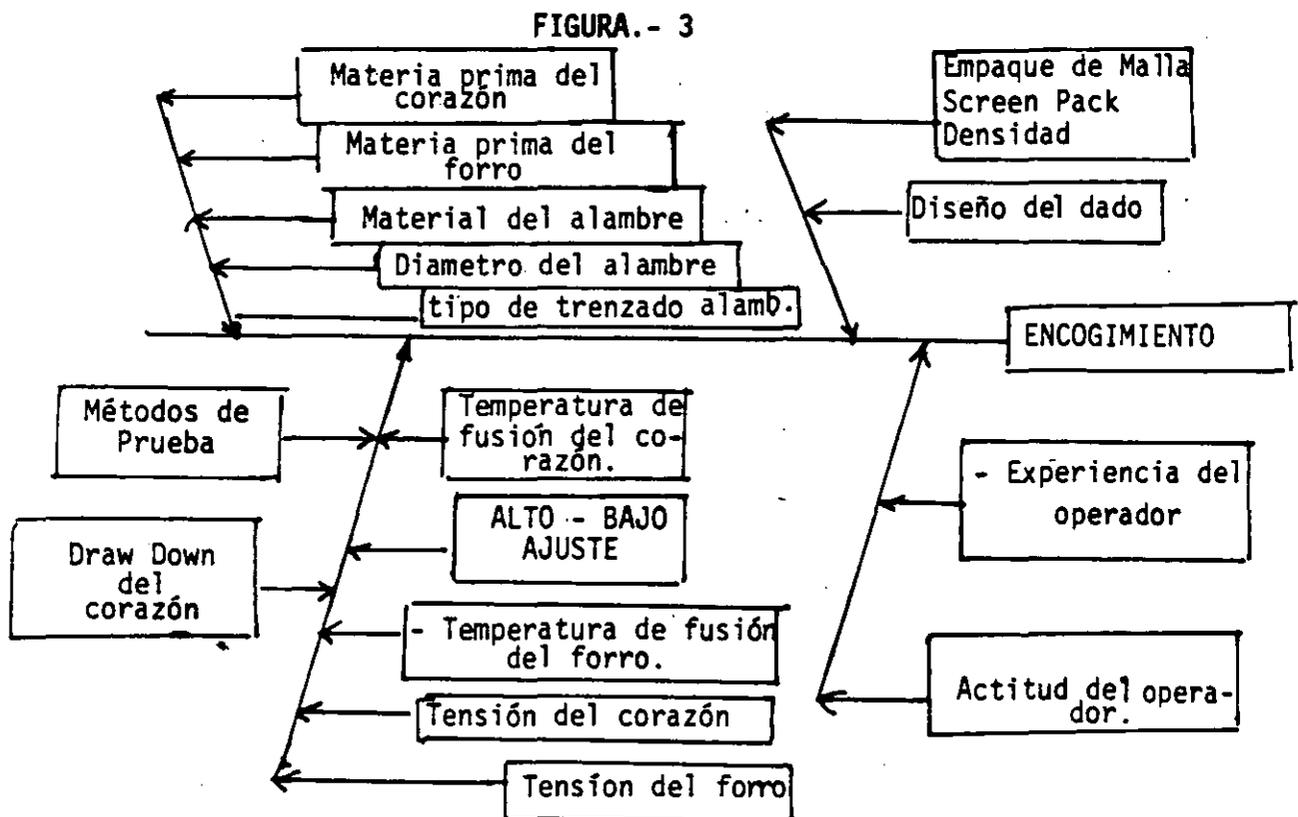
CARON EN LOS DIBUJOS DE INGENIERIA. EN ADICION EN LAS DISCUSSIONES CONCERNIENTES AL ENCOGIMIENTO POSTEXTRUSION LA OPERACION FINAL PARECIO LA OPERACION MAS LOGICA EN LA CUAL LOS EFECTOS SIGNIFICATIVOS PARA EL ENCOGIMIENTO POSTEXTRUSION LA OPERACION FINAL PARECIO LA OPERACION MAS LOGICA EN LA CUAL LOS EFECTOS SIGNIFICATIVOS PARA EL ENCOGIMIENTO EXISTIRIAN .

#### 4. EL DIAGRAMA CAUSA Y EFECTO PARA EL EXPERIMENTO

EN EL DISEÑO PRELIMINAR DEL EXPERIMENTO, LOS DIAGRAMAS DE CAUSA Y EFECTO SON LA MANERA MAS UTIL DE GENERAR UNA LISTA DE LOS FACTORES PARA LA PRUEBA.

LOS DIAGRAMAS CAUSA-EFECTO, AYUDAN MAS A ESTRUCTURAR LAS IDEAS QUE LOS METODOS DE TORMENTA DE IDEAS TRADICIONALES.

LA FIGURA 3 , ES UNA VERSION ABREVIADA DE LOS DIAGRAMAS C-E REALES.



EN ESTE EXPERIMENTO, NOSOTROS OBTUVIMOS LA OPINION DE LOS USUARIOS, EL PERSONAL DE PRODUCCION, EL PERSONAL DE CALIDAD Y LOS INGENIEROS INVOLUCRADOS EN EL PRODUCTO Y EN EL PROCESO PARA DESARROLLAR UNA LISTA DE FACTORES QUE PODRIAN CONTRIBUIR AL ENCOGIMIENTO. OBTENIENDO LOS DATOS DE TODAS LAS PERSONAS INFORMADAS, LA PROBABILIDAD DE EFECTUAR UN EXPERIMENTO EXITOSO SE INCREMENTA DRAMATICAMENTE.

ESTE GRAN DIAGRAMA DE FACTORES POTENCIALES FUE ENTONCES REDUCIDO A LOS 15 MAS IDONEOS POR UN PROCESO DE CONSENSO.

## 5. LISTADO DE FACTORES

EL RESULTADO FINAL FUE UNA LISTA DE QUINCE FACTORES EN DOS NIVELES MOSTRADOS EN LA FIG. 4. NOTESE QUE CUATRO FACTORES CONCIERNEN AL PRIMER PASO DEL PROCESO DE PRODUCCION, LOS TRES SIGUIENTES CONCIERNEN AL TRENZADO DEL ALAMBRE Y LOS OCHO SIGUIENTES CONCIERNEN CON EL PROCESO DE FORRADO.

UNOS CUANTOS DE ESOS FACTORES CONCIERNEN A LAS CARACTERISTICAS ESPECIFICAS DE DISEÑO. EL DIAMETRO EXTERIOR DEL ALAMBRE Y LA MATERIA PRIMA DEL FORRO SON TODOS DISEÑADOS PARA EL PRODUCTO.

LOS NIVELES DE LOS FACTORES FUERON SELECCIONADOS POR PERSONAL FAMILIARIZADO CON EL PROCESO. ESTE GRUPO FUE ESENCIALMENTE EL MISMO QUE PARTICIPO EN EL DIAGRAMA CAUSA-EFECTO CON LA EXCEPCION DE LOS CLIENTES, QUIENES NO FUERON INCLUIDOS.

## 6. EL ARREGLO DE LOS RESULTADOS UTILIZANDO UN ARREGLO L<sub>16</sub> ORTOGONAL.

LA FIGURA 5 MUESTRA EL ARREGLO L<sub>16</sub> PERMITE PROBAR HASTA 15 FACTORES EN DOS NIVELES. POR SUPUESTO EN ESTE TIPO DE DISEÑO SE CORRE EL RIESGO DE CONFUNDIR LOS EFECTOS INTERACTIVOS CON LOS EFECTOS FACTORIALES. LA ELIMINACION TOTAL DE ESTE RIESGO SOLAMENTE ES POSIBLE SI

TODAS LAS 32768 COMBINACIONES DE LOS FACTORES FUERON ENSAYADOS. PARA MINIMIZAR EL RIESGO, EL EXPERIMENTO DEBE ENSAYARSE POR REPRODUCTIBILIDAD.

#### FIGURA 4

##### LISTA DE FACTORES

	A. DIAMETRO EXTERIOR DEL CORAZON	A1=ACTUAL A2= CAMBIADO
PROCESO DEL CORAZON	B. DADO PARA EL CORAZON	B1= ACTUAL B2= CAMBIADO
	C. MATERIAL DEL CORAZON	C1= ACTUAL C2= CAMBIADO
	D. VELOCIDAD DE LA LINEA DE CORAZON	D1= ACTUAL D2= 80% DE LA ACTUAL
TRENZADO DEL ALAMBRE	E. TIPO DE TRENZADO DEL ALAMBRE	E1= ACTUAL E2= COMBINADO
	F. TENSION DEL TRENZADO	F1= ACTUAL F2= COMBINADO
	G. DIAM. DEL ALAMBRE	G1= MAS PEQ. G2= ACTUAL
	H. TENSION DEL CORAZON	H1= ACTUAL H2= MAYOR
	I. TEMPERATURA DEL CORAZON	H1= AMBIEN I2= PRECALENTADO
PROCESO DE FORRADO	J. MATERIAL DEL FORRO	J1= ACTUAL J2= COMBINADO
	K. TIPO DE DADO PARA EL FORRO	K1= ACTUAL K2= COMBINADO
	L. TEMPERATURA DE FUSION	L1= ACTUAL L2= COMBINADO
	M. SCREEN PACK	M1= ACTUAL M2= MAS FRIA
	N. METODO DE ENFRIAMIENTO.	N1= ACTUAL N2= COMBINADO
	O. VELOCIDAD DE LA LINEA.	O1= ACTUAL O2=70% DEL EXISTENTE.

EN VISTA DE QUE UN MINIMO DE 3,000 PIES DE PRODUCTO TERMINADO FUE LA CANTIDAD MAS PEQUEÑA QUE PUEDE MANUFACTURARSE PARA UNA COMBINACION DADA DE FACTORES 48,000 PIES DEL PRODUCTO FUERON SOMETIDOS A UN EXPERIMENTO.

EL EXPERIMENTO EN SI MISMO FUE COMPLICADO EN SU EJECUCION A TRAVES DE NUESTRA PLANTA DE EXTRUSION. EN UN ESFUERZO POR MINIMIZAR LA CONFUSION, HOJAS DE SUMARIO PARA CADA OPERACION FUERON DADAS A LOS SUPERVISORES Y A LOS OPERADORES, ESAS HOJAS ENLISTABAN LA COMBINACION DE LOS FACTORES Y LAS ORDENES DE PRODUCCION LAS CUALES SE HI-

CIERON AL AZAR EN LA MEDIDA DE LO POSIBLE

AUN CON EL USO DE HOJAS DE SUMARIO, LA EJECUCION DEL EXPERIMENTO NO FUE FACIL, LA ADMINISTRACION Y LOS OPERADORES DE PRODUCCION MERECE MUCHO DEL CREDITO POR EL EXITO DE ESTE EXPERIMENTO.

DESPUES, MUESTRAS AL AZAR FUERON SELECCIONADAS DE CADA MUESTRA DE - 3,000 PIES, SE EJECUTARON ENTONCES CUATRO PRUEBAS DE CALENTAMIENTO POR SEPARADO, FUE EFECTUANDO UNA PRUEBA POR DIA, CALCULANDOSE Y REGISTRANDOSE EL ENCOGIMIENTO.

FIGURA.- 5

ARREGLO UTILIZANDO UN AREGLO ORTOGONAL LIG																TEST:				S/N RATIO
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	1	2	3	4		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.49	0.54	0.46	0.45	6.26	
1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	0.55	0.60	0.57	0.58	4.80	
1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	0.07	0.09	0.11	0.08	21.04	
1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	0.16	0.16	0.19	0.19	15.11	
1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	0.13	0.22	0.20	0.23	14.03	
1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	0.16	0.17	0.13	0.12	16.69	
1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	0.24	0.22	0.19	0.25	12.91	
1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	0.13	0.19	0.19	0.19	15.05	
2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	0.08	0.10	0.14	0.18	17.67	
2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	0.07	0.04	0.19	0.18	17.27	
2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	0.48	0.49	0.44	0.41	6.82	
2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2	0.54	0.53	0.53	0.54	5.43	
2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	0.13	0.17	0.21	0.17	15.27	
2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	0.28	0.26	0.26	0.30	11.20	
2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2	0.34	0.32	0.30	0.41	9.24	
2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1	0.58	0.62	0.59	0.54	4.68	

## 7. RAZÓN DE LA SEÑAL A RUIDO

EL DR. TAGUCHI HA EXTENDIDO MI CONCEPTO DE AUDIO DE LA SEÑAL DE RUIDO

A LA EXPERIMENTACION CON VARIABLES MULTIPLES. LAS FORMULAS PARA SEÑAL DE RUIDO PERMITEN QUE EL EXPERIMENTO PUEDA SELECCIONAR SIEMPRE EL VALOR MAS ALTO PARA OPTIMIZAR EL EXPERIMENTO. POR ESTO, EL METODO DE CALCULAR, LA RAZON DE LA SEÑAL DE RUIDO DIFIEREN DEPENDIENDO SI UNA RESPUESTA DE GRAN AMPLITUD, UNA RESPUESTA DE AMPLITUD PEQUEÑA O UNA CIERTA RESPUESTA ES DESEABLE.

EN CASOS COMO ESTOS DONDE LA CANTIDAD DE ENCOGIMIENTO SI ES PEQUEÑA ES MEJOR, LA FORMULA ES MOSTRADA EN LA FIGURA 6, EN ESTE CASO UNA REDUCCION EN SU VARIABILIDAD MEJORARA LA SITUACION. LA FIGURA MUESTRA EJ MEJORAMIENTO EN LA RAZON DE LA SEÑAL DE RUIDO CUANDO CADA UNA DE ESTAS CARACTERISTICAS SE MEJORA.

#### FIGURA.- 6

RAZON SEÑAL A RESPUESTA CUANDO LA RESPUESTA MENOR ES MENOR

Formula:

$$S/N = - 10 \times \text{Log} \left( 1/n \sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$$

Ejemplos:

Case	Avg.	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	S/N
1...	.50	.56	.44	.54	.46	5.94
2...	.15	.21	.09	.19	.11	16.00
3...	.15	.15	.16	.14	.15	16.47

CASO 3 ES MEJOR- IGUAL PROMEDIO QUE EL CASO 2 PERO MENOR VARIABILIDAD

### 8.- LOS TOTALES PARA CADA NIVEL DE FACTORES

EL PRIMER PASO DE UN ANALISIS DE UN EXPERIMENTO MULTIVARIABLE ES SUMAR TODOS LOS RESULTADOS CONTENIDOS EN UN NIVEL DE UN FACTOR Y COMPARARLOS CON EL OTRO NIVEL DEL FACTOR. SI EL NIVEL UNO DEL FACTOR A POR EJEMPLO DECRECE EN EL PROMEDIO DE ENCOGIMIENTO O REDUCE SUSTANCIALMENTE SU VARIABILIDAD, ENTONCES LA RAZON DE LA SEÑAL DE RUIDO PARA  $A_1$  SERIA MAS GRANDE QUE PARA  $A_2$ .

DEBIDO A QUE EL EXPERIMENTO FUE EFECTUADO UTILIZANDO UN ARREGLO ORTOGONAL, EL TOTAL PARA CADA NIVEL DE FACTOR CONTIENE OCHO RAZONES DE SEÑALES DE RUIDO. POR DEFINICION LOS TOTALES PARA AMBOS NIVELES DE UN FACTOR DADO IGUALAN EL TOTAL DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES, POR EJEMPLO 193.47, REVISANDO LOS NUMEROS DE LA FIGURA 7, UN TANTEO PARA EL EFECTO DE CADA FACTOR PUEDE OBTENERSE NOTANDO LA DIFERENCIA EN LAS SEÑALES DE RUIDO TOTALES PARA UN NIVEL DE FACTOR DADO.

A LA DIFERENCIA MAS GRANDE ENTRE EL NIVEL 1 Y EL NIVEL 2 PARA UN FACTOR, CORRESPONDE UN MAYOR EFECTO DEL FACTOR.

FIGURA .- 7

TOTALES DE S/N PARA CADA NIVEL DE FACTORES

A1 = 105.88	E1 = 67.96	I1 = 92.82	M1 = 94.97
A2 = 87.59	E2 = 125.51	I2 = 100.64	M2 = 98.50
B1 = 94.40	F1 = 87.89	J1 = 99.40	N1 = 94.51
B2 = 99.07	F2 = 105.51	J2 = 94.07	N2 = 98.96
C1 = 87.61	G1 = 77.74	K1 = 106.25	O1 = 95.01
C2 = 105.86	G2 = 115.73	K2 = 87.22	O2 = 98.96
D1 = 103.19	H1 = 103.24	L1 = 93.50	
D2 = 90.28	H2 = 90.22	L2 = 99.97	

LA MAYOR DE LAS DIFERENCIAS EN TOTALES DE NIVELES PARA UN FACTOR, LA MAYOR DE LAS SIGNIFICANCIAS DE ESE FACTOR.

## 9. TABLA DE ANALISIS DE VARIANCA

LA FIGURA 8, ES LA TABLA ANOVA PARA EL EXPERIMENTO EL ANALISIS SE EFECTUA ANOTANDO LAS FUENTES DE VARIACION EN LA COLUMNA DEL LADO IZQUIERDO, LAS CUALES SON POR SUPUESTO, LOS QUINCE FACTORES BAJO PRUEBA EN EL EXPERIEMNTO. LA COLUMNA DENOMINADA  $v$ , ES LA SUMA DE LOS CUADRADOS PARA EL FACTOR DIVIDIDOS POR EL GRADO DE LIBERTAD EN EL FACTOR. LA COLUMNA DENOMINADA F ES EL RESULTADO DE LA PRUEBA TRADICIONAL DE FISHER PARA SIGNIFICANCIA, Y UN ASTERISCO DENOTA SI EL FACTOR FUE SIGNIFICANTE A UN NIVEL DE CONFIANZA DE 95 ó 99 POR CIENTO.

NOTESE QUE VARIOS GRADOS DE LIBERTAD, VARIOS EFECTOS FACTORIALES EN ESTE CASO HAN SIDO COMBINADOS EN LA ESTIMACION DE ERROR. ESTA ESTIMACION DE VARIANZA Y MEDIA DE LA SUMA DE CUADRADOS PARA EL ERROR, ES UTILIZADA COMO DENOMINADOR DE LA PRUEBA F.

FIGURA .- 8  
**TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA**

FUENTE	df	S	V	F	S'	(%)
A	1	20.9128	20.9128	11.87*	19.1513	4.6
B	(1)	(1.3612)	1.3612	Pooled	-	-
C	1	20.8282	20.8282	11.82*	19.0667	4.6
D	1	10.4171	10.4171	5.91*	8.6556	2.1
E	1	207.0275	207.0275	117.53**	205.2660	49.5
F	1	19.5625	19.5625	11.11*	17.8010	4.3
G	1	90.1788	90.1788	51.19**	88.4173	21.3
H	1	10.5963	10.5963	6.02	8.8348	2.1
I	(1)	(3.8226)	3.8226	Pooled	-	-
J	(1)	(1.7765)	1.7765	Pooled	-	-
K	1	22.6350	22.6350	12.85**	20.8736	5.0
L	(1)	(2.6146)	2.6146	Pooled	-	-
M	(1)	(0.7782)	0.7782	Pooled	-	-
N	(1)	(1.2355)	1.2355	Pooled	-	-
O	(1)	(0.7418)	0.7418	Pooled	-	-
e	7	12.3604	1.7615	-	26.4222	6.4
T	15	414.4886	-	-	414.4886	100.0

\* = Significativo 95% de Confianza  $F(0.05,1.7)= 5.59$

----- \*\* = Significativo 99% de Confianza  $F(0.01,1.7)= 12.20$ -----

LA COLUMNA DENOMINADA S ES EL EFECTO PURO DE CADA FACTOR, YA QUE TODO DISEÑO DE EXPERIMENTOS MULTIVARIABLE CONSIDERA QUE EL ERROR ES ASIGNADO IGUALMENTE SOBRE TODOS LOS GRADOS DE LIBERTAD DENTRO DEL EXPERIMENTO, CADA EFECTO SIGNIFICANTE CONTIENE UNA CANTIDAD DE ERROR QUE DEBE DE ELIMINARSE. EL ERROR SE ADICIONA A LA VARIACION TOTAL DENTRO DEL EXPERIMENTO ES CONSTANTE. LA COLUMNA FINAL ES EL VALOR DE S PARA CADA VALOR SIGNIFICANTE DIVIDIDO POR LA VARIACION TOTAL St. ESTA COLUMNA INDICA EL PORCIENTO DE CONTRIBUCION A LA VARIANZA DE CADA FACTOR.

DE ESTA TABLA ES FACIL VISUALIZAR QUE LOS FACTORES E y G SON LOS MAS IMPORTANTES EN TERMINOS DE ENCOGIMIENTO. ESTOS DOS FACTORES CONTABILIZAN MAS DEL 70% DE LA VARIANZA EXPERIMENTAL.

## 10. LA GRAFICA DE EFECTOS SIGNIFICANTES

PARA OBTENER UNA IDEA CLARA DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES, SE GRAFICA EL EFECTO DE CADA FACTOR SIGNIFICANTE. LOS FACTORES SE ARREGLAN DE TAL MANERA QUE LOS MAS SIGNIFICATIVOS ESTAN A LA IZQUIERDA. ESAS GRAFICAS INDICAN LO QUE FUE OBSERVADO EN LA TABLA DE RESULTADOS SUMARIOS- LA MAYOR DIFERENCIA ENTRE NIVELES, EL MAYOR EFECTO. LOS PUNTOS SON CALCULADOS TOMANDO LOS TOTALES PARA CADA NIVEL DEL FACTOR MOSTRADO EN LA FIGURA SIETE Y DIVIDIENDO EL NUMERO DE PUNTOS EN ESE TOTAL PARA OBTENER UN EFECTO PROMEDIO. EN EL CASO DE E1 POR EJEMPLO, EL EFECTO PROMEDIO EXPERIMENTAL ES 67.96 DIVIDIDO POR 8 ó 8.5 db. EL PROMEDIO EXPERIMENTAL DE 12.1 db ES OBTENIDO DIVIDIENDO EL TOTAL PARA EL EXPERIMENTO (193.47) POR EL NUMERO DE PUNTOS (16).

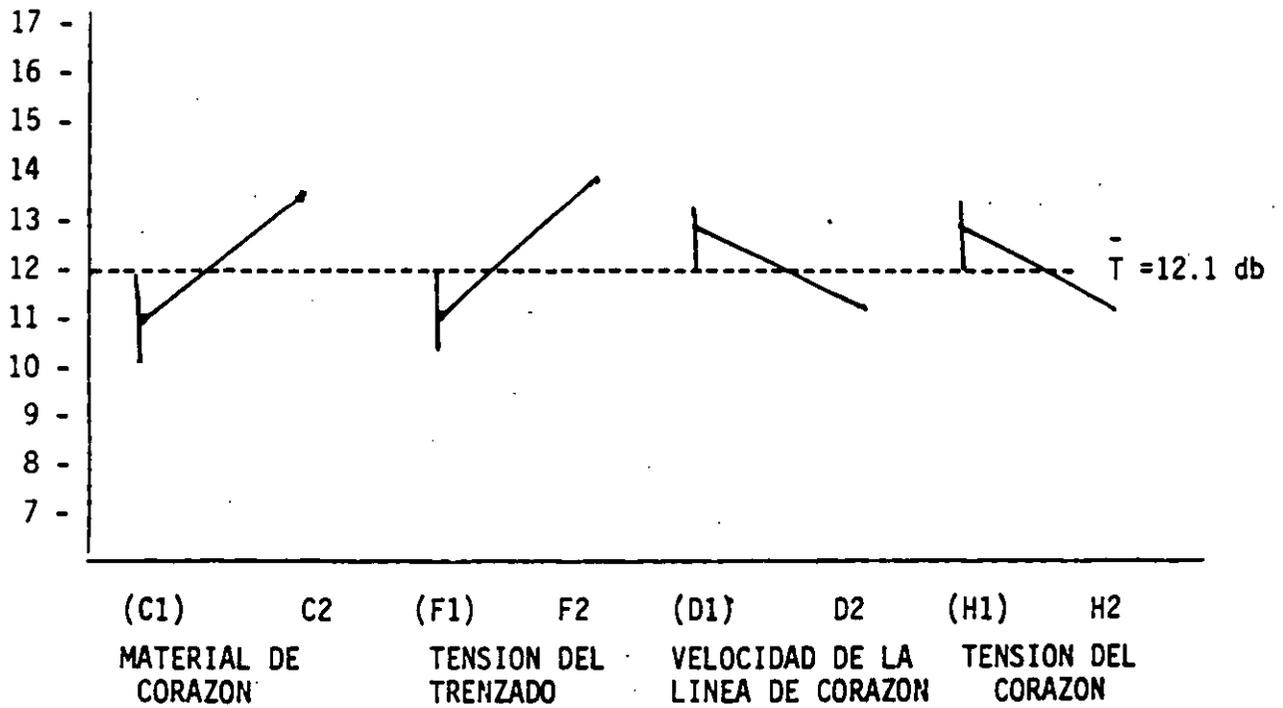
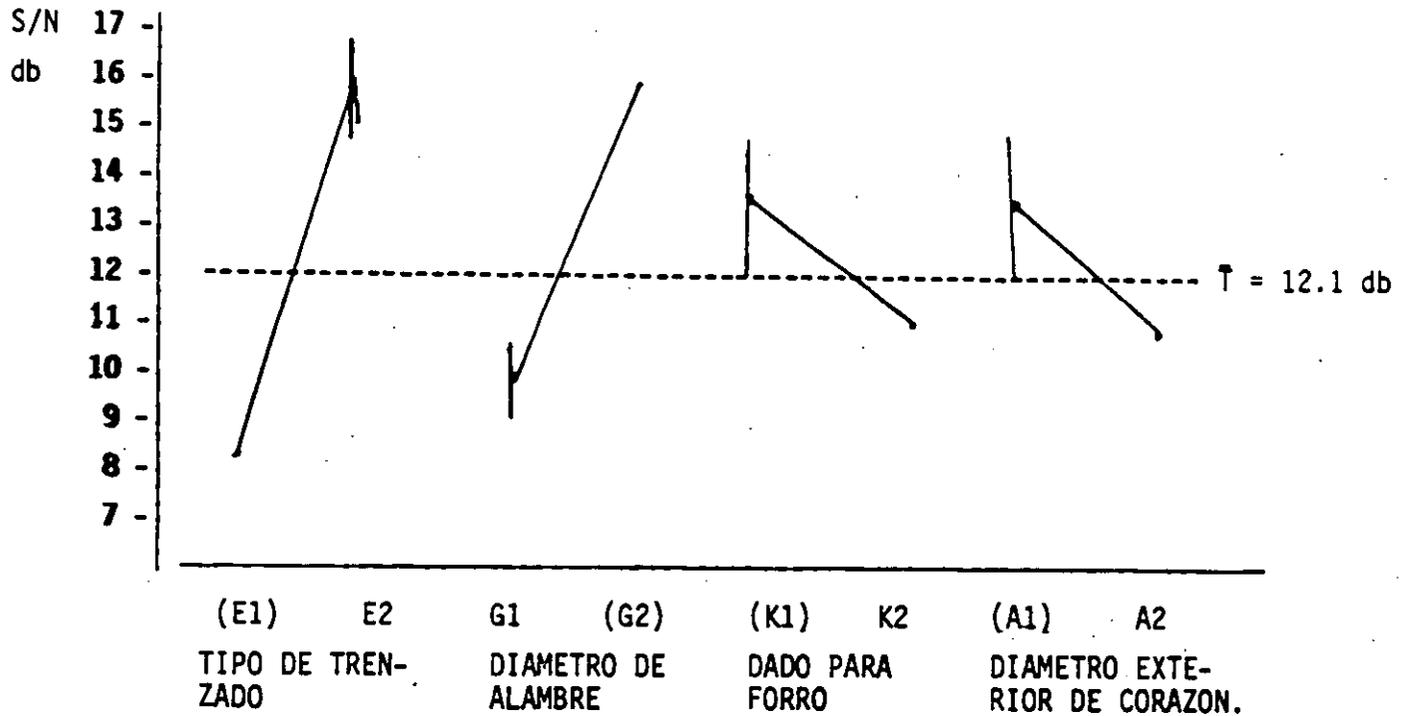
LA BARRA VERTICAL ES EL 90% DEL RANGO DE CONFIANZA PARA LA ESTIMACION DE LA MEDIA DE LOS NIVELES DE FACTOR,. ESTO ESTA BASADO EN NUESTRA ESTIMACION DEL ERROR Y LOS GRADOS DE LIBERTAD EXISTENTES.

YA QUE LA MAS ALTA RAZON DE SEÑAL A RUIDO ES MAS DESEABLE, PUEDE VERSE QUE EL MEJOR NIVEL DE LOS FACTORES SOMETIDOS A PRUEBA FUE USADO EN CINCO DE LOS OCHO CASOS SIGNIFICANTES. EL FACTOR MAS SIGNIFICANTE, DE -- CUALQUIER MANERA, FUE ESPECIFICADO EN LOS PLANOS DE INGENIERIA EN UN NIVEL DESEABLE.

## 11. CONDICIONES ACTUALES VERSUS CONDICIONES OPTIMAS

SI CADA FACTOR FUERA SELECCIONADO PARA LA MEJOR RELACION DE SEÑAL A RUIDO, CUAL SERIA EL EFECTO DE ENCOGIMIENTO DESPUES DE LA EXTRUSION CUANDO LO MEDIMOS POR LAS DOS HORAS DE PRUEBA? Y DEBIDO A QUE LA CONDICION DE PRODUCCION REAL NO FUE ENSAYADA EN ESTE EXPERIMENTO, ¿QUE HACE QUE -- NUESTRA PREDICCIOM DEL ACORTAMIENTO SEA COMO SI SE HUBIERA HECHO EN UNA CORRIDA CORRIENTE.

FIGURA 9  
GRAFICA DE EFECTOS SIGNIFICANTES



( ) = COALICION EXISTENTE.

FIGURA 10

F I G U R A 10

CALCULO DE LA RELACION S/N ACTUAL  
VERSUS LA MEDIA OPTIMA

I. EXISTENTE = A1C1D1E1F1G1H1K1

$$\hat{u} = A1 + C1 + D1 + E1 + F1 + G2 + H1 + K1 - 7 \times T$$

$$\hat{u} = 13.24+10.95+12.90+8.50+10.99+14.47+12.91+13.28-84.64$$

$$\hat{u} = 12.60 \pm 4.18 \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_1^2 = 0.0595$$

II. OPTIMA = A1C2D1E2F2G2H1K1

$$\hat{u} = A1 + C2 + D1 + E2 + F2 + G2 + H1 + K1 - 7 \times T$$

$$\hat{u} = 13.24+13.23+12.90+15.69+13.20+14.47+12.91+13.28-84.64$$

$$\hat{u} = 24.28 \pm 4.18$$

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_1^2 = 0.0037$$

ESTAS PREGUNTAS PUEDEN CONTESTARSE UTILIZANDO UNA FORMULA SIMPLE PARA LA PREDICCION A PARTIR DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES. POR SUPUESTO SE HA CONSIDERADO QUE CADA FACTOR ES INDEPENDIENTE POR EJEMPLO, SI NO EXISTE INTERACCION SIGNIFICANTE, LOS EFECTOS FACTORIALES SON CONSIDERADOS INDEPENDIENTES. LA FIG. 19 MUESTRA ESOS CALCULOS Y SUS RESULTADOS.

NOTESE QUE EN EL TERMINO OPTIMO SE REFLEJA SOLAMENTE LOS NIVELES OPTIMOS DE LOS FACTORES TAL COMO SE DEFINIO EN ESTE EXPERIMENTO.

UNA BANDA DE CONFIANZA DEL 90% SE MUESTRA SOBRE AMBAS ESTIMACIONES-ESTA BANDA OTRA VEZ REFLEJA LA ESTIMACION DEL ERROR DENTRO DE EXPERIMENTO Y LOS GRADOS DE LIBERTAD SOBRE LOS CUALES LA ESTIMACION DE ESTA MEDIA ESTA BASADA. EL TERMINO DE LA SUMA DE CUADRADOS DIVIDIDO POR EL NUMERO DE MUESTRA ES CALCULADA DESDE LA MEDIA ESTIMADA COMO BUENA. POR SUPUESTO, ESTO ES BASICAMENTE UNA ESTIMACION DEL CUADRADO PROMEDIO MAS EL CUADRADO DE LA DESVIACION ESTANDAR, ESTO SERA UTILIZADO MAS TARDE EN LA DISCUSION DE LA FUNCION PERDIDA.

## 12. RESULTADOS REALES VERSUS LA PREDICCION

PARA PROBAR LOS RESULTADOS DE NUESTRO EXPERIMENTO, SE HIZO UNA COMPARACION ENTRE LOS RESULTADOS REALES Y LAS PREDICCIONES. SI LA COMPARACION NO SE HACE DENTRO DEL INTERVALO DE 90% DE CONFIANZA, EL RESULTADO EXPERIMENTAL PODRIA SER SOSPECHOSO. FACTORES SIGNIFICANTES OCULTOS SE PODRIAN PRESENTAR, LA EJECUCION DEL EXPERIMENTO SE DETERIORARIA O PODRIAN PRESENTAR FUERTES EFECTOS INTERACTIVOS.

COMO PUEDE VERSE EN LA FIGURA 11, EL EXPERIMENTO SUCESIVAMENTE PREDIJO LA RELACION REAL SEÑAL/RUIDO DE AMBOS PROCESOS TANTO EL ACTUAL COMO EL DE CONDICIONES OPTIMAS.

LOS EFECTOS QUE ESTO HA TENIDO SOBRE EL ENCOGIMIENTO DESPUES DE LA EXTRUSION, PUEDEN VERSE EN LA FIGURA 12. ESTA MEJORA DRAMATICA PODRIA DE

## 15. FUNCION DE PERDIDA

UNO DE LOS CONCEPTOS DEL DR. TAGUCHI QUE LENTAMENTE HA IDO GANANDO ACEPTACION, ES EL DE LA FUNCION PERDIDA. YA QUE LA CALIDAD ES DEFINIDA POR EL DR. TAGUCHI COMO LA PERDIDA QUE UN PRODUCTO CAUSA A LA SOCIEDAD, AMBOS COSTOS, EL DEL CONSUMIDOR Y EL DEL PRODUCTOR DEBEN CONSIDERARSE. EN LA MAYORIA DE LOS CASOS EL MAS BAJO COSTO DEL PRODUCTOR CONDUCE AL MAS ALTO COSTO DEL CONSUMIDOR Y LA SUMA DE ESOS DOS COSTOS A LA SOCIEDAD PUEDEN SER APROXIMADOS POR  $L=K\sigma$ .

CON EL USO DE ESTA FORMULA LA REDUCCION (PERMITIDA) EN LA VARIABILIDAD SERA UNA CANTIDAD GANADA. ESTA FORMULA ES UTILIZADA PARA CALCULAR LA GANANCIA DE LA SOCIEDAD CAUSADAS POR LA MEJORA DE UN PROCESO.

AUNQUE MUCHO DE LA FORMULA ES APROXIMACION YO ME SIENTO MAS Y MAS AGUSTO CON ELLA. EL AHORRO MOSTRADO EN LA FIGURA 14, VA DE CUALQUIER MODO A AMBOS, AL PRODUCTOR Y AL CONSUMIDOR. CON LA MINIMIZACION DE LOS COSTOS DE NUESTROS PRODUCTOS A LA SOCIEDAD, LOS FABRICANTES AMERICANOS PUEDEN CONTINUAMENTE MEJORAR SU POSICION COMPETITIVA EN LOS MERCADOS MUNDIALES.

FIGURA. 13

- FUNCION DE PERDIDA PARA CUBIERTA DE VELOCIMETRO
- SI EL ENCOGIMIENTO ES IGUAL A 1.50% ENTONCES EL CLIENTE RECLAMA
  - COSTO DE GARANTIA POR REEMPLAZAR CABLE = \$80
- EN CONSECUENCIA:
- $$K = (80 / (1.5)^2) = \$35.56$$
- Y, PARA MENOR ES MEJOR  $L = K\sigma^2$
- EN CONSECUENCIA:
- CONDICION EXISTENTE:  $L_E = 35.56 \times 0.0595 = \$2.157$  (UNIDAD)
  - CONDICION OPTIMA:  $L_O = 35.56 \times 0.0037 = \$0.13$  POR (UNIDAD)

CIRSE, SOLAMENTE FUE ALCANZADA CAMBIANDO UNO DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO DEL PRODUCTO.

FIGURA 11  
RESULTADOS REALES EN EL PROCESO

	$\bar{x}$	S	S/N	RANGO PREDICHO
ANTES	0.26	0.05	11.64	8.42/16.78
DESPUES	0.05	0.025	25.05	20.10/28.46

LOS ESFUERZOS DE LA CARTA DE CONTROL HAN SIDO ARDUAMENTE APLICADOS A ESTE PROCESO Y SIN ELLOS NO SE HUBIERA TENIDO EL EXITO EN LA REDUCCION DEL PROMEDIO DEL ACORTAMIENTO DESPUES DE LA EXTRUSION EN LA CANTIDAD MOSTRADA.

FIGURA 12

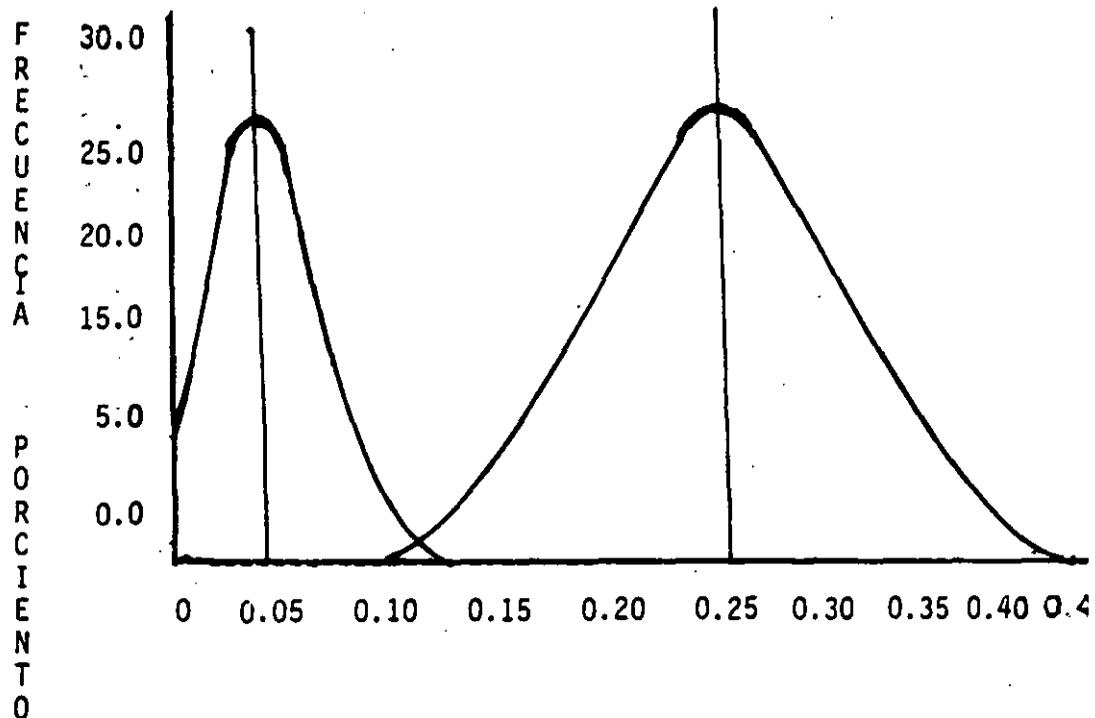
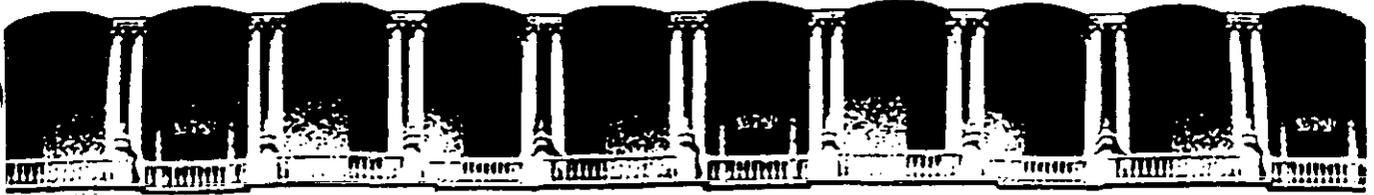


FIGURA. 14

F U N C I O N D E P E R D I D A

ENCOGIMIENTO DESPES DE LA EXTRUCCION COMO PORCENTAJE DE LA LONGITUD ORIGINAL DE LA CUBIERTA.





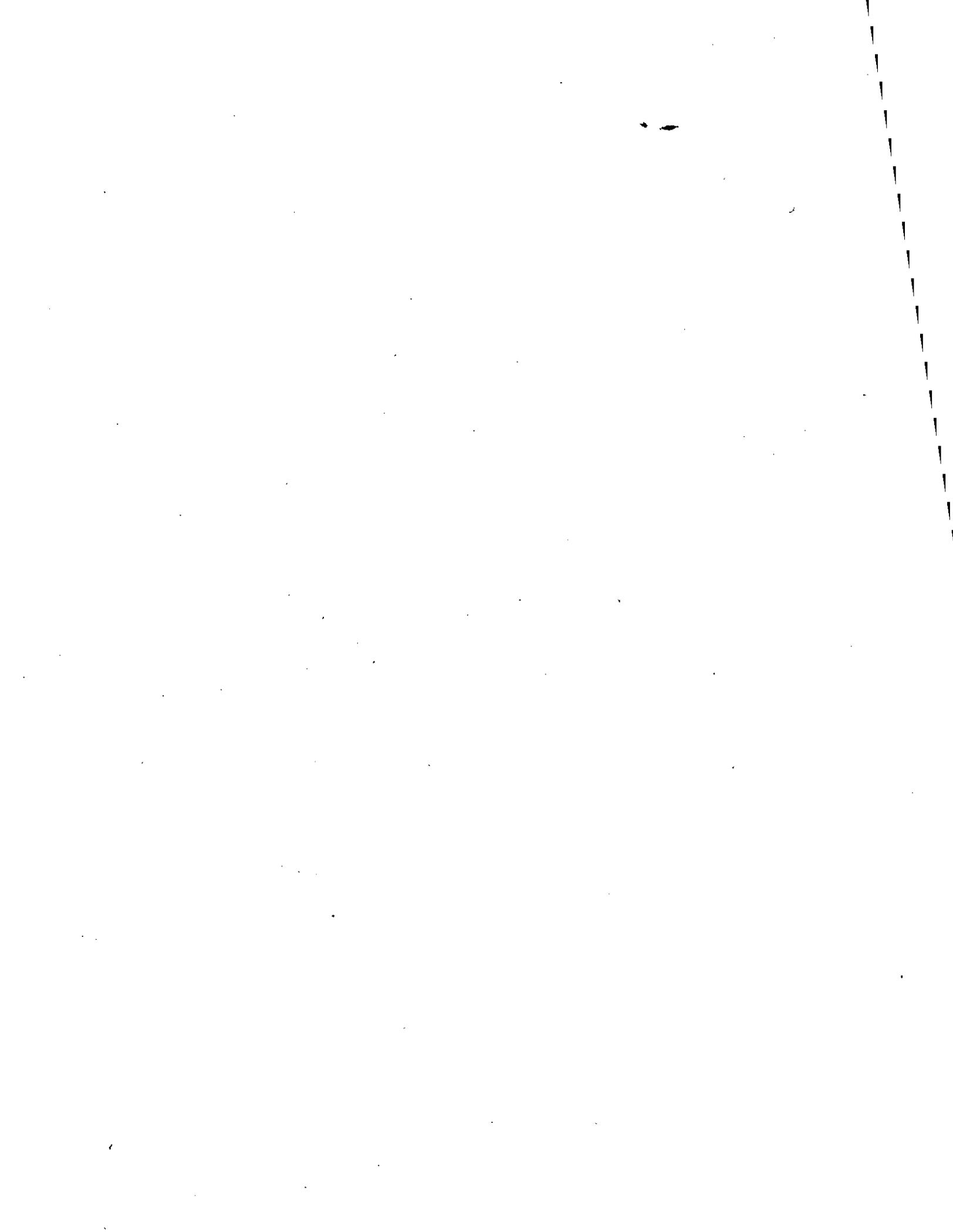
**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**INGENIERIA DEL VALOR E INGENIERIA DE CALIDAD**

**LINEAR GRAPHS**

**NOVIEMBRE, 1992**

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M 2285



## Chapter 11 LINEAR GRAPHS

### Introduction

Previous chapters have dealt with relatively uncomplicated experiments, with a limited number of factor levels (usually 2), and essentially no interaction effects. Such simplicity is the exception not the rule. Interaction effects do occur with significance in real production situations. The effects of factors with an unequal number of factor levels must be investigated in the same experiments. These situations often require that existing two and three level series orthogonal arrays be modified to accommodate the necessary orthogonal array assignments. Linear graphs of orthogonal arrays have been developed to facilitate complicated assignment and layout of orthogonal arrays. This chapter introduces the basic design and application of linear graphs.

### 11.1 Interaction Effects

Interaction between two factors is the term used to describe the situation whereby the condition of factor No. 1 modifies the response due to the condition of factor No. 2. Consider in Table

11.1a and 11.1b where two factors, A and B, are each allowed to assume two values  $A_1, A_2$  and  $B_1, B_2$ , respectively.

Table 11.1a  
The Case without Interaction

	$A_1$	$A_2$	Total
$B_1$	74	78	152
$B_2$	80	84	164
Total	154	162	316

Table 11.1b  
The Case with Interaction

	$A_1$	$A_2$	Total
$B_1$	75	77	152
$B_2$	79	85	164
Total	154	162	316

The data in Table 11.1a is without interaction effects: i.e., the change in response,  $y$ , when A changes from  $A_1$  to  $A_2$  is always +4 units,  $78-74=4$  and  $84-80=4$ . Similarly, when B changes from  $B_1$  to  $B_2$ , the response changes by +6, i.e.,  $80-74=6$  and  $84-78=6$ . At any given level of B, the change in response at  $A_2$  is 4 more than that at  $A_1$ . Also, at any given level of  $A_1$  the response at  $B_2$  is always 6 more than that at  $B_1$ . The data of Table 11.1b displays interaction. When A changes from  $A_1$  to  $A_2$  the change in response is 2 or 6 depending on whether B is at  $B_1$  or  $B_2$ . When B changes from  $B_1$  to  $B_2$  the response changes by 4 or 8 depending on the value of A. Graphically this is shown in Figure 11.1.

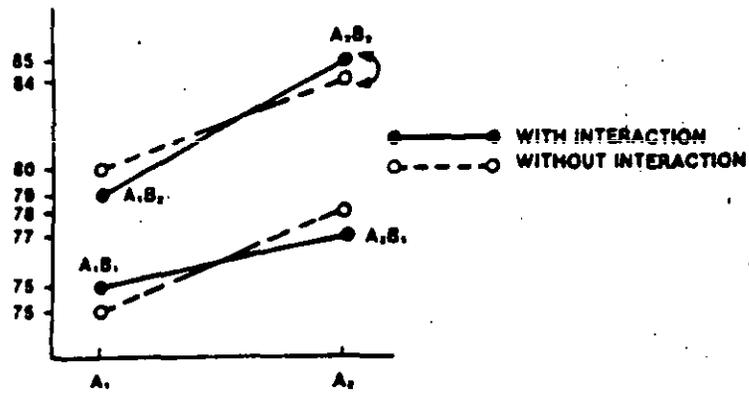


FIGURE 11.1 INTERACTION OF AxB

To understand the representation of interaction effects, consider the two-way layout (Table 11.2) where  $A_1B_1$  represents the response at conditions  $A=A_1$ ,  $B=B_1$  and  $A_1B_2$  represents the response at the conditions  $A=A_1$ ,  $B=B_2$ . If there were no interaction then

$$A_1B_1 - A_2B_1 = A_1B_2 - A_2B_2 \quad (\text{no interaction}) \quad (11.1)$$

Table 11.2 Two way Layout

	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>
A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>
A <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>

Rearranging equation (11.1) so that all terms with  $A_2$  are grouped together and all terms in  $A_1$  are grouped together,

$$(A_2B_2 - A_2B_1) - (A_1B_2 - A_1B_1) = 0 \quad (\text{no interaction}) \quad (11.2)$$

$$\text{or } (84-78) - (80-74) = 0$$

From the data in Table 11.1b where interaction exists,

$$(85-77) - (79-75) = 4 \neq 0 \quad (11.3)$$

Equation (11.2) is generalized and becomes a representation of the response due to interaction.

Interaction  $AxB$  is the difference between the effect of  $B$  at  $A_1$  and the effect of  $B$  at  $A_2$ .

$$\begin{aligned} \text{Interaction } AxB &= 1/4\{(A_2B_2 - A_2B_1) - (A_1B_2 - A_1B_1)\} \quad (11.4) \\ &= 1/4\{(A_1B_1 + A_2B_2) - (A_1B_2 + A_2B_1)\} \end{aligned}$$

For the  $L_8$  Table 11.3, the interaction  $AxB$  is determined by

$$\begin{aligned} \text{Interaction } AxB &= 1/4\{(A_1B_1 + A_2B_2) - (A_1B_2 + A_2B_1)\} \\ &= 1/4\{(y_1 + y_2 + y_7 + y_8) - \\ &\quad (y_3 + y_4 + y_5 + y_6)\} \quad (11.5) \end{aligned}$$

Assume that in the  $L_8$  ( $2^7$ ) Table 11.3 a factor  $C$  is assigned to column 3.

The Effect of  $C = 1/4\{(\text{Total of } C_1) - (\text{Total of } C_2)\}$  (11.6)

where  $C_1 = Y_1 + Y_2 + Y_7 + Y_8$

$C_2 = Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6$

Rewriting equation (11.6)

The effect of  $C = 1/4\{(Y_1 + Y_2 + Y_7 + Y_8) - (Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6)\}$  (11.7)

A comparison of equations (11.5) and (11.7) shows that they are identical. This means that whenever the effect of C is calculated, it will also contain the interaction effects AxB. When factors A, B, and C are assigned in a  $L_8$  array to columns 1, 2, and 3, respectively, the interaction AxB will be confounded or mixed with the main effect C.

In the  $L_8$  orthogonal array, the interaction of columns 1 and 2 goes to column 3. Interaction of columns 1 and 3 goes to column 2, and the interaction of columns 2 and 3 goes to column 1. In other words, if A, B, and C are assigned to columns 1, 2 and 3, not only is AxB confounded with C, but AxC is confounded with B and BxC is confounded with A. If a certain interaction effect is to be investigated, the experiment can be designed to separate the main effects from the specific interaction effects. This is accomplished for the particular case in question by assigning column 3 to the interaction AxB, and C to one of the columns 4 thru 8. If this is not done, a significant 'column' 3 effect may be attributed to C when it is due to AxB or vice versa. Recall that the objective is to use experimental results to gain

information. Any inadvertent confounding compromises the realization of this objective.

Table 11.3  $L_8(2^7)$  Table

No.	A 1	B 2	C 3	D 4	E 5	F 6	G 7	Results
1	1	1	1	1	1	1	1	$y_1$
2	1	1	1	2	2	2	2	$y_2$
3	1	2	2	1	1	2	2	$y_3$
4	1	2	2	2	2	1	1	$y_4$
5	2	1	2	1	2	1	2	$y_5$
6	2	1	2	2	1	2	1	$y_6$
7	2	2	1	1	2	2	1	$y_7$
8	2	2	1	2	1	1	2	$y_8$

### 11.2 Linear Graphs of $L_8$

Orthogonal array assignments should follow the five steps below.

1. Based on the required vs. the available degrees of freedom, choose the orthogonal array to be analyzed.
2. For each column, write out the expression for that column's main effect in terms of results,  $y$  (similar to equation (11.7)).

3. Represent in terms of yield the interaction effect of each two column combination (equation (11.5)).
4. Compare the results of steps 2 and 3. Whenever the expression for a main effect (step 2 above) and the expression for an interaction (step 3 above) are identical, the effects are confounded or mixed.
5. Using the information of steps 1,2,3 and 4, make assignments of main effects and interactions to the orthogonal array.

The extensive and tedious labor involved in determining for each orthogonal array which columns are confounded with which interactions has already been done by Taguchi. Table 11.4 is an example of the interaction identification tables that are available and given in the appendix.

Table 11.4 Interaction Between Two Columns for the  $L_8$  Array

Column	1	2	3	4	5	6	7
(1)		3	2	5	4	7	6
	(2)		1	6	7	4	5
		(3)		7	6	5	4
			(4)		1	2	3
				(5)		3	2
					(6)		1
						(7)	

The numbers across the top of the Table 11.4 correspond to column numbers, e.g. 4, in the  $L_8$  orthogonal array. The numbers in parenthesis at the beginning of each row also represent column numbers, e.g., 3. The number in the element identified by these two column numbers, e.g. 3, 4, is the column with which the interaction (3x4) is confounded, e.g., 7. Table 11.4 saves time in the experimental layout process. The linear graph is also a useful tool for streamlining experimental layout.

Linear graphs are made up of dots, lines, and numbers:

- \* a dot is used to indicate a main effect
- \* a line segment represents an interaction between the two main effects (dots) that it connects
- \* numbers assigned to the dots and lines indicate the column assignments

$L_4(2^3)$

Col. Exp. No.	1	2	3
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

Linear Graph of  $L_4$  Array

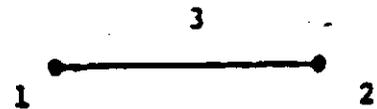


Figure 11.2  $L_4$  Orthogonal Array and Linear Graph

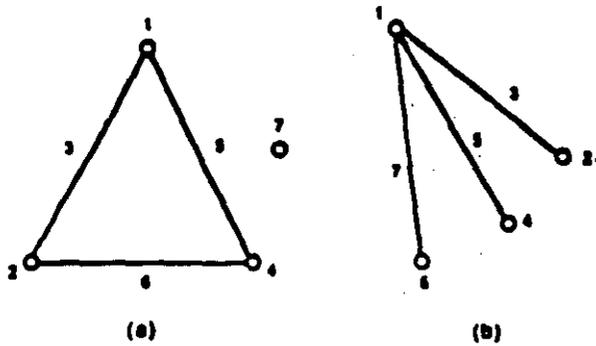


FIGURE 11.3 LINEAR GRAPH OF  $L_8$

In the linear graph of Figure 11.3, the interaction between columns 1 and 2 goes to column 3, the interaction between columns 1 and 4 goes to column 5 and the interaction between columns 2 and 4 goes to column 6. Column 7 is an independent column available for a main effect.

To assign an experiment with five 2-level factors, A, B, C, D, E, and interactions  $A \times B$  and  $B \times C$  to the  $L_8$  array, the linear graph shown in Figure 11.4a is required.

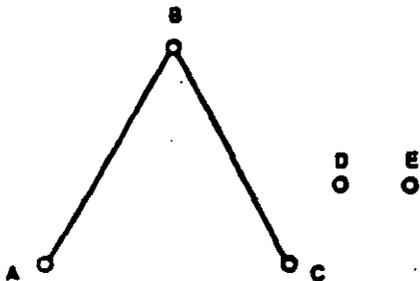


FIGURE 11.4a

The full  $L_8$  linear graph and layout are shown in Figure 11.4b and Table 11.5.

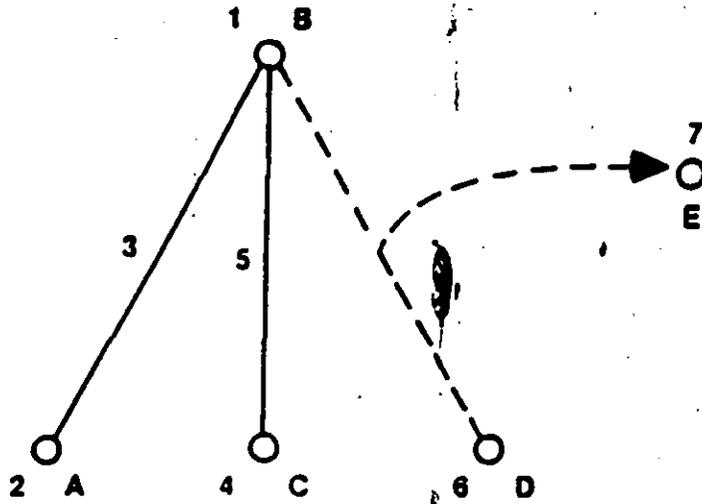


FIGURE 11.4b FULL LINEAR GRAPH OF  $L_6$

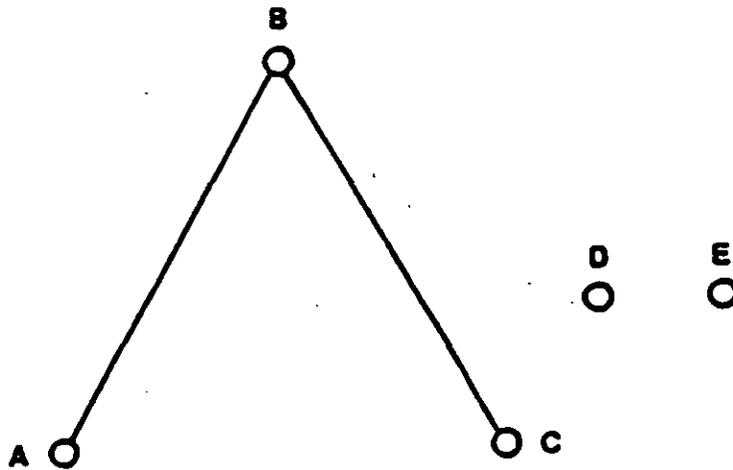


FIGURE 11.4c LINEAR GRAPH OF  $L_6$

Table 11.5 Layout

Col.	B	A	AxB	C	BxC	D	E
Exp. No.	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

A linear graph as in Figure 11.3b is used in an experiment where one particular factor (placed in Column 1) is important and the interactions of this factor with other factors are also important.

When there are no interactions to be assigned, any factor can be assigned to any column. The case without interactions was analyzed in Chapter 7. The analysis of variance with interactions was initially discussed in Chapter 5, (equations (5.6, 5.7, 5.8, and 5.9)) and will be further explained here by use of an example.

11.3 Example

An experiment with five 2-level factors A,B,C,D,E is to be assigned. Information about the effects of two interactions, AxB and AxC, is also required. The experiment will be assigned to an  $L_9$  orthogonal array using the linear graph of Figure 11.5 and assigned as in Table 11.6. Notice that the column assignments of all interactions are consistent with Table 11.4 (Interactions Between Columns).

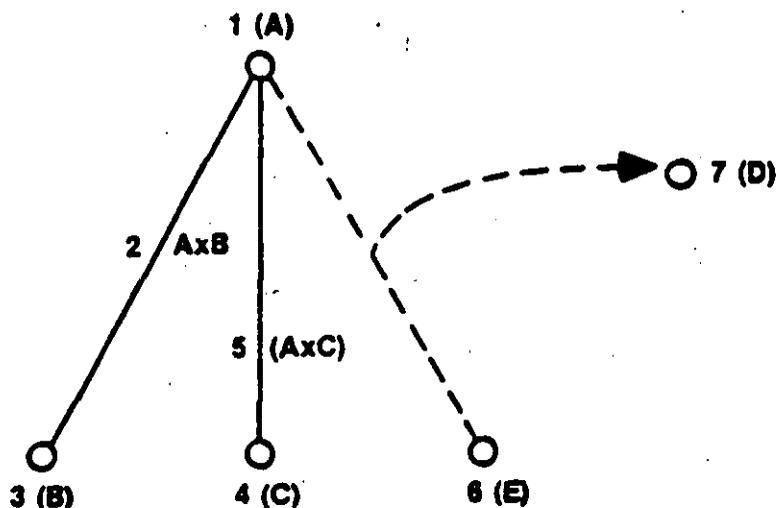


FIGURE 11.5 LINEAR GRAPH WITH ASSIGNMENTS

Table 11.6 Experiment Layout

Col. / Exp. No.	A	AxB	B	C	AxC	E	D	Results
	1	2	3	4	5	6	7	
1	1	1	1	1	1	1	1	11
2	1	1	1	2	2	2	2	9
3	1	2	2	1	1	2	2	5
4	1	2	2	2	2	1	1	5
5	2	1	2	1	2	1	2	0
6	2	1	2	2	1	2	1	3
7	2	2	1	1	2	2	1	5
8	2	2	1	2	1	1	2	8

Solution:

$$CF = \frac{(11 + 9 + \dots + 8)^2}{8} = 264.5 \quad (11.8)$$

$$S_T = 11^2 + 9^2 + \dots + 8^2 - 264.5 \quad (11.9)$$

$$= 85.5 \quad (f=7)$$

$$S_A = \frac{A_1^2}{4} + \frac{A_2^2}{4} - CF \quad (11.10)$$

$$= \frac{(11 + 9 + 5 + 5)^2}{4} + \frac{(0 + 3 + 5 + 8)^2}{4} - 264.5 \quad (11.11)$$

$$= 24.5$$

Similarly,

$$S_B = \frac{B_1^2}{4} + \frac{B_2^2}{4} - CF$$

$$= \frac{(11 + 9 + 5 + 8)^2}{4} + \frac{(5 + 5 + 0 + 3)^2}{4} - 264.5$$

$$= 50.0$$

and

$$\begin{aligned}
S_C &= \frac{C_1^2}{4} + \frac{C_2^2}{4} - CP \\
&= \frac{(11 + 5 + 0 + 5)^2}{4} + \frac{(9 + 5 + 3 + 8)^2}{4} - 264.5 \\
&= 2.0
\end{aligned}$$

Since A and B are assigned to columns 1 and 3 respectively, the interaction sum of squares,  $S_{AxB}$ , can be calculated using column 2 i.e.

$$S_{AxB} = \frac{((A_1B_1 + A_2B_2) - (A_1B_2 + A_2B_1))^2}{8} \quad (11.12)$$

$$= \frac{((A \times B)_1 - (A \times B)_2)^2}{8} \quad (11.13)$$

$$= \frac{((11 + 9 + 0 + 3) - (5 + 5 + 5 + 8))^2}{8} = 0.0$$

Similarly

$$S_{AxC} = \frac{((A \times C)_1 - (A \times C)_2)^2}{8} \quad (11.14)$$

$$= \frac{((11 + 5 + 3 + 8) - (9 + 5 + 0 + 5))^2}{8} = 8.0$$

The main effects D and E are calculated in the usual manner. Table 11.7 is the resulting ANOVA Table where  $V_C$ ,  $V_D$ ,  $V_E$ , and  $V_{AxB}$  are pooled together with the estimate of error variance.

Table 11.7 Analysis of Variance Table

Source	f	S	V	F	S'	p(%)
A	1	24.5	24.5	32.7**	23.75	27.8
B	1	50.0	50.0	66.7**	49.25	57.6
C	1	2.0	2.0	o		
D	1	0.5	0.5	o		
E	1	0.5	0.5	o		
AxB	1	0.0	0.0	o		
AxC	1	8.0	8.0	10.7*	7.25	8.5
e	0	-	-	-		
(e)	(4)	(3.0)	(0.75)		(5.25)	(6.1)
T	7	85.5			85.5	100.0

$$V_{(e)} = \frac{0.5 + 0.5 + 0.0 + 2.0}{4} = 0.75 \quad (11.15)$$

When an interaction effect is significant, it is useful to calculate and plot the average effect from each component of the interaction (see equation 11.4), Figure 11.6.

$$\overline{A_1C_1} = (11 + 5)/2 = 8$$

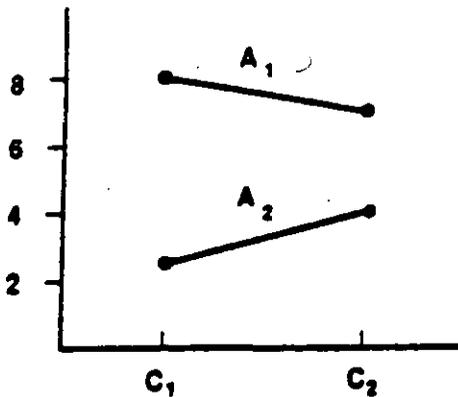
$$\overline{A_1C_2} = (9 + 5)/2 = 7$$

$$\overline{A_2C_1} = (0 + 5)/2 = 2.5$$

$$\overline{A_2C_2} = (3 + 8)/2 = 4$$

(11.16)

Figure 11.6 Effect of AxC



#### 11.4 Linear Graphs of the L<sub>16</sub>

One of the most commonly used orthogonal arrays is the L<sub>16</sub>, shown in Table 11.7a, with its interaction Table 11.7b.

The six standard linear graphs of the L<sub>16</sub> are in Figure 11.7.

Here are some examples of when to use the six types of linear graphs in Figure 11.7.

Type 1: The interactions between main effects are equally important.

Type 2: One factor is very important: the interactions between this factor and other factors are required. Besides, two other interactions are also needed.

Type 3: Two groups of interactions in two stages of a process are required.

Type 4: Interactions of one factor and all other factors are important.

Type 5: Latin squares, Graeco-Latin squares and Hyper-Graeco-Latin squares may be prepared from this type (see Chapter 12).

Type 6: A convenient graph to use for pseudo-factor design (see Chapter 14).

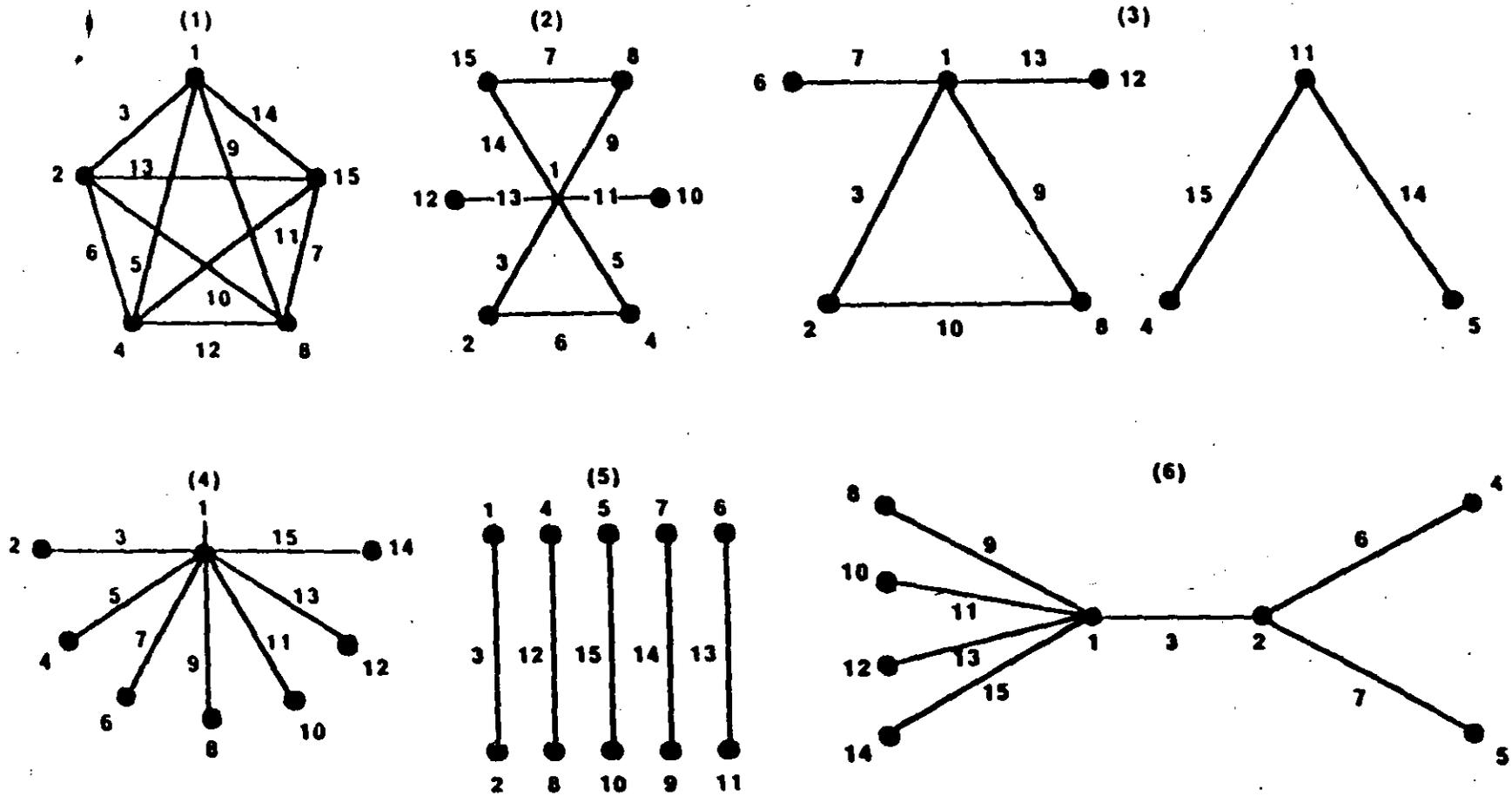


FIGURE 11.7 LINEAR GRAPH OF  $L_{16}$

Table 11.7a Orthogonal Array for  $L_{16} (2^{15})$

Exp. No. \ Col.	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
4	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
5	1	2	2	1	1	2	1	1	2	2	1	1	2	2
6	1	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	1	1
7	1	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	1	1
8	1	2	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	2	2
9	2	1	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2
10	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	2	1	2	1
11	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	1	2	1
12	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
13	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	2	2	1
14	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	1	1	2
15	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	2
16	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2	1

Table 11.7b Interactions Between Two Columns for  $L_{16} (2^{15})$

Column	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
(1)	3	2	5	4	7	6	9	8	11	10	13	12	15	14	
(2)	1	6	7	4	5	10	11	8	9	14	15	12	13		
(3)		7	6	5	4	11	10	9	8	15	14	13	12		
(4)		1	2	3	12	13	14	15	8	9	10	11			
(5)			3	2	13	12	15	14	9	8	11	10			
(6)				1	14	15	12	13	10	11	8	9			
(7)					15	14	13	12	11	10	9	8			
(8)						1	2	3	4	5	6	7			
(9)							3	2	5	4	7	6			
(10)								1	6	7	4	5			
(11)									7	6	5	4			
(12)										1	2	3			
(13)											3	2			
(14)													1		

There is a strategy associated with selecting, for a given experiment, the appropriate linear graph. The objective is to assign the experiment so that interaction effects that are being analyzed are assigned correctly, as defined by Figure 11.7 (for an  $L_{16}$ ). The best method for accomplishing this is to:

1. Construct the required linear graph which uses the dot, line conventions of section 11.2.

2. Choose, from the standard linear graphs of the orthogonal array being used, a linear graph which has all of the features of the required linear graph.

11.5 Example

An experiment is to be designed which requires eight 2-level factors, A, B, C, D, E, F, G, H and 5 interaction effects, AxB, BxC, BxD, AxD and CxE. This example has 13 degrees of freedom and may be assigned to an  $L_{16}$ . The required linear graph must have the features depicted in Figure 11.8.

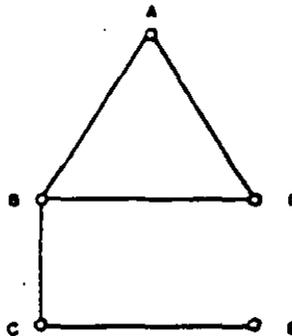


FIGURE 11.8 REQUIRED LINEAR GRAPH

Standard  $L_{16}$  linear graphs (1) and (2) of Figure 11.7 both satisfy the basic requirements illustrated in Figure 11.8 and either can be used. Choosing Figure 11.7 -(1), the experimental linear graph and layout are shown in Figure 11.9 and Table 11.8.

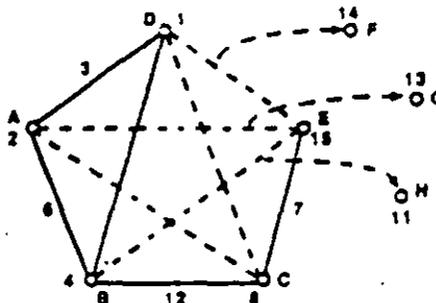


FIGURE 11.9 LAYOUT

Table 11.8 Layout of Experiment

No.	A x				B x		C x		B x						
	D 1	A 2	D 3	B 4	D 5	B 6	E 7	C 8	e 9	e 10	H 11	C 12	G 13	F 14	E 15
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
4	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
5	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
6	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1
7	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1
8	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
9	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
10	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1
11	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1
12	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2
13	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1
14	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2
15	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2
16	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1

**EJERCICIOS: DISEÑOS FACTORIALES Y FUNCION DE PERDIDA**

1. DADOS LOS FACTORES: X, Y, Z A LOS NIVELES: 1, 2, CON EL DISEÑO FACTORIAL COMPLETO:

EXP	X	Y	Z
1	1	1	1
2	1	1	2
3	1	2	1
4	1	2	2
5	2	1	1
6	2	1	2
7	2	2	1
8	2	2	2

¿CUAL SERIA EL DISEÑO FRACCIONAL REPRESENTATIVO DEL DISEÑO FACTORIAL COMPLETO QUE SE ILUSTRAN EN LA TABLA ANTERIOR? JUSTIFIQUE SU RESPUESTA.

2. SUPONGA QUE EL COSTO DE EXPERIMENTACION EN UN PROCESO ES EXTREMADAMENTE ALTO Y SOLAMENTE SE PUEDEN LLEVAR A CABO CUATRO EXPERIMENTOS EN LUGAR DE UN DISEÑO FACTORIAL COMPLETO. SELECCIONE UNO DE LOS DOS DISEÑOS ILUSTRADOS Y JUSTIFIQUE SU DECISION.

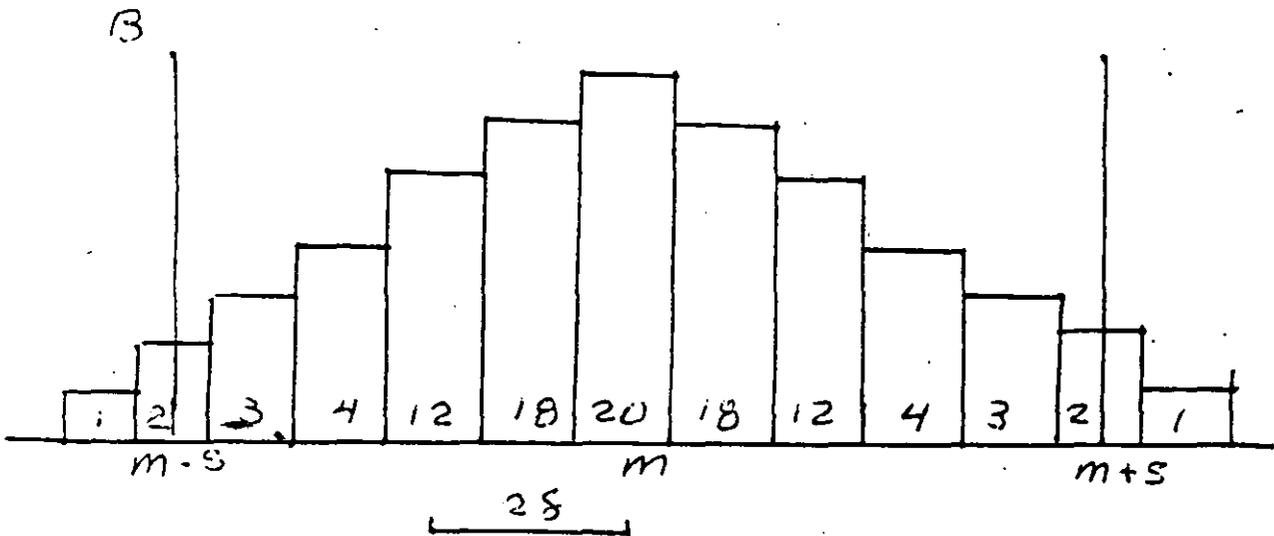
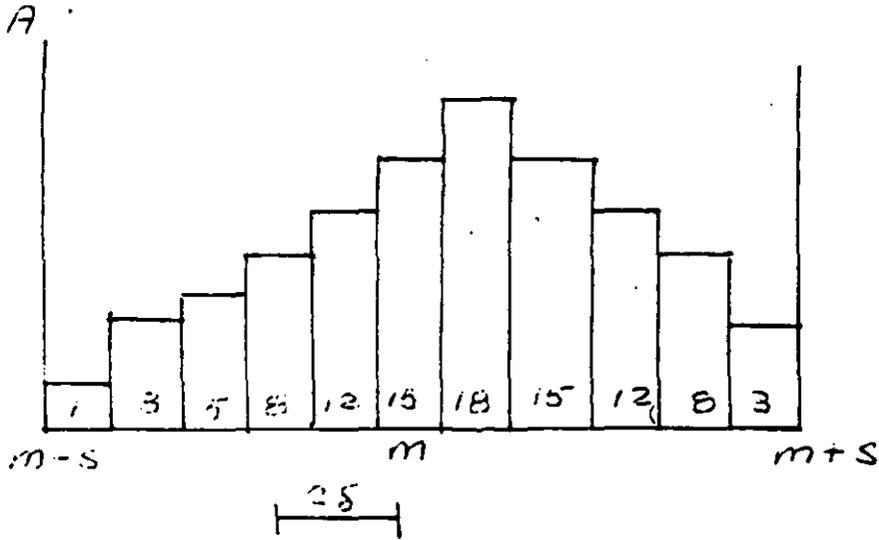
DISEÑO 1:

EXP	A	B	C	DATOS
1	1	1	1	Y1
2	1	1	2	Y2
3	1	2	1	Y3
4	1	2	2	Y4

DISEÑO 2:

EXP	A	B	C	DATOS
1	1	1	1	Y1
2	1	2	2	Y4
3	2	1	2	Y6
4	2	2	2	Y7

3. CONSIDERE LOS HISTOGRAMAS DE LAS DISTRIBUCIONES DE UN PRODUCTO QUE SE RECIBE DE DOS PROVEEDORES DIFERENTES. LOS NUMEROS EN CADA BARRA DEL HISTOGRAMA REPRESENTAN EL PORCIENTO DEL PRODUCTO QUE CAE DENTRO DE ESA BARRA. ANALICE LAS PERDIDAS EN CADA CASO ASUMIENDO UN COMPORTAMIENTO CUADRATICO DEL TIPO  $KD^2$  EN DONDE  $D$  ES LA DISTANCIA DEL OBJETIVO  $T$ . JUSTIFIQUE SU RESPUESTA:



MEDIANTE EL EMPLEO DE GRAFICAS LINEALES Y MATRICES DE INTERACCION ASIGNE  
 LOS SIGUIENTES EXPERIMENTOS:

- |  |   |
|--|---|
| a) FACTORES 2 - NIVELES<br>INTERACCIONES | A, B, C, D, E, F, G, H, I, J<br>AxB, AxC, BxC, BxG, GxH   |
| b) FACTORES 2 - NIVELES<br>INTERACCIONES | A, B, C, D, E, F, G, H, I<br>AxB, AxC, AxD, AxE, ExF, ExG |
| c) FACTORES 2 - NIVELES<br>INTERACCIONES | A, B, C, D, E, F, G, H, I, J<br>AxB, CxD, ExF, ExG, GxH   |
| d) FACTORES 2 - NIVELES<br>INTERACCIONES | A, B, C, D, E<br>AxD, AxE                                 |
| e) FACTORES 2 - NIVELES                  | A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K                           |

### A N E X O. III

### T A B L A S

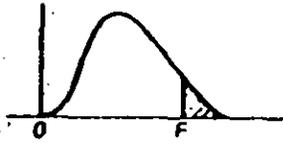
#### APPENDIX TABLES

- APPENDIX TABLE-1 F-Table(5%, 1%)
- APPENDIX TABLE-2 Decibel Values
- APPENDIX TABLE-3 Omega Transformation Table
- APPENDIX TABLE-4 Orthogonal Polynomials  
With Equal Intervals
- APPENDIX TABLE-5 Orthogonal Array Tables  
and Linear Graphs

APPENDIX TABLE-1 F-Table(5%, 1%)

$f_1$ : Degrees of freedom of numerator

$f_2$ : Degrees of freedom of denominator



Smaller value = F value @ 5%

Larger value = F value @ 1%

$f_2 \backslash f_1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	161	19.00	19.16	19.25	19.30	19.34	19.37	19.39	19.41	19.42	19.43
2	18.51	19.00	19.17	19.25	19.30	19.34	19.37	19.39	19.41	19.42	19.43
3	19.13	19.55	19.70	19.77	19.81	19.84	19.86	19.87	19.88	19.89	19.90
4	19.27	19.69	19.84	19.91	19.94	19.96	19.97	19.98	19.99	19.99	20.00
5	19.38	19.80	19.95	20.01	20.03	20.04	20.05	20.05	20.06	20.06	20.07
6	19.47	19.89	20.04	20.10	20.12	20.13	20.14	20.14	20.15	20.15	20.16
7	19.55	19.97	20.12	20.18	20.20	20.21	20.22	20.22	20.23	20.23	20.24
8	19.62	20.04	20.19	20.25	20.27	20.28	20.28	20.29	20.29	20.30	20.30
9	19.68	20.10	20.25	20.31	20.33	20.34	20.34	20.35	20.35	20.36	20.36
10	19.73	20.15	20.30	20.36	20.38	20.39	20.39	20.40	20.40	20.41	20.41
11	19.78	20.20	20.35	20.41	20.43	20.44	20.44	20.45	20.45	20.46	20.46
12	19.82	20.24	20.39	20.45	20.47	20.48	20.48	20.49	20.49	20.50	20.50
13	19.86	20.28	20.43	20.49	20.51	20.52	20.52	20.53	20.53	20.54	20.54
14	19.89	20.31	20.46	20.52	20.54	20.55	20.55	20.56	20.56	20.57	20.57
15	19.92	20.34	20.49	20.55	20.57	20.58	20.58	20.59	20.59	20.60	20.60
16	19.95	20.37	20.52	20.58	20.60	20.61	20.61	20.62	20.62	20.63	20.63
17	19.97	20.40	20.55	20.61	20.63	20.64	20.64	20.65	20.65	20.66	20.66
18	19.99	20.42	20.57	20.63	20.65	20.66	20.66	20.67	20.67	20.68	20.68
19	20.01	20.44	20.59	20.65	20.67	20.68	20.68	20.69	20.69	20.70	20.70
20	20.02	20.46	20.61	20.67	20.69	20.70	20.70	20.71	20.71	20.72	20.72

$f_2 \backslash f_1$	12	14	16	20	24	30	40	60	75	100	200	500	∞
1	204	205	206	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217
2	19.41	19.42	19.43	19.44	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50	19.51	19.52	19.53
3	19.42	19.43	19.44	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50	19.51	19.52	19.53	19.54
4	19.43	19.44	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50	19.51	19.52	19.53	19.54	19.55
5	19.44	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50	19.51	19.52	19.53	19.54	19.55	19.56
6	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50	19.51	19.52	19.53	19.54	19.55	19.56	19.57
7	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50	19.51	19.52	19.53	19.54	19.55	19.56	19.57	19.58
8	19.47	19.48	19.49	19.50	19.51	19.52	19.53	19.54	19.55	19.56	19.57	19.58	19.59
9	19.48	19.49	19.50	19.51	19.52	19.53	19.54	19.55	19.56	19.57	19.58	19.59	19.60
10	19.49	19.50	19.51	19.52	19.53	19.54	19.55	19.56	19.57	19.58	19.59	19.60	19.61
11	19.50	19.51	19.52	19.53	19.54	19.55	19.56	19.57	19.58	19.59	19.60	19.61	19.62
12	19.51	19.52	19.53	19.54	19.55	19.56	19.57	19.58	19.59	19.60	19.61	19.62	19.63
13	19.52	19.53	19.54	19.55	19.56	19.57	19.58	19.59	19.60	19.61	19.62	19.63	19.64
14	19.53	19.54	19.55	19.56	19.57	19.58	19.59	19.60	19.61	19.62	19.63	19.64	19.65
15	19.54	19.55	19.56	19.57	19.58	19.59	19.60	19.61	19.62	19.63	19.64	19.65	19.66
16	19.55	19.56	19.57	19.58	19.59	19.60	19.61	19.62	19.63	19.64	19.65	19.66	19.67
17	19.56	19.57	19.58	19.59	19.60	19.61	19.62	19.63	19.64	19.65	19.66	19.67	19.68
18	19.57	19.58	19.59	19.60	19.61	19.62	19.63	19.64	19.65	19.66	19.67	19.68	19.69
19	19.58	19.59	19.60	19.61	19.62	19.63	19.64	19.65	19.66	19.67	19.68	19.69	19.70
20	19.59	19.60	19.61	19.62	19.63	19.64	19.65	19.66	19.67	19.68	19.69	19.70	19.71



APPENDIX TABLE-1 F-Table (Continued)

f <sub>2</sub>	f <sub>1</sub>										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
80	3.96	3.11	2.72	2.48	2.33	2.21	2.13	2.05	1.99	1.95	1.91
	6.86	4.88	4.04	3.56	3.25	3.04	2.87	2.74	2.64	2.55	2.48
100	3.94	3.09	2.70	2.46	2.30	2.19	2.10	2.03	1.97	1.92	1.88
	6.80	4.82	3.98	3.51	3.20	2.99	2.82	2.69	2.59	2.51	2.43
125	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29	2.17	2.08	2.01	1.95	1.90	1.86
	6.84	4.78	3.94	3.47	3.17	2.95	2.79	2.65	2.56	2.47	2.40
150	3.91	3.06	2.67	2.43	2.27	2.16	2.07	2.00	1.94	1.89	1.85
	6.81	4.75	3.91	3.44	3.13	2.92	2.76	2.62	2.53	2.44	2.37
200	3.89	3.04	2.65	2.41	2.26	2.14	2.05	1.98	1.92	1.87	1.83
	6.78	4.71	3.88	3.41	3.11	2.90	2.73	2.60	2.50	2.41	2.34
400	3.86	3.02	2.62	2.39	2.23	2.12	2.03	1.96	1.90	1.85	1.81
	6.70	4.64	3.81	3.34	3.04	2.83	2.66	2.53	2.44	2.37	2.29
1000	3.85	3.00	2.61	2.38	2.22	2.10	2.02	1.95	1.89	1.84	1.80
	6.66	4.62	3.80	3.34	3.04	2.82	2.66	2.53	2.43	2.34	2.26
	3.84	2.99	2.60	2.37	2.21	2.09	2.01	1.94	1.88	1.83	1.79
	6.64	4.60	3.78	3.32	3.02	2.80	2.64	2.51	2.41	2.32	2.24

f <sub>2</sub>	f <sub>1</sub>												
	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	∞
80	1.88	1.82	1.77	1.70	1.65	1.60	1.54	1.51	1.45	1.42	1.38	1.35	1.32
	2.41	2.32	2.24	2.11	2.03	1.94	1.84	1.76	1.70	1.65	1.61	1.57	1.53
100	1.85	1.79	1.75	1.68	1.63	1.57	1.51	1.46	1.42	1.38	1.34	1.30	1.28
	2.36	2.26	2.19	2.06	1.98	1.89	1.79	1.73	1.64	1.59	1.51	1.46	1.43
125	1.83	1.77	1.72	1.65	1.60	1.55	1.49	1.45	1.41	1.37	1.31	1.27	1.25
	2.33	2.23	2.15	2.03	1.94	1.85	1.75	1.68	1.59	1.54	1.46	1.40	1.37
150	1.82	1.76	1.71	1.64	1.59	1.54	1.47	1.44	1.37	1.34	1.29	1.25	1.22
	2.30	2.20	2.12	2.00	1.91	1.83	1.72	1.66	1.66	1.61	1.43	1.37	1.33
200	1.80	1.74	1.69	1.62	1.57	1.52	1.45	1.42	1.35	1.32	1.26	1.22	1.19
	2.28	2.17	2.09	1.97	1.88	1.79	1.69	1.62	1.53	1.48	1.39	1.33	1.29
400	1.78	1.72	1.67	1.60	1.54	1.49	1.42	1.38	1.32	1.28	1.22	1.18	1.15
	2.23	2.12	2.04	1.92	1.84	1.74	1.64	1.57	1.47	1.42	1.32	1.24	1.19
1000	1.76	1.70	1.65	1.58	1.53	1.47	1.41	1.36	1.30	1.26	1.19	1.15	1.08
	2.20	2.09	2.01	1.89	1.81	1.71	1.61	1.54	1.44	1.39	1.29	1.19	1.11
	1.75	1.69	1.64	1.57	1.52	1.46	1.40	1.35	1.28	1.24	1.17	1.11	1.05
	2.18	2.07	1.99	1.87	1.79	1.69	1.59	1.52	1.41	1.36	1.25	1.15	1.07



APPENDIX TABLE 2 (Continued)

$\nu$	db										
4.00	6.02	4.30	6.53	5.00	7.00	5.50	7.40	6.00	7.78	6.50	8.13
01	6.03	31	6.54	01	7.01	51	7.41	01	7.79	51	8.14
02	6.04	32	6.55	02	7.02	52	7.42	02	7.80	52	8.14
03	6.05	33	6.56	03	7.03	53	7.43	03	7.81	53	8.15
04	6.06	34	6.57	04	7.04	54	7.44	04	7.82	54	8.16
4.05	6.07	4.35	6.58	5.05	7.05	5.55	7.45	6.05	7.82	6.55	8.16
06	6.08	36	6.59	06	7.06	56	7.46	06	7.83	56	8.17
07	6.09	37	6.60	07	7.07	57	7.47	07	7.84	57	8.18
08	6.10	38	6.61	08	7.08	58	7.48	08	7.85	58	8.19
09	6.11	39	6.62	09	7.09	59	7.49	09	7.86	59	8.20
4.10	6.12	4.40	6.63	5.10	7.10	5.60	7.50	6.10	7.87	6.60	8.21
11	6.13	41	6.64	11	7.11	61	7.51	11	7.88	61	8.21
12	6.14	42	6.65	12	7.12	62	7.52	12	7.89	62	8.22
13	6.15	43	6.66	13	7.13	63	7.53	13	7.90	63	8.23
14	6.16	44	6.67	14	7.14	64	7.54	14	7.91	64	8.24
4.15	6.17	4.45	6.68	5.15	7.15	5.65	7.55	6.15	7.92	6.65	8.25
16	6.18	46	6.69	16	7.16	66	7.56	16	7.93	66	8.26
17	6.19	47	6.70	17	7.17	67	7.57	17	7.94	67	8.27
18	6.20	48	6.71	18	7.18	68	7.58	18	7.95	68	8.28
19	6.21	49	6.72	19	7.19	69	7.59	19	7.96	69	8.29
4.20	6.22	4.50	6.73	5.20	7.20	5.70	7.60	6.20	7.97	6.70	8.30
21	6.23	51	6.74	21	7.21	71	7.61	21	7.98	71	8.31
22	6.24	52	6.75	22	7.22	72	7.62	22	7.99	72	8.32
23	6.25	53	6.76	23	7.23	73	7.63	23	8.00	73	8.33
24	6.26	54	6.77	24	7.24	74	7.64	24	8.01	74	8.34
4.25	6.27	4.55	6.78	5.25	7.25	5.75	7.65	6.25	8.02	6.75	8.35
26	6.28	55	6.79	26	7.26	75	7.66	26	8.03	75	8.36
27	6.29	56	6.80	27	7.27	76	7.67	27	8.04	76	8.37
28	6.30	57	6.81	28	7.28	77	7.68	28	8.05	77	8.38
29	6.31	58	6.82	29	7.29	78	7.69	29	8.06	78	8.39
4.30	6.32	4.60	6.83	5.30	7.30	5.80	7.70	6.30	8.07	6.80	8.40
31	6.33	59	6.84	31	7.31	79	7.71	31	8.08	79	8.41
32	6.34	60	6.85	32	7.32	80	7.72	32	8.09	80	8.42
33	6.35	61	6.86	33	7.33	81	7.73	33	8.10	81	8.43
34	6.36	62	6.87	34	7.34	82	7.74	34	8.11	82	8.44
4.35	6.37	4.65	6.88	5.35	7.35	5.85	7.75	6.35	8.12	6.85	8.45
35	6.38	63	6.89	35	7.36	83	7.76	35	8.13	83	8.46
36	6.39	64	6.90	36	7.37	84	7.77	36	8.14	84	8.47
37	6.40	65	6.91	37	7.38	85	7.78	37	8.15	85	8.48
38	6.41	66	6.92	38	7.39	86	7.79	38	8.16	86	8.49
39	6.42	67	6.93	39	7.40	87	7.80	39	8.17	87	8.50
4.40	6.43	4.70	6.94	5.40	7.40	5.90	7.80	6.40	8.18	6.90	8.51
41	6.44	68	6.95	41	7.41	88	7.81	41	8.19	88	8.52
42	6.45	69	6.96	42	7.42	89	7.82	42	8.20	89	8.53
43	6.46	70	6.97	43	7.43	90	7.83	43	8.21	90	8.54
44	6.47	71	6.98	44	7.44	91	7.84	44	8.22	91	8.55
4.45	6.48	4.75	6.99	5.45	7.45	5.95	7.85	6.45	8.23	6.95	8.56
45	6.49	72	7.00	45	7.46	92	7.86	45	8.24	92	8.57
46	6.50	73	7.01	46	7.47	93	7.87	46	8.25	93	8.58
47	6.51	74	7.02	47	7.48	94	7.88	47	8.26	94	8.59
48	6.52	75	7.03	48	7.49	95	7.89	48	8.27	95	8.60
49	6.53	76	7.04	49	7.50	96	7.90	49	8.28	96	8.61

When  $r=0.5$   
When  $r=1.78$

$$10 \log_{10} r = -10 + 10 \log_{10} 1.78 = -10 + 2.25 = -7.75$$

$$10 \log_{10} r = 20 + 10 \log_{10} 1.78 = 20 + 2.25 = 22.25$$



APPENDIX TABLE-3 Omega Transformation Table

$p$ (%)	db	$p$ (%)	db	$p$ (%)	db	$p$ (%)	db	$p$ (%)	db	$p$ (%)	db
0.0	∞	5.0	-12.787	10.0	-9.541	15.0	-7.532	20.0	-6.020	25.0	-4.770
0.1	-29.996	5.1	-12.696	10.1	-9.493	15.1	-7.498	20.1	-5.993	25.1	-4.747
0.2	-26.980	5.2	-12.607	10.2	-9.446	15.2	-7.465	20.2	-5.966	25.2	-4.724
0.3	-25.215	5.3	-12.520	10.3	-9.399	15.3	-7.431	20.3	-5.939	25.3	-4.701
0.4	-23.961	5.4	-12.434	10.4	-9.352	15.4	-7.397	20.4	-5.912	25.4	-4.678
0.5	-22.988	5.5	-12.350	10.5	-9.305	15.5	-7.364	20.5	-5.885	25.5	-4.655
0.6	-22.191	5.6	-12.267	10.6	-9.259	15.6	-7.331	20.6	-5.858	25.6	-4.632
0.7	-21.518	5.7	-12.185	10.7	-9.214	15.7	-7.298	20.7	-5.832	25.7	-4.610
0.8	-20.933	5.8	-12.105	10.8	-9.168	15.8	-7.266	20.8	-5.806	25.8	-4.587
0.9	-20.417	5.9	-12.026	10.9	-9.124	15.9	-7.233	20.9	-5.779	25.9	-4.564
1.0	-19.955	6.0	-11.949	11.0	-9.079	16.0	-7.201	21.0	-5.753	26.0	-4.542
1.1	-19.537	6.1	-11.872	11.1	-9.035	16.1	-7.168	21.1	-5.727	26.1	-4.519
1.2	-19.155	6.2	-11.797	11.2	-8.991	16.2	-7.136	21.2	-5.701	26.2	-4.497
1.3	-18.803	6.3	-11.723	11.3	-8.947	16.3	-7.104	21.3	-5.675	26.3	-4.474
1.4	-18.476	6.4	-11.650	11.4	-8.904	16.4	-7.073	21.4	-5.649	26.4	-4.452
1.5	-18.172	6.5	-11.578	11.5	-8.861	16.5	-7.041	21.5	-5.623	26.5	-4.429
1.6	-17.888	6.6	-11.507	11.6	-8.819	16.6	-7.010	21.6	-5.598	26.6	-4.407
1.7	-17.620	6.7	-11.437	11.7	-8.777	16.7	-6.978	21.7	-5.572	26.7	-4.385
1.8	-17.367	6.8	-11.368	11.8	-8.735	16.8	-6.947	21.8	-5.547	26.8	-4.363
1.9	-17.128	6.9	-11.300	11.9	-8.693	16.9	-6.916	21.9	-5.521	26.9	-4.341
2.0	-16.901	7.0	-11.233	12.0	-8.652	17.0	-6.885	22.0	-5.496	27.0	-4.319
2.1	-16.685	7.1	-11.167	12.1	-8.611	17.1	-6.855	22.1	-5.470	27.1	-4.297
2.2	-16.478	7.2	-11.101	12.2	-8.570	17.2	-6.824	22.2	-5.445	27.2	-4.275
2.3	-16.281	7.3	-11.037	12.3	-8.530	17.3	-6.794	22.3	-5.420	27.3	-4.253
2.4	-16.091	7.4	-10.973	12.4	-8.490	17.4	-6.763	22.4	-5.395	27.4	-4.231
2.5	-15.910	7.5	-10.910	12.5	-8.450	17.5	-6.733	22.5	-5.370	27.5	-4.209
2.6	-15.735	7.6	-10.848	12.6	-8.410	17.6	-6.703	22.6	-5.345	27.6	-4.187
2.7	-15.566	7.7	-10.786	12.7	-8.371	17.7	-6.673	22.7	-5.321	27.7	-4.165
2.8	-15.404	7.8	-10.725	12.8	-8.332	17.8	-6.644	22.8	-5.296	27.8	-4.144
2.9	-15.247	7.9	-10.665	12.9	-8.293	17.9	-6.614	22.9	-5.271	27.9	-4.122
3.0	-15.096	8.0	-10.606	13.0	-8.255	18.0	-6.584	23.0	-5.247	28.0	-4.101
3.1	-14.949	8.1	-10.547	13.1	-8.216	18.1	-6.555	23.1	-5.222	28.1	-4.079
3.2	-14.806	8.2	-10.489	13.2	-8.178	18.2	-6.526	23.2	-5.198	28.2	-4.058
3.3	-14.668	8.3	-10.432	13.3	-8.141	18.3	-6.497	23.3	-5.173	28.3	-4.036
3.4	-14.534	8.4	-10.375	13.4	-8.103	18.4	-6.468	23.4	-5.149	28.4	-4.015
3.5	-14.404	8.5	-10.319	13.5	-8.066	18.5	-6.439	23.5	-5.125	28.5	-3.994
3.6	-14.277	8.6	-10.263	13.6	-8.029	18.6	-6.410	23.6	-5.101	28.6	-3.972
3.7	-14.153	8.7	-10.209	13.7	-7.992	18.7	-6.381	23.7	-5.077	28.7	-3.951
3.8	-14.033	8.8	-10.154	13.8	-7.955	18.8	-6.353	23.8	-5.053	28.8	-3.930
3.9	-13.916	8.9	-10.100	13.9	-7.919	18.9	-6.325	23.9	-5.029	28.9	-3.909
4.0	-13.801	9.0	-10.047	14.0	-7.883	19.0	-6.296	24.0	-5.005	29.0	-3.888
4.1	-13.689	9.1	-9.994	14.1	-7.847	19.1	-6.268	24.1	-4.981	29.1	-3.867
4.2	-13.580	9.2	-9.942	14.2	-7.811	19.2	-6.240	24.2	-4.958	29.2	-3.846
4.3	-13.473	9.3	-9.890	14.3	-7.775	19.3	-6.212	24.3	-4.934	29.3	-3.825
4.4	-13.369	9.4	-9.839	14.4	-7.740	19.4	-6.184	24.4	-4.910	29.4	-3.804
4.5	-13.267	9.5	-9.788	14.5	-7.705	19.5	-6.157	24.5	-4.887	29.5	-3.783
4.6	-13.167	9.6	-9.738	14.6	-7.670	19.6	-6.129	24.6	-4.863	29.6	-3.762
4.7	-13.069	9.7	-9.688	14.7	-7.635	19.7	-6.101	24.7	-4.840	29.7	-3.741
4.8	-12.973	9.8	-9.639	14.8	-7.601	19.8	-6.074	24.8	-4.817	29.8	-3.720
4.9	-12.879	9.9	-9.590	14.9	-7.566	19.9	-6.047	24.9	-4.793	29.9	-3.699

\* When  $p$  or  $\rho$  is less than 0.1, either  $p$  or  $\rho$  is converted into fractions

such as  $\frac{p}{1-p}$  or  $\frac{\rho}{1-\rho}$

Decibel values are calculated from the logarithm table or calculator

APPENDIX TABLE-3 (Continued)

P	db	P	db	P	db	P	db	P	db	P	db
(F <sub>1</sub> )		(F <sub>2</sub> )		(F <sub>3</sub> )		(F <sub>4</sub> )		(F <sub>5</sub> )		(F <sub>6</sub> )	
30.0	- 3 679	35.0	- 2 687	40.0	- 1 760	45.0	- 0 871	50.0	0 000	55.0	0 872
30.1	- 3 658	35.1	- 2 688	40.1	- 1 742	45.1	- 0 853	50.1	0 017	55.1	0 889
30.2	- 3 637	35.2	- 2 649	40.2	- 1 724	45.2	- 0 835	50.2	0 035	55.2	0 907
30.3	- 3 617	35.3	- 2 630	40.3	- 1 706	45.3	- 0 818	50.3	0 052	55.3	0 924
30.4	- 3 596	35.4	- 2 611	40.4	- 1 688	45.4	- 0 800	50.4	0 069	55.4	0 942
30.5	- 3 576	35.5	- 2 592	40.5	- 1 670	45.5	- 0 783	50.5	0 087	55.5	0 959
30.6	- 3 555	35.6	- 2 573	40.6	- 1 652	45.6	- 0 765	50.6	0 104	55.6	0 977
30.7	- 3 535	35.7	- 2 554	40.7	- 1 634	45.7	- 0 748	50.7	0 122	55.7	0 995
30.8	- 3 515	35.8	- 2 536	40.8	- 1 616	45.8	- 0 730	50.8	0 139	55.8	1 012
30.9	- 3 494	35.9	- 2 517	40.9	- 1 598	45.9	- 0 713	50.9	0 156	55.9	1 030
31.0	- 3 474	36.0	- 2 498	41.0	- 1 580	46.0	- 0 695	51.0	0 174	56.0	1 047
31.1	- 3 454	36.1	- 2 479	41.1	- 1 562	46.1	- 0 678	51.1	0 191	56.1	1 065
31.2	- 3 433	36.2	- 2 460	41.2	- 1 544	46.2	- 0 660	51.2	0 209	56.2	1 083
31.3	- 3 413	36.3	- 2 441	41.3	- 1 526	46.3	- 0 643	51.3	0 226	56.3	1 100
31.4	- 3 393	36.4	- 2 423	41.4	- 1 508	46.4	- 0 625	51.4	0 243	56.4	1 118
31.5	- 3 373	36.5	- 2 404	41.5	- 1 490	46.5	- 0 608	51.5	0 261	56.5	1 135
31.6	- 3 353	36.6	- 2 385	41.6	- 1 472	46.6	- 0 591	51.6	0 279	56.6	1 153
31.7	- 3 333	36.7	- 2 366	41.7	- 1 454	46.7	- 0 573	51.7	0 295	56.7	1 171
31.8	- 3 313	36.8	- 2 348	41.8	- 1 436	46.8	- 0 556	51.8	0 313	56.8	1 189
31.9	- 3 293	36.9	- 2 329	41.9	- 1 418	46.9	- 0 538	51.9	0 330	56.9	1 206
32.0	- 3 273	37.0	- 2 310	42.0	- 1 401	47.0	- 0 521	52.0	0 348	57.0	1 224
32.1	- 3 253	37.1	- 2 292	42.1	- 1 383	47.1	- 0 503	52.1	0 365	57.1	1 242
32.2	- 3 233	37.2	- 2 273	42.2	- 1 365	47.2	- 0 486	52.2	0 382	57.2	1 260
32.3	- 3 213	37.3	- 2 255	42.3	- 1 347	47.3	- 0 468	52.3	0 400	57.3	1 277
32.4	- 3 193	37.4	- 2 236	42.4	- 1 330	47.4	- 0 451	52.4	0 417	57.4	1 295
32.5	- 3 173	37.5	- 2 217	42.5	- 1 312	47.5	- 0 434	52.5	0 435	57.5	1 313
32.6	- 3 153	37.6	- 2 199	42.6	- 1 294	47.6	- 0 416	52.6	0 452	57.6	1 331
32.7	- 3 133	37.7	- 2 180	42.7	- 1 276	47.7	- 0 399	52.7	0 469	57.7	1 348
32.8	- 3 113	37.8	- 2 162	42.8	- 1 258	47.8	- 0 381	52.8	0 487	57.8	1 366
32.9	- 3 093	37.9	- 2 144	42.9	- 1 241	47.9	- 0 364	52.9	0 504	57.9	1 384
33.0	- 3 073	38.0	- 2 125	43.0	- 1 223	48.0	- 0 347	53.0	0 522	58.0	1 402
33.1	- 3 053	38.1	- 2 107	43.1	- 1 205	48.1	- 0 329	53.1	0 539	58.1	1 420
33.2	- 3 033	38.2	- 2 088	43.2	- 1 188	48.2	- 0 312	53.2	0 557	58.2	1 437
33.3	- 3 013	38.3	- 2 070	43.3	- 1 170	48.3	- 0 294	53.3	0 574	58.3	1 455
33.4	- 2 993	38.4	- 2 051	43.4	- 1 152	48.4	- 0 277	53.4	0 592	58.4	1 473
33.5	- 2 973	38.5	- 2 033	43.5	- 1 135	48.5	- 0 260	53.5	0 609	58.5	1 491
33.6	- 2 953	38.6	- 2 015	43.6	- 1 117	48.6	- 0 242	53.6	0 627	58.6	1 509
33.7	- 2 933	38.7	- 1 996	43.7	- 1 099	48.7	- 0 225	53.7	0 644	58.7	1 527
33.8	- 2 913	38.8	- 1 978	43.8	- 1 082	48.8	- 0 208	53.8	0 661	58.8	1 545
33.9	- 2 893	38.9	- 1 960	43.9	- 1 064	48.9	- 0 190	53.9	0 677	58.9	1 563
34.0	- 2 873	39.0	- 1 942	44.0	- 1 046	49.0	- 0 173	54.0	0 695	59.0	1 581
34.1	- 2 853	39.1	- 1 923	44.1	- 1 029	49.1	- 0 155	54.1	0 714	59.1	1 599
34.2	- 2 833	39.2	- 1 905	44.2	- 1 011	49.2	- 0 138	54.2	0 731	59.2	1 617
34.3	- 2 813	39.3	- 1 887	44.3	- 0 994	49.3	- 0 121	54.3	0 749	59.3	1 635
34.4	- 2 793	39.4	- 1 869	44.4	- 0 976	49.4	- 0 103	54.4	0 767	59.4	1 653
34.5	- 2 773	39.5	- 1 851	44.5	- 0 958	49.5	- 0 086	54.5	0 784	59.5	1 671
34.6	- 2 753	39.6	- 1 832	44.6	- 0 941	49.6	- 0 068	54.6	0 801	59.6	1 689
34.7	- 2 733	39.7	- 1 814	44.7	- 0 923	49.7	- 0 051	54.7	0 817	59.7	1 707
34.8	- 2 713	39.8	- 1 796	44.8	- 0 906	49.8	- 0 034	54.8	0 836	59.8	1 725
34.9	- 2 693	39.9	- 1 778	44.9	- 0 888	49.9	- 0 016	54.9	0 854	59.9	1 743

APPENDIX TABLE-3 (Continued)

$P$ (%)	db										
90.0	9.542	92.0	10.607	94.0	11.950	96.0	13.202	98.0	16.902	100.0	$\infty$
90.1	9.581	92.1	10.666	94.1	12.027	96.1	13.917	98.1	17.129		
90.2	9.640	92.2	10.726	94.2	12.106	96.2	14.034	98.2	17.268		
90.3	9.689	92.3	10.787	94.3	12.186	96.3	14.154	98.3	17.421		
90.4	9.739	92.4	10.840	94.4	12.268	96.4	14.278	98.4	17.589		
90.5	9.789	92.5	10.911	94.5	12.351	96.5	14.405	98.5	18.173		
90.6	9.840	92.6	10.974	94.6	12.435	96.6	14.535	98.6	18.447		
90.7	9.891	92.7	11.038	94.7	12.521	96.7	14.669	98.7	18.804		
90.8	9.943	92.8	11.102	94.8	12.608	96.8	14.807	98.8	19.156		
90.9	9.985	92.9	11.168	94.9	12.697	96.9	14.950	98.9	19.538		
91.0	10.048	93.0	11.234	95.0	12.783	97.0	15.097	99.0	19.956		
91.1	10.111	93.1	11.301	95.1	12.880	97.1	15.248	99.1	20.418		
91.2	10.155	93.2	11.369	95.2	12.974	97.2	15.406	99.2	20.934		
91.3	10.210	93.3	11.438	95.3	13.070	97.3	15.567	99.3	21.519		
91.4	10.264	93.4	11.508	95.4	13.168	97.4	15.736	99.4	22.182		
91.5	10.320	93.5	11.579	95.5	13.268	97.5	15.911	99.5	22.989		
91.6	10.376	93.6	11.651	95.6	13.370	97.6	16.092	99.6	23.962		
91.7	10.433	93.7	11.724	95.7	13.474	97.7	16.282	99.7	25.216		
91.8	10.490	93.8	11.798	95.8	13.581	97.8	16.479	99.8	26.881		
91.9	10.548	93.9	11.873	95.9	13.690	97.9	16.686	99.9	29.996		

When  $P$  or  $p$  exceeds 99.9%, either  $P$  or  $p$  is converted into fractions.

such as  $\eta = 10 \log \frac{P}{1-P}$  (or  $10 \log \frac{p}{1-p}$ )

APPENDIX TABLE-3 (Continued)

P (db)	db										
60.0	1.761	65.0	2.688	70.0	3.680	75.0	4.771	80.0	6.021	85.0	7.548
60.1	1.779	65.1	2.708	70.1	3.700	75.1	4.794	80.1	6.048	85.1	7.567
60.2	1.797	65.2	2.727	70.2	3.721	75.2	4.818	80.2	6.075	85.2	7.582
60.3	1.815	65.3	2.746	70.3	3.742	75.3	4.841	80.3	6.102	85.3	7.596
60.4	1.833	65.4	2.765	70.4	3.763	75.4	4.864	80.4	6.130	85.4	7.611
60.5	1.852	65.5	2.784	70.5	3.784	75.5	4.888	80.5	6.158	85.5	7.706
60.6	1.870	65.6	2.803	70.6	3.805	75.6	4.911	80.6	6.185	85.6	7.741
60.7	1.888	65.7	2.823	70.7	3.826	75.7	4.935	80.7	6.213	85.7	7.776
60.8	1.906	65.8	2.842	70.8	3.847	75.8	4.959	80.8	6.241	85.8	7.812
60.9	1.924	65.9	2.861	70.9	3.868	75.9	4.982	80.9	6.269	85.9	7.848
61.0	1.943	66.0	2.881	71.0	3.889	76.0	5.006	81.0	6.297	86.0	7.884
61.1	1.961	66.1	2.900	71.1	3.910	76.1	5.030	81.1	6.325	86.1	7.920
61.2	1.979	66.2	2.919	71.2	3.931	76.2	5.054	81.2	6.354	86.2	7.956
61.3	1.997	66.3	2.939	71.3	3.952	76.3	5.078	81.3	6.382	86.3	7.992
61.4	2.016	66.4	2.958	71.4	3.973	76.4	5.102	81.4	6.411	86.4	8.028
61.5	2.034	66.5	2.978	71.5	3.995	76.5	5.126	81.5	6.440	86.5	8.067
61.6	2.052	66.6	2.997	71.6	4.016	76.6	5.150	81.6	6.469	86.6	8.104
61.7	2.071	66.7	3.017	71.7	4.037	76.7	5.174	81.7	6.498	86.7	8.142
61.8	2.089	66.8	3.036	71.8	4.059	76.8	5.199	81.8	6.527	86.8	8.179
61.9	2.108	66.9	3.056	71.9	4.080	76.9	5.223	81.9	6.556	86.9	8.217
62.0	2.126	67.0	3.076	72.0	4.102	77.0	5.248	82.0	6.585	87.0	8.256
62.1	2.145	67.1	3.096	72.1	4.123	77.1	5.272	82.1	6.615	87.1	8.294
62.2	2.163	67.2	3.115	72.2	4.145	77.2	5.297	82.2	6.645	87.2	8.333
62.3	2.181	67.3	3.135	72.3	4.167	77.3	5.322	82.3	6.674	87.3	8.372
62.4	2.200	67.4	3.154	72.4	4.188	77.4	5.346	82.4	6.704	87.4	8.411
62.5	2.218	67.5	3.174	72.5	4.210	77.5	5.371	82.5	6.734	87.5	8.451
62.6	2.237	67.6	3.194	72.6	4.232	77.6	5.395	82.6	6.764	87.6	8.491
62.7	2.256	67.7	3.214	72.7	4.254	77.7	5.421	82.7	6.795	87.7	8.531
62.8	2.274	67.8	3.234	72.8	4.276	77.8	5.446	82.8	6.825	87.8	8.571
62.9	2.293	67.9	3.254	72.9	4.298	77.9	5.471	82.9	6.856	87.9	8.612
63.0	2.311	68.0	3.274	73.0	4.320	78.0	5.497	83.0	6.886	88.0	8.653
63.1	2.330	68.1	3.294	73.1	4.342	78.1	5.522	83.1	6.917	88.1	8.694
63.2	2.349	68.2	3.314	73.2	4.364	78.2	5.546	83.2	6.948	88.2	8.736
63.3	2.367	68.3	3.334	73.3	4.386	78.3	5.573	83.3	6.979	88.3	8.778
63.4	2.386	68.4	3.354	73.4	4.408	78.4	5.599	83.4	7.011	88.4	8.820
63.5	2.405	68.5	3.374	73.5	4.430	78.5	5.624	83.5	7.042	88.5	8.863
63.6	2.424	68.6	3.394	73.6	4.453	78.6	5.650	83.6	7.074	88.6	8.906
63.7	2.442	68.7	3.414	73.7	4.475	78.7	5.676	83.7	7.105	88.7	8.949
63.8	2.461	68.8	3.434	73.8	4.496	78.8	5.702	83.8	7.137	88.8	8.993
63.9	2.480	68.9	3.455	73.9	4.520	78.9	5.728	83.9	7.169	88.9	9.036
64.0	2.499	69.0	3.475	74.0	4.543	79.0	5.754	84.0	7.202	89.0	9.080
64.1	2.518	69.1	3.495	74.1	4.565	79.1	5.780	84.1	7.234	89.1	9.124
64.2	2.537	69.2	3.516	74.2	4.587	79.2	5.807	84.2	7.267	89.2	9.168
64.3	2.555	69.3	3.536	74.3	4.611	79.3	5.833	84.3	7.299	89.3	9.213
64.4	2.574	69.4	3.556	74.4	4.633	79.4	5.860	84.4	7.332	89.4	9.258
64.5	2.593	69.5	3.577	74.5	4.656	79.5	5.886	84.5	7.365	89.5	9.303
64.6	2.612	69.6	3.597	74.6	4.679	79.6	5.913	84.6	7.398	89.6	9.348
64.7	2.631	69.7	3.618	74.7	4.702	79.7	5.940	84.7	7.431	89.7	9.393
64.8	2.650	69.8	3.638	74.8	4.725	79.8	5.967	84.8	7.464	89.8	9.438
64.9	2.669	69.9	3.659	74.9	4.748	79.9	5.994	84.9	7.497	89.9	9.483

APPENDIX TABLE-4 Orthogonal Polynomials with equal intervals

$b_1 : 1$  Linear

$b_2 : 2$  Quadratic

$\vdots$

$$\hat{b}_i = \frac{W_1 A_1 + \dots + W_n A_n}{r \cdot \Delta S \cdot h^i}$$

$$\text{Var}(\hat{b}_i) = \frac{\sigma^2}{r \cdot S \cdot h^{2i}}$$

$$SE_{\hat{b}_i} = \frac{(\sigma_1 A_1 + \dots + \sigma_n A_n)^2}{r \cdot \Delta S}$$

No. of Levels Coefficient	$k=2$		$k=3$		$k=4$			$k=5$			
	$b_1$	$b_2$	$b_1$	$b_2$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$
$W_1$	-1	-1	1	-3	1	-1	-2	2	-1	1	
$W_2$	1	0	-2	-1	-1	3	-1	-1	2	-4	
$W_3$		1	1	1	-1	-3	0	-2	0	6	
$W_4$				3	1	1	1	-1	-2	-4	
$W_5$							2	2	1	1	
$\sum W_i$	2	2	6	20	4	20	16	14	10	70	
$\sum W_i^2$	1	2	2	10	4	6	10	14	12	24	
$S$	$\frac{1}{2}$	2	$\frac{2}{3}$	5	4	$\frac{9}{5}$	10	14	$\frac{72}{5}$	$\frac{288}{85}$	
$\Delta$	2	1	3	2	1	$\frac{10}{3}$	1	1	$\frac{5}{6}$	$\frac{85}{12}$	

APPENDIX TABLE-4 (Continued)

	d=6					d=7				
	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$
$W_1$	-5	5	-5	1	-1	-3	5	-1	3	-1
$W_2$	-3	-1	7	-3	5	-2	0	1	-7	4
$W_3$	-1	-4	4	2	-10	-1	-3	1	1	-5
$W_4$	1	-4	-4	2	10	0	-4	0	6	0
$W_5$	3	-1	-7	-3	-5	1	-3	-1	1	5
$W_6$	5	5	5	1	1	2	0	-1	-7	-4
$W_7$						3	5	1	3	1
$J^2S$	70	84	100	20	252	20	84	6	154	84
$2S$	35	56	100	40	120	20	84	36	204	240
$S$	$\frac{35}{2}$	$\frac{112}{3}$	$\frac{324}{5}$	$\frac{576}{7}$	$\frac{690}{7}$	20	84	216	$\frac{3168}{7}$	$\frac{4900}{7}$
$I$	2	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{7}{12}$	$\frac{21}{10}$	1	1	$\frac{1}{6}$	$\frac{7}{12}$	$\frac{7}{20}$

	d=8					d=9				
	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$
$W_1$	-7	7	-7	7	-7	-4	20	-14	14	-4
$W_2$	-5	1	5	-13	23	-3	7	7	-21	11
$W_3$	-3	-3	7	-3	-17	-2	-6	13	-31	-4
$W_4$	-1	-5	3	9	-15	-1	-17	0	0	-9
$W_5$	1	-5	-3	9	15	0	-20	0	16	0
$W_6$	3	-3	-7	-3	17	1	-17	-9	0	0
$W_7$	5	1	-5	-13	-23	3	-6	-13	-31	4
$W_8$	7	7	7	7	7	3	7	-7	-21	-11
$W_9$						4	20	14	14	4
$J^2S$	168	168	264	616	2184	60	2772	990	3002	408
$2S$	84	168	266	1056	3102	60	924	1100	3432	3120
$S$	42	100	204	$\frac{13672}{7}$	$\frac{21210}{7}$	60	308	$\frac{7120}{5}$	$\frac{41184}{7}$	30900
$I$	2	1	$\frac{2}{3}$	$\frac{12}{7}$	$\frac{11}{7}$	1	3	$\frac{1}{6}$	$\frac{7}{12}$	$\frac{3}{20}$

	d=10					d=11				
	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$
$W_1$	-9	9	-9	18	-9	-5	15	-20	6	-3
$W_2$	-7	2	14	-22	14	-4	6	0	-6	6
$W_3$	-5	-1	26	-17	-1	-3	-1	22	-6	1
$W_4$	-3	-3	31	3	-11	-2	-6	23	-1	-4
$W_5$	-1	-4	12	18	-6	-1	-9	14	4	-4
$W_6$	1	-4	-12	18	0	0	-10	0	0	0
$W_7$	3	-3	-31	3	11	1	-9	-14	4	-4
$W_8$	5	-1	-26	-17	-1	2	-6	-23	-1	4
$W_9$	7	2	-14	-22	-14	3	-1	-22	-6	-1
$W_{10}$	9	9	9	18	9	4	6	-6	-6	-6
$W_{11}$						5	15	20	6	3
$J^2S$	230	132	8580	2520	780	110	858	4200	280	156
$2S$	165	264	8148	6864	7800	110	858	5148	3432	6240
$S$	$\frac{165}{2}$	$\frac{630}{3}$	$\frac{15444}{5}$	$\frac{62368}{5}$	78000	110	858	$\frac{30986}{5}$	41184	249600
$I$	2	1	$\frac{5}{3}$	$\frac{5}{12}$	$\frac{1}{10}$	1	1	$\frac{5}{6}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{60}$

	d=12					d=13				
	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$
$W_1$	-11	11	-11	22	-11	-6	22	-11	0	-22
$W_2$	-9	25	3	-27	27	-5	11	0	-60	23
$W_3$	-7	1	21	-27	21	-4	2	0	-90	16
$W_4$	-5	-17	25	-15	-20	-3	-5	0	-34	-11
$W_5$	-3	-20	10	12	-44	-2	-10	7	11	-26
$W_6$	-1	-25	7	20	-20	-1	-13	4	64	-20
$W_7$	1	-25	-7	20	20	0	-14	0	64	0
$W_8$	3	-20	-10	12	44	1	-13	-4	64	26
$W_9$	5	-17	-25	-15	20	2	-10	-7	11	26
$W_{10}$	7	1	-21	-27	-21	3	-5	-9	-34	11
$W_{11}$	9	25	-3	-27	27	4	2	-6	-90	-16
$W_{12}$	11	11	11	22	22	5	11	0	-66	-23
$W_{13}$						6	22	11	90	22
$J^2S$	672	11012	5148	6000	15612	162	2002	572	6000	6108
$2S$	336	6004	7722	2760	10608	162	2002	3432	11660	10608
$S$	168	$\frac{6004}{3}$	$\frac{11563}{5}$	$\frac{65004}{7}$	70720	162	2002	3060	$\frac{160024}{7}$	$\frac{1272000}{7}$
$I$	2	1	$\frac{2}{3}$	$\frac{7}{24}$	$\frac{3}{20}$	1	1	1	$\frac{7}{12}$	$\frac{7}{120}$

Source: Taguchi "Tokei-Kaiseki", Maruzen, 1972

# APPENDIX TABLE-5 Orthogonal Array Tables and Linear Graphs

## Illustration

1. In order to make various kinds of experiments easily layout, some standard type linear graphs are listed.
2. "No" and "Column" indicate experimental numbers and columns in a table respectively.
3. Tables of interactions are listed for the purpose of obtaining the interactions between two columns.
4. In linear graphs, groups in a graph are indicated by the following symbols:

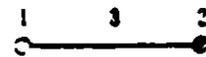
$L_{16}(2^5)$		$L_8(2^3)$		Other Tables	
Symbols	Groups	Symbols	Groups	Symbols	Groups
○	Group 1 & 2	○	Group 1, 2 & 3	○	Group 1
●	Group 3	●	Group 4	◐	Group 2
◐	Group 4	◑	Group 5	◒	Group 3
◑	Group 5	◓	Group 6	◔	Group 4

2<sup>nd</sup> Series

$L_4(2^3)$

Column No.	1	2	3
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1
	Group 1	Group 2	

Linear Graph of  $L_4$  Table



$L_8(2^7)$

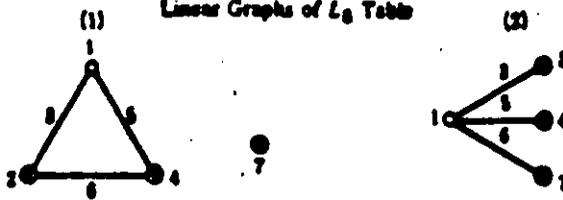
No	Column	1	2	3	4	5	6	7
1		1	1	1	1	1	1	1
2		1	1	1	2	2	2	2
3		1	2	2	1	1	2	2
4		1	2	2	2	2	1	1
5		2	1	2	1	2	1	2
6		2	1	2	2	1	2	1
7		2	2	1	1	2	2	1
8		2	2	1	2	1	1	2

Group 1: Columns 1, 2, 3  
Group 2: Columns 4, 5, 6, 7

Interactions Between Two Columns

Column	1	2	3	4	5	6	7
(1)	3	3	5	4	7	6	
(2)	1	6	7	4	5		
(3)	7	6	5	4			
(4)	1	2	3				
(5)	3	2					
(6)							1
(7)							

Linear Graphs of  $L_8$  Table



$L_{12}(2^{11})$

No	Column	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2		1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
3		1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2
4		1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	2
5		1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1
6		1	2	2	2	1	2	2	1	2	1	1
7		2	1	2	2	1	1	2	2	1	2	1
8		2	1	2	1	2	2	2	1	1	1	2
9		2	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1
10		2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2
11		2	2	1	2	1	2	1	1	1	2	2
12		2	2	1	1	2	1	2	1	2	2	1

Group 1: Columns 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11  
Group 2: Column 12

Note: The interaction between a certain two columns confounds with the remaining 9 columns. It is necessary to use sequential analysis to find interactions. Therefore, do not use this table for the experiment which requires interactions.

L8 ( $2^7$ )

	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

L8 ( $2^7$ )

	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

LB (2<sup>7</sup>)

	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

LB (2<sup>7</sup>)

	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

LB ( $2^7$ )

	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

LB ( $2^7$ )

	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

LB ( $2^7$ )

	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

LB ( $2^7$ )

	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

LB (2<sup>7</sup>)

	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

LB (2<sup>7</sup>)

	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

LB ( $2^7$ )

	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

LB ( $2^7$ )

	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

L16 ( $2^{15}$ )

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
4	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
5	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
6	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1
7	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2
8	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
9	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
10	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1
11	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1
12	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2
13	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1
14	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2
15	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2
16	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1

- L16 ( $2^{15}$ )

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
4	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
5	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
6	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1
7	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1
8	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
9	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
10	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1
11	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1
12	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2
13	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1
14	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2
15	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2
16	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1

L16 ( $2^{15}$ )

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
4	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
5	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
6	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1
7	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1
8	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
9	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
10	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1
11	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1
12	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2
13	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1
14	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2
15	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2
16	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1

L16 ( $2^{15}$ )

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
4	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
5	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
6	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1
7	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1
8	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
9	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
10	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1
11	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1
12	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2
13	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1
14	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2
15	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2
16	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1

L16 (2<sup>15</sup>)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
4	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
5	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
6	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1
7	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1
8	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
9	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
10	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1
11	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1
12	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2
13	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1
14	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2
15	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2
16	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1

2

L16 (2<sup>15</sup>)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
4	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
5	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
6	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1
7	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1
8	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
9	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
10	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1
11	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1
12	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2
13	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1
14	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2
15	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2
16	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1

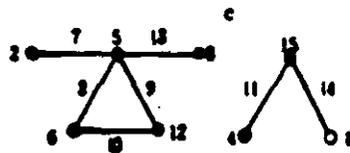
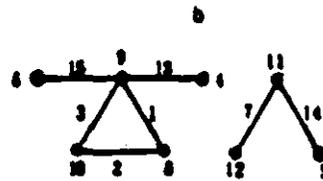
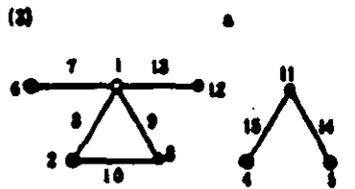
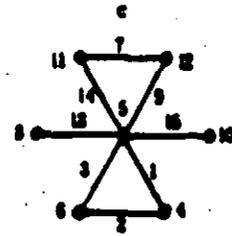
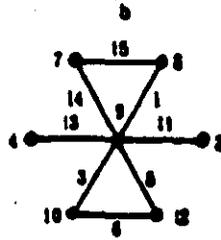
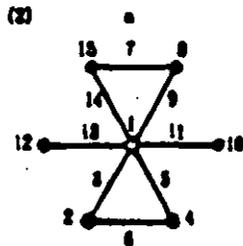
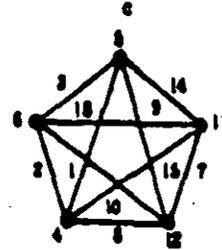
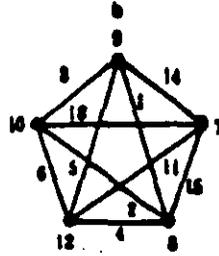
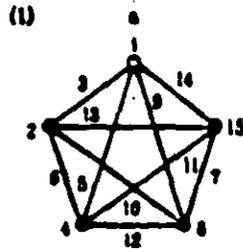
$L_{16}(2^{15})$

Column No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
3	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	
4	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
5	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	
6	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	
7	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	
8	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	
9	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
10	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	
11	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	
12	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2	
13	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	
14	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	
15	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2	
16	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1	
Groups	1	2	3				4									

Interactions between Two Columns

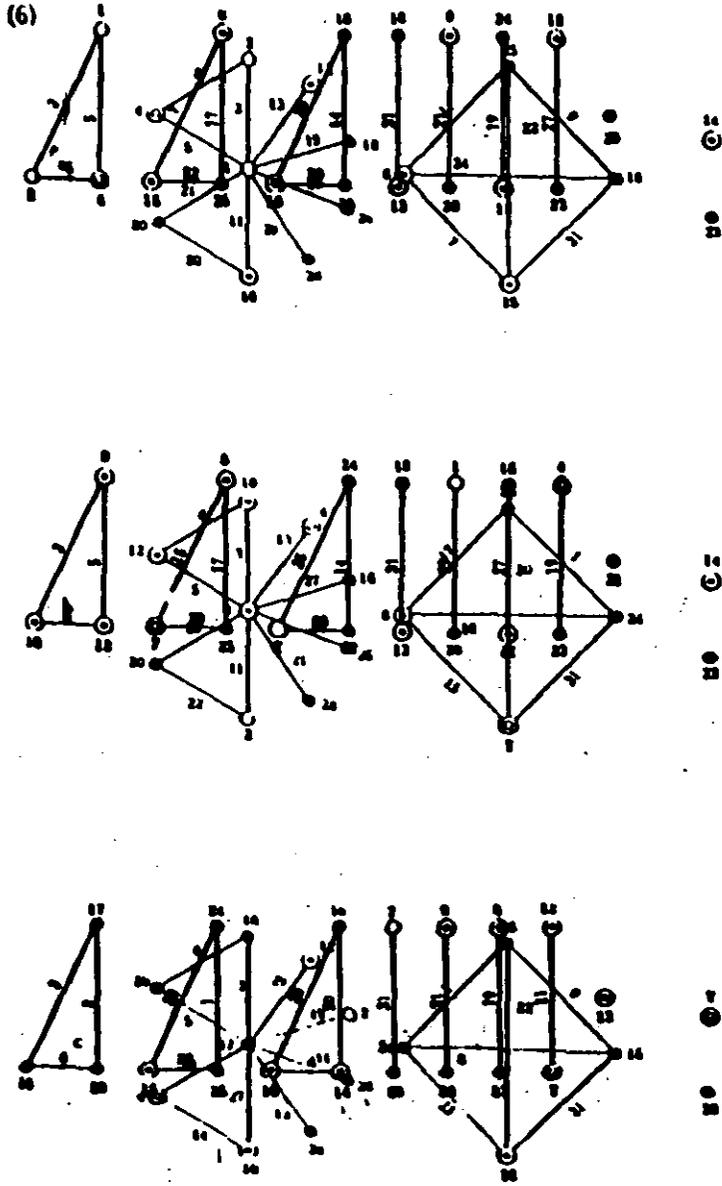
Column	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
(1)	3	2	5	4	7	6	9	8	11	10	13	12	15	14	
(2)	1	6	7	4	5	10	11	8	9	14	15	12	13	15	
(3)	7	6	5	4	11	10	9	8	15	14	13	12			
(4)	1	2	3	12	13	14	15	8	9	10	11				
(5)	3	2	13	12	15	14	9	8	11	10					
(6)	1	14	15	12	13	10	11	8	9						
(7)	15	14	13	12	11	10	9	8							
(8)	1	2	3	4	5	6	7								
(9)	1	2	5	4	7	6									
(10)	1	6	7	4	5										
(11)	7	6	5	4											
(12)	1	2	3												
(13)	1	2	3												
(14)	1	2	3												
(15)	1	2	3												
(16)	1	2	3												
(17)	1	2	3												
(18)	1	2	3												
(19)	1	2	3												
(20)	1	2	3												
(21)	1	2	3												
(22)	1	2	3												
(23)	1	2	3												
(24)	1	2	3												

Linear Graphs of Table L<sub>10</sub>

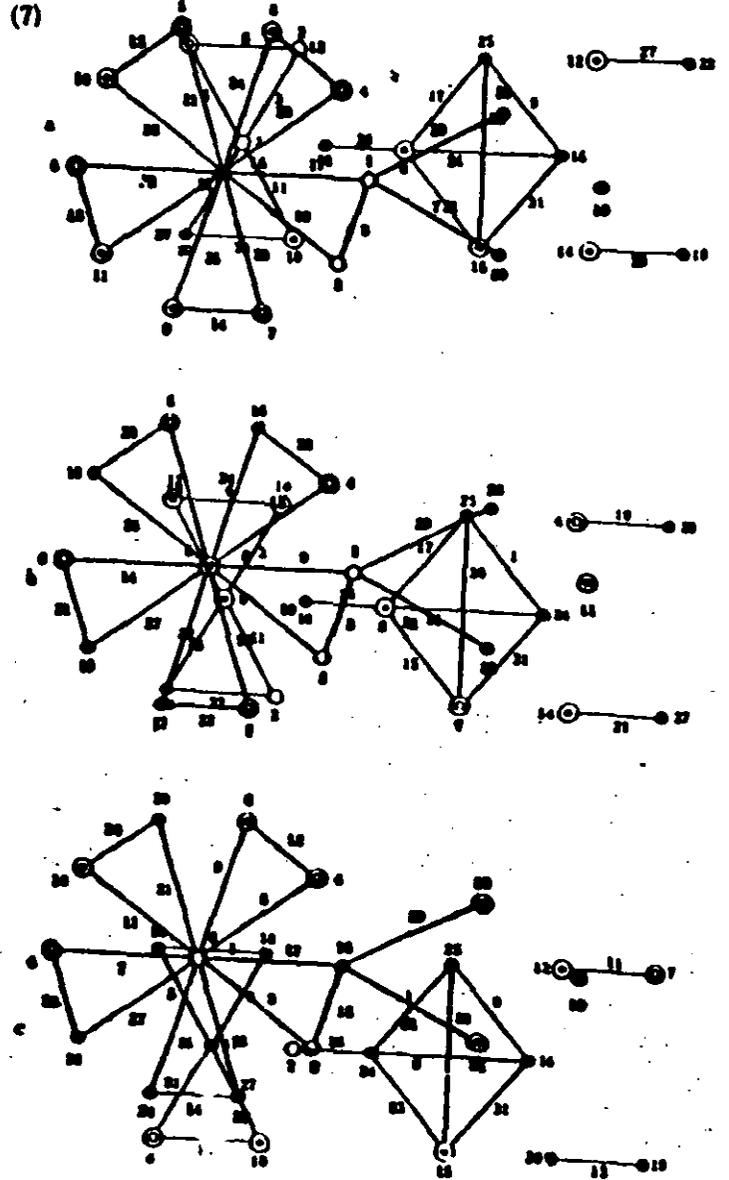




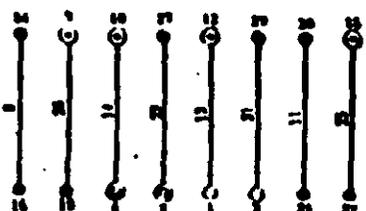
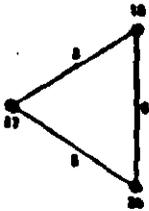
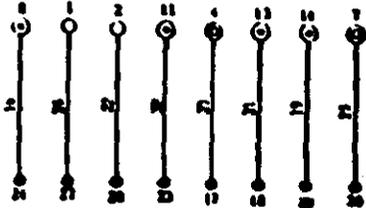
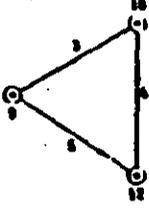
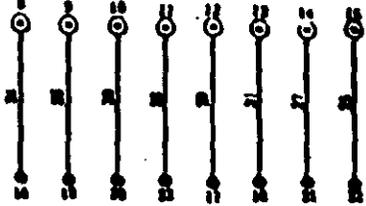
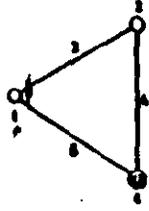
(8)



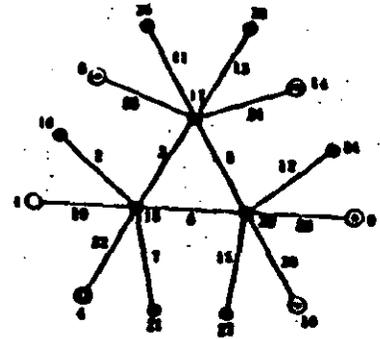
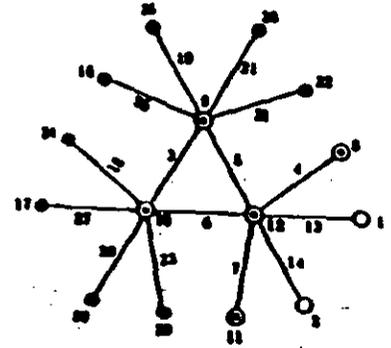
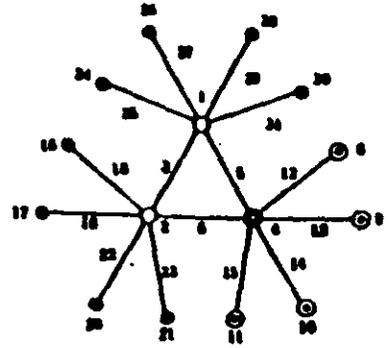
(9)

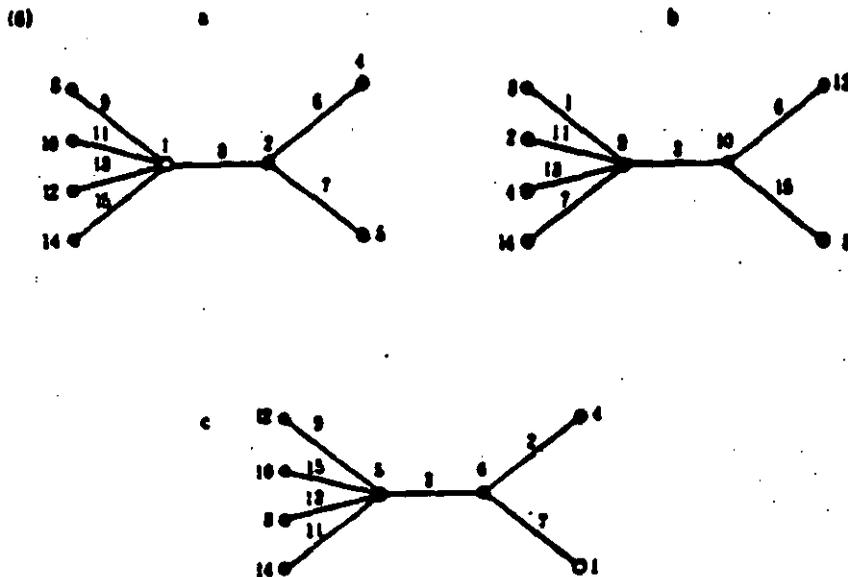
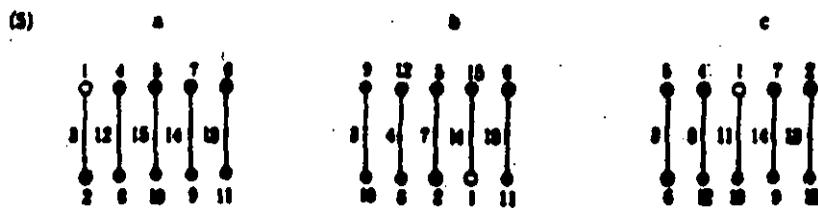
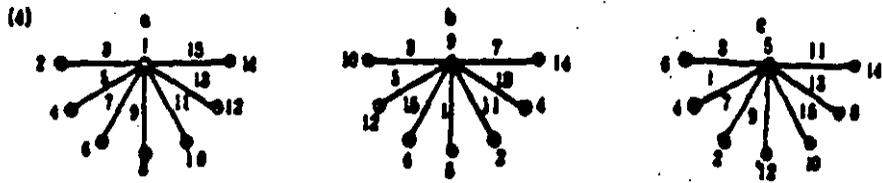


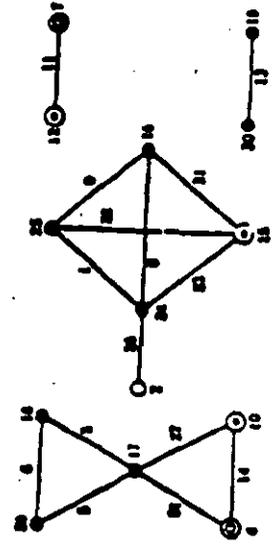
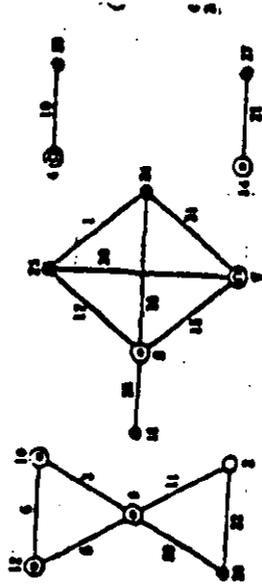
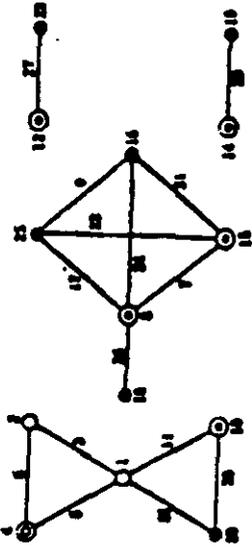
(10)



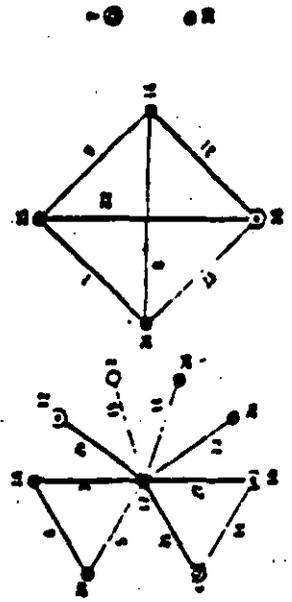
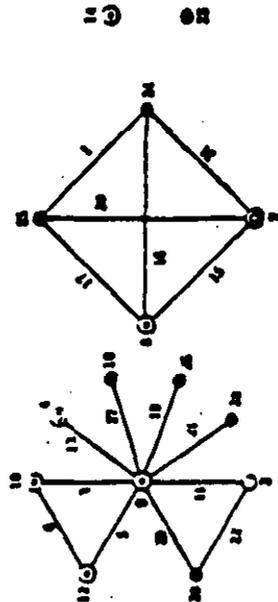
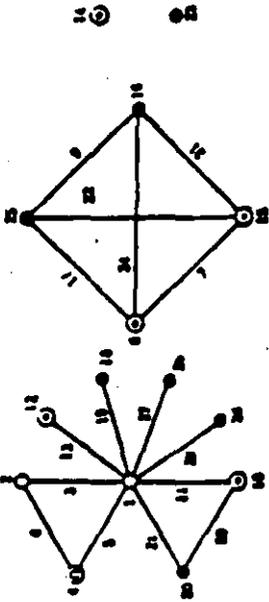
(11)





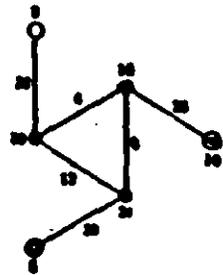
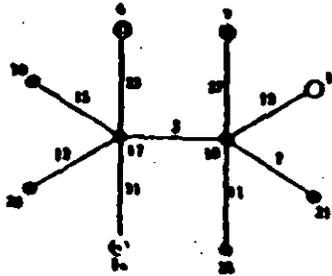
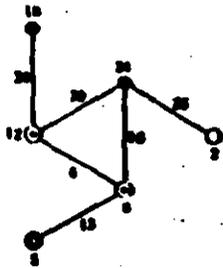
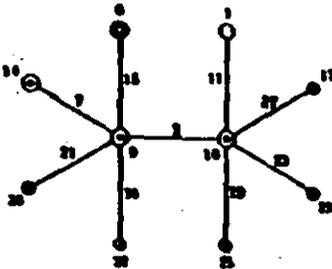
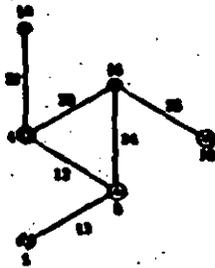
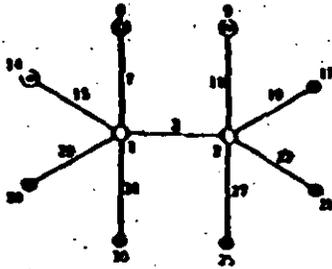


(7)

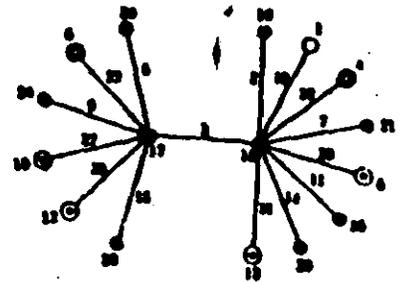
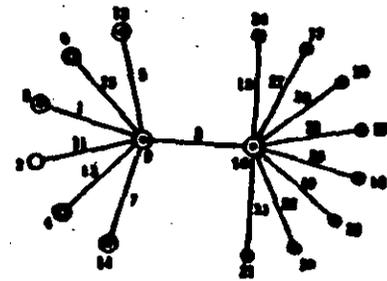
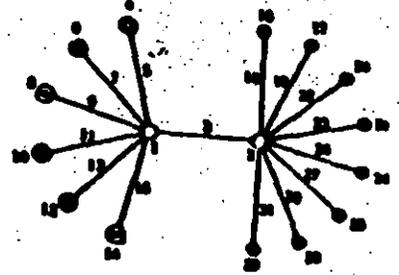


(6)

(12)



(13)

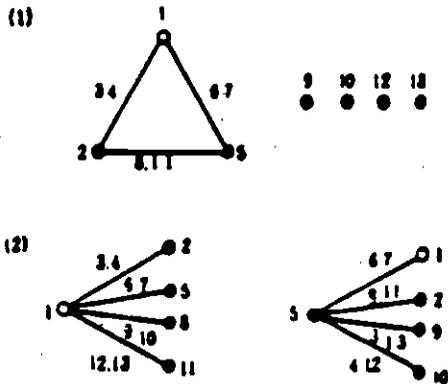


21 57

Interactions Between Two Columns

Column Column	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
(1)	3	2	2		6	5	5	9	8	8	12	11	11
	4	4	8		7	7	6	10	10	9	13	13	12
(2)		1	1		8	9	10	5	6	7	5	6	7
		4	8		11	12	13	11	12	13	8	9	10
(3)			1		9	10	8	7	5	6	6	7	5
			2		13	11	12	12	13	11	10	8	9
(4)					10	8	9	6	7	5	7	5	6
					12	13	11	13	11	12	9	10	8
(5)					1	1		2	3	4	2	4	3
					7	6		11	13	12	8	10	9
(6)						1		4	2	3	1	2	4
						5		13	12	11	10	9	8
(7)								3	4	2	4	3	2
								12	11	13	9	8	10
(8)								1	1		2	3	4
								10	9		5	7	6
(9)									1		4	2	3
									8		7	6	5
(10)											3	4	2
											6	7	7
											13	1	1
												13	12
													1
													11

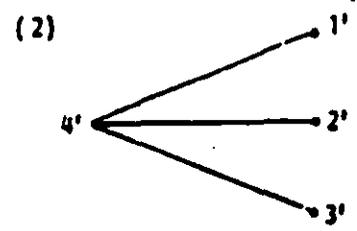
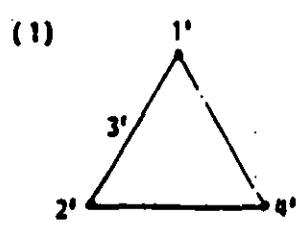
Linear Graphs of  $L_{12}$  Tables



$L_{36}(2^{11} \times 3^{12})$

Run	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	1'	2'	3'	4'
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
5	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
6	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
8	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	1	2	3	1	1	2	3	3	3	3	3	3
9	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	1	2	3	1	1	2	3	3	3	3	3	3
10	1	2	1	2	2	1	2	2	1	2	1	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1
11	1	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	3	2	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1
12	1	2	1	2	2	1	2	2	1	2	3	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3
13	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	1	2	3	1	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3
14	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	3	1	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2
15	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	3	1	2	3	2	1	3	2	2	1	3	2	1	3	2	1
16	1	2	2	1	2	2	1	2	1	1	1	2	3	2	1	1	3	2	3	3	2	1	3	2	1	3	2
17	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	3	1	3	2	2	1	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1
18	1	2	2	1	2	2	1	2	1	1	3	1	2	1	3	3	2	1	2	2	1	3	2	1	3	2	1
19	2	1	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	1	3	3	1	2	2	1	2	3	1	2	1	2	3
20	2	1	2	2	1	1	2	2	1	2	2	2	1	1	2	3	2	1	1	1	2	3	3	2	3	1	2
21	2	1	2	2	1	1	2	2	1	2	1	3	1	3	2	2	2	3	1	1	3	1	2	2	1	2	3
22	2	1	2	1	2	2	1	1	1	2	1	2	2	3	3	1	2	1	1	3	3	2	2	1	3	2	1
23	2	1	2	1	2	2	1	1	1	2	2	3	3	1	1	2	3	2	2	1	1	3	2	2	1	3	2
24	2	1	2	1	2	2	1	1	1	2	3	1	1	2	2	3	1	3	3	2	2	1	3	2	2	1	3
25	2	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1	3	2	1	2	3	3	1	3	1	3	1	2	2	1	3	2
26	2	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1	2	1	3	2	3	1	1	2	1	2	3	3	1	1	1	3
27	2	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1	3	2	1	3	2	1	3	2	3	2	3	1	1	1	1	3
28	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2	1	3	2	2	2	1	1	3	2	3	1	3	1	3	1	2	3
29	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2	1	3	3	3	2	2	1	3	2	1	3	1	3	1	3	1	2
30	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2	3	2	1	1	1	3	3	2	1	1	3	2	1	2	3	2	1
31	2	2	1	2	1	2	1	1	1	2	2	1	3	3	3	2	3	2	2	1	2	1	1	1	1	2	3
32	2	2	1	2	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1	3	1	3	3	2	3	2	2	2	2	1	2	3
33	2	2	1	2	1	2	1	1	1	2	2	3	2	2	1	2	1	1	3	1	3	1	3	1	3	2	1
34	2	2	1	1	2	1	2	1	2	2	1	1	3	1	2	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
35	2	2	1	1	2	1	2	1	2	2	1	2	2	3	1	3	1	2	3	3	1	2	3	1	2	2	3
36	2	2	1	1	2	1	2	1	2	2	1	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	2	3

Note: \*Instead of the columns, from the 1st to the 11th, replacing the columns 1', 2', 3', 4' gives  $L_{36}(2^3 \times 3^{13})$ .  
 \*Interactions in  $L_{36}(2^{11} \times 3^{12})$  are not orthogonal to other columns, hence it is recommended not to use when interaction(s) are required.  
 \*There are two types of linear graph for  $L_{36}(2^3 \times 3^{13})$  as shown below.



$L_9(3^4)$

3<sup>rd</sup> Series

Column No	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1
Groups	1	2		



$L_{18}(2^4 \times 3^2)$

Column No	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	2	2	2	2	2
3	1	1	3	3	3	3	3	3
4	1	2	1	1	2	2	3	3
5	1	2	2	2	3	3	1	1
6	1	2	3	3	1	1	2	2
7	1	3	1	2	1	3	2	3
8	1	3	2	3	2	1	3	1
9	1	3	3	1	3	2	1	2
10	2	1	1	3	3	2	2	1
11	2	1	2	1	1	3	3	2
12	2	1	3	2	2	1	1	3
13	2	2	1	2	3	1	3	2
14	2	2	2	3	1	2	1	3
15	2	2	3	1	2	3	2	1
16	2	3	1	3	2	3	1	2
17	2	3	2	1	3	1	2	3
18	2	3	3	2	1	2	3	1
Groups	1	2	3		3			

(1)



Interaction is obtainable without sacrificing any column. It is obtained from the two-way table of columns 1 and 2.

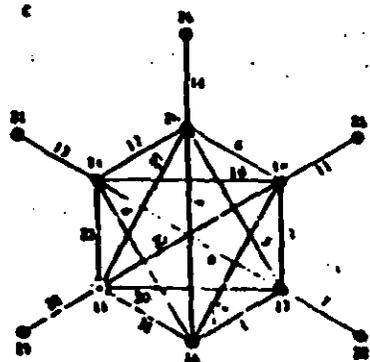
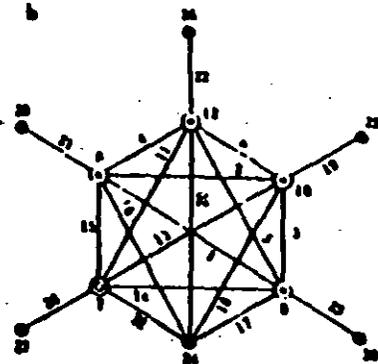
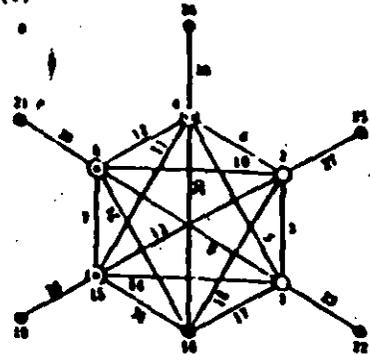
Note: The interactions between 3-level columns are partially confounded with the remaining 3-level columns. The situation is similar to the note of  $L_{33}$  Table.

$L_{\pi}(3^{13})$

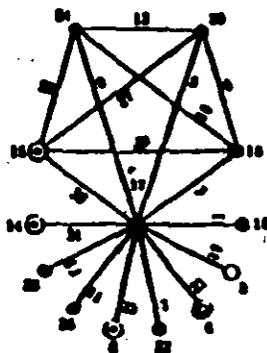
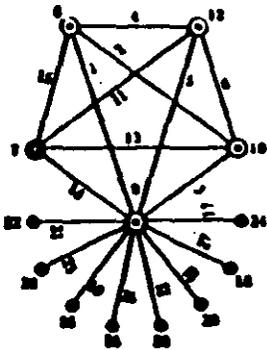
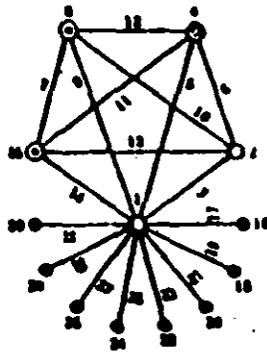
No. \ Column	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	3	3	3
5	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	1	1	1
6	1	2	2	2	3	3	3	1	1	1	2	2	2
7	1	3	3	3	1	1	1	3	3	3	2	2	2
8	1	3	3	3	2	2	2	1	1	1	3	3	3
9	1	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1
10	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
11	2	1	2	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1
12	2	1	2	3	3	1	2	3	1	2	3	1	2
13	2	2	3	1	1	2	3	2	3	1	3	1	2
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1	2	1	2	3
15	2	2	3	1	3	1	2	1	2	3	2	3	1
16	2	3	1	2	1	2	3	3	1	2	2	3	1
17	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	3	1	2
18	2	3	1	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3
19	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2
20	3	1	3	2	2	1	3	2	1	3	2	1	3
21	3	1	3	2	3	2	1	3	2	1	3	2	1
22	3	2	1	3	1	3	2	2	1	3	3	2	1
23	3	2	1	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2
24	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	2	1	3
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2	1	2	1	3
26	3	3	2	1	2	1	3	1	3	2	3	2	1
27	3	3	2	1	3	2	1	2	1	3	1	3	2
Groups	1	2			3								

Linear Graphs for  $L_{32}(2^{31})$

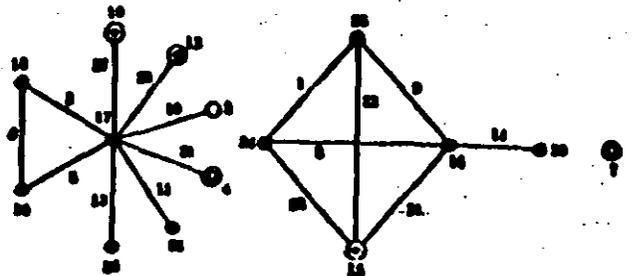
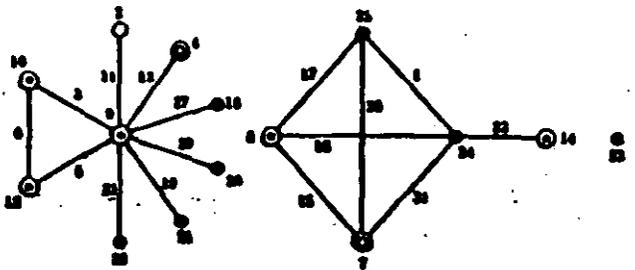
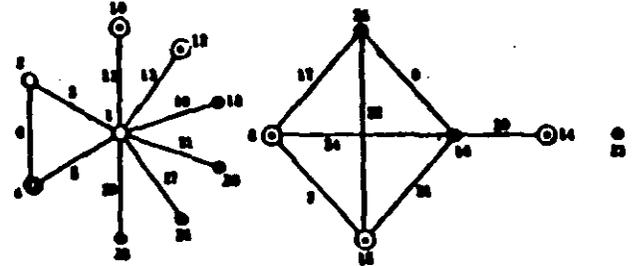
(1)



(2)

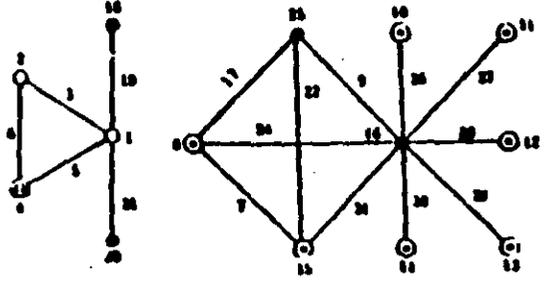


(3)

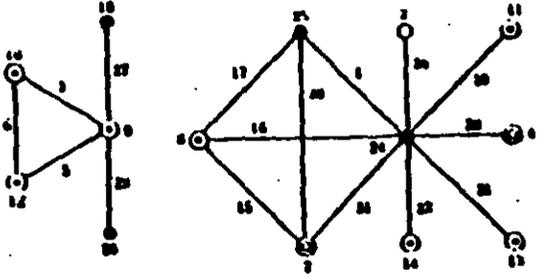


22

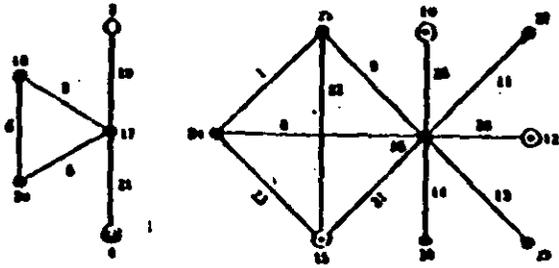
(4)



25

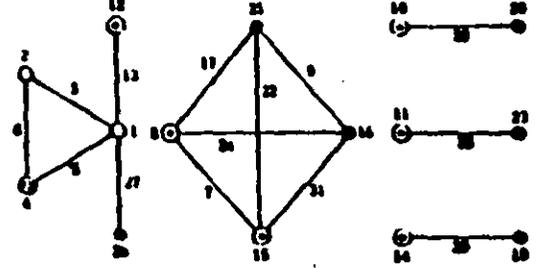


26



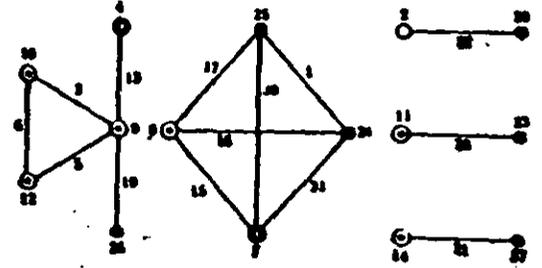
27

(5)



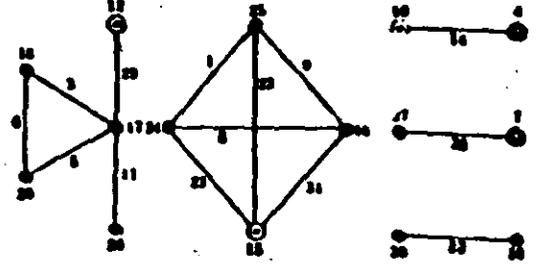
28

29



30

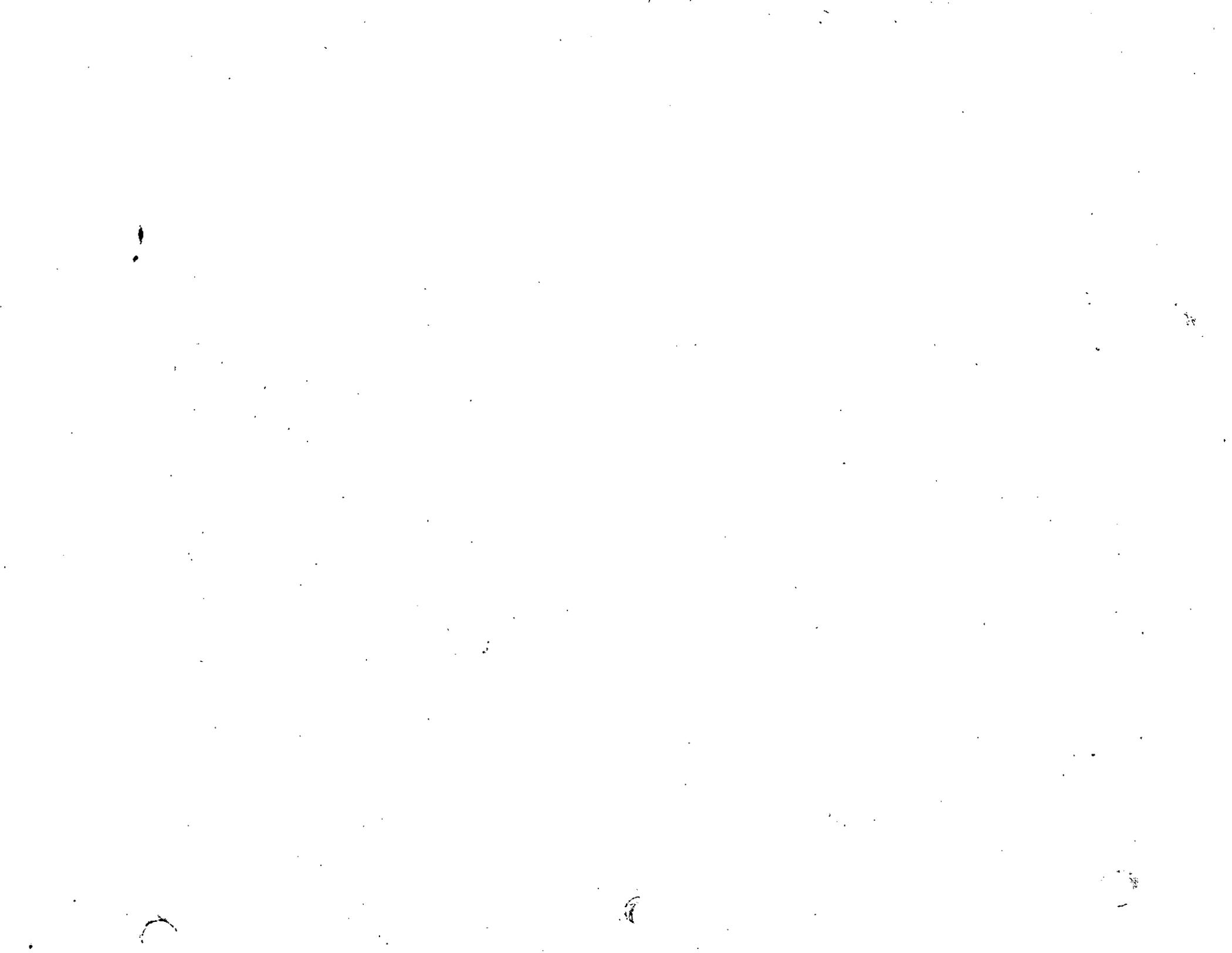
31

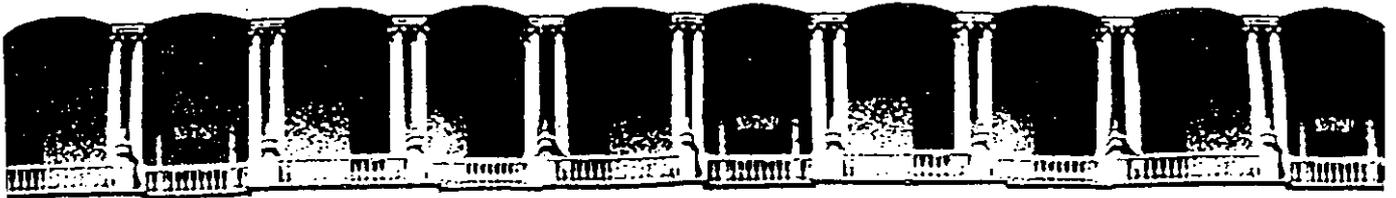


32

33

34





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**INGENIERIA DEL VALOR INGENIERIA DE CALIDAD**

**COMPLEMENTO AL TEMA DEL ING: RUBEN TELLEZ SANCHEZ**

## CONSTRUCCION Y EVOLUCION DE LA CALIDAD

100%

### ETAPA 7: ORIENTADA AL CONSUMIDOR

Expansión o despliegue de la función de calidad para definir la "voz" del consumidor en términos operacionales.

### ETAPA 6: ORIENTADA AL COSTO

Función de pérdida de calidad

### ETAPA 5: ORIENTADA A LA SOCIEDAD

Optimización en el diseño de productos y procesos para una función más robusta a mínimo costo

### ETAPA 4: HUMANISTICA

Cambiar el pensamiento de todos los empleados a través del entrenamiento y la capacitación

40%

### ETAPA 3: ORIENTADA AL SISTEMA

Aseguramiento de la calidad involucrando a toda la empresa: diseño, producción, ventas y servicio

### ETAPA 2: ORIENTADA AL PROCESO

Aseguramiento de la calidad durante el producción incluyendo el Control Estadístico del Proceso y aseguramiento de efectividad

### ETAPA 1: ORIENTADA AL PRODUCTO

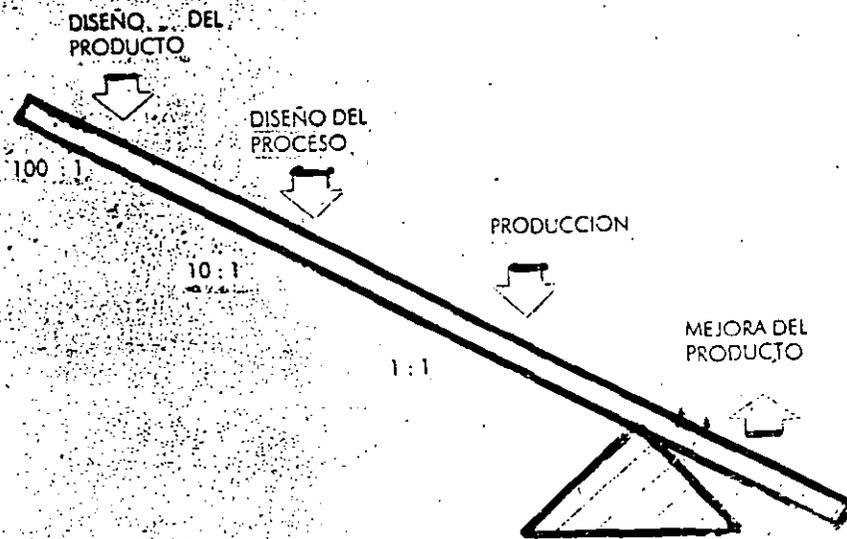
Inspección después de producción, inspección de productos terminados y actividades de solución de problemas

0%

CONTROL DE CALIDAD A LO ANCHO DE LA EMPRESA: Proporcionar productos buenos de bajo costo, dividiendo los beneficios entre consumidores, trabajadores y accionistas a través del mejoramiento de la calidad de la vida de la gente.

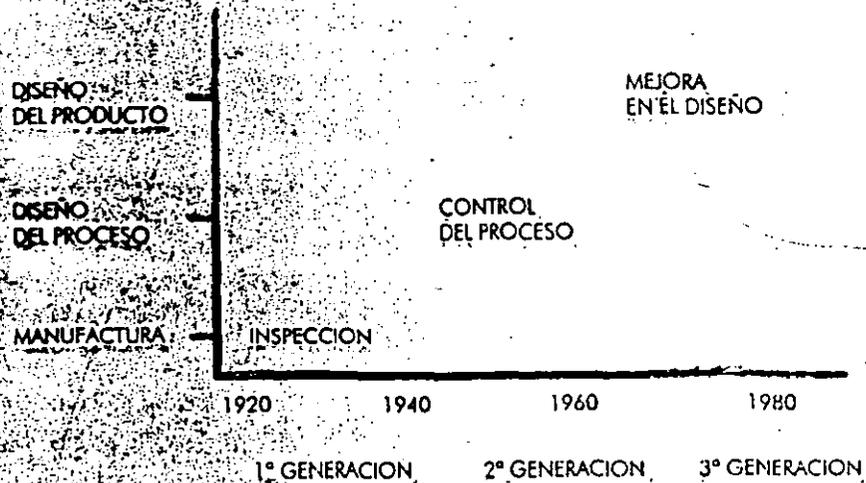
CONTROL TOTAL DE CALIDAD: Sistema para integrar tecnologías de la calidad en los diferentes departamentos de una empresa para alcanzar la satisfacción del cliente.

# LA PALANCA DE LA CALIDAD

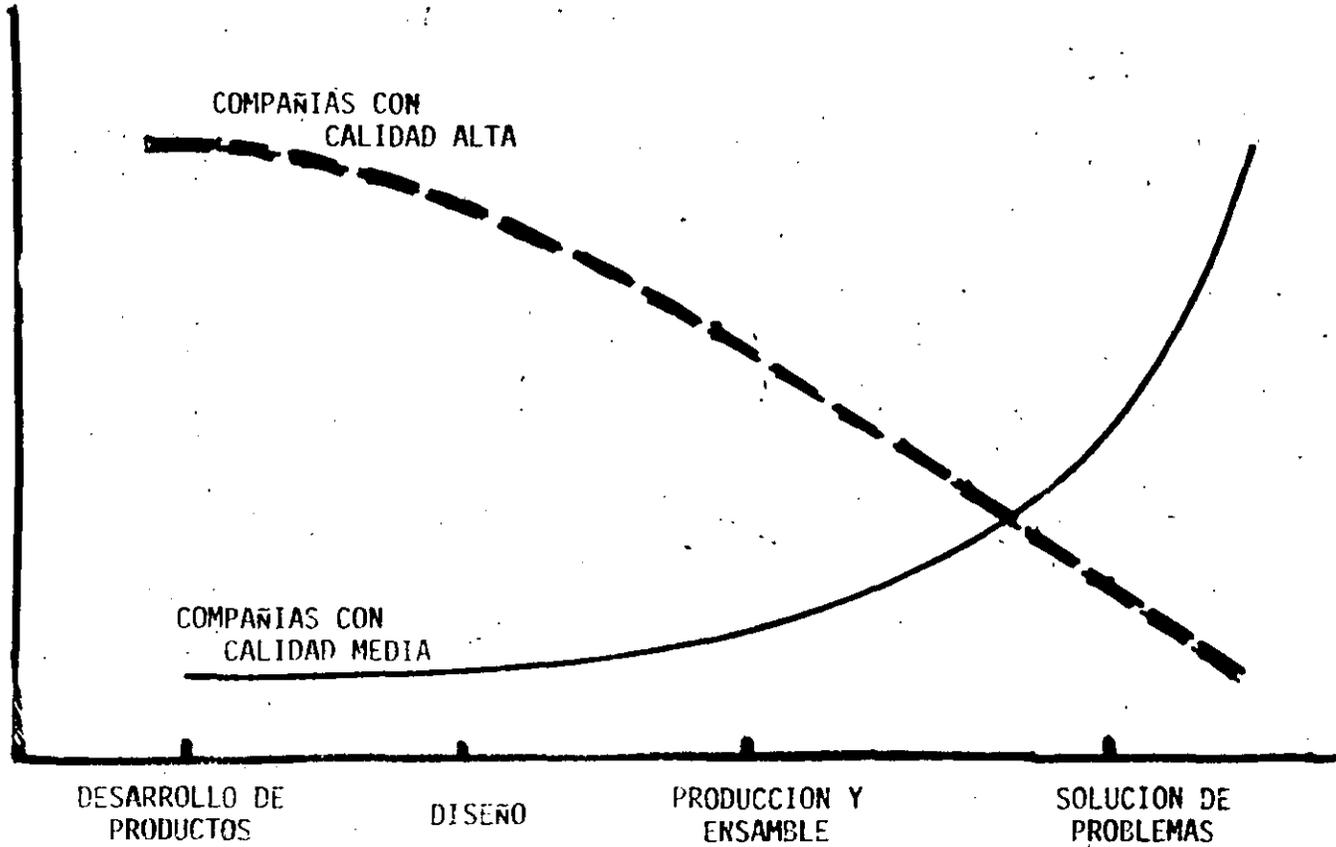


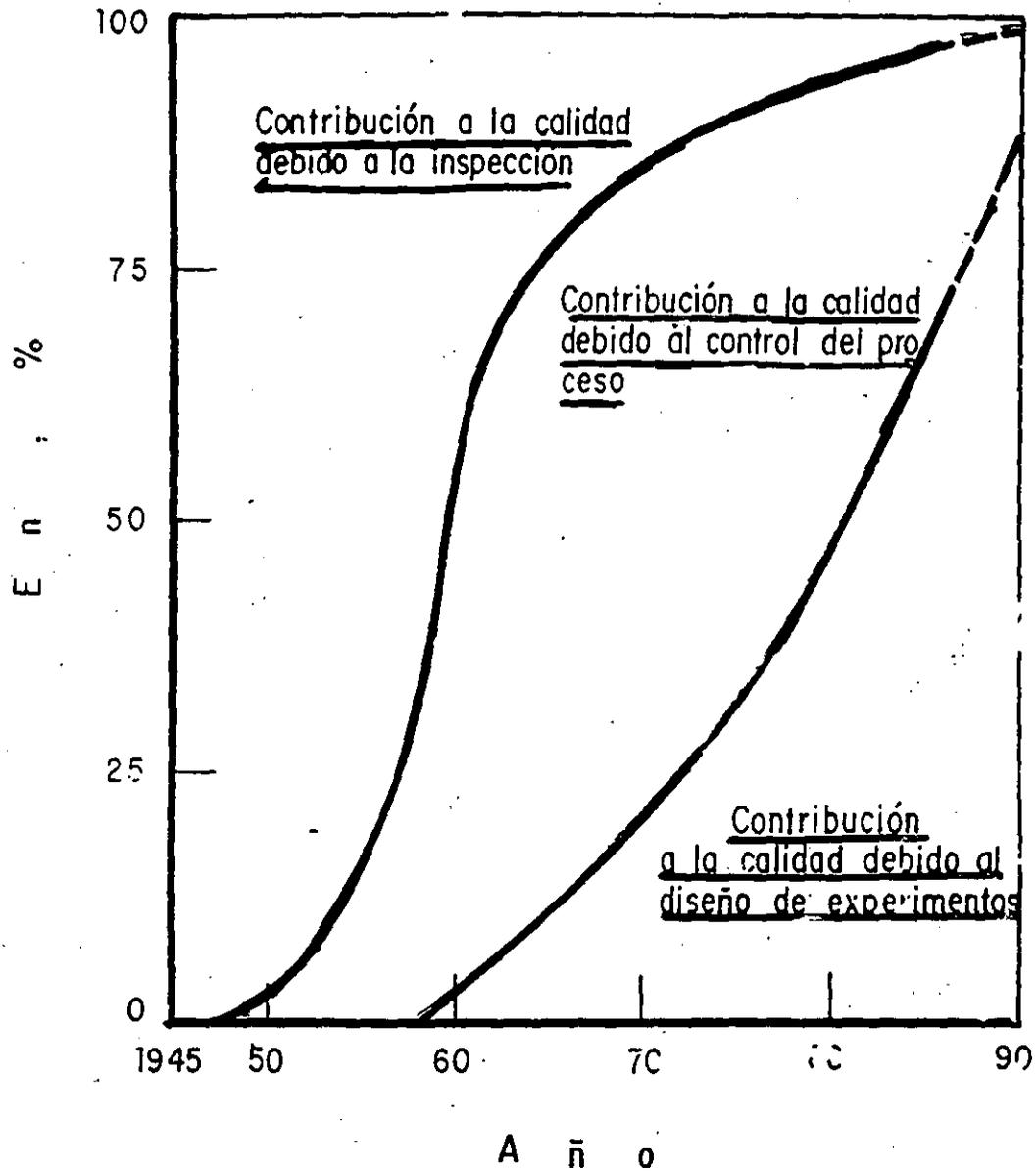
Mientras más pronto se intervenga en la calidad durante el ciclo de desarrollo del producto, mayor será la retribución en términos de esfuerzo y costo.

# LA EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD



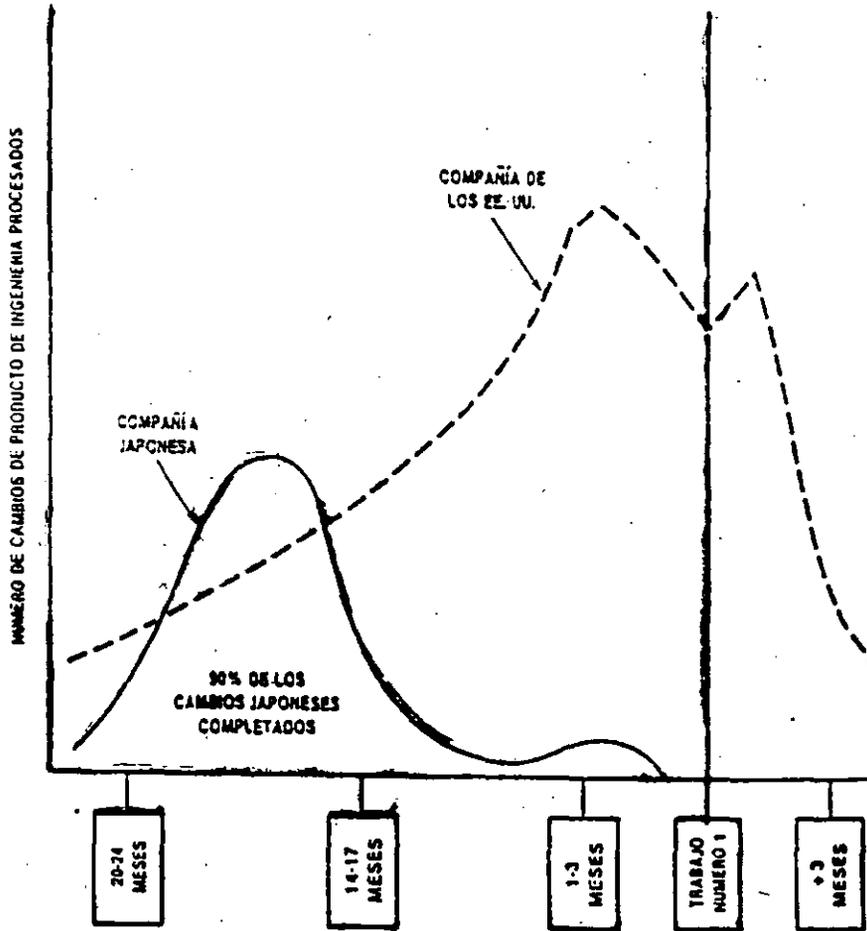
# ESFUERZO EN CALIDAD POR ACTIVIDAD





EVOLUCION DE LAS CONTRIBUCIONES A LA CALIDAD

# COMPARACIÓN DE LOS CAMBIOS DE INGENIERÍA: JAPÓN VS. EE. UU.





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

*INGENIERIA DEL VALOR, INGENIERIA DE CALIDAD*

*Q F D. NUEVA HERRAMIENTA DE  
PLANEACION TACTICA Y ESTRATEGICA"*

## "QFD, NUEVA HERRAMIENTA DE PLANEACION TACTICA Y ESTRATEGICA"

### R E S U M E N

El presente trabajo expone la metodología conocida como QFD, "Despliegue de función de Calidad", la cual la están empleando actualmente algunas empresas para planeación y desarrollo de productos y servicios, orientando éstos, hacia la satisfacción total del cliente.

QFD, son sus siglas en inglés y significan QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT, que en traducción literal significa "DESPLIEGUE DE LA FUNCION DE CALIDAD" y en términos más comprensibles se le interpreta como la "voz del consumidor"

El origen del QFD es en Japón a mediados de los cincuentas, la técnica ha sido aplicada exitosamente por algunas empresas norteamericanas y mexicanas de las llamadas de excelencia, para resolver problemas de diseño de nuevos productos, planes de negocios, propuestas de diseños de ingeniería, reducción de tiempos y costos, mejora de servicios, entre otros.

La técnica de QFD, permite analizar los problemas que se presentan en un proceso productivo, relacionando al primer fabricante del producto y al último consumidor del producto final. Teniendo la ventaja de posicionar a la empresa o grupo productor en los aspectos de competencia comercial y cumplimiento técnico, señalando la interrelación que existe entre querer y poder dar Calidad.

El significado literal de las siglas "QFD" en inglés puede parecer, un poco engañoso y transmitir la idea de que es una herramienta de calidad - aunque ciertamente puede ayudar a mejorar la calidad en el amplio sentido de la palabra - Más bien es una poderosa herramienta de planeación que combina análisis de aspectos técnicos, científicos, comerciales y de mercado.

En el trabajo se describe la matriz de Planeación que se utiliza en la Metodología QFD y se analizan las partes que la constituyen. Finalmente se presenta una aplicación a un problema práctico de servicios.

## QFD, NUEVA HERRAMIENTA DE PLANEACION TACTICA Y ESTRATEGICA

### CONTENIDO

- 1.0 GENERALIDADES DE PLANEACION PARA LA ADMINISTRACION
- 2.0 ¿QUE ES EL QFD?
- 3.0 CONSTRUYENDO UNA CASA DE LA CALIDAD
- 4.0 EJEMPLO DE APLICACION
  - 4.1. LAMPARA DE BATERIAS

## 1.0 GENERALIDADES DE LA PLANEACION PARA LA ADMINISTRACION

### 1.1 LA PLANEACION ES BASICA PARA EL CONTROL Y LA TOMA DE DECISIONES.

La Planeación establece con anterioridad a toda actividad, los -- criterios que los administradores deben satisfacer para alcanzar las metas señaladas.

Sin la Planeación no haría falta el control, puesto que éste es -- el fundamento de la administración y el control, así como de otras actividades, como la organización y la programación. La administración necesita información para fijar objetivos y cursos de -- acción.

Analizando objetivamente la planeación encontramos cinco fases bá-- sicas que debe llevar a cabo el que planea.

1. Establecer metas y objetivos.
2. Identificar los eventos y actividades que deben realizarse para alcanzar los objetivos.
3. Describir los recursos y la habilidad requeridos para rea-- lizar cada actividad.
4. Definir la duración de cada actividad señalada.
5. Determinar la secuencia si la hay, en que deben llevarse -- a cabo las actividades.

En base a lo anterior, es posible deducir que la planeación, es -- una condición permanente de la administración, si no en todas, si en la mayoría de las organizaciones.

### 1.2 EL CONTROL

La cosas rara vez, marchan de acuerdo con los planes, las desvia-- ciones se deben a factores que están, más allá del control de los administradores; por ejemplo; errores de estimación y equivocacio-- nes cometidas por los subordinados.

Cuando algo marcha mal, se impone una actividad de control.

El Control es un proceso que consiste de tres etapas básicas:

- 1) Evaluar lo que produce el sistema.
- 2) Comparar el resultado con lo planeado para encontrar desviaciones.
- 3) Corregir las desviaciones desfavorables, tomando las acciones necesarias.

Es conveniente enfatizar aquí que, para que el administrador pueda emprender una acción correctiva, debe tener la autoridad y el poder para modificar y sustituir algún recurso.

Resumiendo; la planeación establece los objetivos y el control garantiza el logro de éstos objetivos a través de una retroalimentación de informes a la administración.

### 1.3 EL PROCESO DE LA TOMA DE DECISIONES

Las personas que toman decisiones poseen en diversos grados la facultad de asimilar la información, lo cual determina la eficiencia de su procedimiento. Los conocimientos de una persona, unidos a su eficiencia para procesar la información, determinan su capacidad de decisión. Frente a varias alternativas, elige un objetivo y trata de alcanzarlo escogiendo, con base en lo que sabe, la mejor alternativa. Si reconoce que sus conocimientos no le permiten comprender el significado de cada alternativa, busca información adicional. Si trata de actuar sin poseer información suficiente, surgirán nuevos problemas y tendrá que redoblar esfuerzos.

La falta de información proviene de la incapacidad de las fuentes para proporcionar toda la que hace falta, o de la incapacidad de quien toma las decisiones para determinar exactamente sus necesidades. En la figura (1-1.) se presenta una ilustración del proceso de toma de decisiones.

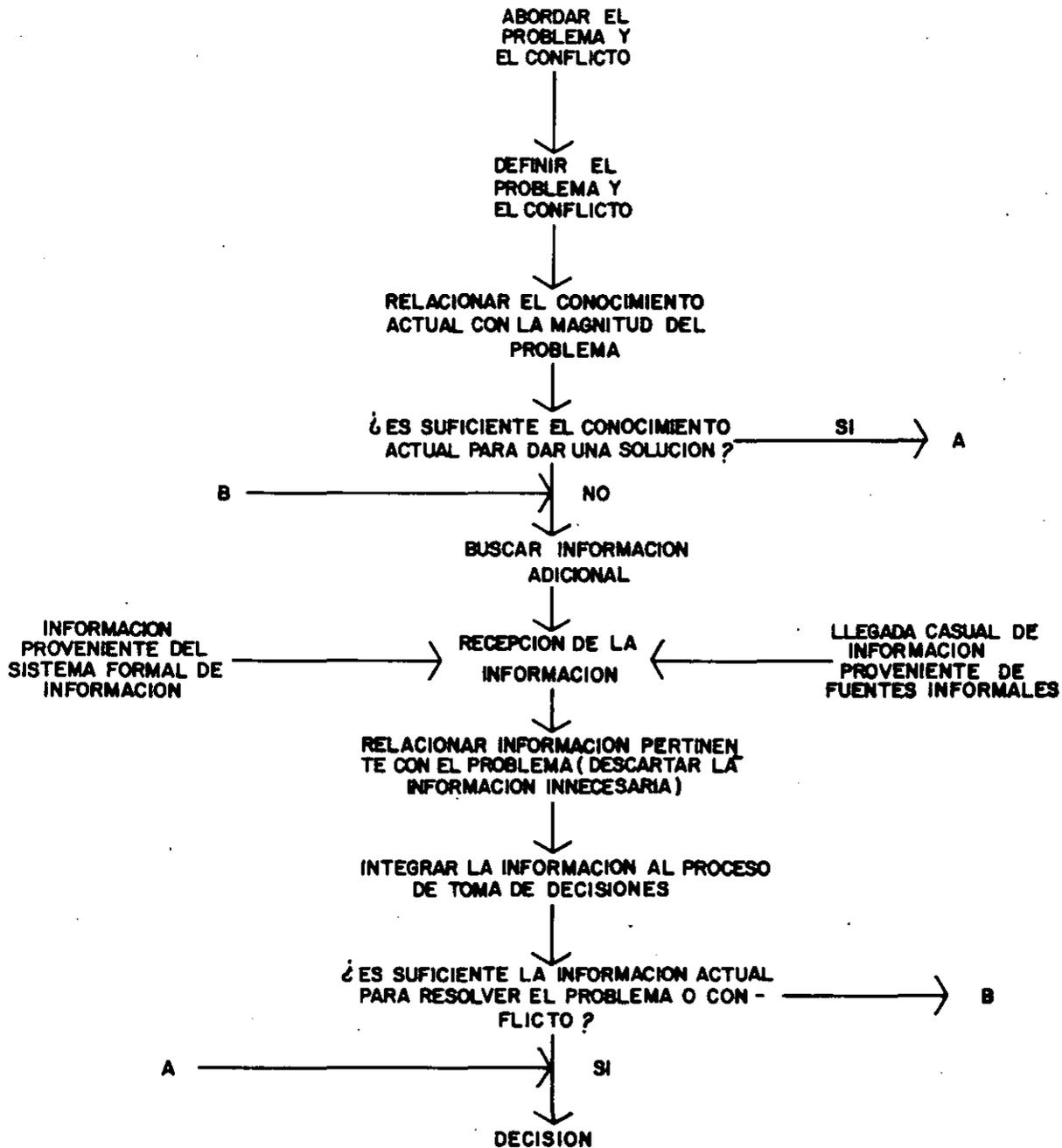


FIG.- 1. 1.- FLUJO DEL USO DE INFORMACION EN EL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES.

Los Directores de Empresas, Funcionarios del Gobierno, Administradores de Colegios y muchos otros, invierten tiempo en la solución de problemas y en el arreglo de conflictos. Se comprende que, en buena medida, su éxito en esas actividades estará relacionado directamente con la calidad de la información que utilizan.

Nuestra idea de la toma de decisiones es que se trata de un proceso de utilización de informes, no es un proceso emocional. Por tanto, en este contexto, las dificultades que se encuentren al tomar decisiones pueden imputarse a cualquiera de los factores siguientes:

1. Información inadecuada.- Es decir, información incorrecta o incompleta con respecto a las diferentes alternativas de cursos de acción o con respecto a sus implicaciones en cuanto a los resultados.
2. Objetivos incorrectamente especificados, o sea, que no se ha indicado claramente cuáles resultados son los más deseables.

#### 1.4 NIVELES DE TOMA DE DECISIONES

Las decisiones pueden ser desde muy superficiales y rutinarias (programadas) hasta muy complejas, o sea aquellas que producen un efecto significativo en el sistema (no programadas). Para su clasificación, situamos la toma de decisiones en tres niveles:

- (1) Estratégico.
- (2) Táctico.
- (3) Técnico.

- (1) Nivel Estratégico.- Las decisiones estratégicas se caracterizan por un alto grado de incertidumbre y están orientadas hacia el futuro. Estas decisiones establecen planes a largo plazo que influyen en toda la organización. Se fijan las metas de la empresa y se crea una serie de estrategias que -

pueden comprender, por ejemplo: la expansión de la planta, - la determinación de las líneas de productos, las fusiones, la diversificación de actividades, los desembolsos de capital o la venta del negocio. La estrategia, pues, se ocupa de los planes de largo alcance e incluye el establecimiento de objetivos y políticas, la organización y el logro de una efectividad general.

- (2) Nivel Táctico.- Las decisiones tácticas se refieren a las actividades a corto plazo y a la distribución de los recursos para el logro de los objetivos. Esta clase de decisiones comprende las áreas de formulación de presupuestos, análisis del flujo de recursos, distribución de la planta, problemas de personal, mejoramiento del producto, investigación y desarrollo.

Mientras, que la toma de decisiones estratégicas implica más que nada una actividad de planeación, las decisiones tácticas exigen una suma casi igual de actividades de planeación y control y su potencial para decisiones programadas es escaso, si es que existe. Para la toma de decisiones tácticas, la mayoría de las reglas de decisión está mal estructurada y no son adaptables a la rutina y a la autorregulación.

- (3) Nivel Técnico.- A este nivel de decisión, los estándares son fijos y los resultados son deterministas.. La toma de decisiones técnicas es un proceso para asegurarse de que la ejecución de tareas específicas se lleva a cabo de manera efectiva y eficiente. Esta clase de decisiones exige que se impartan órdenes específicas para controlar operaciones igualmente específicas. La principal función administrativa a la que corresponde este tipo de decisiones es la de control; la planeación figura en una escala más bien limitada. Tenemos ejemplos de estas decisiones en la aceptación o rechazo de solicitudes de crédito, en el proceso de control, en la -

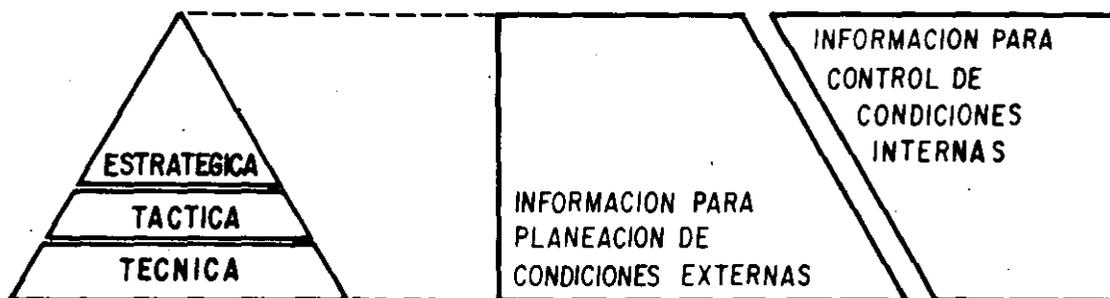


FIG. 1.2.- TIPOS DE INFORMACION QUE SE REQUIERE EN LOS DIFERENTES NIVELES DE DECISION.

<p>INFORMACION ESTRATEGICA</p>	<p>1.- INFORMACION EXTERNA            (a) ACCIONES DE LA COMPETENCIA            (b) ACCIONES DE LOS CLIENTES            (c) DISPONIBILIDAD DE RECURSOS            (d) ESTUDIOS DEMOGRAFICOS            (e) ACCIONES GUBERNAMENTALES            2.- INFORMACION PREDICTIVA            (TENDENCIAS A LARGO PLAZO)            3.- INFORMACION SIMULADA-¿QUE PASA SI.....?</p>
<p>INFORMACION TACTICA</p>	<p>1.- INFORMACION DESCRIPTIVA-HISTORICA            2.- INFORMACION SOBRE EL RENDIMIENTO-PRESENTE            3.- INFORMACION PREDICTIVA-FUTURO (CORTO PLAZO)            5.- INFORMACION SIMULADA-¿QUE PASA SI.....?</p>
<p>INFORMACION TECNICA</p>	<p>1.- INFORMACION DESCRIPTIVA-HISTORICA            2.- INFORMACION SOBRE EL RENDIMIENTO-PRESENTE</p>

FIG. 1.3.- CARACTERISTICAS DE LA INFORMACION QUE LLENA LOS REQUISITOS DE LOS DIFERENTES NIVELES DE DECISIONES

## 1.6 CLASIFICACION DE LA ORGANIZACION

Todas las organizaciones cuentan con una u otra clase de sistemas de información que, según se supone satisface las necesidades - informales y disminuye la probabilidad de que lleguen a adoptarse decisiones incorrectas. Sin embargo, muchos sistemas no pueden - proporcionar información adecuada para tomar decisiones estratégicas y, hasta cierto punto, decisiones tácticas. Para la toma de decisiones estratégicas es imperativo diseñar sistemas de información que puedan captar las realidades exteriores, es decir; la actitud de los competidores, las tendencias económicas, sociales y políticas, la situación en los países extranjeros, los avances -- tecnológicos, etc., y de comunicar esta información a las personas a quienes corresponde tomar esas decisiones.

El término "formal" se usa para describir un sistema de información confiable. Significa que nos interesa sólo la información obtenida a partir de datos objetivos y comprobables. Dicho de - otro modo, nuestro sistema de información no incluye rumores, las vías secretas, ni las comunicaciones personales de carácter informal.

Efectividad del sistema de información para los diferentes niveles de toma de decisiones.

Tomando en cuenta la diversidad de necesidades, el sistema de información debe diseñarse de manera que satisfaga a los tres niveles de toma de decisiones. En numerosas empresas, muchas decisiones estratégicas y tácticas se toman guiándose por la intuición, la heurística y la interpretación, más que por la información pertinente proporcionada por el sistema formal. La implantación de un tipo estratégico de información, procesada por el sistema, probará su utilidad para quienes deben tomar esta clase de decisiones. No obstante, un sistema formal de información tiene sus limitaciones en cuanto a la efectividad con que puede producir información apropiada para las tres clases de toma de decisiones.

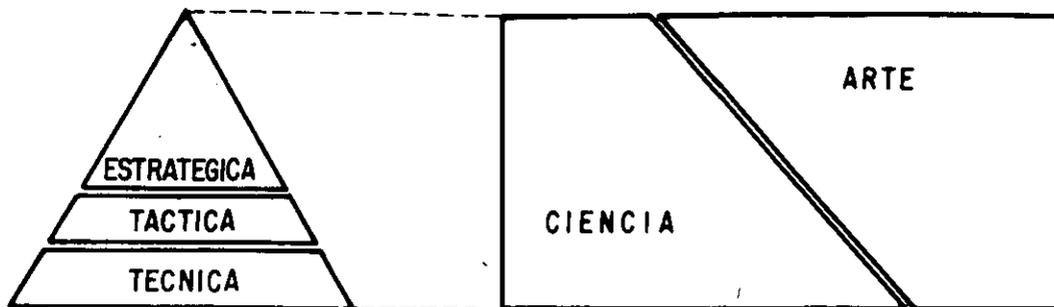
Este fenómeno se basa en los conceptos que ilustran las figuras (1-4).

En cada uno de los esquemas se representan conceptos generales - sujetos a modificación. El propósito de las ilustraciones es de mostrar no sólo la efectividad potencial del sistema formal de - información, sino también sus probables limitaciones. La literatura está repleta de promesas grandiosas con respecto a lo que - un sistema de información puede hacer en beneficio de la administración; pero muchas de esas promesas van mucho más allá de las posibilidades actuales del arte de la información.

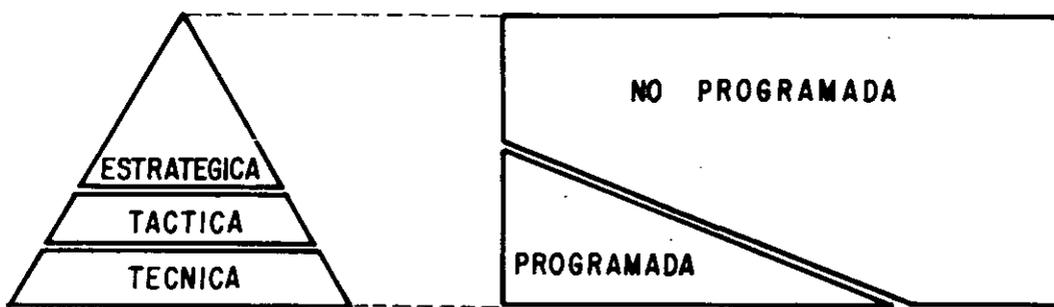
A nivel estratégico de la toma de decisiones, la variedad de problemas llega a su máximo en cualquier sistema. A menudo, esos - problemas son de naturaleza única y son muy importantes y el administrador debe enfocarlos en condiciones de incertidumbre casi total. Por lo tanto, la creencia de que es posible desarrollar sistemas de información absolutos, que puedan solucionar cual-- quier problema, es sencillamente impracticable. Se requiere mucho arte, conocimiento y excelencia para toma decisiones a este nivel; pero los sistemas de información bien diseñados pueden -- ayudar a reducir la variedad y la incertidumbre. En el capítulo 2.0 siguiente se presenta el método QFD, que permite lograr este objetivo.

Puesto que las decisiones tácticas se ocupan principalmente de - determinar la utilización más eficiente de los recursos, los sistemas formales de información tienen a este nivel su verdadera - oportunidad de auxiliar a la administración mediante la implantación de técnicas de modelado para seleccionar, simplificar, diagnosticar y optimizar. A este nivel, hay muy poca oportunidad, - si es que la hay, de volver rutinario cualquier proceso de decisión. Las habilidades administrativas clásicas desempeñan todavía una importante función.

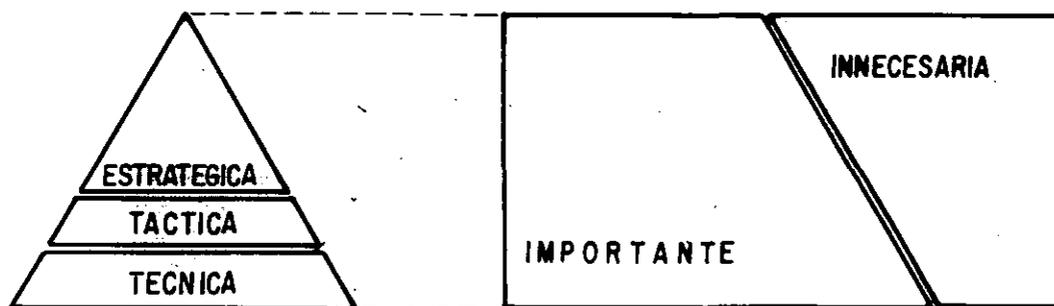
La toma de decisiones técnicas es algo bien definido, rutinario y



(a) GRADO EN QUE LA TOMA DE DECISIONES ES UN ARTE-CIENCIA



(b) GRADO EN QUE LA TOMA DE DECISIONES PUEDE SER PROGRAMADA-NO PROGRAMADA



(c) GRADO EN QUE LA INFORMACION QUE PRODUJO EL SISTEMA DE INFORMACION FORMAL ES RELEVANTE-IRRELEVANTE

FIG. 1.4 - CONCEPTOS QUE MUESTRAN EL GRADO DE EFECTIVIDAD DE UN SISTEMA FORMAL DE INFORMACION PARA LA TOMA DE DECISIONES.

determinista. Gran parte de la "información" destinada a este nivel proviene de las actividades administrativas normales de procesamiento de datos con que cuenta todo sistema para hacer frente a necesidades comunes como son la formulación de nóminas y la redacción de informes a los accionistas y al Gobierno.

Por ejemplo: cuando una empresa manufacturera o vendedora recibe el pedido de un cliente, dicho pedido inicia una serie de eventos que comprende el procesamiento de datos, elaboración de informes y procesamiento físico de materiales. Por otra parte, en las empresas siempre es necesario formular nóminas para el pago a los empleados, llevar registros de las ventas, elaborar informes financieros, etc. Si a este nivel se sigue un enfoque de sistemas para desarrollar el sistema de información, muchos de los datos generados pueden servir para producir información destinada a niveles más altos, cuando sea necesario.

Por ejemplo, si se establece un patrón lógico de clasificación y codificación, los datos básicos sobre ventas pueden servir para generar información útil para el pronóstico de ventas, el control de inventarios y el análisis de las ventas (ya sea por producto, o por cliente, por vendedor o por territorio). Los datos básicos también se pueden asociar de manera lógica para obtener información útil para los administradores de todos los niveles.

De lo anterior, no se debe llegar a la conclusión de que este nivel de procesamiento carece de importancia. Asimismo, un sistema que lleva a cabo un procesamiento de datos confiables desde el punto de vista administrativo es absolutamente esencial para manejar sin tropiezos cualquier empresa. Si los métodos de procesamiento fallan o tienen defectos a este nivel, toda la organización se enfrentará de inmediato a una crisis.

En este nivel existe un gran potencial para la toma de decisiones programadas, lo cual permite a los administradores dediquen más tiempo a los otros dos niveles de decisiones creativas.

CATEGORIAS DE TOMA DE DECISIONES CLASIFICACION DE LA INFORMACION	TECNICA	TACTICA	ESTRATEGICA
DEPENDENCIA DE LA INFORMACION EXTERNA	MUY BAJA	MODERADA	MUY ALTA
DEPENDENCIA DE LA INFORMACION INTERNA	MUY ALTA	ALTA	MODERADA
INFORMACION EN LINEA	MUY ALTA	ALTA	MODERADA
INFORMACION EN TIEMPO REAL	MUY ALTA	MUY ALTA	MUY ALTA
INFORMACION COMUNICADA PERIODICAMENTE	MUY ALTA	MUY ALTA	MUY ALTA
INFORMACION QUE POR SU NATURALEZA ES DESCRIPTIVA-HISTORICA.	ALTA	MODERADA	BAJA
INFORMACION QUE POR SU NATURALEZA ES ACERCA DEL RENDIMIENTO-PRESENTE.	MUY ALTA	ALTA	MODERADA
INFORMACION QUE POR SU NATURALEZA ES PREDICTIVA-FUTURO	BAJA	ALTA	MUY ALTA.
INFORMACION QUE POR SU NATURALEZA ES SIMULADA - ¿QUE PASA SI.....?	BAJA	ALTA	MUY ALTA

FIG. 1.5 = CLASIFICACION DE LA INFORMACION QUE LLENA LOS REQUISITOS DE LOS TRES NIVELES DE DECISION.

Sin duda, las necesidades de información se pueden relacionar -- con el proceso de toma de decisiones. Para cada actividad de de ci si ó n se debe determinar la información que requiere el adminis trador responsable, permitiéndole llevar a cabo sus actividades de planeación, control, organización, asignación, etc.

El analista y el usuario deben considerar conjuntamente el alcan ce de la información, el grado de detalle, el contenido de los re po rt e s y su frecuencia, el período que debe abarcarse y los mé to do s de di st ri b u ci ó n y co m u n i c a c i ó n.

El usuario responsable de la toma de las decisiones que se anali zan, será quien utilice principalmente la información, y debe te ne r bastante libertad para determinar sus necesidades y las con di ci o n e s de procesamiento y comunicación. Debido a que el siste ma de información se diseña de acuerdo con las necesidades, es im po rt a n te que cada usuario (administrador) se resista a la ten de nc ia natural a solicitar más información que la que necesita y a que le sea presentada con mayor frecuencia y en forma más ela bo ra da que lo que justifica la relación costo/efectividad.

## 2.0 ¿ QUE ES EL QFD. ?

QFD.- Son sus siglas en inglés y significan QUALITY FUNCTION -- DEPLOYMENT, lo cual en traducción literal es "DESPLIEGUE DE LA -- FUNCION DE CALIDAD" y en términos coloquiales se le interpreta -- como "La Voz del Consumidor".

Aún cuando algunos textos señalan que la metodología QFD, se aplicó en forma organizada en Japón hasta el año de 1972 por KOBE -- SHIPYARD, MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES L/D. Lo cierto es que el origen o concepto nace en la década de los 60'S, cuando se relacionan las Normas Industriales Japonesas (NIJ) con los requisitos de calidad que en aquel entonces demandaba el naciente Control de Calidad. Las (NIJ) definen así el control de calidad, "Un Sistema de Métodos de Producción que económicamente genere bienes o -- servicios de calidad, acordes con los requisitos de los consumidores".

QFD.- Se emplea como herramienta de Planeación Táctica y Estratégica para planear y mejorar el desarrollo de productos y servicios, y bajo su enfoque se piensa que el desarrollo de un producto no solo exige que se cumplan las especificaciones, sino que se alcance la SATISFACCION TOTAL DEL CLIENTE.

La técnica de QFD, permite analizar los problemas que se presentan en un proceso productivo, con la ventaja de que posiciona a la empresa o grupo productor en los aspectos de cumplimiento técnico y de competencia comercial, señalando la interrelación que existe entre querer y poder dar calidad.

QFD.- Integra el proceso por el cual se trasladan los requerimientos del cliente en requerimientos técnicos para cada etapa del -- desarrollo del producto.

QFD.- Ayuda a enlazar actividades de proceso y diseño de productos.

QFD.- Brinda la oportunidad de detenerse y hablar acerca de los -- problemas y empezar a hablar acerca de su prevención.

QFD.- Es un sistema de información para la toma de decisiones.

QFD.- Es una excelente herramienta de planeación, un vehículo por el cual la gente trabaja en equipo para llegar a metas comunes.

QFD.- Se usa para identificar y enfocar los detalles de alto --- riesgo del desarrollo de productos.

QFD.- Esta diseñado para ser una actividad de equipo, desde la - tormenta de ideas inicial de requerimientos del cliente.

QFD.- Debiera ser aplicado sobre aspectos problema de productos o servicios, en que el sistema normal falla, para asegurar que se están implementando soluciones que seguramente concluirán en innovaciones.

Antes, cuando un caballero acudía a una herrería especializada - para que le hicieran una armadura, las cosas eran mucho más simples, el cliente hablaba directamente con el herrero quien podía entonces, desplegar la función de calidad, directamente.

En el complejo ambiente industrial de hoy, el cliente y los operarios de manufactura tratando sobre un producto, raramente hablan directamente uno con los otros. QFD, trae la voz del cliente directamente al taller.

QFD. Despliega la voz del cliente. Requerimientos del cliente- definidos por consultas detalladas, tormenta de ideas, mecanismos de retroalimentación e investigación de mercado, a través del proceso de desarrollo del producto. Esto involucra el traslado de los requerimientos del cliente, en apropiados requerimientos técnicos para cada etapa de desarrollo del producto y de producción. Figura (2-1).

El desarrollo de un grupo de proyecto tipo alcancía, es uno de - los más dinámicos y potencialmente gratos, aspecto de un proceso constructivo.

Todas las áreas involucradas en el desarrollo del producto deberán estar representadas dentro de este equipo: Mercadotecnia, Plan eación del Producto, Diseño del Producto e Ingeniería, Prototipo y Pruebas, Desarrollo de Proceso, Manufactura, Ensamble, Ventas y Servicios.

Todos trabajan hacia metas comunes: el producto definido por el cliente deberá ser terminado en un fecha específica y a un costo específico.

El enfoque básico usado en QFD, es conceptualmente similar a la práctica seguida por la mayoría de las compañías de manufactura americanas.

El proceso inicia con los requerimientos del cliente, los cuales usualmente son vagamente establecidos en sus características cualitativas utilizando términos como: "buena suerte", "fácil de usar", "trabaje bien", "se siente bien", "seguro", "confortable", "larga duración", "lujoso", etc., estas características son importantes para el cliente, pero al no estar específicamente definidas devalúan su calificación y es difícil justificar las fallas que finalmente presenten.

Durante el desarrollo de productos, los requerimientos del cliente son convertidos en requerimientos internos de la compañía, llamados requerimientos de diseño. Estos requerimientos generalmente se definen con características generales globales del producto (usualmente medibles) que satisfagan los requerimientos del cliente si son adecuadamente ejecutados.

El desarrollo de productos usualmente no inicia en este nivel global, más bien se inicia en el sistema, sub-sistema o a nivel de partes. Los requerimientos de diseño globales son trasladados dentro de críticas, características de partes que permiten las funciones esenciales de los productos que son desarrollados.

El uso de la palabra partes aquí, y en las siguientes secciones -

es adecuado para productos que son ensambles de componentes mecánicos. QFD, aplica igualmente bien a otros tipos de productos; por ejemplo: combinación de ingredientes, materiales o servicios. "Ingredientes", "Materiales", "Servicios", u otra terminología relevante pueden ser substituidas por "partes" en ésta y en subsecuentes pláticas.

La determinación de las operaciones de manufacturas requeridas - es el siguiente paso, un paso que a menudo es forzado por inversiones previas de capital en fábricas y equipos. Dentro de esas operaciones forzadas, las operaciones de manufactura son las más críticas, por crear las características de las partes componentes, como son los parámetros de proceso de las principales operaciones.

Las operaciones de manufactura son entonces trasladadas a requerimientos de producción del personal de taller, quienes las usan para producir consistentemente las características partes requeridas. Ello incluye inspección y control estadístico del proceso (SPC), plantas, programa de mantenimiento productivo, instrucciones de operación y adiestramiento, así como prueba de errores de dispositivos para prevención de errores de operación inadvertidos, el juego total, procedimientos y prácticas que ayudan a la manufactura de productos que finalmente satisfarán los requerimientos del cliente.

Este enfoque jerárquico, es diferente al enfoque que las compañías americanas han usado por años con diferentes grados de éxito. Pero los problemas ocurren cuando algunos de los traslados no son apropiadamente hechos. hay varias razones clave para esos traslados inadecuados, tales como grandes estructuras organizacionales y complejos procesos de desarrollo de productos.

Las compañías americanas están normalmente estructuradas con fuerte organización vertical con una directa dependencia jerárquica.

Cuando un nuevo programa de gran importancia se va a implementar, las líneas de muchos departamentos se empalman formando el encadenamiento horizontal necesario para realizar el programa.

El encadenamiento vertical, sin embargo, a menudo es tan fuerte que los intereses departamentales difieren con los requerimientos del programa.

Los japoneses comparan estos fuertes encadenamientos verticales y horizontales a un sólido muro. Para lograr un buen alcance, - ambas líneas, verticales y horizontales deben ser fuertes (ver - la figura 2-2). Anexo

Aunque los japoneses también tienen organizaciones en línea con actividades funcionales cruzadas, están fortalecidas a través -- del uso del QFD. Antes de que QFD inicie el cliente es quien debe determinar los requerimientos. En la mayoría de las instan--cias existe más de un cliente, por ejemplo: los usuarios de la compañía que están procesando el producto, como son el operador de ensamble quien pondrá el producto junto a otro operador de integración de otros ensambles. En la mayoría de los casos habrá clientes internos y externos.

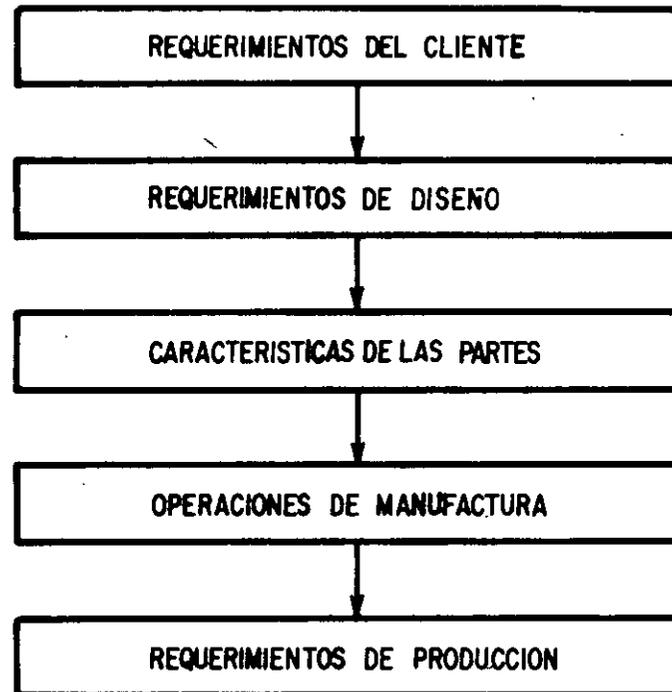
Ambos necesitan ser tomados en cuenta, si no es así podría sur--gir un conflicto. El usuario interno deberá tener siempre pre--sente que debe dar respaldo al usuario externo, asegurando que - los usuarios finales consigan lo que ellos quieren.

QFD, se realiza a través de una serie de diagramas y matrices -- que pueden parecer muy complejos a primera vista, pero cuando son descompuestos en sus elementos individuales, QFD no es difícil - de entender. En efecto, su premisa básica es similar a la de administración por objetivos (APO), el énfasis se hace sobre qué - es necesario hacer y cómo será hecho.

Para propósitos prácticos QFD, puede ser pensado como un proceso de cuatro partes: La fase 1 y 2 se dirigen a la planeación del -

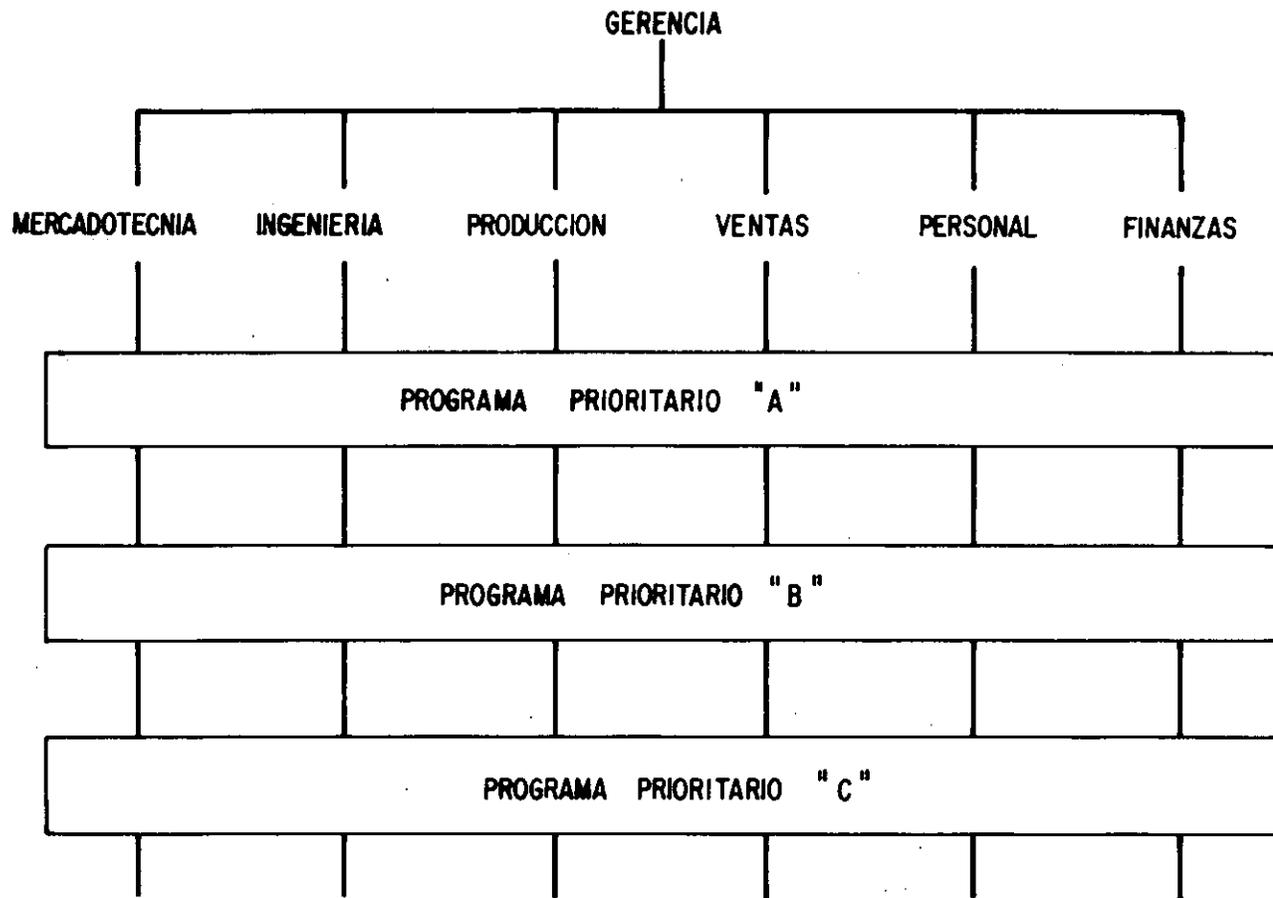
proceso y a las actividades de taller. (En la práctica real, - QFD puede tomar diferentes formas e incluir diferentes procesos) el corazón de la primera fase de QFD es la matriz de la casa de calidad. Esta matriz de correlación y la cual más adelante será descrita parece un techo de tejas, de ahí el término de la casa de la calidad. La casa de la calidad, figura 2-3 Anexo, es una matriz de planeación del producto usada para representar los requerimientos del cliente, requerimientos de diseño, valores meta y evaluaciones competentes del producto.

## ENFOQUE Q.F.D.



Q.F.D. TRASLADA LOS REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE, EN APROPIADOS REQUERIMIENTOS DE DISEÑO, CARACTERISTICAS DE LAS PARTES, OPERACIONES DE MANUFACTURAS Y REQUERIMIENTOS DE PRODUCCION.

FIG. 2-1



Q.F.D. AYUDA A FORTALECER LAS ORGANIZACIONES VERTICALES Y ENLAZA LOS PROGRAMAS PRIORITARIOS HORIZONTALES, REALZANDO EL PROCESO DE DESARROLLO DE PRODUCTOS.

FIG. 2-2



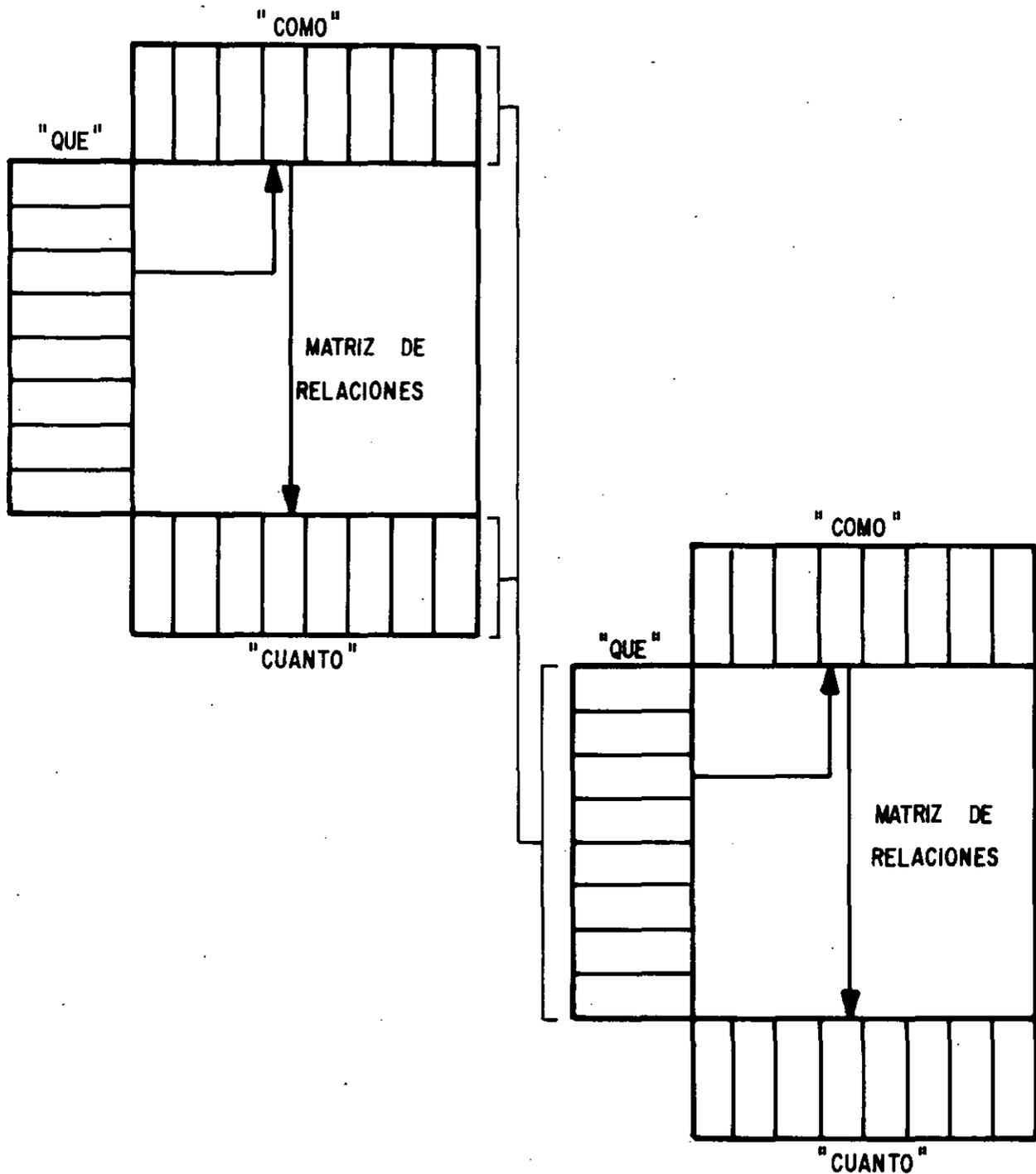
### 3.0 CONSTRUYENDO UNA CASA DE LA CALIDAD

El siguiente resumen de los componentes de una casa de la calidad, ayudará a clasificar el contenido y la función de cada uno de éstos. Visitas a los cuartos de la Casa de la Calidad, ayudará a entender el uso de la casa misma, la explicación la iniciaremos recurriendo a los temas QFD. De "qué" a "cómo" y "cuánto" figura 3-1.

Estos temas están basados en una estrategia de entrada-salida. QFD, empieza con una lista de objetivos generales - Los "que's" que queremos conseguir. Estas partidas "que" son los requerimientos básicos del cliente. Ellos probablemente sean vagos y requieran una definición detallada adicional. Una de tales "que" podría ser una excelente tasa de café (ver figura 3-2). Cada bebedor de café quiere esto, pero proveerlo requiere mayor definición.

Para proveer una mayor definición del requerimiento, cada partida "que" se descompondrá en una o más partidas "como".

Este proceso es similar a el proceso de refinamiento de especificaciones de mercadotecnia en especificaciones de ingeniería al nivel de sistema, los requerimientos del cliente están siendo realmente trasladados en requerimientos de diseño. El requerimiento "excelente tasa de cafe", por ejemplo, podría ser trasladado en "caliente", "guiño de ojo", "rico sabor", "buen aroma", "bajo precio", "generosa cantidad" y "permanencia caliente" (ver figura 3-3). (Si la tasa de café fuera servida en un restaurante. "servicio con una sonrisa", "nuevo llenado gratis", podrían también ser requerimientos del cliente o partidas "como", los requerimientos del cliente y condiciones de uso son correlacionados), los partidos "como" usualmente también requieren mayor definición y son tratados como nuevas partidas "que", que son descompuestos en adicionales partidas "como".



ES COMUN QUE LA MAYORIA DE LAS MATRICES Y CARTAS Q.F.D., SE DESARROLLAN DE UN "QUE" A UN "COMO" Y A UN "CUANTO". ESTOS ENSAYOS SE BASAN EN UNA ESTRATEGIA DE ENTRADA - SALIDA : LAS PARTIDAS "QUE" SE DESCOMPONEN EN PARTIDAS "COMO" EVO- LUCIONAN EN PARTIDAS "CUANTO"

FIG. 3 - 1

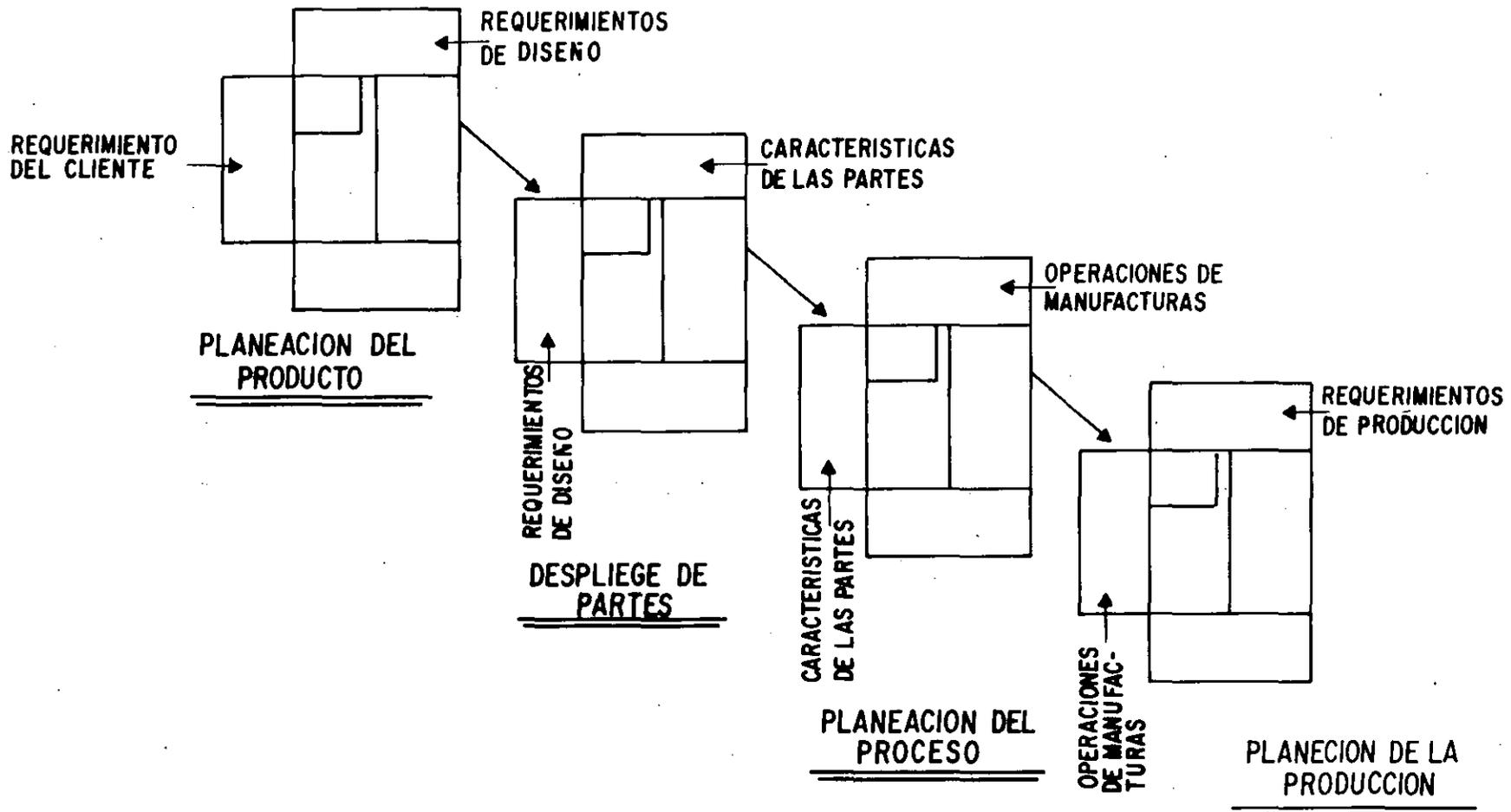
## FASES SUBSECUENTES DEL QFD

La primera fase de una aplicación de QFD, es construir la "Casa de la Calidad". La siguiente fase es desplegar algunos de los requerimientos de diseño, identificados dentro de la fase de Casa de la Calidad para los subsistemas a nivel de parte.

Los resultados de la matriz de despliegue de partes, sirve de base para todas las actividades preliminares de diseño.

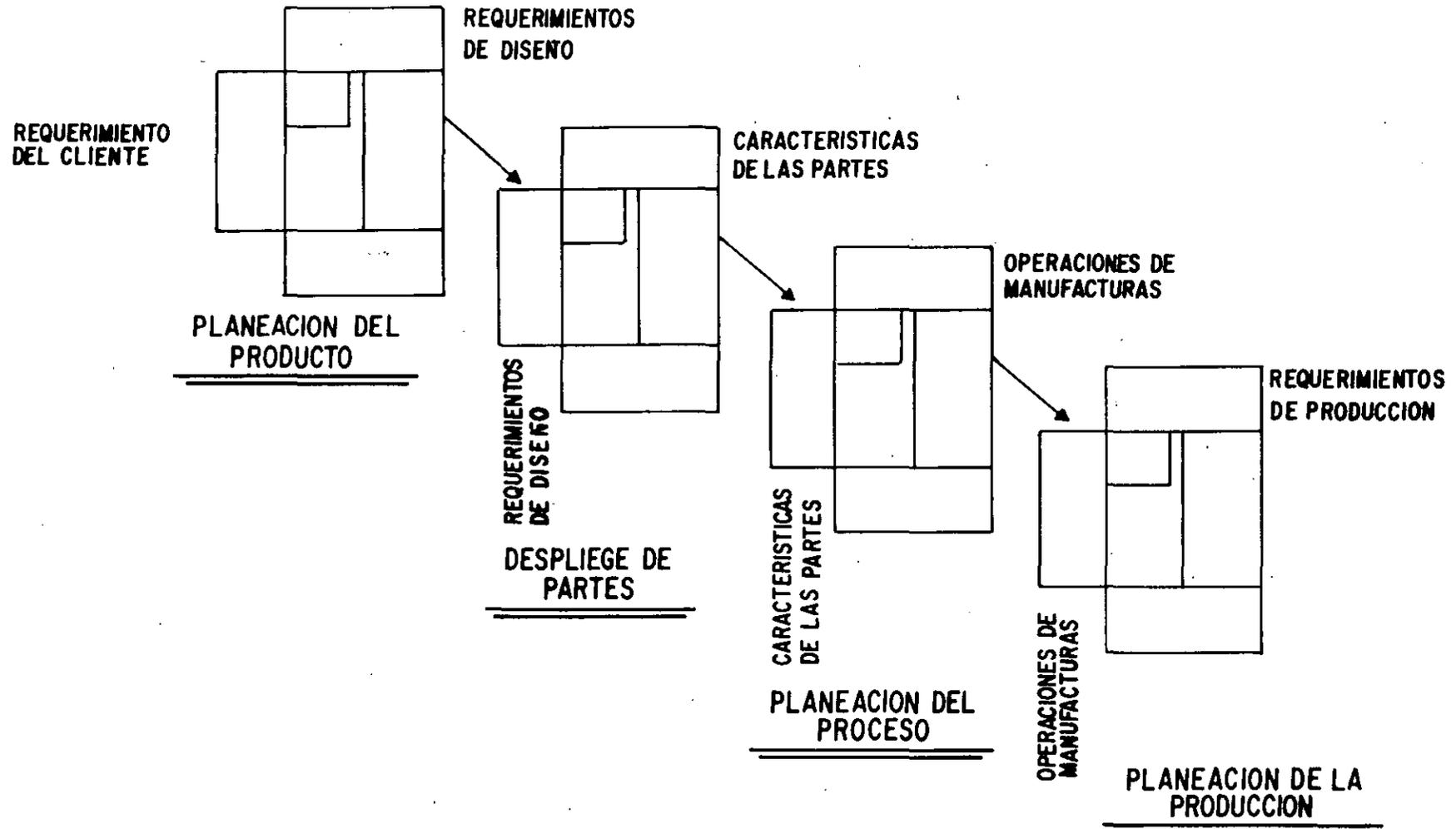
Es importante notar, sin embargo, que no todos los requerimientos de diseño de la Casa de la Calidad necesitan ser desplegados - Más bien únicamente requerimientos de diseño de alto riesgo (nuevos, dificultades, o extremadamente importantes) son llevados adelante. Esto asegura que no se desperdicie tiempo y esfuerzo sobre requerimientos de diseño que están ya siendo resueltos satisfactoriamente.

Esta matriz reensambla físicamente la matriz de la Casa de la Calidad, - los requerimientos del cliente y de diseño son descritos en términos precisos de ingeniería dentro de esta matriz, y las evaluaciones competitivas y valores meta son posteriormente desarrollados.



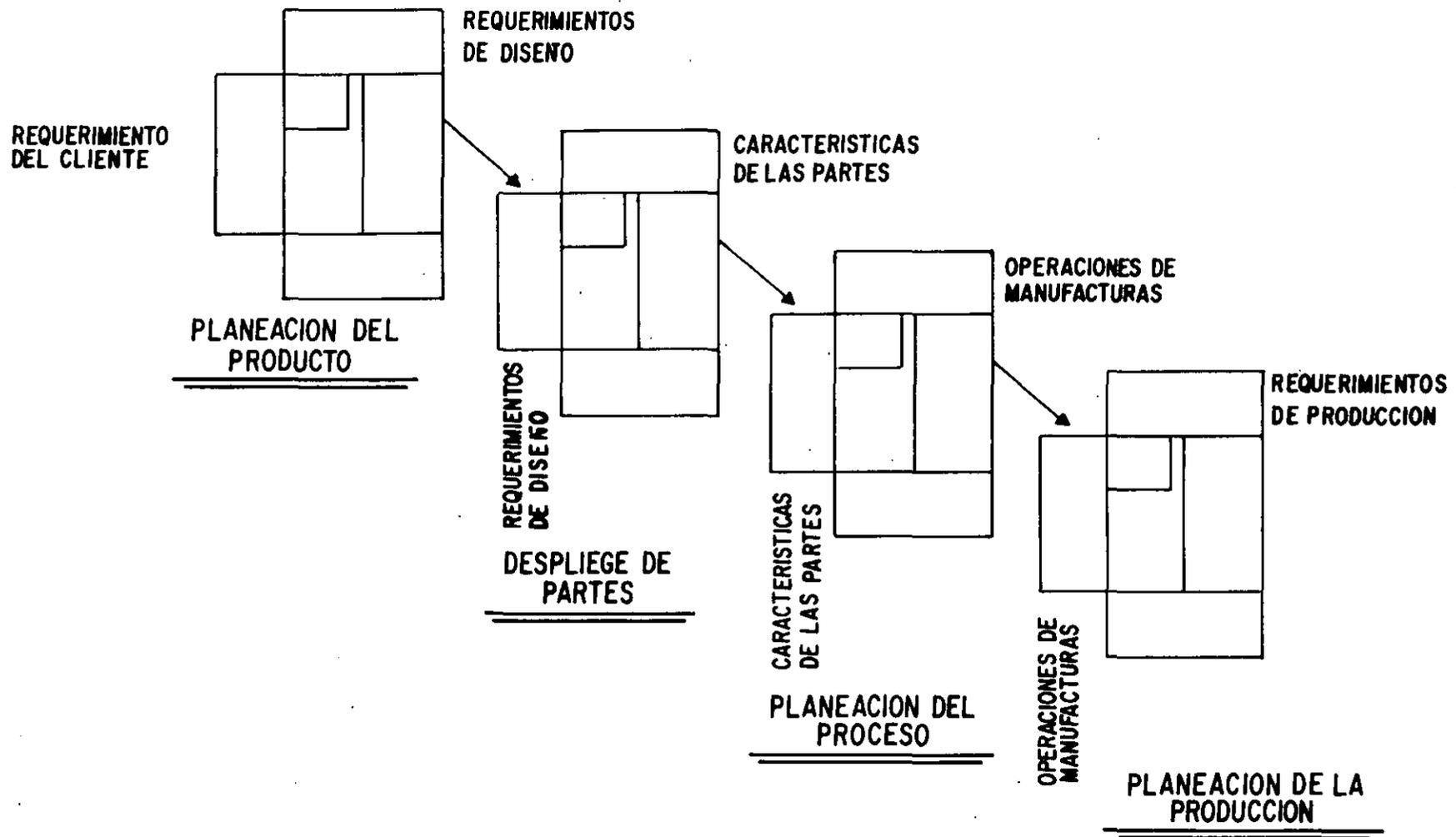
EL DESPLIEGUE DE PARTES QFD, DESPLIEGA LOS REQUERIMIENTOS DE DISEÑO, DE LA CASA DE LA CALIDAD A NIVELES DE PARTES / SUBSISTEMAS

FIG. 3 - 12



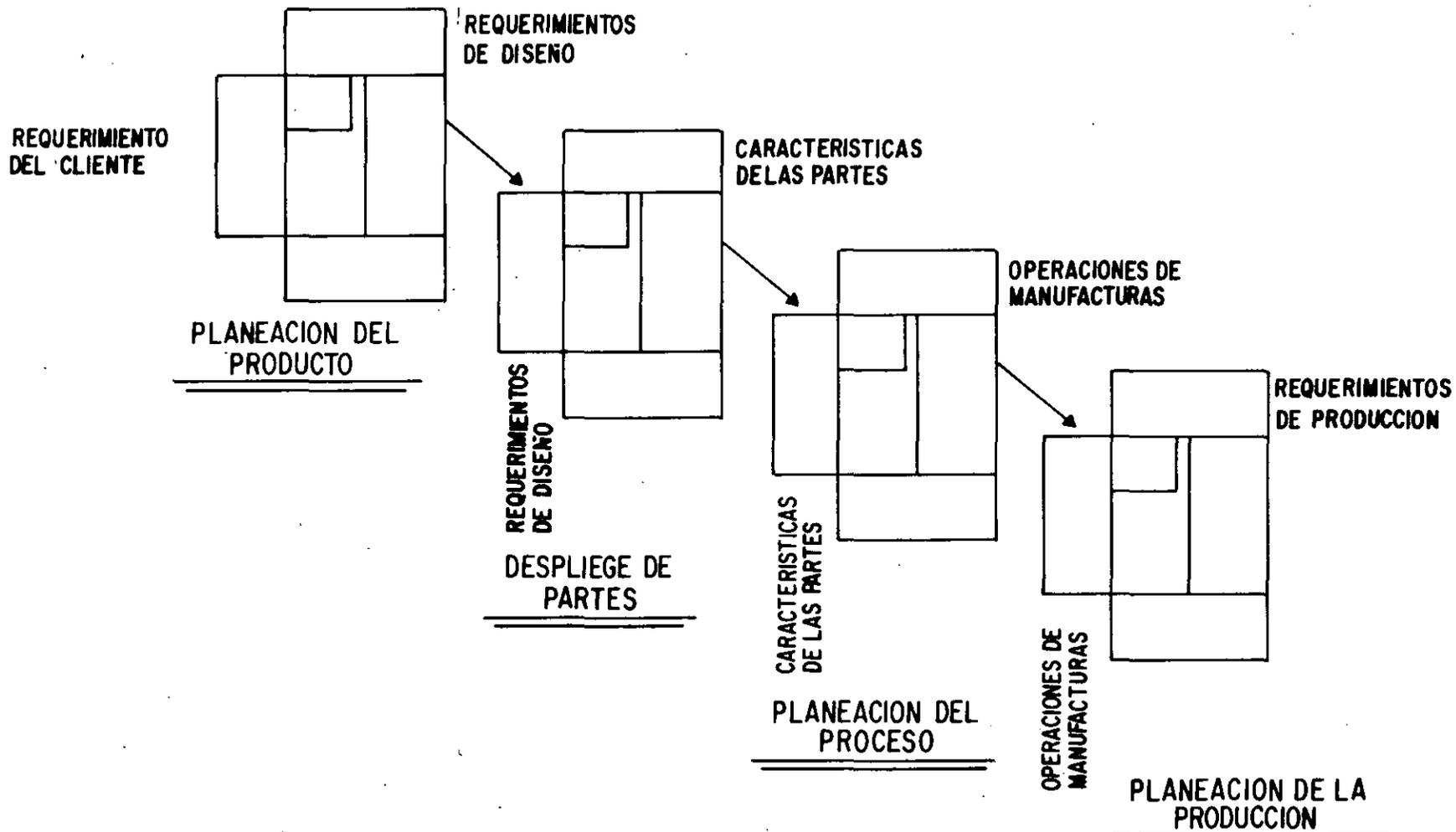
LA FASE QFD, PLANEACION DEL PROCESO, REPRESENTA LA TRANSICION DE EL DISEÑO A LA PLANEACION DEL PROCESO

FIG. 3 - 13



LA FASE QFD, PLANEACION DEL PROCESO, REPRESENTA LA TRANSICION DE EL DISEÑO A LA PLANEACION DEL PROCESO

FIG. 3 - 13



LA FASE QFD, PLANEACION DE LA PRODUCCION, TRANSFIERE LA INFORMACION GENERADA DENTRO DE LAS ETAPAS SUBSECUENTES QFD A NIVEL DE PISO DE TALLER.

FIG. 3 - 14

#### 4.0 EJEMPLOS DE APLICACION

##### 4.1. LAMPARA DE BATERIAS

FUENTE: THE NEW QUALITY TECHNOLOGY HUGHES

- COMPLEMENTANDO LOS REQUERIMIENTOS DE LA MATRIZ DE PLANEACION

1. Liste las demandas del cliente en la columna 1. Esas demandas del cliente son derivadas usando Análisis de Datos de Matriz, Estructuras, Investigación de Clientes y Análisis y Segmentación de visitas a clientes.

Cada demanda de los clientes declina ser definida y retroalimentada a el cliente para asegurar que la definición es correcta. Este proceso de obtener información y alimentar éste a otras, y adelante entre cliente y proveedor ha sido descrito como un "juego de -- captura de datos".

Arregle este lenguaje usando los Diagramas de Afinidad, arreglando y llenando alguna información faltante/ausente, usando el diagrama de árbol. Complete la carta usando los primeros tres niveles del diagrama de árbol (Nota: Una gran lista de 100 ó más partidas, es admisible, para inicialmente hacer una carta en dos niveles (aproximadamente 30 partidas) y entonces rehacer la carta en tres niveles usando únicamente las partidas prioritarias.

2. Liste la TAS DE IMPORTANCIA de cada partida demandada. Use una -- escala de 1 a 5, siendo 5 como el más importante y 1 siendo el de importancia relativa más baja. Alguna de esta información está -- disponible a través de la investigación del cliente. Otra información es disponible a través del conocimiento de profesionales en ventas y mercadotecnia. Alguna información puede tener que basarse sobre una buena conjetura hasta que la verificación con el -- cliente sea posible.

3. AHORA LA COMPAÑIA: Liste donde está la compañía hoy en cada demanda del cliente, usando una escala de 1 a 5, con 5 siendo muy bueno y 1 siendo muy pobre, ésta partida está sujeta a la misma situación descrita arriba en la partida 2.
4. Liste como el COMPETIDOR X, está haciendo para cada demanda del cliente sobre una escala de 1 a 5. Algunas pruebas pueden requerirse aquí. También revistas de comercio y otros reportes comparativos.
5. Liste como el COMPETIDOR Y está haciendo para llenar demandas de su cliente.
6. Liste como el COMPETIDOR "Z", esta haciendo en algunos casos, esto podría tener sentido para ver en más o en menos número de competidores. Si usted esta compartiendo esta carta con un cliente usted pudiera estar renuente para compartir información con el/ella.
7. UN PLAN DE LA COMPAÑIA, es listado para cada demanda del cliente. Este es determinado por la búsqueda de en dónde está hoy la compañía en relación a los competidores y en relación a la tasa de importancia del cliente. Ello también lleva en cuenta el plan estratégico, despliegue de políticas o otros documentos de planeación.
8. Determine la RELACION DE MEJORAS, dividiendo donde la compañía -- planea estar (columna 7), entre donde la compañía esta hoy (columna 3).
9. Liste el nivel de PUNTOS DE VENTA con un doble círculo (ō,1.5) para un fuerte punto de ventas, un círculo (ō,1.2) para un punto de menos ventas, y un blanco (ō, 1.0) para partidas, las cuales no son puntos de ventas. Akao, sugiere un máximo de tres puntos principales de ventas para evitar la tentación de hacer de cada cosa un punto de ventas.

10. Calcule el PESO ABSOLUTO DE CALIDAD, multiplicando la tasa de importancia (columna 2) por la tasa de mejora (columna 8) multiplicando el punto de ventas (columna 9), por ejemplo: (2) (8) (9) = (10).

11. Calcule el PESO DEMANDADO DE CALIDAD, convirtiendo el peso absoluto de calidad a un porcentaje, esto es, divida el total de la columna 10, dentro de cada partida para conseguir el porcentaje de cada partida.

El propósito de este ejercicio es lograr/alcanzar por selección - el tope de 3 o 4 demandas del cliente sobre las cuales trabajar.

12. Genere las características de sustituto de calidad para cada una de las demandas del cliente. Esas son las partidas que serán controladas para asegurar que las demandas del cliente son satisfechas. Ellas son agrupadas por el método de afinidad y completadas por el diagrama de árbol con las partidas faltantes. Entonces los primeros tres niveles son listados sobre la carta. (En caso de 75-100 partidas, primero use dos niveles, entonces -- reselectione partidas prioritarias y expanda a los tres niveles.

13. Llene las correlaciones entre demandas del cliente y las características de sustituto de calidad usando el doble círculo (ó,9) para una correlación fuerte, el círculo (ó,3) para alguna correlación y el triángulo (ó,1) para una posible correlación. multiplique el valor de correlación de cada demanda del cliente-característica substituta de calidad combinada por el peso demandado del -- cliente (columna 11).

14. Total de cada columna.

15. Convierta cada partida desde la hilera 14, a un porcentaje, es decir, sume a través los números dentro de la hilera 14 y divida el total dentro de cada número

16. Liste el valor actual para cada característica substituta de calidad, esto es medible.
17. Liste los valores para el competidor X, para cada característica de calidad.
18. Liste los valores para el competidor Y, para cada característica de calidad.
19. Liste el valor objetivo para cada característica de calidad basado sobre una revisión de cada competidor.

ANALISIS:

Las más altas tres o cuatro características substitutas de calidad deberían ser comparadas con las tres o cuatro más altas demandas del - - cliente. La integración de éstas dos sirven como una base para seleccionar partidas sobre las cuales trabajar.

Usando la técnica incluida en este ejercicio, es posible seleccionar las características substitutas de calidad, sobre las cuales trabajar. Algunas compañías usan ésta como una lista de prioridad para ingenieros de diseño.

12

## REQUERIMIENTOS DE LA MATRIZ

LAMPARA DE BATERIAS

13

DEMANDAS DEL CLIENTE

					PLAN DE CALIDAD									
SUSTITUTAS DE CALIDAD					TASA DE IMPORTANCIA	COMPANIA AHORA	COMPETIDOR X	COMPETIDOR Y	PLAN DE LA EMPRESA	INDICE DE MEJORAS	PUNTOS DE VENTA	PESO ABSOLUTO	PESO DE LA DEMANDA	
	DURABLE	PESADA	No. DE PIES A PRUEBA DE AGUA	No. DE POSICIONES DEL SWITCH										
FACILIDAD PARA LLEVAR	○ 66	◎ 198	/	/		4	4	2	3	4	1.00	○	4.80	22%
LIGERA Y POTENTE	◎ 396	/	/	/		5	4	5	4	5	1.25	◎	9.38	44%
A PRUEBA DE AGUA	/	/	◎ 117	/		2	3	3	4	4	1.33		2.66	13%
FACIL DE ENCENDER Y APAGAR	/	/	/	○ 63		3	2	2	3	3	1.50		4.50	21%
TOTAL	462	198	117	63	840						TOTAL	21.34	100%	
%	55%	24%	14%	7%	100%									

14

15

16

17

18

19

COMPANIA AHORA

COMPETIDOR X

COMPETIDOR Y

PLAN DE LA COMPANIA

## CARACTERISTICAS

## SUSTITUTAS DE CALIDAD

## PLAN DE CALIDAD

$$8 = 7/8 = \frac{4}{4} = 1.0 ; \frac{5}{4} = 1.25$$

$$10 = (2) \times (8) \times (9) = 4 \times 1.00 \times 1.2 = 4.8$$

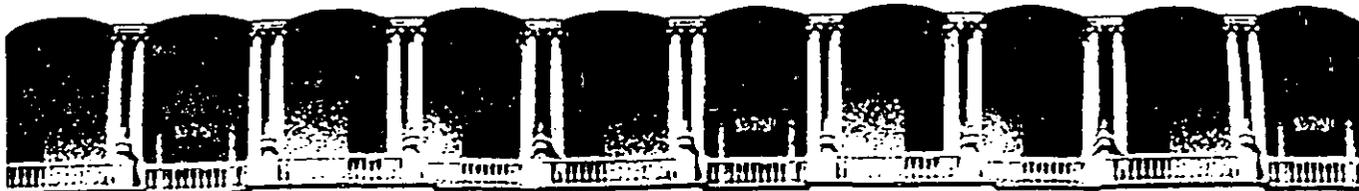
PRINCIPALES CORRELACIONES

◎ 9 = CORRELACION FUERTE

○ 3 = ALGUNA CORRELACION

△ 1 = POSIBLE CORRELACION

PUNTOS DE VENTAS ◎ = 1.5 ○ = 1.2



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

*INGENIERIA DEL VALOR INGENIERIA DE CALIDAD*

*CASOS Q F D*

# Casos QFD

***"La Voz del Cliente Integrada al Proceso de Calidad Total."***

Eduardo Marcos Hamscho y Mónica Rodríguez Zorrilla.  
GAMESA

***"Proyecto QFD HYLSA División Alambión y Varilla"***

Premio Nacional de Calidad 1990.  
Alberto González Perdomo.  
HYLSA División Alambión y Varilla.

***"La Voz del Cliente en PYOSA."***

Germán López García.  
PYOSA S.A. de C.V.

***"El QFD en un Ambiente Sociotécnico."***

Jorge E. Corona Miramontes.  
DASA. Grupo CYDSA.

***"Despliegue de una Función de Calidad QFD Aplicado en una Empresa de Servicio: AVIOS de ACERO S.A."***

Julián Hernández Argüello.  
AHMSA.

***"El Proceso de Mercadotecnia en QFD."***

Luis Montalvo de Lara y Miguel Angel Solórzano.  
CAMINSA.



# La Voz del Cliente Integrada al Proceso de Calidad Total

**Eduardo Marcos Hamscho  
y Mónica Rodríguez Zorrilla**

GAMESA

*Descripción del proceso de captación de la voz de clientes y consumidores,  
de acuerdo a los diferentes departamentos de la organización  
y su integración en un modelo de calidad total.*



LA VOZ DEL CLIENTE INTEGRADA AL PROCESO DE CALIDAD TOTAL  
ING. EDUARDO A. MARCOS HAMSCHO E ING. MONICA C. RODRIGUEZ ZORRILLA

En el nacimiento de la década de los 90's, la necesidad de transformación de las organizaciones hacia el servicio, es un hecho y una realidad; lo que ha provocado la búsqueda incesante de un paradigma que dé respuesta a la creación y desarrollo de la estrategia de diferenciación por servicio.

Este fenómeno podemos observarlo con la gran cantidad de literatura que sobre este tema ha surgido a raíz de esta necesidad de cambio en las organizaciones.

Entre los autores más destacados de esta corriente encontramos a -- Karl Albrecht y Lawrence J. Bradford con conceptos como administración por momentos de la verdad, el triángulo del servicio, los ciclos de servicio, así como el perfil de servicio que buscan los consumidores de los 90's; todos estos temas, se asocian en el énfasis de encontrar el camino para identificar y satisfacer las necesidades de los consumidores.

Como co-autor también con K. Albrecht, Ron Zemke trata entre otros temas, la creación de un sistema de servicio, el perfil del personal de servicio, calidad y productividad como imperativos de dimensión y acción. En resumen R. Zemke y K. Albrecht definen a la administración por el servicio, como un enfoque holístico, de toda la organización, que empieza con la naturaleza de la experiencia del cliente y crea estrategias y tácticas que maximizan la calidad de esa

experiencia. Además, demuestran como este tipo de administración - puede convertir una empresa, en un negocio orientado hacia el cliente y dirigido hacia el servicio.

Otros autores que presentan su material en conjunto son William H. Davidow y Bro Uttal, los cuales trabajan en la verificación de la insatisfacción del consumidor y como responder a ella. Utilizan, para combatirla 6 principios básicos; estrategias, liderazgo, personal de servicio, diseño del sistema de servicio, infraestructura y finalmente la indispensable medición.

Un tema de no menos importancia que los anteriores, es la traducción de la voz del cliente ó consumidor, en parámetros internos de operación, como son el diseño de procesos de manufactura, de empaques, campañas publicitarias, nuevas caracterizaciones de productos, formas de exhibición y de la misma manera estrategias de ventas con sus variantes en forma, contenido, logística, etc. El cual es tratado a profundidad por Don Clausing y John R. Hauser, basándose también en la herramienta de planeación Quality Function Deployment (Q.F.D.), también comunmente conocida como la casa de la calidad.

Relacionando los autores una forma sistemática de obtener, organizar y relacionar la información para su análisis adecuado, enfatizan, el cuidado de trabajar con la verdadera voz del consumidor, el trabajo interdisciplinario en equipo, la evaluación competitiva y el despliegue horizontal de la calidad.

Así podemos seguir citando autores, como Ron McCann con el tema del placer de servir ó Clay Carr con las 15 claves para la satisfacción del consumidor, también a Mihind M. Lele y Jagdish N. Sheth con --- como lograr una ventaja insuperable en servicio, teniendo como clave

al cliente, Pero consideramos que todos convergen en un objetivo - "la Satisfacción de Clientes y Consumidores".

En Gamesa preocupados también, por ser competitivos, conservar el liderazgo y lograr ser una empresa de servicio, hemos creado nuestro propio modelo de servicio integrado al Proceso de Calidad Total.

Este esfuerzo se inició desde 1987, identificando la Dirección General de Recursos Humanos, la necesidad de cambio de cultura en la Organización y de nuevas alternativas para redirigir al negocio, hacia -- clientes y consumidores, acordes al entorno demandante de ese momento y visualizando también, la posición competitiva actual del mercado.

Fué así como surgió la fase de sensibilización a ejecutivos, siendo esta la primera en el esfuerzo y teniendo como objetivo generar la necesidad de que el Grupo entrara a una fase de cambio mediante el proceso de mejoramiento continuo vía la Calidad Total. Esto se llevó a cabo por medio de seminarios, conferencias y visitas de referencia, donde se presentaron algunas de las filosofías de calidad - que podrían guiar y apoyar en el camino que se pretendía iniciar.

Fué entonces en 1988, el año de búsqueda y captación de tecnologías de soporte, así como la creación de la infraestructura interna, el diseño conceptual y el desarrollo del modelo de calidad total Gamesa. Para el año siguiente estuvimos en posibilidades de iniciar institucionalmente el Proceso de Mejoramiento de Calidad (P.M.C.), con la educación a los ejecutivos del Grupo en 3 seminarios base, según se describen a continuación.

- 1) Proceso de Mejoramiento de Calidad Curso de Dirección, el cual tuvo como objetivo, el transformar y formar un nuevo lenguaje y clarificación de qué es el Proceso de Calidad Total, que significa, para qué y por qué se requiere, cuál es el rol activo que se espera de cada uno de los ejecutivos; cuál es la misión y visión, política y filosofía de calidad: buscando de esta manera generar el compromiso y liderazgo con el proceso.
- 2) El Sistema de Educación y Tecnología en Calidad (S.E.T.C.), el cual, da información de estándares de actuación, indicadores de medición, métodos de análisis, normatividad general del proceso, relación cliente-proveedor y la infraestructura adecuada para plantear, analizar y resolver los problemas desde su causa raíz.
- 3) Pensamiento Estadístico: Establece la necesidad de medir, como fundamento de la mejora continua así como, de que todo proceso está ligado necesariamente a variabilidad haciéndose necesario el identificarla para estabilizarla y a través de metodologías específicas, el reducirla y en caso requerido, optimizar dichos procesos. Al estabilizar un proceso, su comportamiento se convierte en predecible lo cual al tener varios procesos secuenciales bajo este estado nos permite ligarlos bajo el concepto de JIT. Permittiendonos ofrecer al mercado productos y servicios consistentemente mas robustos.

Los primeros pasos en la Implementación del Proceso, fueron realizados durante 1990 en algunas unidades organizacionales del Grupo, con carácter de pruebas piloto, las cuales iniciaron generando su plan maestro de calidad, manifestando el compromiso con su personal, así

como formando instructores internos, que fueron los encargados en dar la educación a todos los niveles y atacando áreas de oportunidad priorizadas por varios disparadores como serán los precios de incumplimiento de la propia unidad y del Grupo, además a los momentos de la verdad más críticos de la relación cliente-proveedor; y en un tiempo futuro, la variabilidad de tipo especial y de causas comunes.

En paralelo se formó el comité de costos de calidad del Grupo y equipos interdisciplinarios de proyectos especiales encargados de probar y liberar tecnologías como Q.F.D. y el método Taguchi.

También, se inició con la captación y adecuación de Tecnologías de Calidad de Servicio, Fijación de Metas y Manufactura de Clase Mundial, desarrollando en este período, el propio Submodelo de Calidad de Servicio Gamesa, (el cual mencionaremos más adelante).

Ahora en 1991, es el año de la consolidación del Proceso de Mejoramiento de Calidad Total, esperando lograr unir todas las Tecnologías herramientas y enfoques de acuerdo a un proceso articulado y sistemático, el cual, se da desde la captación de la voz de clientes y consumidores pasando esta información por las áreas de Comercial, Mercadotecnia y Desarrollo de Tecnología, según sea su función para lograr así vencer las desviaciones que se generen en la interfase de estas áreas y Manufactura.

En lo particular el Submodelo de Calidad de Servicio sigue un lenguaje común al de la organización, se fundamenta en una estructura de grupos de trabajo no pierde el sentido de mejora continua, siempre respaldado por datos y hechos preferentemente con referencia estadística, lo que lo hace perfectamente compatible con el Modelo de Calidad Total.

De igual manera busca generar como propiedades emergentes del proceso la eficiencia interna y la eficacia hacia el mercado, reflejándose -- esta en nuestro camino hacia la orientación a clientes y consumidores.

Enfocandonos específicamente en nuestro camino hacia el servicio, -- éste da principio con la diferenciación de clientes y consumidores. Siendo los primeros, aquellos que trabajan y distribuyen nuestros productos y reciben un beneficio económico por ello y para quienes estamos cambiando y fortaleciendo nuestra cadena cliente-proveedor interna para administrarnos, con el nuevo enfoque, y lograr así, hacer positivos todos los momentos de la verdad que nos relacionan con ellos.

Los segundos son aquellos que consumen finalmente nuestros productos y reciben una satisfacción personal ya que el origen del consumo esta basicamente relacionado con un impulso psicológico, es decir emotivo.

Para ellos utilizamos el Q.F.D. el cual nos da toda la información - de las necesidades de nuestros consumidores con relación a los productos, lo que nos ayuda basicamente en la áreas de Mercadotecnia y Desarrollo de Tecnología de Productos, a generar estrategias de mercado - y a diseñar productos de alto impacto.

Son caminos diferentes, para personas con necesidades diferentes, de esta manera creemos que nuestro modelo es versátil y flexible para dar respuesta al mercado.

Dentro de los casos desarrollados utilizando la Casa de la Calidad - hemos lanzado estrategias con las siguientes características:

PRODUCTO →			SEGMENTOS DE MERCADO		NIVEL DE IMPACTO		
	UN	FAMILIA	CONCEPTO	UN	VARIOS	NACIONAL	REGIONAL
TIPO 1	x			x		x	
TIPO 2		x		x		x	x
TIPO 3			x		x	x	

De esta forma nos orientamos hacia el camino del liderazgo en servicio, pues no solo basta decidir ser líderes, si no actuar para ofrecer productos y servicios, tecnológicamente superiores, en volúmen, variedad, oportunidad y en costo, sin descuidar el balance de nuestras propias necesidades de operación y la permanencia del Negocio.



# Proyecto QFD HYLSA División Alambbrón y Varilla

**Alberto González Perdomo**

HYLSA División Alambbrón y Varilla.

*Mediante la aplicación del QFD, la División de Alambbrón y Varilla de HYLSA reestructuró sus estrategias organizacionales con la finalidad de mantener las ventajas competitivas que exige el mercado de hoy.*



# PROYECTO

## QFD

**Hylsa**



DIVISION  
ALAMBRO  
Y VARILLA

## CONTENIDO

- I Introducción**
- II Proyecto QFD Hylsa DAV**
  - Antecedentes
  - Objetivo
  - Equipo del proyecto
  - Planeación
  - Determinación Cliente y Competencia
- III Desarrollo QFD**
  - Requerimientos del Cliente
  - Características de diseño y relaciones
  - Objetivos de diseño y dificultad técnica y/o económica
  - Evaluación competitiva Cliente
  - Evaluación competitiva técnica
  - Pesos absolutos y relativos
  - Correlaciones

# CONTENIDO

## IV Análisis Final

- Diagnóstico y conclusiones Servicio
- Diagnóstico y conclusiones Producto

## V Sigüientes pasos

## VI Estadísticas generales

# I INTRODUCCION

**Entender las necesidades del Cliente** y transformar esas necesidades en acciones es indispensable en el ambiente competitivo actual.

**El Proceso QFD** identifica los requerimientos del Cliente y proporciona una disciplina para asegurar que esos requerimientos estén presentes en las etapas de diseño, planificación, manufactura y comercialización.

## **II PROYECTO QFD HYLSA DAV**

### **ANTECEDENTES**

Al revisar la relación con los clientes, la DAV encuentra la necesidad de reestructurar sus estrategias organizacionales, con el fin de recuperar las ventajas competitivas que en el pasado la caracterizaban.

En la búsqueda de ser la mejor opción, se orientó el Plan de Calidad hacia la satisfacción de los Clientes.

Se determinó utilizar el QFD (Quality Function Deployment) como la herramienta integradora con nuestros Clientes. Para aplicar esta herramienta, contamos con la asesoría del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey.

## **II PROYECTO QFD HYLSA DAV**

### **ANTECEDENTES**

Se formaliza el inicio de esta estrategia con el evento **Inducción QFD** en abril 4 de 1990, cuyo propósito fue:

- Describir la orientación de la División Alambión y Varilla en Calidad Total
- Explicar el QFD y su relación con el Plan de Calidad
- Describir el proceso QFD en la DAV

## II PROYECTO QFD HYLSA DAV

### OBJETIVOS

La selección del objetivo del proyecto y del equipo de trabajo QFD la realizó el Equipo Dirección de la DAV en la misma fecha y de la siguiente manera:

a) Se enunciaron doce productos sobre los cuales se requiere o desea una modificación de mejora; se seleccionaron los siete más importantes y se ponderaron como sigue:

Alambrón para cables  
Alambrón para estiraje  
Alambrón para soldadura  
Varilla para construcción pesada  
Alambrón para resortes  
Alambrón para pretensado  
Varilla para construcción vivienda

## II PROYECTO QFD HYLSA DAV

### OBJETIVOS

b) Se determinaron los principales parámetros para analizar las siete alternativas enlistadas:

PARAMETRO	CALIFICACION
Rentabilidad	10
Potencial de mercado	9
Costos de Calidad	9
Competencia nacional	9
Volumen ventas	8
Riesgo de perder mercado	8
Posicionamiento	8
Porcentaje de rechazo	7
Competitividad	7

En ambos casos se utiliza la técnica nominal de grupos (NGT)

## **II PROYECTO QFD HYLSA DAV**

### **OBJETIVOS**

Mediante la técnica análisis de datos matriciales se determinó el objetivo del proyecto:

Realizar la fase de planificación QFD para el producto

**Alambrón Alto Carbono para Resorte Colchonero**

con especificaciones actuales: Acero 1049, 1052, 1054 y 1055

## **II PROYECTO QFD HYLSA DAV**

### **EQUIPO DEL PROYECTO**

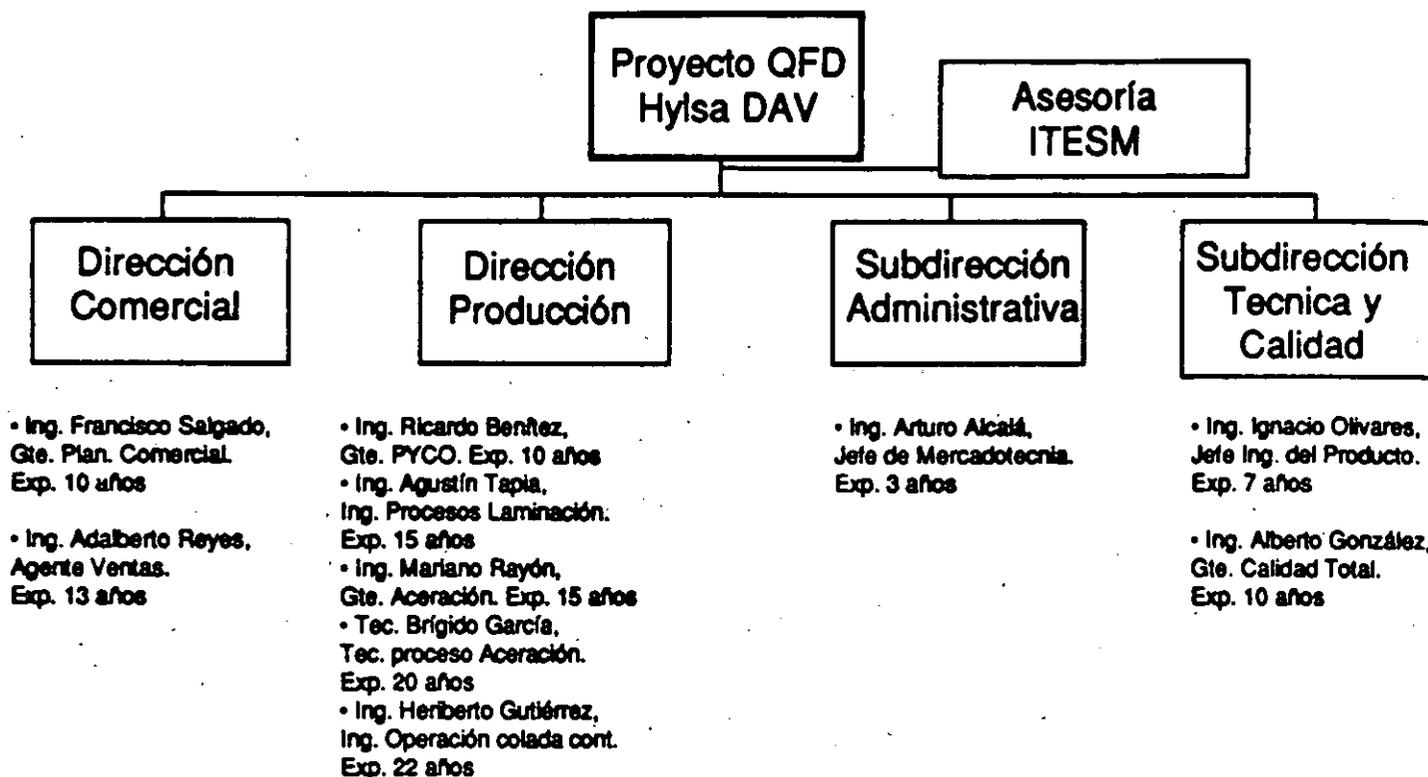
Se pretende traducir la voz del Cliente en parámetros de diseño que se puedan desplegar horizontalmente a través de los departamentos de Planeación, Ingeniería, Manufactura y Comercialización.

De aquí que el equipo de trabajo QFD debe estar integrado de manera horizontal por personal con experiencia suficiente en el área que representa.

La alta dirección de la empresa definió el siguiente equipo de trabajo:

## II PROYECTO QFD HYLSA DAV

### EQUIPO DEL PROYECTO



## II PROYECTO QFD HYLSA DAV

### PLANEACION

Operación del equipo (a partir del 19 de abril):

Jueves 14:00 a 18:00 hrs.

Viernes 8:30 a 12:30 hrs.

## **II PROYECTO QFD HYLSA DAV**

### **DETERMINACION DEL CLIENTE**

Para la investigación de mercados se incluyeron los clientes actuales y los potenciales:

**CAMESA**

**ALAMBRES PROFESIONALES**

**ALTO CARBONO**

## **II PROYECTO QFD HYLSA DAV**

### **REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE**

#### **QUE' S**

Dentro de la Casa de la Calidad, la Voz del Cliente se presenta en el vector de los QUE' S. Esta sección es la más importante ya que en base a ella se desarrolla toda la metodología. De aquí que se decidiera contratar a la compañía CAMINSA (Calidad en Mercadotecnia Integral) para obtener la voz del Cliente en forma espontánea (etapa cualitativa de la investigación de mercado). Como resultado se obtuvieron 79 requerimientos del Cliente los cuales se agruparon de acuerdo a la afinidad existente entre ellos (diagrama K-J)

27 de abril al 1° de junio

#### **Grado de importancia**

La segunda etapa de la investigación de mercados o fase cuantitativa, tiene por objeto determinar el grado de importancia que el consumidor otorga a cada requerimiento y conocer cómo califica a sus proveedores en el cumplimiento de los mismos.

1° de junio al 23 de julio

## REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE

CALIDAD DE PRODUCTO	ANÁLISIS QUÍMICO	Coladas sin mezclas	5
		Baja dispersión de análisis químico por especificación	4
		Baja dispersión de análisis químico por colada	4
		Bajo en residuales	4
		Material no frágil (Nitruros)	4
	CALIDAD INTERNA DEL ALAMBRO	Bajo nivel de inclusiones no metálicas	4
		Sin segregación central	4
		Sin perlita gruesa	4
		Sin bainita y martensita	5
	DIMENSIONES DEL ALAMBRO	Menor número de espiras con bigote en los extremos del rollo	4
		Alambro sin bigote	4
		Ovalidad mínima	4
		Baja dispersión con respecto a la dimensión nominal	4

### III DESARROLLO QFD

## CARACTERISTICAS DE DISEÑO Y RELACIONES

Esta sección contiene la traducción que se hace de los requerimientos del Cliente a características de diseño, es decir:

**¿Cómo se pueden satisfacer esas necesidades?**

Los COMO' S también son agrupados en tres niveles mediante el diagrama de afinidad

Cada COMO se identifica con el tipo de característica al que pertenece:

- |                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>Nominal</b>        | (especificación dentro de un rango)                 |
| <b>Mayor es mejor</b> | (mientras más se incrementa es mucho mejor)         |
| <b>Menor es mejor</b> | (reducir esa especificación es lo más conveniente). |

Para generar esas características de diseño se utiliza el diagrama de Ishikawa

Para satisfacer los 79 requerimientos de los Clientes resultaron 522 COMO' S de los análisis respectivos.

4 de mayo al 8 de junio

Se decidió separar los requerimientos de servicio y de producto en dos Casas de la Calidad para facilitar el análisis.

### RELACIONES

En esta sección se señala cuál COMO satisface a cuál o cuáles QUE' S utilizando diferentes símbolos:

- |   |                  |              |
|---|------------------|--------------|
|  | Relación fuerte  | nueve puntos |
|  | Relación mediana | tres puntos  |
|  | Relación débil   | un punto     |

14 de junio al 5 de julio



### **III DESARROLLO QFD**

#### **OBJETIVOS DE DISEÑO Y DIFICULTAD TECNICA Y / O ECONOMICA**

##### **Objetivo de Diseño**

- Determinar cuál es la especificación de cada COMO
  - Se investigaron los objetivos de diseño más adecuados

##### **Dificultad Técnica y/o Económica**

- Determinar el grado de dificultad organizacional
  - Se calificó con [5] la máxima dificultad de realizar el COMO con el objetivo de diseño y con [1] la dificultad mínima.

# III DESARROLLO QFD

## OBJETIVOS DE DISEÑO Y DIFICULTAD TECNICA Y / O ECONOMICA

OBJETIVOS DE DISEÑO	DIFICULTAD ORGANIZACIONAL		COORDINACION	ACONDICIONADO DE ACERO LIQUIDO	VACIADO CONTINUO	
100%	5	Ollas limpias para vaciar			○	
50 minutos H.O. Max 20 minutos Dir. V.C.	3	Tiempo en tránsito total			↓	↓
≤ 15 minutos	4	Tiempo en tránsito antes horno olla			↓	↓
100%	3	Cambios de máquinas			○	○
≥ 250 mm.	2	Empalmar con el nivel mínimo en el distribuidor	↓		↓	
Implementar	4	Facilidad para identificar y separar empalmes	○		○	
100%	3	Evitar vaciar de olla a olla	↓		↓	
100%	1	Uso exclusivo de argón para el vaciado	○		○	
55 ± 5 LPM	2	Control de flujo para el argón	↓		↓	
100%	2	Cumplimiento de la agitación del acero	○		○	
100%	3	Homogenización del acero	↓		↓	

### **III DESARROLLO QFD**

#### **EVALUACION COMPETITIVA DEL CLIENTE**

Esta información se obtuvo del Cliente durante la investigación de mercado realizada por Caminsa mediante una entrevista en la que pudo expresar sus criterios de calificación para Hylsa y para la competencia en los aspectos de servicio y producto.

La escala utilizada fue de 1 a 5:

1 como pésimo y 5 como lo mejor

HYLSA - ◆  
 DE ACERO - ▲  
 SICARTSA - □  
 EXTRANJERO - ◇

CALIDAD DE PRODUCTO			1	2	3	4	5	
			ANÁLISIS QUÍMICO	Coladas sin mezclas	5			◆
Baja dispersión de análisis químico por especificación	4				◆	▲	◇	
Baja dispersión de análisis químico por colada	4				◆	▲	◇	
Bajo en residuales	4				◆	▲	◇	
Material no frágil (Nitruros)	4				◆	▲	◇	
CALIDAD INTERNA DEL ALAMBRO	Bajo nivel de inclusiones no metálicas	4				◆	▲	◇
	Sin segregación central	4				◆	▲	◇
	Sin perlita gruesa	4				◆	▲	◇
	Sin bainita y martensita	5				◆	▲	◇
DIMENSIONES DEL ALAMBRO	Menor número de espiras con bigote en los extremos del rollo	4				◆	▲	◇
	Alambrón sin bigote	4				◆	▲	◇
	Ovalidad mínima	4				◆	▲	◇
	Baja dispersión con respecto a la dimensión nominal	4			◆	▲	◇	

La evaluación se realizó en base a los cuantos; es decir, qué tan capaz es la DAV de lograr los objetivos de diseño y cómo lo está haciendo la competencia.

Se utiliza la misma escala que en la Evaluación Competitiva de acuerdo al Cliente.

Se realizaron dos actividades por parte del equipo:

Se recopilaron datos de pruebas de laboratorio.

Algunos de los integrantes visitaron las plantas de la competencia nacional.

Cuando realmente fue imposible conocer la situación de cierto competidor, se optó por dejar en blanco el espacio correspondiente.

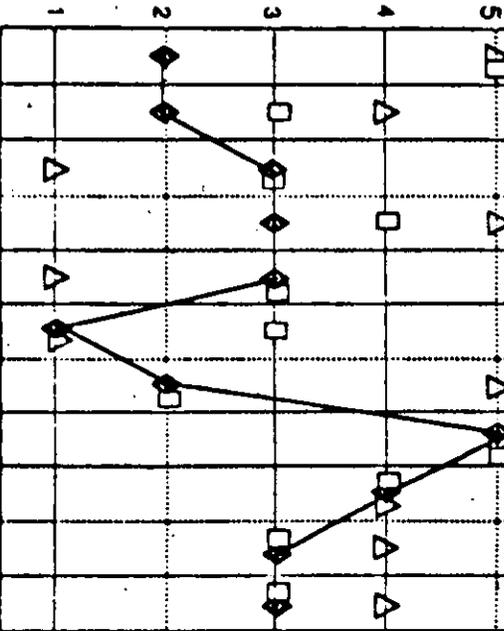
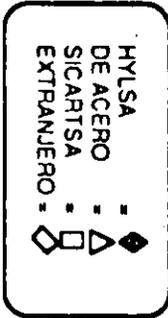


VACIADO CONTINUO

COORDINACION

ADONCIONADO DE ACERO LIQUIDO

	Ollas limpias para vaciar	
	Tiempo en tránsito total	
	Tiempo en tránsito antes horno olla	
	Cambios de máquinas	
	Empalmar con el nivel mínimo en el distribuidor	
	Facilidad para identificar y separar empalmes	
	Evitar vaciar de olla a olla	
	Uso exclusivo de argón para el vaciado	
	Control de flujo para el argón	
	Cumplimiento de la agitación del acero	
	Homogenización del acero	



## PESOS ABSOLUTOS Y RELATIVOS

Los pesos absolutos son los puntos que cada COMO acumula según la cantidad y tipo de relaciones que tiene con los QUE' S.

Los pesos relativos son los porcentajes que representa cada suma del gran total.

Se utilizó el QFD Designer y se realizó el Diagram de Pareto.

Este Pareto se hizo tomando en cuenta las dos Casas de la Calidad (Producto y Servicio) y del resultado se determinó la lista siguiente:

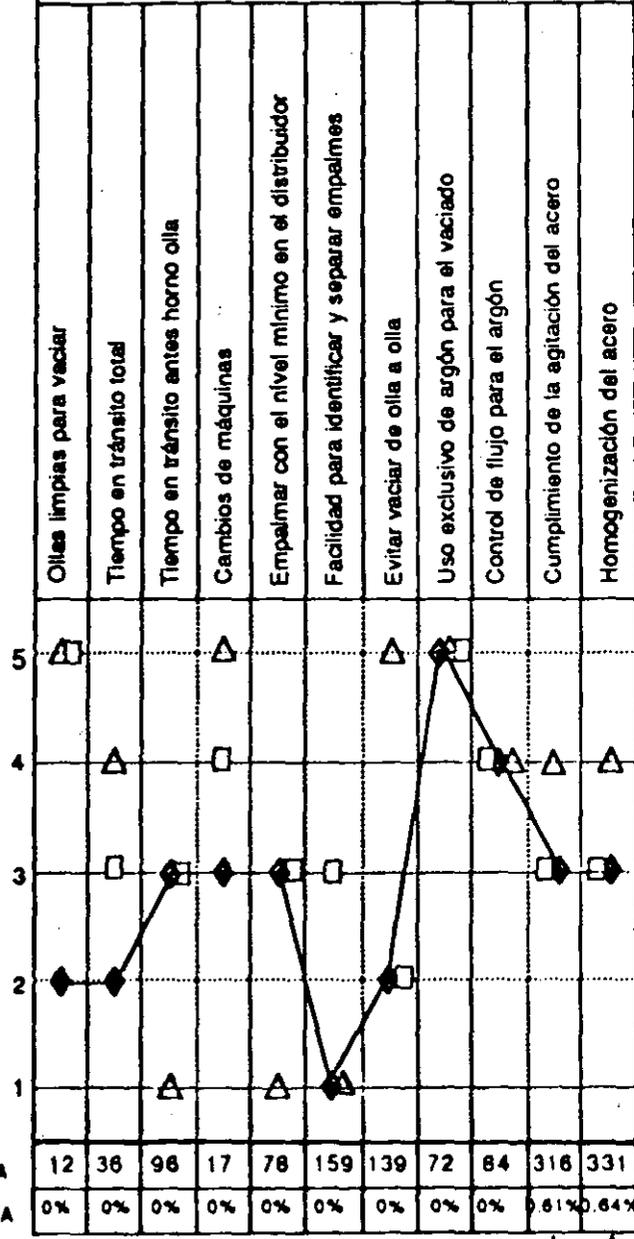
O ↓ ↓ ↓ O ↑ O ↑ O ↑ ↑

VACIADO CONTINUO

COORDINACION

ACONDICIONADO DE ACERO LIQUIDO

HYLSA - ◆  
 DE ACERO - ▲  
 SICARTSA - □  
 EXTRANJERO - ◇



La Matriz de Correlaciones permite identificar cuáles de los COMO' S se encuentran contenidos en otros COMO.

Este análisis es valioso sobre todo cuando existen COMO' S que son muy importantes pero que implican una gran dificultad técnica o económica para llevarlos a cabo; sin embargo al identificar sus correlaciones es posible encontrar otros medios para la realización u obtención del mismo resultado.

### III DESARROLLO QFD

## CORRELACIONES

IMPORTANCIA RELATIVA	IMPORTANCIA ABSOLUTA			
0%	12	Olas limpias para vaciar	COORDINACION	
0%	36	Tiempo en tránsito total		
0%	96	Tiempo en tránsito antes horno olla		
0%	17	Cambios de máquinas		
0%	78	Empalmar con el nivel mínimo en el distribuidor		
0%	159	Facilidad para identificar y separar empalmes		
0%	139	Evitar vaciar de olla a olla		
0%	72	Uso exclusivo de argón para el vaciado		
0%	84	Control de flujo para el argón		
0%	316	Cumplimiento de la agitación del acero		
0%	331	Homogenización del acero	ACONDICIONADO DE ACERO LIQUIDO	

## **IV ANALISIS FINAL**

El análisis final se realizó en dos etapas:

**Casa del Servicio  
Casa del Producto**

En ambos casos se utilizaron diferentes tipos de diagnóstico. Se presentan a continuación cada uno de ellos y posteriormente las conclusiones finales.

## **IV ANALISIS FINAL**

### **Diagnóstico: Requerimientos Clave del Cliente**

Son los requerimientos que de acuerdo al Cliente son los más importantes (grado de importancia 5 y 4) y que en la evaluación competitiva del Cliente, Hylsa tiene un bajo nivel.

También se evalúa el número de quejas con la escala de 1 a 5 donde  
1 = situación problemática por alta frecuencia, y  
5 = no representa problemas (cero quejas)

## **IV ANALISIS FINAL**

### **Diagnóstico: Puntos Críticos**

Son los requerimientos en los que Hylsa fue evaluado pobremente por el Cliente y las acciones o COMO'S que satisfacen esos requerimientos; también fueron calificados con baja puntuación en la Evaluación Técnica Competitiva.

## **IV ANALISIS FINAL**

### **Diagnóstico: Areas de oportunidad**

Al Cliente le importa de manera significativa cierto requerimiento, pero ninguno de los proveedores le ofrece un buen servicio, por lo tanto el competidor que logre mejorar ese servicio impactara al cliente en forma positiva.

## **IV ANALISIS FINAL**

### **CASA DEL SERVICIO**

**Diagnóstico: Indispensable mejorar**

Son los requerimientos del Cliente en los que Hylsa actualmente ofrece un mal servicio y los competidores por el contrario, ofrecen un servicio de buena calidad.

## **IV ANALISIS FINAL**

### **CASA DEL SERVICIO**

**Diagnóstico: Control de la Ventaja Competitiva**

Es un requerimiento de alto grado de importancia en donde Hylsa tiene una mejor calificación sobre sus competidores.

## V SIGUIENTES PASOS

Esta etapa del proyecto incluye la primera fase del proceso QFD conocida como Planificación.

De acuerdo con este concepto deberán darse los pasos necesarios que conduzcan a la implantación de los resultados conseguidos hasta ahora.

Es importante aclarar que todas las mejoras que se realicen, no sólo impactarán positivamente a los Clientes del Alambión para resortes, sino también al resto de los consumidores de Alambión (especialmente de alto carbono), ya que los requerimientos de los Clientes fueron externados en forma genérica

## V SIGUIENTES PASOS PROPUESTA

Todas las actividades resultantes del proyecto QFD deberán ser incorporadas a los Planes de Operación de cada unidad responsable, dando la prioridad adecuada para garantizar su continuidad.

Es importante mencionar dos aspectos:

- No todas las estrategias resultantes de esta etapa podrán ser implementadas directamente; algunas de ellas deberán ser analizadas para determinar las actividades correspondientes.
- La gran mayoría de las estrategias serán implementadas utilizando herramientas de Calidad Total (Proyecto de Mejora, CIP, DE, C/P).

Como en todo proyecto, es vital el seguimiento y control de su desarrollo para alcanzar la meta deseada

## VI ESTADISTICAS GENERALES

Fecha inicio de proyecto	abril 4 de 1990
Fecha plan terminación	julio 20 de 1990
Fecha real terminación	agosto 16 de 1990

Las sesiones de cuatro horas sumaron un total de 32 y se requirieron tres sesiones de ocho horas cada una para realizar la etapa de Análisis y Conclusiones.

La operación aritmética indica que en total cada integrante del equipo QFD trabajó 152 horas durante tiempo de sesión.

Se estima que por cada participante del proyecto se invirtieron ocho horas en total de trabajo fuera de sesión.

El integrador dedicó al proyecto aproximadamente tres horas a la semana.

Los facilitadores necesitaron de diez horas por semana para cumplir con sus actividades.

• Asistencia promedio: 78%

La realización del proyecto QFD Hylsa, DAV requirió de un total de 1832 horas hombre.

Nota: No se incluye en el cálculo aritmético las horas invertidas por parte de la empresa Caminsa, ni tampoco las horas del Seminario de Inducción QFD celebrado el 4 de abril del año en curso.

## CONCLUSIONES

- El trabajar con esta herramienta, permitió conocer los requerimientos de nuestros clientes de una manera ordenada y sistemática, determinar cuáles son los más importantes para ellos así como las acciones que deben realizar cada una de las unidades de la organización para satisfacer esos requerimientos.
- El QFD es una herramienta de Planeación de la Calidad que integra los esfuerzos de toda la organización hacia la Satisfacción de los Clientes.
- Permite determinar nuestra competitividad tanto en el cumplimiento de los requerimientos de los clientes como en la capacidad tecnológica para hacerlo.
- Determina los estándares de operación de todas las acciones encaminadas a cubrir las necesidades de los clientes.
- Se integran los conocimientos de las diferentes áreas, documentando la tecnología propia de la empresa.

- Es indispensable contar con el liderazgo de la alta Dirección.
- Se deberá integrar un equipo de trabajo en el cual no tan sólo participen las diferentes unidades, con personal que tenga los conocimientos suficientes, sino también constituirse con gente con suficiente autoridad y credibilidad para implementar efectivamente las conclusiones del proyecto.
- Integrar las acciones y/o conclusiones a los planes operativos de cada unidad, apoyados en las herramientas de calidad (Proyecto de Mejora, Diseño de Experimentos, Estandarización, etc.).
- Existen etapas muy áridas durante el desarrollo del proyecto, en donde fácilmente el equipo puede caer en el tedio y el abandono; por este motivo, es necesario establecer un compromiso y una dinámica intensa de participación hasta culminar el proyecto.
- Establecer horarios de trabajo de máximo cuatro horas por día.
- Se cuenta con un modelo de Calidad y Competitividad que podrá ser utilizado cuando las condiciones varíen (en requerimientos o en competencia).



# La Voz del Cliente en PYOSA

**Germán López García**

PYOSA S.A. de C.V.

*¿ Qué estamos haciendo en PYOSA en este nuevo entorno mundial donde es vital para sobrevivir, cumplir con las necesidades de los clientes ? ¿ Qué es TQC para PYOSA ? ¿ Como se aplica en la unidad cerámica el QFD ?  
Herramienta orientada a determinar las actividades necesarias para satisfacer los requisitos de los clientes.*



# LA VOZ DE EL CLIENTE EN PYOSA

---

**GERMAN LOPEZ GARCIA**  
Director Oficina TQC

Considerada como la empresa de origen nacional más importante en su ramo, **PYOSA, S.A. DE C.V.**, orienta sus esfuerzos a la producción de pigmentos y colorantes para la industria automotriz, textil, de las artes gráficas, cerámica y alimenticia.

A poco más de 50 años del inicio de sus operaciones, **PYOSA** cuenta a la fecha con una fuerza de trabajo de 1400 personas y con una facturación de 80 millones de dólares, de los cuales, 24 corresponden al mercado de exportación.

**PYOSA** se encuentra ubicada en la ciudad de Monterrey, Nuevo León, y cuenta con sucursales de comercialización y almacenaje en México, D.F., Guadalajara, y la ciudad de Los Angeles, California, en los Estados Unidos. Además, ha creado un importante red de distribuidores tanto a nivel nacional como internacional, la cual facilita el acceso de sus productos a los mercados de interés.

Hablar de **PYOSA** es hablar de color, ya que sus productos forman parte de la materia prima para la elaboración de un sinnúmero de artículos: pintura, tintas, plásticos, limpieza, cemento, hule, artículos escolares, estampados de fibras naturales y sintéticas, alimentos, cosméticos, cuero, papel e hidrocarburos.

Estamos en todo lo que nos rodea.

Si nos referimos a óxidos y silicatos de plomo, otra línea de producción, **PYOSA** está presente en acumuladores industriales y automotrices, cerámica industrial y artística, pintura anticorrosiva, cinescopios, cristal y sales de plomo.

Complementando la amplia gama de producción, surge una nueva aplicación: el color en la cerámica, encaminada a la industria del azulejo, piso, loza de mesa, enseres domésticos, sanitarios y alfarería, reforzando así, que donde hay color está **PYOSA**.

En **PYOSA** el elemento humano es un factor importante, partiendo del hecho de que cada persona está dotada de conciencia y libertad, llamada a vivir y participar libremente en la sociedad y en la historia, ordenada a valores superiores.

La misión de nuestra empresa es crecer con los negocios actuales, consolidando nichos de aplicación y de nuevos negocios que aprovechen las habilidades de la empresa, con un enfoque de mercadotecnia, visión estratégica y cultura de calidad, lo cual implica: mejora continua, medición formal, desarrollo por educación y resulte en alta productividad y rentabilidad.

# TQC EN PYOSA

---

A partir del establecimiento de nuestra misión y reestructuración, **PYOSA** fue encaminada a conocer las técnicas de aprendizaje y aplicación de los conceptos de control de calidad total.

Para ello se investigaron un buen número de organizaciones a nivel mundial que ofrecieran servicios de asesoría y educación en esta área; todas ellas fueron analizadas y validadas por nuestra empresa, tomando finalmente la decisión de trabajar principalmente con **JUSE**, asociación japonesa con casi 50 años de experiencia, cuya especialidad es la de implantar el **CONTROL TOTAL DE CALIDAD** en organizaciones, auxiliándonos del ITESM para la educación de nuestro personal.

Así **C.T.C.** en **PYOSA** fue bautizado con las siglas **TQC**, que en inglés significan **TOTAL QUALITY CONTROL**, y en nuestra compañía se ha definido como **CALIDAD TOTAL MAS CONTROL TOTAL**.

En **PYOSA** la palabra **CALIDAD TOTAL** significa hacer bien todas nuestras actividades personales y de trabajo, y **CONTROL TOTAL**, es tener todas ellas bajo nuestro control; tomando en cuenta que la palabra control no es supervisar, inspeccionar, checar, forzar; sino mantener y mejorar cualquier actividad.

En **PYOSA**, **TQC** no es algo adicional a nuestro trabajo, ni un sistema o nuevo proceso, simplemente es una manera distinta y mejor de hacer nuestras funciones: procesos productivos o administrativos, financieros, de recursos humanos, de ventas o servicio.

Los conceptos que estamos aprendiendo dentro de **TQC** son: todas nuestras acciones están orientadas al cliente tanto interno como externo, calidad es primero, acciones orientadas a los pocos vitales, hablar y tomar acciones con hechos y datos, control del proceso y variabilidad.

El siguiente paso en el proceso es el cliente, control del despliegue de las necesidades del cliente (**QFD**) y del paso anterior, acciones preventivas para evitar repetición, respeto por la persona y compromiso de todos.

Toda esta actividad en torno a **TQC** en nuestra empresa tiene un objetivo muy claro y definido: satisfacer las necesidades de nuestros clientes, llevándonos a poder cumplir con la

calidad en todo: calidad en el producto, en el servicio, en el trabajo diario, precio competitivo y razonable, entrega en el lugar, tiempo y cantidad exacta, seguridad de uso del producto y un ambiente sano de trabajo.

Todo lo anterior permitirá que nuestra empresa permanezca bajo las nuevas reglas que marca el entorno, manteniéndose competitiva internacionalmente.

# QFD UNIDAD CERAMICA

## ANTECEDENTES MUNDIALES

En lo que se refiere a la fabricación de azulejos, pisos y sanitarios, la industria de la cerámica mexicana ha tenido que acelerar su adaptación tecnológica en procesos y productos, a fin de alcanzar un objetivo que evidentemente es una necesidad general de todas las industrias: " el tener competitividad a nivel internacional ".

Este progreso tecnológico fue originado por razones económicas, al sustituir la utilización de la arcilla blanca, altamente costosa, por la roja, cambiando con ello no solo la materia prima, sino incluso el concepto estético de estos productos, y por lo tanto, su acabado.

Otro factor definitivo fue el impacto de la crisis de energéticos, así como el alto costo de mano de obra en países europeos como Italia y España, líderes mundiales en el ramo, los cuales desarrollaron equipos más avanzados que les permitieran ser competitivos internacionalmente.

Estos cambios tecnológicos, provocaron importantes modificaciones en los procesos de fabricación, y por ende, los controles de las variables que los afectaban se hicieron más estrictos, disminuyendo así el grado de tolerancia que existía en los procesos tradicionales.

La Unidad Cerámica de **PYOSA** no pudo quedarse al margen, dado su carácter de proveedor de algunas de las materias primas básicas, razón por la cual adapta productos y procesos a nuevas formas que fueran congruentes con las tecnologías desarrolladas por sus clientes.

Aunado a lo anterior, las condiciones económicas del país y las estrategias adoptadas por el gobierno (Apertura comercial, PACTO,) aceleraron aun más los cambios en nuestra empresa.

## POR QUE Y COMO ENTRAMOS EN QFD

Dentro del proceso de desarrollo de **PYOSA** en 1989, se inició en Unidad Cerámica la inquietud de conocer técnicas para poder cumplir con las nuevas necesidades del mercado, no solo especificaciones tecnológicas, sino también la posibilidad de ofrecer algún valor agregado en otros aspectos que anteriormente no se habían tomado demasiado en cuenta, tales como servicio, entrega, empaque y administración.

Se encontró entonces que el **ITESM** ofrecía asesoría sobre **QFD**, precisamente la herramienta que buscábamos.

## ANTECEDENTES

En Marzo de 1989, participamos en un curso introductorio de **QFD** 30 personas de los diferentes departamentos de **PYOSA**, de los cuales 8 éramos de la Unidad Cerámica. Los conceptos encontrados nos decidieron a continuar con las siguientes etapas del proceso de educación.

Se redefinió el grupo de participantes, enfocándose la atención en las personas que iban a participar directamente en la elaboración de la **CASA DE LA CALIDAD**.

## OBJETIVOS

- \* Encontrar puntos de exaltación a través del análisis de la investigación de mercado y capitalizarnos, desarrollando nuevos productos que satisficieran las necesidades de cliente y superaran a los de la competencia.
- \* Confirmar nuestras debilidades y cuantificar su importancia con respecto al cliente y frente a nuestra competencia.
- \* Conocer mejor nuestros productos.
- \* Detectar problemas en la organización y definir las acciones a seguir.
- \* Conocer la ubicación y establecer el rumbo de la Unidad.

## EXPECTATIVAS

- Compaginar la misión de la empresa con el QFD.
- Tener la capacidad de difundir la metodología a toda la empresa.
- Habituar al uso de herramientas científicas de análisis para la toma de decisiones.
- Monitorear y darle seguimiento a los compromisos tomados al término del proceso.

## METODOLOGIA

El **QFD** inició en la Unidad Cerámica en Octubre de 1989 y terminó 12 meses después, invirtiéndose 1800 horas hombre durante el proceso; 300 de ellas aplicadas en la etapa de educación.

Se analizaron a 8 competidores a nivel mundial, con el propósito de localizar a aquellos que fueran más amenazantes para nuestra Empresa, encontrándose que algunos de ellos ya habían determinado, desarrollado y satisfecho los nuevos requerimientos del cliente en algunos productos.

Posteriormente, se estudio un producto vital para la organización, que en esa etapa del proceso pensamos estaba siendo ofrecido por la competencia con cierto valor agregado.

Así mismo, se establecieron reuniones semanales de 4 horas, aunque debido al ritmo de trabajo, las últimas sesiones, que fueron las destinadas al diagnóstico y conclusiones, se realizaron con más frecuencia, en los días y horarios seleccionados por la mayoría de los integrantes del equipo.

Se fueron generando cada uno de los vectores de la **CASA DE LA CALIDAD**, iniciando por el vector de los **QUE'S** o **VOZ DEL CLIENTE**.

La investigación dió comienzo cuestionando a los participantes sobre las necesidades del cliente, originándose así lo que llamamos **QUE'S** internos.

Para la creación de los **QUE'S** internos o **QUE'S** de grupo, utilizamos la ventana del consumidor como herramienta de generación de ideas:

- \* Qué quiere el cliente y qué obtiene.
- \* Qué quiere y no obtiene.
- \* Qué no quiere y obtiene y,
- \* Qué no quiere y no obtiene.

Las ideas fueron tamizadas quedando en total 71 requerimientos, terminando con la primera etapa del vector de los **QUE'S**.

Pasamos después al vector de los **COMO'S** haciéndonos la pregunta: ¿Qué hay que hacer para satisfacer la **VOZ DEL CLIENTE** en estos 71 requerimientos?. Utilizamos la herramienta de tormenta de ideas quedándose únicamente aquellas respuestas que tenían consenso.

Estos **COMO'S** fueron definidos en nuestro lenguaje tomando en cuenta los siguientes puntos:

- \* Alcanzables.
- \* Que satisficieran uno o varios **QUE'S**.
- \* Con **CARACTERISTICA DE CALIDAD** definida.

Al final de esta etapa, contábamos con 173 **COMO'S**.

De ahí pasamos a la etapa más tediosa del proceso: relacionar los **COMO'S** con los **QUE'S** estableciendo su interdependencia y **GRADO DE IMPORTANCIA**. Calificamos con 9, 3 o 1 a cada **COMO**, obteniendo así el **VALOR ABSOLUTO** y **RELATIVO** de cada uno de ellos, apoyándonos en el paquete **QFDesigner** y una hoja electrónica de cálculo.

Continuamos con el establecimiento de **OBJETIVOS DE DISEÑO** para conocer

nuestro grado de avance; y **LA DIFICULTAD TECNICA** que permitiera detectar el esfuerzo que hay que realizar para lograr los **COMO'S** y darle la prioridad de solución, surgiendo así los **CUANTO'S** que cada **COMO** necesita obtener para satisfacer los **QUE'S** de los clientes.

Posteriormente realizamos en base a la experiencia del equipo de trabajo, la **EVALUACION COMPETITIVA TECNICA** de los **COMO'S**, comparando el desempeño de la empresa contra el de cada uno de sus competidores, detectando la capacidad de ambos para obtener los **OBJETIVOS DE DISEÑO**.

Simultáneamente al trabajo de grupo de **QFD**, se contrataron los servicios especializados de una agencia de investigación de mercados, para obtener en forma cuantitativa y cualitativa la **VOZ DEL CLIENTE** o **QUE'S** externos.

Las preguntas fueron encaminadas a conocer los siguientes aspectos:

- \* Qué necesidad tienes.
- \* Qué grado de importancia tiene ese **QUE**.
- \*Cuál es mi posición contra la competencia.

Los **QUE'S** resultantes en esta investigación fueron muy parecidos a los **QUE'S** internos, quedando definitivamente en este vector 43 requerimientos.

Cabe hacer notar que algunos **QUE'S** pasaron a ser **COMO'S**.

Teniendo los dos vectores definidos, revaloramos los datos iniciando nuevamente el proceso.

De este análisis obtuvimos los 7 **COMO'S** de más alto **VALOR ABSOLUTO**, definiendo su **CORRELACION** para poder establecer en un momento dado, rutas alternativas de acción con menor grado de dificultad y que tuvieran un impacto positivo en los

## **COMO'S** de mayor peso, logrando con ello formar el **TECHO DE LA CASA**.

El proceso hasta ese momento llevaba 37 sesiones, de las cuales el 70% fueron para obtener las **CARACTERISTICAS DE DISEÑO** y su relación con los requerimientos de los clientes.

La investigación cualitativa y cuantitativa del mercado, se llevó por su parte el 60% del tiempo.

## **CONCLUSIONES**

Finalmente llegamos a la etapa de análisis que comprende diagnóstico y conclusiones, extrayendo la información más importante de la **CASA DE LA CALIDAD**, utilizando para ello diferentes formas de interpretación y finalizando con esto la **FASE DE PLANIFICACION** del QFD.

Los resultados en la fase anterior, nos permitieron establecer las acciones a tomar a corto, mediano y largo plazo de los **COMO'S** más importantes para satisfacer los **QUE'S** más importantes.

## **BENEFICIOS**

- Se consiguió trabajar por un mismo objetivo
- Se conocieron fuerzas y debilidades de cada departamento
- Se conocieron fuerzas y debilidades de la competencia
- Se conocieron las necesidades de los clientes y sus prioridades y se mejoró el proceso de interpretación de las mismas.
- Se detectó como dar mejor servicio al cliente.
- Y obtuvimos el producto nuevo a desarrollar.

## RECOMENDACIONES

- El compromiso de la alta administración es vital.
- Ser claros y específicos en sus **QUE'S** y **COMO'S**.
- No perder de vista el objetivo.
- Formar un equipo balanceado en conocimientos.
- Es necesario un equipo de trabajo integrado.
- Deseo de llegar al resultado.
- Esfuerzo y tenacidad.
- Contar con un guía experto en **QFD**.
- Elaborar un glosario de **QUE'S** y **COMO'S**.
- Los participantes del grupo deberán contar con:
  - Habilidad para trabajar en equipo.
  - Experiencia en el área que representan.
  - Entusiasmo y creatividad.
  - Responsabilidad.

## POSIBLES PROBLEMAS

- Ausentismo.
- Conflictos entre los miembros del grupo.
- Deserción por no visualizarse resultados inmediatos tangibles.
- Desánimo entre los miembros del grupo.
- Procesos largos y cansados que generen negligencia a la hora de establecer, evaluar y concluir.
- Se pueden encontrar algunos **COMO'S** y no saber resolverlos.

## Cultura Organizacional

Toda organización tiene una cultura.

- \* Conjunto de normas que son aceptadas por todos
- \* Una actitud básica hacia ciertas cosas
- \* Una manera de juzgar los acontecimientos

Si una organización tiene:

Cultura implícita con valores difusos y poca cohesión, se obtiene:

- \* Miedo a cometer errores, apoyo absoluto en normas, procedimientos y reglas.
- \* Premio al cumplimiento de la norma.
- \* Actitud conformista, se busca únicamente cumplir con lo que se pide.
- \* No hay verdadero involucramiento, no es claro lo que busca en la organización.

Cultura explícita con predominio y coherencia de sus valores, se logra:

- \* Mayor autonomía de sus miembros.
- \* Premio a la contribución a las metas.
- \* Movilización de la energía hacia las metas de organización.
- \* Alto sentido de pertenencia al ser claro lo que busca la organización.

Para crear una fuerte cultura en la organización se debe:

- \* Determinar los valores de la organización (Valores ideales)
- \* Conocer el sistema cultural de la empresa (Valores reales)
- \* Eliminar la distancia entre los valores reales y los ideales de la organización.

DIGNIDAD DE LA PERSONA HUMANA

- \* La gente tiene el derecho de satisfacer sus necesidades en todos los aspectos de su vida, incluyendo el trabajo.
- \* Necesidad de superación.
- \* Necesidad y habilidad para seguir aprendiendo constantemente.

SOLIDARIDAD

- \* Sociable por naturaleza, disfruta cooperar con otros.
- \* Necesidad de saber que sus acciones tienen una contribución valiosa para la sociedad.

SUBSIDIARIDAD ✓

- \* El adulto maduro necesita libertad y es capaz de autocontrolarse responsablemente.

## PUNTOS CLAVE EN LA CULTURA DE DASA

- Misión:** Nuestra empresa tiene como fin último y principal la organización de los esfuerzos de todos sus integrantes buscando la generación de una riqueza material, entendida como la autosuficiencia económica.
- Tarea conjunta :** Es responsabilidad de todos lograr la autosuficiencia económica.
- La persona:** En DASA la persona adquiere gran importancia, siendo considerada responsable y digna de confianza.
- La tarea individual:** Cada persona contribuye al logro de las metas y objetivos de la empresa.
- El trabajo en equipo :** Es una norma muy importante, el trabajo aislado no conduce a la calidad en los resultados.
- Interes por la calidad :** Para hacer de DASA una empresa reconocida a nivel nacional e internacional, es necesario contar con personas que laboren con altos estándares en sus hábitos de trabajo.
- Beneficio a clientes y a la comunidad:** El atender y anticiparse a las necesidades del cliente, es un objetivo primordial en la empresa.

## VALORES CENTRALES DE DASA

- 1.- La Calidad de nuestras acciones es el único camino para ser excelentes.
- 2.- Cumplir con las necesidades de los clientes internos y externos es lo primero. ✓
- 3.- La innovación es importante, no queremos conformismo.
- 4.- Necesitamos resolver los problemas de raíz. ✓
- 5.- Hay que basarnos en los hechos y no en suposiciones. ✓
- 6.- Necesitamos el compromiso personal y la responsabilidad por resultados. ✓
- 7.- El éxito está en hacer equipo con los demás con mente abierta hacia el cambio.
- 8.- Buscamos el desarrollo permanente de nuestra gente.
- 9.- Buscamos la congruencia entre el decir y el hacer.
- 10.- La humildad es la base para seguir siendo mejores.

Características del Sistema Sociotécnico DASA.

- \* Que sea compatible con los objetivos económicos del negocio.
- \* Que promueva dentro de la organización la libertad, la creatividad, el autocontrol y el compromiso social.
  - Fomentar la idea: Quien tiene la información, tiene la capacidad de tomar decisiones y solucionar problemas. ✓
  - Establecer canales de información, para facilitar la toma de decisiones al máximo en los niveles de ejecución. ✓
  - Disminuir niveles de supervisión.
  - Establecer y difundir los valores de la organización.
- \* Que fomente la multi-habilidad para hacer crecer a la gente.
  - Crear puestos pensando en la gente.
- \* El diseño es el principio del proceso, no el fin.

El modelo sociotécnico de DASA tiene una vertiente social y una vertiente técnica.

La vertiente social se ocupa de la organización de los miembros de DASA en grupos de trabajo y de su crecimiento social a través del sistema de Calidad de Vida de Trabajo (C.V.T.).

La vertiente técnica se ocupa de la superación técnica de los grupos de trabajo a través del Sistema de Calida Integral DASA.

## Arranque y evolución del Sistema de C.V.T. DASA

- 1978.- CYDSA decide integrarse a la fabricación de hilo acrílico.
- 1979.- Se contratan los servicios de Kurt Salmon Associates para desarrollar el Sistema de Entrenamiento Operativo.
- 1980.- Se contratan los servicios de Louis Davis como consultor en la implementación del Sistema Sociotécnico.
- 1980.- Formación de grupos                      42 grupos operativos
- 1981.- Integración de grupos                      5 grupos de empleados
- 1982.- Desarrollo de grupos                      Introducción del asesor admivo.
- 1983.- Desarrollo de grupos                      10 grupos de mantenimiento  
5 grupos no operativos
- 1984.- Consolidación                              Introducción comisión C.V.T.
- 1985.- Variedad en la tarea                      Rotación de roles  
Objetivos de innovación
- 1986.- Autonomía de grupos                      Resolución de problemas
- 1989.- Autonomía de grupos                      2 grupos piloto sin asesor
- 1990.- Autonomía de grupos                      Mapa Maestro de Calidad

## Estructura de los grupos

La esencia del modelo es la operación en grupos autónomos de trabajo. Cada grupo lo integran un promedio de veinte personas liderado por un coordinador de información, quien además de funciones operativas tiene como rol coordinar las actividades del grupo.

El grupo esta organizado en comisiones responsables de monitorear el desempeño de los diferentes aspectos del grupo. Cada grupo se reúne mensualmente en una junta para evaluar resultados.

Cada grupo cuenta también con un asesor administrativo que los apoya en su autoevaluaciones, en el manejo de conflictos y en el logro de sus objetivos.

Los objetivos de los grupos se clasifican en habituales y de innovación, los objetivos habituales tienen una ponderación de 50% y se califican de acuerdo al resultado de las comisiones.

Como objetivos de innovación se consideran la resolución de problemas técnicos del area y los objetivos de superación individual y grupal (participación en cursos, eventos deportivos, campañas)

En un evento anual se da reconocimiento público a los grupos con mejor desempeño.

## Funcionamiento de Comisiones:

### Comisión de C.V.T.

**Objetivo :** Promover el desarrollo social

**Funciones :**

- 1.- Promover la participación del grupo y su integración
- 2.- Promover los valores de DASA en el grupo
- 3.- Promover el cumplimiento de ideario, normas y objetivos del grupo
- 4.- Promover la asistencia a juntas mensuales
- 5.- Motivar para la disminución del ausentismo en su grupo
- 6.- Mantener actualizado el tablero de avisos del grupo.

### Comisión de Calidad

**Objetivo :** Promover que el grupo de trabajo labore con altos estándares de calidad.

**Funciones :**

- 1.- Conocer y promover los puntos clave de calidad en el área de trabajo (Mapa Maestro de Calidad)
- 2.- Detectar desviaciones de los métodos de trabajo en los miembros del grupo y promover su corrección.
- 3.- Hacer la evaluación respecto a calidad del grupo, a través de las listas de chequeo correspondientes.

### Comisión de Volúmen

**Objetivo :** Promover que el grupo obtenga sus metas de producción.

### Comisión de Seguridad

**Objetivo :** Asegurar la integridad física de los miembros del grupo.

### Comisión de Mantenimiento

**Objetivo :** Promover acciones que contribuyan al cuidado y buen funcionamiento de las máquinas.

## Comisión de Orden y Limpieza

**Objetivo :** Promover y coordinar acciones para mantener limpia y ordenada el area de trabajo.

### Soporte Técnico Administrativo del Sistema C.V.T.

La reponsabilidad del desarrollo del modelo de trabajo, recae en tres grupos rectores que funcionan bajo las directrices del grupo director-Gerentes.

#### Grupo Rector de C.V.T

**Misión :** Ser director y orientador del programa de C.V.T., para lograr que los valores de DASA sean una realidad y hábito en toda la organización.

#### Grupo Rector de Calidad

**Misión :** Ser director de la filosofía de calidad, de forma que se traduzca en el logro de una organización cu característica sea hacer bien las cosas de prime intención.

Una de las funciones principales de este grupo es establecer políticas y supervisar avances del Sistema de Calidad Integral DASA.

#### Grupo Rector de Seguridad:

**Misión :** Ser director y orientador, para lograr la responsabilidad ineludible de realizar cada tarea cuidando la integridad física de las personas que laboramos en DASA.

La vertiente técnica de nuestro modelo de trabajo esta soportada en el Sistema de Calidad Integral DASA.

**Objetivo :**

Garantizar el cumplimiento de los requerimientos del cliente promoviendo el compromiso por la calidad en toda la organización a través de proyectos concretos y congruentes con el Sistema de Calidad de Vida de Trabajo.

**Proyectos principales :**

**Inteligencia de Mercado.**

Mecanismo de acercamiento al cliente para descubrir sus expectativas y necesidades en relación a nuestros productos y servicios.

**Q.F.D.**

Consideramos a la Función de Despliegue de Calidad, una herramienta de planeación que nos permite involucrar a toda la organización en el cumplimiento de los requerimientos del cliente.

**Diseño de Experimentos.**

La metodología Taguchi, nos ayuda a validar y optimizar las condiciones de proceso para lograr la satisfacción del cliente.

## Mapa Maestro de Calidad/Control Estadístico de Proceso.

Documentación de las variables críticas del proceso, para permitir al operario el control directo de dichas variables.

Esta es la herramienta central de la vertiente técnica de nuestro sistema de trabajo y la conexión directa con la vertice social.

Todo el trabajo de investigación desarrollado con herramientas sofisticadas como Q.F.D. y Taguchi, convergen finalmente en el Mapa Maestro de Calidad.

El Mapa Maestro de Calidad, le dice a cada operario que es lo importante de su trabajo, como hacerlo y le permite saber si esta haciendo las cosas bien o mal.

El Mapa Maestro de Calidad es el mecanismo que nos permite cambiar de un sistema permisivo a uno disciplinado, otorgando a la operación responsabilidad y libertad en la toma de decisiones sobre actividades que afectan la calidad del producto.

### Costos de Calidad:

Costo de no hacer bien las cosas. Su evaluación es indispensable para monitorear avances y corregir desviaciones.

## Q.F.D. EN DASA

- 1983.- Se selecciona el modelo APC (Crosby)  
Formación de instructores
- 1984.- Inicio del Sistema de Costos de Calidad
- 1985.- Formación de instructores coordinadoras en control estadístico de proceso bajo el programa Ford-ITESM.  
Capacitación Intensiva del personal en CEP
- 1986.- Formación de grupos administrativos para la resolución de problemas técnicos bajo la metodología Juran.
- 1988.- El Mapa Maestro de Calidad comienza a utilizarse como una herramienta de estandarización de procedimientos y métodos para controlar variables clave del proceso.
- 1989.- Primeros contactos a través de seminarios con las técnicas de Q.F.D. y Taguchi.

Se intenta una primera aplicación de Q.F.D. usando información interna. La matriz queda incompleta y sin análisis.

En noviembre, los evaluadores del premio "Malcolm Baldrige" nos señalan la importancia de la herramienta y las deficiencias en su aplicación.

El Mapa Maestro de Calidad comienza a trabajar con grupos de trabajo enfocados hacia las áreas clave del proceso.

- 1990.- Se desarrolla la matriz Q.F.D. para dos de nuestros productos partiendo de encuestas a clientes.

El análisis de las casas de calidad y de las estadísticas de reclamaciones nos hace definir el requerimiento " Hilo sin diferencia de tono " como la primera prioridad.

Cambio de enfoque en el Mapa Maestro de Calidad, se forman grupos orientados a resolver requerimientos prioritarios del cliente, la satisfacción del cliente se convierte en el parámetro de medición de avance.

Se solicita la asesoría del ITESM para depurar la técnica Q.F.D. y desarrollar una aplicación para el hilo Acrílico-Algodón.

## CONCLUSIONES

Q.F.D. es una herramienta altamente congruente con nuestras creencias y valores y apoya en forma importante nuestro sistema sociotécnico de trabajo.

El sistema sociotécnico de trabajo es un ambiente propicio para la obtención rápida de resultados con la aplicación de las técnicas de Q.F.D.

### Q.F.D.

Integra el potencial y conocimiento de toda la organización.

Documenta la experiencia y provee una base de conocimientos para toma de decisiones.

Traduce la voz del cliente y la lleva hasta el último operario sin la ambigüedad de múltiples interpretaciones.

Es necesario un intenso trabajo en equipos multidisciplinarios para llegar a documentar las matrices.

La implementación de resultados requiere el involucramiento intensivo del nivel operario.

Enfocado hacia la planeación y prevención de los problemas.

### SISTEMA SOCIOTECNICO

El aprovechamiento del potencial del personal de todos los niveles es la base del Sistema Sociotécnico.

" Debemos basarnos en hechos y no en suposiciones "

" Cumplir con las necesidades del cliente es lo primero "

" El éxito está en hacer equipo con los demás, con mente abierta al cambio "

" El operario es un adulto maduro y responsable capaz de tomar decisiones y solucionar problemas si cuenta con la información necesaria "

" Necesitamos resolver los problemas de raíz. "





DESPLIEGUE DE UNA FUNCION DE CALIDAD. QFD APLICADO EN UNA EMPRESA DE SERVICIO: AVIOS DE ACERO, S.A.

---

I). QFD COMO PARTE DEL SISTEMA DE ADMINISTRACION DE CALIDAD TOTAL DE ALTOS HORNOS DE MEXICO, S.A. DE C.V.

DEBIDO AL CAMBIO QUE ENFRENTA LA INDUSTRIA SIDERURGICA EN NUESTRO PAIS CON UNA COMPETENCIA INTERNACIONAL QUE OFRECE AL -- MUNDO PRODUCTOS DE ALTA CALIDAD A BAJO PRECIO, Y QUE GENERA UNA LUCHA CONSTANTE POR LOS MERCADOS; LA DIRECCION GENERAL DE ALTOS HORNOS DE MEXICO, S.A. DE C.V., DE LA CUAL AVIOS DE ACERO, S.A. ES UNA EMPRESA, DECIDIÓ EN 1990 INCORPORAR A TODOS LOS ÁMBITOS DE LA ORGANIZACIÓN, DENTRO DE UN **SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE CALIDAD TOTAL**, EL CUAL DEFINE EL CAMINO QUE PERMITE LA MODERNIZACIÓN DE LAS PLANTAS, MEJORAR LA CALIDAD DE LOS PRODUCTOS, -- INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD, ABATIR COSTOS, Y DE MANERA MUY -- IMPORTANTE EL MEJORAMIENTO DEL SERVICIO A LOS CLIENTES.

LA ADMINISTRACIÓN DE CALIDAD TOTAL ABARCA TODAS LAS AREAS DE LA EMPRESA Y SUS FILIALES: LAS RELACIONES LABORALES, LA RECONVERSIÓN DE EQUIPOS, LA MODERNIZACIÓN DE LOS SISTEMAS ADMINISTRATIVOS Y UN NUEVO CLIMA DE TRABAJO BASADO EN EL DIALOGO Y EL ACUERDO.

LOS FUNDAMENTOS SE EXPLICAN A CONTINUACIÓN:

A) MISION DEL GRUPO:

- . FABRICAR Y COMERCIALIZAR PRODUCTOS DE ACERO QUE ASE GUREN LA SATISFACCION DEL CLIENTE EN TERMINOS DE -- CALIDAD, OPORTUNIDAD, SERVICIO Y PRECIO.
- . GENERAR: UTILIDADES PARA GARANTIZAR LA PERMANENCIA Y DESARROLLO DE LA EMPRESA; BENEFICIOS PARA EL -- PERSONAL Y LA COMUNIDAD; RIQUEZA PARA MEXICO.
- . TRABAJAR CON UN SISTEMA ADMINISTRATIVO DE CALIDAD -- TOTAL EN EL QUE LA INNOVACION Y LA MEJORA CONTINUA SEAN PARTE DE LA TAREA DIARIA.

b) PRINCIPIOS DE ACTUACION:

- . VOCACIÓN DE SERVICIO.
- . MEJORA CONTÍNUA.
- . CALIDAD.
- . INTEGRIDAD.
- . SUPERACIÓN PERSONAL PERMANENTE.
- . DEDICACIÓN, ESFUERZO Y ORDEN.
- . RESPETO Y RECONOCIMIENTO.
- . RESPONSABILIDAD SOCIAL.

c) GUIAS DE ACCION:

- . CON LOS CLIENTES. LAS ACTIVIDADES Y TAREAS EN LA ORGANIZACIÓN, ESTÁN ORIENTADAS A SATISFACER LAS NECESIDADES DE LOS CLIENTES EXTERNOS E INTERNOS.
- . CON EL PERSONAL. EL ACTIVO MÁS IMPORTANTE DE LA EMPRESA ES SU GENTE, SE DESARROLLA EL POTENCIAL HUMANO Y SU SEGURIDAD.
- . EN LA ADMINISTRACIÓN. LA ADMINISTRACIÓN POR CALIDAD TOTAL ES NORMA DE VIDA EN LA ORGANIZACIÓN.
- . EN EL DESEMPEÑO. LA INNOVACIÓN Y LA MEJORA CONTÍNUA SON TAREAS PERMANENTES.
- . EN LA COMUNICACIÓN. FACILITAR LA COMUNICACIÓN - - INTERNA PARA COORDINACIÓN DE PROPÓSITOS Y PROGRAMAS, Y LA COMUNICACIÓN EXTERNA PARA PROYECTAR LA IMAGEN DEL GRUPO AHMSA EN CONTINUA SUPERACIÓN.

TODOS LOS FUNDAMENTOS ANTERIORMENTE DESCRITOS SE HAN DESARROLLADO Y PUESTO EN MARCHA EN FORMA CONSTANTE DENTRO DE LA ORGANIZACIÓN - DE ALTOS HORNOS DE MÉXICO, S.A. DE C.V., Y LÓGICAMENTE TAMBIÉN -- EN AVÍOS DE ACERO, S.A.; POR SER ÉSTA ÚLTIMA SU EMPRESA FILIAL, -- DEDICADA A LA COMERCIALIZACIÓN Y ATENCIÓN A TRAVÉS DE LOS CENTROS DE SERVICIO, DE SEGMENTOS DE MERCADO ESPECÍFICOS CON LOS PRODUCTOS DE ACERO QUE LA PRIMERA FABRICA.

ES NECESARIO ASENTAR QUE, DENTRO DEL ESQUEMA DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE CALIDAD TOTAL DEL GRUPO AHMSA, Y AL CUAL HEMOS -- HECHO REFERENCIA, SE DESCRIBIÓ UN MODELO GENERAL DE ADMINISTRACIÓN DE CALIDAD TOTAL INTEGRADO EN SEIS ETAPAS, COMO A CONTINUACIÓN -- SE DESCRIBE:

1. COMPROMISOS.- COMITÉS DIRECTIVOS DE CALIDAD, ORGANIZACIÓN, PRINCIPIOS, GUÍAS Y SEGUIMIENTO.
2. DIAGNOSTICOS.-INTELIGENCIA DE MERCADO, COSTOS DE CALIDAD, CULTURA ORGANIZACIONAL E IMAGEN.
3. PLANEACION Y ORGANIZACION.- CREACIÓN DE GRUPOS DE IMPLANTACIÓN.
4. IMPLANTACION.-AIP ( ADMINISTRACIÓN INTEGRAL DE PROCESOS )  
QFD ( DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN DE CALIDAD )  
DESARROLLO DE PROVEEDORES  
PROYECTOS DE MEJORA.
5. EVALUACION Y SEGUIMIENTO.- SISTEMA DE AUDITORÍAS EN:  
SISTEMAS, PROCESOS Y PRODUCTOS.
6. MEJORA CONTINUA.- ACCIONES DE MEJORA ( FEED BACK ).

EN ESE SENTIDO, Y HABIENDO CUMPLIDO EN EL DESARROLLO DE LOS TRES PRIMEROS PUNTOS SOBRE DEL ESQUEMA DE CALIDAD TOTAL DENTRO DEL -- GRUPO AHMSA; AVÍOS DE ACERO, S.A. DECIDIÓ, HACIA PRINCIPIOS DEL MES DE MARZO DE 1990, INCORPORARSE DE LLENO A LA IMPLANTACIÓN DE UNA TÉCNICA ESPECÍFICA QUE CUBRIERA NUESTRAS NECESIDADES PARTICULARES DENTRO DEL ÁMBITO SIDERURGICO, PARA LO CUAL ELEGIMOS TRABAJAR CON LA HERRAMIENTA QFD ( DESPLIEGUE DE UNA FUNCIÓN DE CALIDAD) ASESORADOS POR EL CENTRO DE CALIDAD DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY, DEBIDO A LO SIGUIENTE:

- A). EL CAMBIO QUE ENFRENTÓ LA ECONOMÍA NACIONAL CON LA APERTURA DE FRONTERAS A LOS PRODUCTOS SIDERURGICOS, MODIFICÓ LA OFERTA/DEMANDA DE LOS ARTÍCULOS Y SERVICIOS DEL ACERO.
  
- B). SE HIZO PATENTE EN LOS REQUERIMIENTOS DEL CONSUMIDOR, UNA DEMANDA A PRODUCIR Y MEJORAR CONSIDERABLEMENTE LOS BIENES Y SERVICIOS QUE OFRECÉMOS.
  
- C). UN NÚMERO CONSIDERABLE DE EMPRESAS COMERCIALIZADORAS Y CON CENTROS DE HABILITACIÓN DE ACEPO, COMO LA NUESTRA, RESINTIERON TALES EFECTOS, ORIGINANDO LA DISMINUCIÓN DE SUS VENTAS Y EL ALGUNOS CASOS EL CIERRE DE SUS OPERACIONES.
  
- D). FINALMENTE TAMBIÉN, Y ENTRE OTRAS RAZONES, PORQUE LLEGAMOS A UNA ETAPA DE NECESIDAD DE MEJORA EN TODAS LAS ÁREAS DE LA EMPRESA ENFOCADOS A LA ATENCIÓN ADECUADA AL CLIENTE Y POR QUE NUESTRA ESTRUCTURA ORGANICA EN AVÍOS DE ACERO, S.A, REALMENTE ES PEQUEÑA SI LA COMPARAMOS CON LAS GRANDES EMPRESAS PRODUCTORAS DE ACERO.

## II). AVIOS DE ACERO, S.A.

### 1.- POSICIONAMIENTO DE LA EMPRESA Y SU EVOLUCION.

EN 1960, AVÍOS DE ACERO, S.A. INICIÓ ACTIVIDADES COMO EMPRESA PRIVADA, OPERANDO CON SUCURSALES EN EL TERRITORIO NACIONAL, Y DEDICÁNDOSE A LA COMPRA - VENTA E INDUSTRIALIZACIÓN DE LAMINA DE DESECHO, FIERRO Y PRODUCTOS DE ACERO A TRAVÉS DE LA SELECCIÓN, CORTE, DESOXIDACIÓN Y NIVELADO.

EN 1972, ESTA SOCIEDAD ADQUIERE LA NATURALEZA DE EMPRESA PARAES TATAL DEPENDIENDO DIRECTAMENTE DE ALTOS HORNOS DE MÉXICO, S.A. DE C.V.

PARALELAMENTE A LO MENCIONADO EN EL PÁRRAFO ANTERIOR, AVÍOS DE ACERO, S.A., CELEBRÓ CONTRATOS DURANTE EL PERÍODO 1976 - 1985 PARA COMERCIALIZAR TAMBIÉN PRODUCTOS DE ACERO DE LAS DIFERENTES INDUSTRIAS SIDERURGICAS:

- A). FUNDIDORA MONTERREY, S.A.
- B). SICARTSA.
- C). RASSINI RHEEM, S.A. DE C.V.
- D). ALTOS HORNOS DE MÉXICO, S.A. DE C.V.

PARA LLEVAR A CABO LA COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS DE ACERO, LA EMPRESA EN SU CONJUNTO ESTUVO CONSTITUÍDA DE LA SIGUIENTE FORMA:

- 1 OFICINA MATRIZ
- 2 CENTROS DE SERVICIO
- 12 SUCURSALES EN TERRITORIO MEXICANO

HOY EN DÍA, LA EMPRESA COMERCIALIZA EXCLUSIVAMENTE PRODUCTOS DE ACERO QUE FABRICA ALTOS HORNOS DE MÉXICO, S.A. DE C.V., PARA LO CUAL ESTAMOS DISTRIBUIDOS DE LA SIGUIENTE FORMA:

- 1 OFICINA MATRIZ
- 1 CENTRO DE SERVICIO EN MONCLOVA, COAH.,
- 1 CENTRO DE SERVICIOS EN MÉXICO, D.F.
- 1 OFICINA DE VENTAS EN MEXICALI, B.C.N.

## 2.- ACTIVIDAD ACTUAL DE LA EMPRESA.

AVÍOS DE ACERO, S.A., COMO EMPRESA FILIAL DE ALTOS HORNOS DE MÉXICO, S.A. DE C.V., TIENE COMO MISIÓN PRINCIPAL:

A). COMERCIALIZAR CON UN VALOR AGREGADO, PRODUCTOS DE ACERO DE CALIDAD PRIMERA Y NO PRIMERA, COMO LOS QUE A CONTINUACIÓN SE MENCIONAN:

- PLACA
- HOJALATA
- ANGULO
- CANAL
- SOLERA
- VIGA IPR
- TUBERÍA
- LÁMINA ROLADA EN FRÍO
- LÁMINA ROLADA EN CALIENTE
- ALAMBRES Y DERIVADOS
- ALAMBRÓN
- BARRAS REDONDAS
- VARILLA
- COPLES

B). MAQUILAR PRODUCTOS DE ACERO, FUNDAMENTALMENTE PLANOS, A TRAVÉS DE LOS SIGUIENTES PROCESOS:

- NIVELACIÓN Y CORTE DE PLACA Y LÁMINA
- DESBASTE DE ROLLOS
- CORTE EN CINTAS DE ROLLOS DE LÁMINA FRÍA
- CORTES EN CIZALLA
- OXICORTE RECTO DE PLACA
- ENDEREZADO Y CORTE DE VARILLA.

LOS CLIENTES QUE ATIENDE BÁSICAMENTE NUESTRA EMPRESA SON:

- INDUSTRIALES MEDIANOS Y PEQUEÑOS
- DISTRIBUIDORES MEDIANOS Y PEQUEÑOS
- FERRETEROS
- ESTRUCTURISTAS
- CLIENTE GENERAL

Y QUE SON SEGMENTOS DE MERCADO A LOS CUALES ALTOS HORNOS DE MÉXICO, S.A. DE C.V. NO CONURRE DIRECTAMENTE POR SUS PEQUEÑOS VOLÚMENES DE COMPRA.

ES POR ELLO QUE NUESTRA EMPRESA MANTIENE EN FORMA REGULAR, - INVENTARIOS DISPONIBLES DE SERVICIO PARA VENTAS INMEDIATAS - SEGUN LO NECESITE EL MERCADO. ASÍ TAMBIÉN EN LOS CENTROS DE SERVICIO, ADEMÁS DEL ALMACENAJE; SE EFECTUAN MAQUILAS A LOS CLIENTES QUE LO REQUIEREN SOBRE SUS PROPIOS PRODUCTOS; SEAN ESTOS DE PRODUCCIÓN NACIONAL O DE IMPORTACIÓN Y CON EL OBJETO DE MANTENER NUESTROS CENTROS DE SERVICIO CON UNA CARGA -- CONSTANTE DE OCUPACIÓN.

POR OTRA PARTE, DENTRO DE LOS CENTROS DE SERVICIO SE TIENEN - ÁREAS MUY IMPORTANTES PARA EL ALMACENAJE, ACOMODO Y SELECCIÓN DE MATERIALES, YA QUE SE CUENTA CON ÁREAS DELIMITADAS PARA - CADA PRODUCTO QUE REQUIEREN DE DIVERSAS FORMAS DE ESTIBA, -- PROTECCIÓN Y RESGUARDO; POR LO CUAL TAMBIÉN CONTAMOS CON SUFICIENTE EQUIPO MÓVIL COMO GRUAS Y MONTACARGAS, ASÍ COMO BÁSCULAS PARA EL MANEJO ADECUADO Y CONTROL DE INVENTARIOS EN -- PATIOS.

EN CUANTO AL APOYO QUE NUESTRA EMPRESA PROPORCIONA A LAS ZONAS DIRECTAS DE VENTAS ( NORTE, BAJIO - PACÍFICO Y CENTRO - SUR ) DE AHMSA, FUNDAMENTALMENTE SE REFIERE A LA LOGÍSTICA, - REMANEJO Y REEXPEDICIÓN DE MATERIALES.

### III). NECESIDADES DE MEJORA EN LA EMPRESA.

#### 1. PROBLEMATICA.

AVÍOS DE ACERO, S.A., HASTA 1988 ENFRENTÓ UNA PROBLEMATICA COMPLEJA, DEVENIDA DE SITUACIONES NO RESUELTAS EN EL PASADO ASÍ COMO A FACTORES DE COYUNTURA EN CUANTO A LA CALIDAD DEL PRODUCTO Y SERVICIO COMO SON: RUIDO INTERNO, EXTERNO Y ENTRE VARIABLES; A CONTINUACIÓN SE DESCRIBEN ALGUNOS:

##### A). COMERCIALIZACIÓN.

- FALTA DE UNA POLÍTICA COMERCIAL DINÁMICA
- INSUFICIENTE INFRAESTRUCTURA DE VENTAS
- PROCESOS COMPLEJOS PARA EL ABASTECIMIENTO Y VENTA DE MATERIALES

##### B). CENTROS DE SERVICIO.

- ELEVADOS COSTOS DE OPERACIÓN
- SOBRE - INVERSIÓN EN LOS CENTROS DE MAQUILADO
- FALTA DE PEDIDOS DE MAQUILA

##### C). ADMINISTRACIÓN.

- SOBRE-DIMENSIONAMIENTO DE LA ORGANIZACIÓN
- INESTABILIDAD EN LA RELACIÓN CLIENTE - PROVEEDOR INTERNO Y EXTERNO

#### 2. ALTERNATIVAS DE SOLUCION

HABIENDOSE REVISADO LA SITUACIÓN CRITICA EN LA QUE SE ENCONTRABA NUESTRA EMPRESA, Y DESPUÉS DE ANALIZAR DIVERSAS ALTERNATIVAS PARA SUPERAR ESTA ETAPA; SE ACORDÓ - TRABAJAR EN PRINCIPIO, SOBRE UNA ACTITUD QUE NOS ASEGURARA EL CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS, BASADO EN REALIZAR EFICIENTEMENTE CADA TAREA, ENCOMENDADA A LA BÚSQUEDA DE HACERLO CADA VEZ MEJOR, EL ESFUERZO EN FACILITAR AL COMPAÑERO QUE SIGUE EN LA CADENA DEL PROCESO LA BUENA REALIZACIÓN DE SU TRABAJO EN FUNCIÓN A LA PERFECCIÓN DEL NUESTRO.

COMO EMPRESA LOS ESFUERZOS HAN SIDO DIRIGIDOS INTEGRALMENTE HACIA EL LOGRO DE LOS OBJETIVOS PREESTABLECIDOS, FUNDAMENTALMENTE LOS SIGUIENTES:

- OFRECER A NUESTROS CLIENTES, CONSTANTEMENTE MEJORES - SERVICIOS DE MAQUILA, TRANSFORMACIÓN Y ALMACENAJE.
- COMERCIALIZAR LOS PRODUCTOS DE ACERO OPORTUNAMENTE A INDUSTRIALES, DISTRIBUIDORES Y CLIENTES EN GENERAL -- ACTUALES, ASÍ COMO UNA CAPTACIÓN PERMANENTE DE NUEVOS CLIENTES.
- SIMPLIFICAR LOS PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVOS CON EL FIN DE PROPORCIONAR RAPIDEZ EN EL SERVICIO.

ESTOS OBJETIVOS HAN DEMANDADO DE VARIOS PROGRAMAS Y ESTRATEGIAS QUE HAN PRECIDADO COMPROMISOS, TIEMPOS Y RESPONSABILIDADES; ASÍ COMO UN ESFUERZO AMPLIO DE CONCERTACIÓN INTERNA Y EXTERNA, PUES EN LA PRÁCTICA HA SIGNIFICADO TRANSFORMAR DE BASE LAS ESTRUCTURAS, FUNCIONES, SISTEMAS Y OPERACIÓN. SIN EMBARGO, Y COMO PARTE DEL LENGUAJE DE CALIDAD, TODOS ESTOS PARÁMETROS SE ENCUENTRAN--SUJETOS PERMANENTEMENTE A UN PROCESO DE MEJORA CONTÍNUA.

### 3. PROGRAMAS DE ARRANQUE

PARA CUBRIR LAS CARENCIAS Y NECESIDADES DETECTADAS COMO PROBLEMAS VITALES EN EL DIAGNÓSTICO INTEGRAL DE LA ORGANIZACIÓN, SE LLEVARON A CABO DOS PROGRAMAS BÁSICOS QUE SE DESARROLLARON--EXACTAMENTE ANTES DE NUESTRA INTEGRACIÓN AL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE CALIDAD TOTAL ( SACT ) DEL GRUPO AHMSA; LOS CUALES FUERON:

- 1.- PROGRAMA DE INTEGRACIÓN Y PRODUCTIVIDAD PARA TODO EL PERSONAL DE LA COMPAÑIA, ENCAMINADO A:
  - RECUPERAR LA CONFIANZA PERDIDA
  - CONOCER DE FONDO LA MÍSTICA Y ORGANIZACIÓN DE AASA
  - INTEGRAR Y FOMENTAR EL DESARROLLO PERSONAL
  - INVOLUCRARSE CON LOS VALORES DE AASA
  - ELEVAR LA PRODUCTIVIDAD
  - FACILITAR EL PROCESO DE LA COMUNICACIÓN
  - LOGRAR UN ESPIRITU DE TRABAJO EN EQUIPO
- 2.- PROGRAMA DE SENSIBILIZACIÓN E INTEGRACIÓN ESPECIAL PARA EL ÁREA DE VENTAS, A FIN DE:
  - INTEGRARSE COMO GRUPO HUMANO Y DE TRABAJO
  - COMPROMETERSE CON LOS OBJETIVOS DE SU ÁREA
  - CONOCER LA RELACIÓN COMERCIAL AASA/AHMSA
  - SENSIBILIZARSE ANTE EL FENÓMENO DE LA VENTA PROFESIONAL
  - CONOCER EL ARTE DE LA ENTREVISTA Y SU TÉCNICA EN EL MANEJO DE LA RELACIÓN HUMANA.

#### IV).- ETAPAS DEL MODELO DE CALIDAD TOTAL EN EL GRUPO AHMSA.

PARA LA PREPARACIÓN Y ARRANQUE DEL PROCESO QFD EN AVÍOS DE ACERO, S.A., TODOS LOS QUE INTEGRAMOS LA ORGANIZACIÓN FUIMOS INCORPORADOS, COMO SE MENCIONÓ ANTERIORMENTE, DENTRO DEL SACT, DEL GRUPO AHMSA; PARA LO CUAL SE ESTABLECIÓ LA ESTRATEGIA DE IMPLANTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN GLOBAL EN DIFERENTES ETAPAS DURANTE 1990, COMO A CONTINUACIÓN SE DESCRIBE:

##### 1.- COMPROMISOS ALTA ADMINISTRACION.

- INDUCCIÓN Y FILOSOFÍA SOBRE CONCEPTOS DE CALIDAD TOTAL
- ORGANIZACIÓN PARA LA CALIDAD
- FORMACIÓN E INTEGRACIÓN DEL COMITÉ DIRECTIVO DE CALIDAD
- ESTABLECER MISIÓN DE LA EMPRESA, PRINCIPIOS Y GUÍAS DE ACCIÓN
- FORMACIÓN DE GRUPOS DE PROMOCIÓN
- PRIORIZACIÓN DE " PROYECTOS DE MEJORA " Y PLANES DE ACCIÓN
- SEGUIMIENTO.

##### 2.- CONCIENTIZACION Y SENSIBILIZACION.

- INVOLUCRACIÓN DE DIRECTIVOS, PARTE ADMINISTRATIVA Y PARTE SINDICAL.
- MENSAJE DE LA DIRECCIÓN GENERAL A TODO EL PERSONAL DE LA EMPRESA.
- CONCIENTIZACIÓN EN AULA A PERSONAL SINDICALIZADO Y NO-SINDICALIZADO.

##### 3.- DIAGNOSTICOS.

- INTELIGENCIA DE MERCADO
- COSTOS DE CALIDAD
- IMAGEN
- CULTURA ORGANIZACIONAL
- DESARROLLO DE PROVEEDORES
- PRÁCTICAS Y PROCEDIMIENTOS.

##### 4.- PROYECTOS DE MEJORA

##### 5.- IMPLANTACION DE TECNICAS DE CALIDAD

- QFD. DESPLIEGUE DE UNA FUNCIÓN DE CALIDAD
- AIP. ADMINISTRACIÓN INTEGRAL DE PROCESOS
- CEP. CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO
- AUDITORÍAS DE CALIDAD.

##### 6.- CAPACITACION

##### 7.- MEJORA CONTINUA

## V.- IMPLEMENTACION DE QFD EN AVIOS DE ACERO, S.A.

### 1.- DEFINICION DEL OBJETIVO.

DERIVADO DE LOS COMPROMISOS ESTABLECIDOS PARA LA MEJORA EN EL SERVICIO Y LA COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS DE ACERO, TAL Y COMO LO DEMANDAN LOS MERCADOS CONSUMIDORES, CON LA CONSTANTE-INSISTENCIA POR OBTENER MEJORES PRECIOS Y CALIDAD DEL PRODUCTO O SERVICIO; Y EN FUNCIÓN DE CONVERTIR A AVÍOS DE ACERO, EN UN -- TANGIBLE CENTRO GENERADOR DE UTILIDADES, SE DECIDIÓ EN MARZO DE 1990 INTEGRAR UN GRUPO INTERNO DE TRABAJO PARA ASISTIR A UN -- SEMINARIO DE INDUCCIÓN ( PROGRAMA 1 + 1 ) DESARROLLO POR EL -- **CENTRO DE METODOS TAGUCHI**, DENTRO DEL CONTEXTO DE LA **AMERICAN -- SUPPLIER INSTITUTE, INCORPORATED** Y QUE FUÉ IMPARTIDO POR EL TITULAR DEL CENTRO DE CALIDAD DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY, PARA LO CUAL SE ESTABLECIÓ EN PRINCIPIO EL SIGUIENTE OBJETIVO:

" MEJORAR EL SERVICIO AL CLIENTE DERIVADO DE LA COMERCIALIZACIÓN, EN RELACIÓN A LA IMPORTANCIA DE LOS REQUERIMIENTOS INTERNOS Y EXTERNOS "

EN ESE MOMENTO Y CONOCEDORES DE NUESTRA PROBLEMÁTICA, DE LAS -- ÁREAS DE OPORTUNIDAD DE MEJORA Y DE CONTAR CON UN MÉTODO DIRIGIDO HACIA RESULTADOS, EL PROGRAMA DE INDUCCIÓN 1 + 1 CUBRÍA EN PRINCIPIO NUESTRAS EXPECTATIVAS, YA QUE ESTE SEMINARIO MUESTRA EL SISTEMA JAPONÉS DE " CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD A LO LARGO DE TODA LA COMPAÑIA " ( CWOC ) MUY NECESARIO PARA NOSOTROS, A DECIR:

- CALIDAD ORIENTADA AL PRODUCTO
- CALIDAD ORIENTADA AL PROCESO
- CALIDAD ORIENTADA AL SISTEMA
- ASPECTO HUMANÍSTICO DE LA CALIDAD
- CALIDAD ORIENTADA A LA SOCIEDAD
- CALIDAD ORIENTADA AL COSTO
- CALIDAD ORIENTADA AL CONSUMIDOR ( QFD )

LAS PRINCIPALES HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS QUE SE IMPARTIERON - AL GRUPO FUERON:

- A) DIAGRAMA DE AFINIDAD
- B) DIAGRAMAS DE RELACIÓN
- C) DIAGRAMAS DE ÁRBOL
- D) DIAGRAMA MATRICIAL
- E) ANÁLISIS DE MATRICES DE DATOS
- F) GRÁFICAS DE DECISIONES DE PROCESO
- G) GRÁFICA DE FLECHAS

ASÍ TAMBIÉN SE ANALIZARON LOS CONCEPTOS SIGUIENTES:

- A) PLANEACIÓN - OPTIMIZACIÓN - CONTROL
- B) FILOSOFÍAS DE LA CALIDAD EN LA INDUSTRIA
- C) RELACIÓN COSTO - CALIDAD DEL PRODUCTO
- D) REQUERIMIENTOS DEL CONSUMIDOR VS PRODUCTO O SERVICIO
- E) VENTAJAS COMPETITIVAS CON LA " VOZ DEL CONSUMIDOR "
- F) ESTRUCTURA DE LA " CASA DE LA CALIDAD "
- G) FILOSOFÍA Y PRINCIPIOS DEL QFD
- H) APLICACIONES Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD A TRAVÉS DE QFD.

AL TÉRMINO DE ESTA ETAPA, SE DECIDIÓ DAR CONTINUIDAD AL PROYECTO DE MEJORA A TRAVÉS DE LA HERRAMIENTAS QFD, PARA LO CUAL SE REDEFINIÓ EL OBJETIVO PRINCIPAL.

" RECUPERAR EL MERCADO DE PRODUCTOS PLANOS HABILITADOS PARA INDUSTRIALES Y DISTRIBUIDORES, MEDIANOS Y PEQUEÑOS "

## 2.- INTEGRACION DE EQUIPOS PARA QFD.

A FÍN DE DESARROLLAR LA EXPERIENCIA VIVIDA PARA EL PROYECTO QFD EN AVÍOS DE ACERO; SE FORMARON DOS GRUPOS DE TRABAJO, INTEGRADOS POR PERSONAL DESTACADO DENTRO DE CADA UNA DE LAS DIFERENTES ÁREAS DE LA ORGANIZACIÓN, ASÍ COMO TAMBIÉN CON SUFICIENTE ASCEDENCIA MORAL Y TÉCNICA SOBRE SUS ÁMBITOS DE TRABAJO DIARIO.

TALES GRUPOS SE ESTRUCTURARON ASÍ :

A). GRUPO QFD:

ENCARGADA DE FACTURACIÓN  
JEFE DE VENTAS  
JEFE DE PROCESAMIENTO DE DATOS  
SUBGERENTE DE OPERACIONES  
REPRESENTANTE DE VENTAS  
JEFE DE CONTABILIDAD  
COORDINADOR DE CALIDAD  
JEFE DE PRODUCCIÓN  
JEFE ADMVO. CRÉDITO Y COBRANZAS  
GERENTE GENERAL

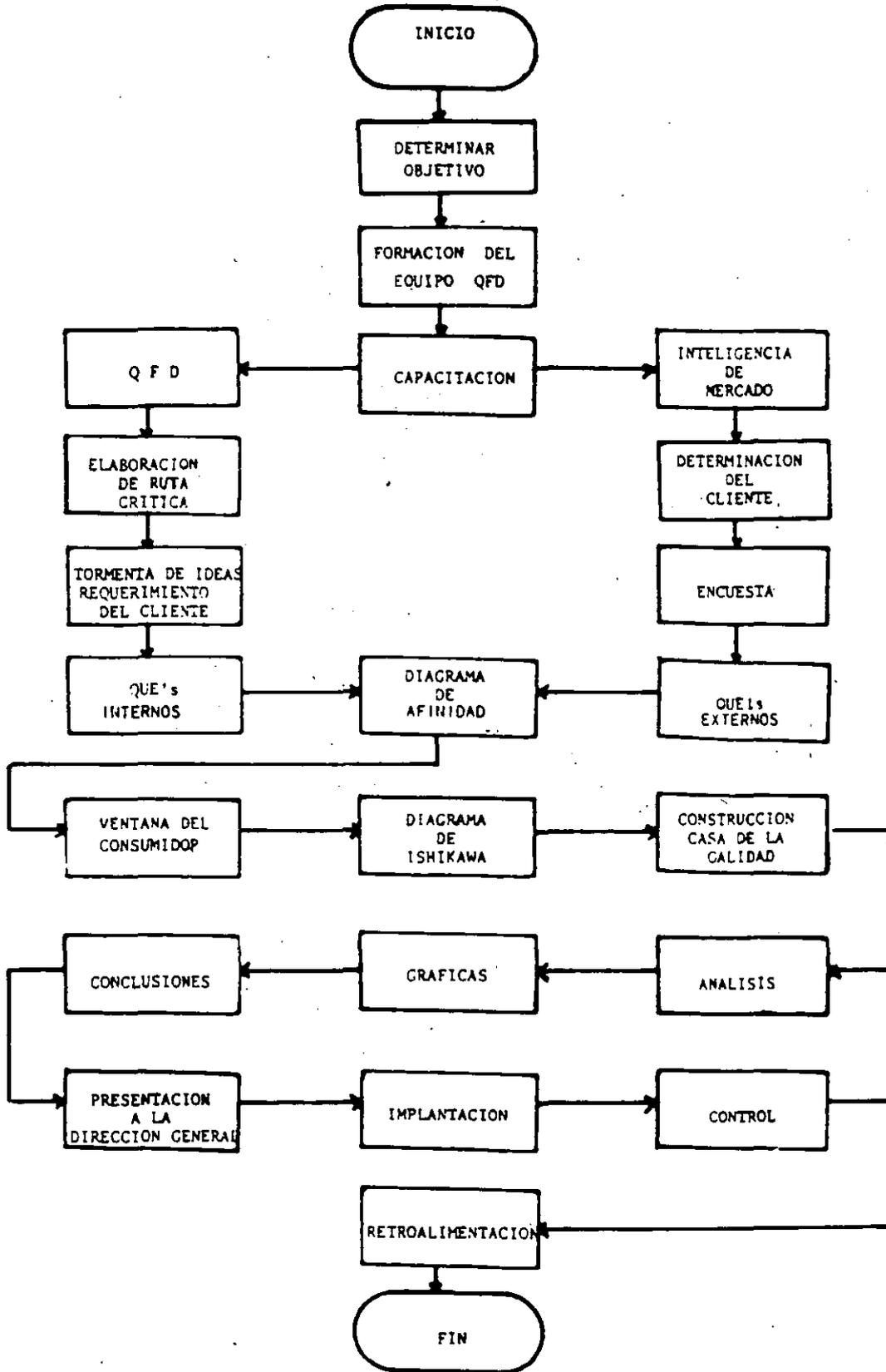
B). GRUPO INTELIGENCIA DE MERCADO:

REPRESENTANTE DE VENTAS ( 2 )  
AUXILIAR DE IMPUESTOS

SE DECIDIÓ INTEGRAR A ESTOS GRUPOS DE TRABAJO DE DIVERSOS DEPARTAMENTOS DE LA ORGANIZACIÓN, FUNDAMENTALMENTE PARA ANALIZAR LA VARIABILIDAD DE LOS PROCESOS TÉCNICOS Y ADMINISTRATIVOS A TRAVÉS DE LAS HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS Y AYUDAR A LA IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS Y SOLUCIONES PARA ELIMINAR DICHAS VARIABILIDADES.

A FÍN DE RESUMIR ALGUNOS PASOS ELEMENTOS A SEGUIR EN EL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DEL DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN DE CALIDAD - QFD EN NUESTRA ORGANIZACIÓN, ENSEGUIDA SE ANEXA UN DIAGRAMA -- DE FLUJO MOSTRANDO LAS FASES DEL PROYECTO.

DIAGRAMA DE FLUJO FASES DEL PROYECTO QFD



### 3.- DESARROLLO DEL PROYECTO

EN ORDEN DE OBTENER CONOCIMIENTOS QUE APOYARAN LA APLICACIÓN DEL MODELO GLOBAL ( SACT DEL GRUPO AHMSA ); **EL DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN DE LA CALIDAD ( QFD )** EN AVÍOS DE ACERO, S.A., - NOS ENSEÑO A CAPTURAR Y DESPLEGAR LAS NECESIDADES REALES DEL CONSUMIDOR TRADUCIENDOLAS CONSTANTEMENTE EN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA EXPANDERSE HORIZONTALMENTE A TRAVÉS DE TODOS LOS DEPARTAMENTOS DE LA ORGANIZACIÓN.

LA INSTRUCCIÓN , CAPACITACIÓN Y ASESORÍA DESARROLLADA A TRAVÉS DE QFD NOS PERMITIÓ IDENTIFICAR, OPTIMIZAR Y COMPARAR REQUISITOS CONFLICTIVOS DE DISEÑO PROPIOS CONTRA LOS DE NUESTRA COMPETENCIA Y HACER POSIBLE EL CONTROL DE LAS CARACTERÍSTICAS CRÍTICAS DE CALIDAD, MEDIANTE PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES.

LAS ACTIVIDADES DEL GRUPO QFD SE INCORPORARON EN FORMA SISTEMÁTICA Y CONTÍNUA COMO ACTIVIDADES RUTINARIAS, INVOLUCRANDO A LOS MÁS ALTOS NIVELES DE LA ORGANIZACIÓN, POR MEDIO DE LOS SEMINARIOS QUE SE MUESTRAN A CONTINUACIÓN:

<u>CURSO</u>	<u>HORAS</u>	<u>INSTITUCION</u>
INTRODUCCION AL QFD	27	ITESM
- DIAGRAMA VECTORIAL		
- DIAGRAMA DE AFINIDAD		
- MATRICES DE RELACIONES		
- ESTRUCTURA DE LA CASA DE LA CALIDAD		
SEMINARIO DE MERCADOTECNIA E INVESTIGACION DE MERCADO	9	CPM
- LA MERCADOTECNIA Y QFD		
- TIPOS DE ENCUESTAS		
- PREPARACIÓN DEL CUESTIONARIO		
- DEFINICIÓN DE LA MUESTRA		
- APLICACIÓN DEL CUESTIONARIO		
- INCORPORACIÓN A LA CASA DE LA CALIDAD		
DIAGNOSTICO Y DESARROLLO	9	ITESM
- PASOS PARA EMITIR UN DIAGNÓSTICO		
- MODELO DE KANO		
- VENTANA DEL CONSUMIDOR		
ASESORIAS	54	ITESM

EL RESULTADO DEL TRABAJO DESARROLLADO AL DETALLE, TAL Y COMO LO MUESTRAN LAS DIVERSAS ETAPAS DEL DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS - - - FASES DEL PROYECTO QFD, NOS ARROJÓ LA SIGUIENTE ESTADÍSTICA:

PERSONAL INVOLUCRADO	14
AREA DE LA EMPRESA REPRESENTADAS	VENTAS OPERACIONES FINANZAS CRÉDITO Y COBRANZAS SISTEMAS

HÓRAS/HOMBRE:

- CAPACITACIÓN Y ASESORIA	99
- INTELIGENCIA DE MERCADO	120
- DESARROLLO QFD	4616
DURACION DEL CALENDARIO	MARZO - NOVIEMBRE
NUMERO DE REUNIONES	157 ( * )

\* INCLUYE 10 SABADOS Y 10 DOMINGOS

ES IMPORTANTE PUNTUALIZAR QUE LA INVERSIÓN ECÓNOMICA, EN TIEMPO, MATERIAL Y ESFUERZOS; NOS HAN REPRESENTADO A LA ORGANIZACIÓN - UN BENEFICIO INVALUABLE SI LO COMPARAMOS CONTRA LOS **COSTOS DE CALIDAD OCULTOS** A QUE ESTAN SUJETAS LAS ORGANIZACIONES ACTUALES Y PORQUE ADEMÁS NOS HA FACILITADO LAS HERRAMIENTAS NECESARIAS -- HACIA LA **MEJORA CONTÍNUA**.

#### 4. METODOLOGIA

COMO YA SE MENCIONÓ, ES NECESARIO PARA LA APLICACIÓN DEL QFD, APOYARSE EN LAS 7 HERRAMIENTAS ADMINISTRATIVAS DE DIAGRAMAS Y - GRÁFICAS; Y EN NUESTRO CASO, TENER INTEGRADOS LOS 2 GRUPOS DE TRABAJO.

- GRUPO QFD
- GRUPO INTELIGENCIA DE MERCADO

## COMO CARACTERÍSTICAS DE LOS GRUPOS, SE ACORDÓ LO SIGUIENTE:

- DISPONIBILIDAD DE TIEMPO
- DEMOSTRAR SU COMPROMISO
- EXIGIR PARA EL PROGRESO
- SER REALISTA
- REVISAR GRÁFICAS Y ESTAR SEGURO DE ENTENDERLAS
- DEFINIR PRIORIDADES EN CASO NECESARIO
- HACER PREGUNTAS CONCRETAS
- AYUDARSE A TRAVÉS DE LOS PUNTOS DIFÍCILES

### A). GRUPO QFD.

DENTRO DE LAS ACTIVIDADES DEL GRUPO QFD, SE ESTABLECIÓ QUE ÉSTE FUESE EL ENCARGADO DE LLEVAR EL PROYECTO --- HASTA SU CULMINACIÓN, MEDIANTE EL SIGUIENTE PROCEDIMIENTO:

- DEFINIR EL PROBLEMA
- DETERMINAR EL OBJETIVO
- DISEÑO EXPERIMENTAL
- TORMENTA DE IDEAS
- CONDUCIR EXPERIMENTOS Y RECOPIAR DATOS
- ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS
- INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS
- EXPERIMENTO CONFIRMATORIO

CON EL PROPÓSITO DE TRASLADAR LOS REQUERIMIENTOS DEL CONSUMIDOR, EN CARACTERÍSTICAS DE CONTROL IMPORTANTES DEL PRODUCTO FINAL -- PARA SER DESPLEGADAS A TRAVÉS DEL DISEÑO DEL PRODUCTO, SERVICIO, PROCESO Y SISTEMAS; ENSEGUIDA SE ENFOCÓ EL TRABAJO HACIA LA --- ESTRUCTURACIÓN DE LA **CASA DE LA CALIDAD** O MATRIZ DE PLANEACIÓN, POR MEDIO DE NUEVE PASOS COMO SE INDICAN:

QUE'S.- QFD EMPIEZA CON UNA LISTA DE OBJETIVOS, O QUE'S QUE DEBEN CUMPLIR EN EL DESARROLLO DE UN NUEVO PRODUCTO O MEJORA DE UN SERVICIO. ESTA ES UNA LISTA DE REQUERIMIENTOS DEL CONSUMIDOR Y ES COMUNMENTE LLAMADA LA VOZ DEL CONSUMIDOR. LOS PUNTOS CONTENIDOS EN ESTA LISTA SON USUALMENTE MUY GENERALES, VAGOS Y DIFÍCILES DE IMPLEMENTAR EN -- FORMA DIRECTA ( PRIMER NIVEL ); Y REQUIEREN DE UNA DEFINICIÓN POSTERIOR MÁS DETALLADA. LOS REQUERIMIENTOS DEL CONSUMIDOR SE DETERMINAN COMO QUE'S CLASIFICADOS ASÍ:

INTERNOS : PROCESO DE IDEAS DEL GRUPO QFD  
EXTERNOS : POR MEDIO DEL GRUPO INTELIGENCIA DE MERCADO.

A TRAVÉS DEL GRUPO QFD SE LLEVÓ A CABO UN PROCESO DE TORMENTA DE IDEAS, PARA DETERMINAR LOS QUE'S INTERNOS, DANDO COMO RESULTADO UN TOTAL DE 354.

DE ESTE TOTAL, SE DEPURARON DE ACUERDO AL OBJETIVO, AGRUPÁNDOSE POR ÁREAS Y OBTIENIENDO COMO RESULTADO 121 QUE'S INTERNOS.

UNA VEZ CONCLUIDAS LAS ENCUESTAS ( GRUPO INTELIGENCIA DE MERCADO ), SE ANALIZÓ E INTERPRETÓ LA " VOZ DEL CONSUMIDOR " PARA CONOCER SUS NECESIDADES Y PODER SER INTERPRETADOS A TRAVÉS DE LA VENTANA DEL CONSUMIDOR.

COMO RESULTADO DE LA CONJUGACIÓN DE LOS QUE'S INTERNOS Y EXTERNOS, SURGIERON 22 PUNTOS IMPORTANTES QUE SE AGRUPARON EN 3 ÁREAS PRINCIPALES:

- VENTAS
- ADMINISTRACION
- OPERACIONES

COMO'S.-

BAJO EL MISMO PROCEDIMIENTO, CONSISTIÓ EN LISTAR EN LA PARTE SUPERIOR HORIZONTAL DE LA CASA DE LA CALIDAD, LAS CARACTERÍSTICAS DE CONTROL QUE DEBEN SER CUMPLIDAS PARA SATISFACER LOS REQUERIMIENTOS ( QUE'S ) DEL CONSUMIDOR, MISMAS QUE DEBAN SER SELECTIVAMENTE DESPLEGADAS A TRAVÉS DEL DISEÑO Y PROCESO DE SERVICIO PARA MANIFESTARSE EN LA ACEPTACIÓN DEL CLIENTE.

CONSECUENTEMENTE ESTAS CARACTERÍSTICAS SON EXPRESADAS EN TÉRMINOS MEDIBLES YA QUE LOS PARÁMETROS DE SALIDA SON CONTROLADOS NORMALMENTE CONTRA OBJETIVOS.

UNA VEZ CONCLUIDA ESTA ETAPA DE ANÁLISIS, SE ESTABLECIERON 58 COMO'S DEFINITIVOS, INTERRELACIONADOS VARIOS DE ESTOS CON CADA UNO DE LOS QUE'S.

MATRIZ DE RELACIONES.- DESARROLLAR LA MATRIZ RELACIONES ENTRE -  
LOS REQUISITOS DEL CONSUMIDOR Y LAS CARACTERÍSTICAS -  
DE CONTROL, IMPLICA EL USO DE SÍMBOLOS APROPIADOS QUE  
IDENTIFIQUEN EL VALOR DE ESTAS RELACIONES.

EL USO DE SÍMBOLOS SE ANALIZÓ EN FORMA DE VALOR PONDE  
RADO Y QUE COMO RESULTADO NOS INDICA SI LAS CARACTERÍS  
TICAS DE CONTROL CUBREN ADECUADAMENTE LOS REQUERIMIENTOS O EXPECTATIVAS DEL CONSUMIDOR;

COMO DATO REFERENCIAL, EN EL ANÁLISIS DE LA CASA DE LA  
CALIDAD, SOBRE LA BASE DEL PROCEDIMIENTO ESTABLECIDO -  
Y OTROS FACTORES ALEATORIOS; EN ESTA FASE SE IDENTIFI  
CAN 97 DIFERENTES RELACIONES.

EVALUACION COMPETITIVA.- LOS DATOS DE ESTA FASE, MUESTRAN A TRA  
VÉS DE OTRAS TÉCNICAS DE EVALUACIÓN, COMO ES VISTO - -  
NUESTRO PRODUCTO O SERVICIO POR EL CONSUMIDOR Y NUESTRA  
RELACIÓN CON EL COMPETIDOR.

EN OTRAS PALABRAS, LOS PUNTOS DE ATENCIÓN SON LOS PARÁ  
METROS FUERTES Y DÉBILES DERIVADOS DEL ANÁLISIS DE - -  
NUESTRO PRODUCTO EN EL MERCADO; LOS MUY DÉBILES SON --  
ÁREAS QUE REQUIEREN MEJORÍA Y EN LOS CUALES LAS CARACTE  
RÍSTICAS SON DE ALTA IMPORTANCIA PARA EL CONSUMIDOR. --  
ÁSIMISMO LOS PUNTOS MUY FUERTES SE DETERMINARON COMO --  
ÁREAS DE OPORTUNIDAD ANTE LA COMPETENCIA.

COMO PARTE DE LA INTELIGENCIA DE MERCADO, ÉSTA ETAPA SE  
LLEVÓ A CABO COMPARANDONOS EN LO ESTABLECIDO CON DOS --  
EMPRESAS SIMILARES A LA NUESTRA, DESARROLLANDO 64 PUNTOS  
DE ANÁLISIS.

EVALUACION COMPETITIVA TECNICA.- LOS DATOS GENERALMENTE FUERON OB  
TENIDOS DE EVALUACIONES LLEVADAS A CABO DENTRO DE LA --  
EMPRESA Y COMPARADOS CONTRA LA COMPETENCIA; ESTOS DATOS  
SON EXPRESADOS, CON EL USO DE DIFERENTES HERRAMIENTAS,-  
EN TÉRMINOS MEDIBLES Y EN EL CASO DE DATOS SUBJETIVOS,-  
TRADUCIDOS A CALIFICACIONES NUMERICAS DE DESEMPEÑO BASA  
DOS EN LA EVALUACIÓN Y EL JUICIO.

ESTOS CRITERIOS SE UTILIZARON POSTERIORMENTE PARA -  
COMPARAR LOS RESULTADOS CON LAS EVALUACIONES DE LAS  
CARACTERÍSTICAS DE CONTROL DEL PRODUCTO O SERVICIO -  
Y DETECTAR ÁREAS DE INCONSISTENCIA.  
LOS PUNTOS DE ANÁLISIS FUERON 142 EN ESTA ETAPA.

PUNTOS DE VENTA.- EN UNA COLUMNA DENTRO DE LA MATRIZ DE PLANEACIÓN, SE COLOCARON LOS PUNTOS CLAVE DE VENTA DEL - - PRODUCTO O SERVICIO, LOS CUALES SON UNA SERIE DE PARÁMETROS DEL DOMINIO DE CADA EMPRESA SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS.

ESTOS PUNTOS DE VENTA SON CARACTERÍSTICAS RECOMENDABLES PARA ENFATIZARSE DENTRO DE SEGMENTOS PARTICULARES DEL MERCADO.

IMPORTANCIA TÉCNICA.- ESTA SECCIÓN SE BASÓ EN LA IMPORTANCIA DEL CONSUMIDOR, PUNTOS DE VENTA, EVALUACIONES COMPETITIVAS Y LA DIFICULTAD DE LOGRAR LOS OBJETIVOS CARACTERÍSTICOS.

ESTOS DATOS FUERON DESPLEGADOS Y TRADUCIDOS EN EL LENGUAJE DE CADA DISCIPLINA Y EN TÉRMINOS DE LA FUNCIÓN DE REQUERIMIENTOS, ACCIONES Y CONTROLES.

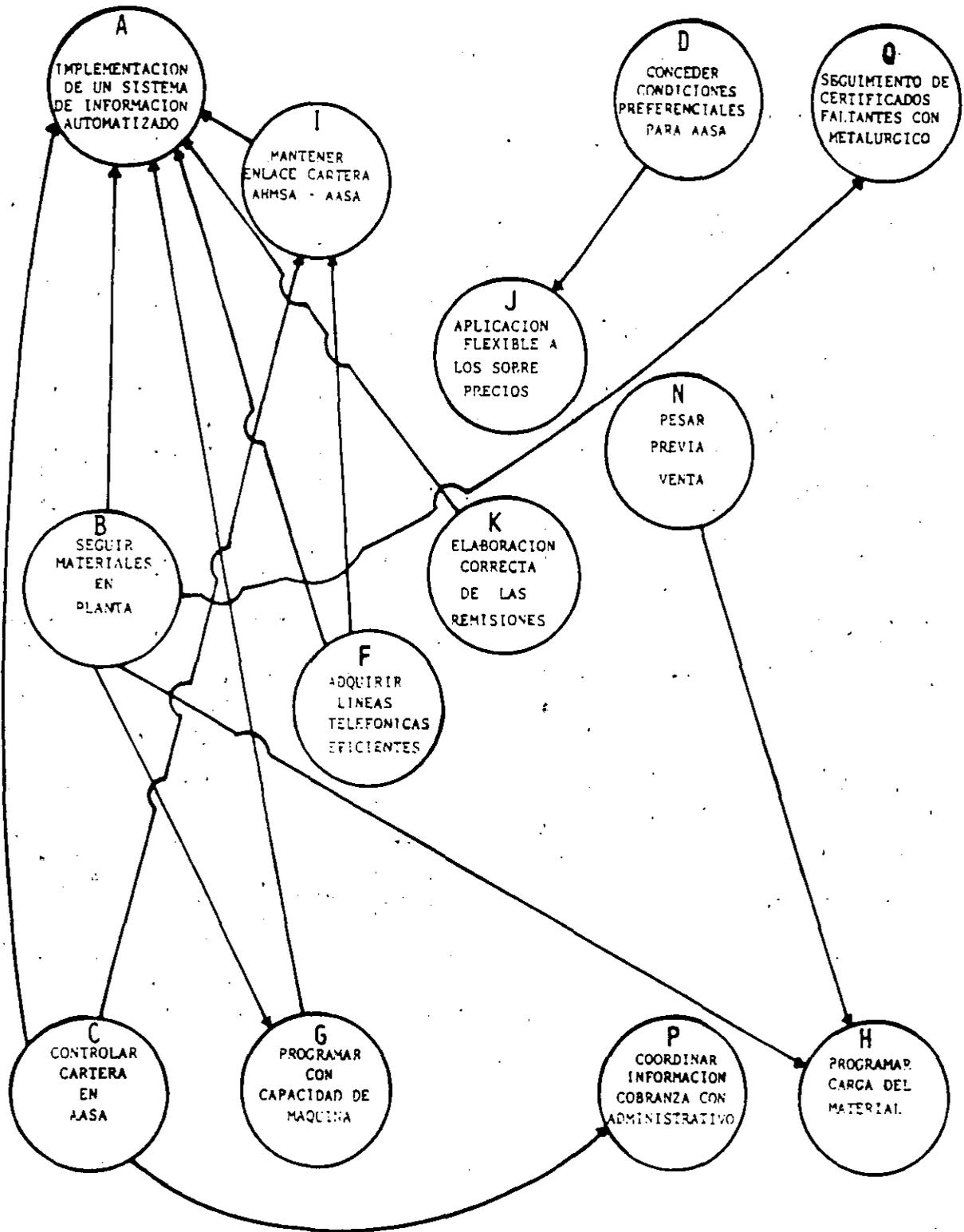
ASÍ TAMBIÉN ESTOS PARÁMETROS SE DESARROLLARON EN TÉRMINOS RELATIVOS Y ABSOLUTOS.

CORRELACIONES.- ESTA TABLA TRIANGULAR DENTRO DEL DESARROLLO DE - LA CASA DE LA CALIDAD NOS PERMITIÓ IDENTIFICAR CUALES DE LOS COMO'S SE ENCONTRARON CONTENIDOS EN OTROS COMO'S

EN EL ANÁLISIS REALIZADO NO SE ENCONTRÓ ALGUN " COMO " EN CONFLICTO; DEBIENDO UTILIZAR OTRO TIPO DE HERRAMIENTAS QUE PERMITIESEN UN ANÁLISIS MAS PROFUNDO, PODER ENCONTRAR SOLUCIONES QUE FUERAN ACORDE CON EL OBJETIVO DEL PROYECTO Y QUE NOS FACILITARA DIAGNOSTICAR CON - - MAYOR EXACTITUD. LAS HERRAMIENTAS USADAS FUERON:

- MATRIZ IN-OUT
- MATRIZ MINIMAX
- DIAGRAMA DE RELACIONES.

# DIAGRAMA DE RELACIONES



MATRIZ IN - OUT

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
A	■	←	←			←	←		←		←							
B	↑	■					↑	↑										↑
C	↑		■						↑							↑		
D				■						↑								
E					■													
F	↑					■			↑									
G	↑	←					■											
H		←						■							←			
I	↑		←			←			■									
J				←						■								
K	↑										■							
L												■						
M													■					
N								↑						■				
O															■			
P			←													■		
Q		←															■	
R																		

" MINIMAX MATRIX "

		IMPORTANCIA TECNICA																
		SIST. DE LA INFORMACION	SEC. MAT. CON PLANTAS	CONTROL DE CARTERA EN AASA	COND. PREFERENCIALES P/AASA	LINEAS COM. ACTUALIZADAS	PROGRAMA TELEFONICAS	PROGRAMA DE MAQUILA	ENLACE DE EMBARQUES	PLEX. AL APLICAR S/PRECIOS	REVISION CORRECTA	CONVENIO TRANSPORTISTA	INSTRUCTIVO A CLIENTES	PESAR PREVIA VENTA	SEPARAR PUNTAS Y COLAS	COORD. COBRANZAS - ADMVO.	SEC. FALTANTE CON LETALUG.	CAPACITACION TECNICA
PUNTOS CRITICOS	CUMPLIMIENTO FECHAS ENTREGA		●					○	●									
	SERVICIO DE TRANSPORTE							○					●					
	HABILITACION DE MATERIAL		○				●											
	TRAMITE DE RECLAMACION											○						
	SERVICIO DE EMBARQUE							●			○							
	AUT. PEDIDO CREDITO Y COBRANZAS	●	●						●									
INDIS CUTI - BILE REJO - REAR.	●			●	●								●					
AREAS DE OPORTUNIDAD	●																	
AREAS A MANTENER	●			●	●				●									
AREAS A SUPERVI - SAR.	○						○					○						
AREAS A MO - NITO - REAR.		●		●				○							●			

OBJETIVOS DE DISEÑO.- ESTE ANÁLISIS GLOBAL SE REFIERE AL DESARROLLO DE OBJETIVOS PARA CADA UNA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CONTROL DEL PRODUCTO FINAL.

EN NUESTRO CASO, ESTOS OBJETIVOS SE BASARON EN LAS PONDERACIONES DE IMPORTANCIA QUE EL CONSUMIDOR LE DA A LAS FORTALEZAS Y A LAS DEBILIDADES DEL PRODUCTO FINAL.

EL COMPORTAMIENTO HACIA ESTOS OBJETIVOS, SE ESTABLECIÓ QUE FUESE MEDIBLE Y A LA VEZ DEMOSTRABLEMENTE SATISFACTORIO.

#### B). GRUPO INTELIGENCIA DE MERCADO.

EL GRUPO DE INTELIGENCIA DE MERCADO DE ACUERDO AL OBJETIVO DEL PROYECTO, DEFINIÓ EL MÉTODO POR MEDIO DEL CUAL CAPTARÍA LA "VOZ DEL CONSUMIDOR", ASÍ COMO LA EVALUACIÓN DE LOS MISMOS ANTE LA COMPETENCIA PARA HACERLO LLEGAR AL GRUPO DE TRABAJO QFD, POR LO QUE SE FUNDAMENTARON LOS MEDIOS DE RECOPIACIÓN:

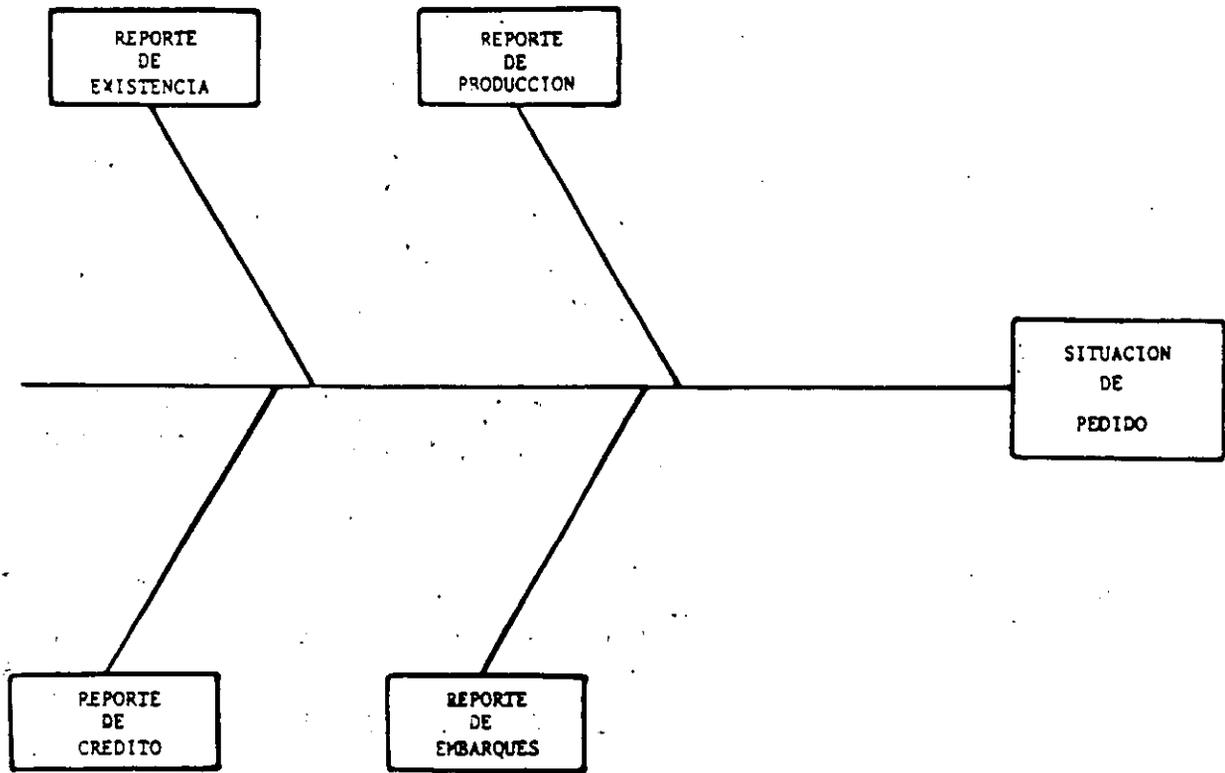
- FUENTES POR CORREO O POR TELÉFONO
- CLÍNICAS Y CÁMARAS
- GRUPOS SELECCIONADOS
- ENTREVISTAS INDIVIDUALES
- ESCUCHANDO OPINIONES
- BUSCANDO INFORMACIÓN EXISTENTE EN LA EMPRESA

LAS NECESIDADES DE ESTA FASE DEL PROYECTO QFD FUERON CONOCER QUE REQUISITOS O REQUERIMIENTOS NO CONSIDERADOS EN EL TRABAJO INTERNO DEL GRUPO QFD, PARA REAFIRMAR LOS YA CONOCIDOS, ASÍ COMO ESTABLECER UNA EVALUACIÓN COMPETITIVA CON OTROS DISTRIBUIDORES.

EL PROCESO DE INTELIGENCIA DE MERCADO, CONSTÓ DE 5 ETAPAS:

- SELECCIÓN DE LA MUESTRA: DE UN UNIVERSO DE 60 CLIENTES, SE DETERMINÓ UNA MUESTRA DE 15 ( INDUSTRIALES Y DISTRIBUIDORES ).
  
- DEFINICIÓN DEL MÉTODO PARA CAPTAR LA -- " VOZ DEL CONSUMIDOR " : DE ENTRE LOS 6 MÉTODOS MÁS CONOCIDOS, SE OPTÓ POR LA ENTREVISTA PERSONAL, PROCEDIENDO DE INMEDIATO LOS DOS GRUPOS DE TRABAJO A LA ELABORACIÓN DE UN CUESTIONARIO EN BASE A -- LOS PROBLEMAS PRINCIPALES DETECTADOS EN LAS AREAS DE VENTAS, CRÉDITO Y COBRANZAS, RECLAMACIONES Y OPERACIONES; SURGIENDO -- ASÍ, DESPUÉS DE VARIAS VERSIONES EL CUESTIONARIO DEFINITIVO.
  
- CAPACITACIÓN: SE TUVO LA NECESIDAD DE -- INSTRUIR AL PERSONAL PARA LLEVAR A CABO LA ENTREVISTA EN FORMA PROFESIONAL.
  
- APLICACIÓN EN CAMPO: SE EFECTUARON LAS VISITAS, PREVIA CITA SOLICITADA POR LA GERENCIA GENERAL, A LAS INSTALACIONES DE CADA UNO DE LOS CLIENTES Y EXPLICARLES EL OBJETIVO DE LA ENTREVISTA, ENCAMINADO A MEJORAR NUESTRO SERVICIO AL MERCADO.
  
- ANÁLISIS: UNA VEZ LLENADOS LOS CUESTIONARIOS, LOS DOS GRUPOS DE TRABAJO LLEVARON A CABO EL ANÁLISIS DE LOS QUE'S EXTERNOS, CONSIDERANDO LOS PUNTOS MÁS RELEVANTES -- DENTRO DEL PROYECTO QFD.

# DIAGRAMA DE ISHIKAWA



## VI).- RESULTADOS.

### 1.- DIAGNOSTICO.

UNA VEZ ESTRUCTURADA LA " CASA DE LA CALIDAD ", SE PROCEDIÓ A LA INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN, LA CUAL SE -- ANALIZÓ CONSIDERANDO LA RELACIÓN EXISTENTE ENTRE CADA UNA DE LAS PARTES DE LA MATRÍZ.

CON LA AYUDA DE HERRAMIENTAS ADMINISTRATIVAS DE CONTROL, SE DETERMINARON LOS PUNTOS MÁS IMPORTANTES.

- SE TOMARON LOS 11 COMO'A MÁS SOBRESALIENTES, OBTENIDOS MEDIANTE PONDERACIÓN.
- LOS 22 REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE FUERON ANALIZADOS TOMANDO EN CUENTA LA EVALUACIÓN COMPETITIVA, LA EVALUACIÓN COMPETITIVA -- TÉCNICA Y LA RELACIÓN QUE'S - COMO'S, QUE SE CLASIFICARON EN 6 DIFERENTES GRUPOS:

. PUNTOS CRÍTICOS	6
. AREAS A MEJORAR	2
. AREAS A MANTENER	5
. AREAS A SUPERVISAR	3
. AREAS DE OPORTUNIDAD	4
. AREAS A MONITOREAR	2

- MEDIANTE DIAGRAMAS CAUSA - EFECTO ( ISHIKAWA ), SE DETERMARON - LAS CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO INTERNO PARA SATISFACER LOS REQUE RIMIENTOS DEL CONSUMIDOR ( COMO'S ), OBTENIENDOSE 58 RESPUESTAS PARA LOS REQUERIMIENTOS EXTERNOS.
- CON EL AUXILIO DE UN CUESTIONARIO PARA COMPARAR A AVÍOS DE ACERO CON RESPECTO A LA COMPETENCIA; SE LLEVÓ A CABO LA EVALUACIÓN - - COMPETITIVA Y LA IMPORTANCIA TÉCNICA, LAS CUALES A TRÁVES DE UNA PONDERACIÓN PASARON A FORMAR PARTE DE LA " CASA DE LA CALIDAD ".

- CON LOS ELEMENTOS MENCIONADOS ANTERIORMENTE, SE DETECTARON LAS RELACIONES EXISTENTES POR MEDIO DE UNA ASIGNACIÓN DE SÍMBOLOS Y VALORES PARA DETERMINAR LA IMPORTANCIA TÉCNICA ABSOLUTA Y RELATIVA, ASÍ COMO TAMBIÉN OBSERVAR SI LAS CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO CUBREN O NO LOS REQUERIMIENTOS DEL CONSUMIDOR.
- EL MISMO GRUPO INTERDISCIPLINARIO DETERMINÓ LOS OBJETIVOS DE DISEÑO DE LOS COMO'S ANTES MENCIONADOS.
- CON LA AYUDA DE LA MATRIZ MINIMAX SE RELACIONARON LOS SEIS GRUPOS CON LOS 11 COMO'S ANTES DETERMINADOS, PARA EFECTO DE ANÁLISIS SE AGREGARON 7 MÁS PARA SATISFACER TODOS LOS REQUERIMIENTOS, QUEDANDO ASÍ 18 RESULTADOS.
- CON EL DIAGRAMA DE RELACIONES LOS 18 COMO'S FUERON INTERCONECTADOS PARA CONOCER LOS PUNTOS DE MAYOR IMPORTANCIA. APLICANDO LA MATRIZ DE ENTRADA - SALIDA SE OBTUVIERON LOS PUNTOS EN LOS QUE SE DEBE ACTUAR SIN DESCARTAR LOS RESTANTES.

## 2.- CONCLUSIONES.

LAS ACTIVIDADES DE LOS GRUPOS DE TRABAJO: QFD E INTELIGENCIA DE MERCADO, ASÍ COMO LA RECOPIACIÓN DE DIFERENTE INFORMACIÓN INTERNA Y EXTERNA EN FORMA ORDENADA Y SISTEMATIZADA NOS PERMITIERON IDENTIFICAR EN EL ANÁLISIS LO SIGUIENTE:

- A). 22 REQUERIMIENTOS DE IMPORTANCIA PARA NUESTROS CLIENTES, TODOS VIABLES DE SATISFACER POR MEDIO DE LAS HERRAMIENTAS APLICADAS.
- B). MEDIANTE EL ANÁLISIS CON EL DIAGRAMA CAUSA - EFECTO, SE DERIVARON 58 CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO, LAS CUALES CONSISTEN EN ACCIONES A FAVOR DEL CLIENTE.

C). EL MECANISMO DE JERARQUIZACIÓN INHERENTE A LA " CASA DE LA CALIDAD " PERMITIÓ REDUCIR DE 58 A 18 LAS ACCIONES RELEVANTES, DANDO COMO RESULTADO LO SIGUIENTE:

- 2 RECOMENDACIONES DE INMEDIATA REALIZACIÓN
- 6 ACCIONES RELEVANTES.

D). EL RESTO DE LAS ACTIVIDADES QUE SE DETERMINARON EN LA " CASA DE LA CALIDAD " HAN ENTRADO A UN PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN Y/O MONITOREO EN UNA SEGUNDA ETAPA, COMO PARTE DEL PROCESO DE MEJORA CONTÍNUA QUE PLANTEA EL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE CALIDAD TOTAL DENTRO DEL GRUPO AHMSA.

FINALMENTE, EL RESULTADO DE ÉSTA EXPERIENCIA:

CUANDO SE HABLA DE CALIDAD, ES CONTRADICTORIO ESTABLECER CONCLUSIONES A UN TRABAJO, A UN PROYECTO, A UN ANÁLISIS, A UN CICLO CUALQUIERA; EN ÉSTE PRECISO MOMENTO ALGUIEN SEGURAMENTE ESTÁ LLEVANDO A CABO UNA MEJORA SOBRE ALGO.

EN AVÍOS DE ACERO, S.A. , LO APRENDIMOS ASÍ:

- DARSE LA OPORTUNIDAD DE VIVIR UN PROCESO DE MEJORA
- APRENDER CONCIENZUDAMENTE LAS TÉCNICAS
- INTEGRARSE EN GRUPOS MULTIDISCIPLINARIOS
- GENERAR UNA BASE NÚMERICA Y ESTADÍSTICA
- IDENTIFICAR Y JERARQUIZAR LOS " CAMPOS DE OPORTUNIDAD "
- ¡ DE INMEDIATO ! ACCIÓN EN LA IMPLEMENTACIÓN
- VOLVER A RETOMAR EL CICLO.

LOS BENEFICIOS DE LA CALIDAD, CUALQUIERA QUE SEAN;.....  
SE DAN POR SI MISMOS

# El Proceso de Mercadotecnia en QFD

**Luis Montalvo de Lara  
y Miguel Angel Solórzano**

CAMINSA

*Definición, estructura, importancia, causas y efectos en la combinación  
de ésta herramienta y el mercadeo.  
Casos prácticos.*



# MERCADOTECNIA

¿ Q.F.D. Y MERCADOTECNIA ?

Q.F.D. ----> VOZ DEL CONSUMIDOR

MERCADOTECNIA ---> CREAR INTERCAMBIOS RENTABLES  
ENTRE LA ORGANIZACION Y EL  
CONSUMIDOR.

PUNTO DE CONVERGENCIA -----> EL CONSUMIDOR

# EL CONSUMIDOR

- ES CUESTIONADO EN CUANTO A SUS GUSTOS Y PREFERENCIAS.
- SE ANALIZA EN CUANTO A SUS HABITOS DE COMPRA Y CONSUMO.
- ES REVISADO POR EL MEDIO AMBIENTE QUE LO RODEA Y LA INFLUENCIA DE ESTE ( SERVICIOS Y GARANTIAS ).
- CON SU OPINION SE DISEÑAN NUEVOS PRODUCTOS PRODUCTOS SUSTITUTOS O USOS ALTERNOS DEL MISMO PRODUCTO.

Q.F.D. SE VALE DE MERCADOTECNIA PARA:

- FIJAR LOS OBJETIVOS A INVESTIGAR.
- ESTABLECER EL MARCO DE REFERENCIA.
- EJECUCION, CONTROL, ANALISIS y CONCLUSIONES.
- RESPUESTAS A LOS QUE'S EN CUANTO AL CONSUMIDOR Y AL MERCADO.
- EJECUTANDO MODIFICACIONES Y/O DESARROLLANDO PRODUCTOS.

## CAUSAS Y EFECTOS

### CAUSAS

- PERDIDA DE PARTICIPACION O VOLUMEN DE MERCADO.
- DESCONOCIMIENTO DE LAS NECESIDADES, USOS Y HABITOS DEL CONSUMIDOR.
- DESCONOCIMIENTO DEL MERCADO, EN CUANTO AL CONSUMIDOR Y COMPETENCIA.
- CONOCIMIENTO DEL CONSUMIDOR SIN SATISFACCION DE SUS NECESIDADES.
- NUEVAS TECNOLOGIAS Y DESARROLLOS DE PRODUCTOS.
- BAJA EN LA RENTABILIDAD DEL PRODUCTO / SERVICIO.

### E F E C T O S

- BAJA COMPETITIVIDAD DEL PRODUCTO EN TECNOLOGIA O COMERCIALIZACION.
- PERDIDA DE PARTICIPACION.
- PERDIDA DE PARTICIPACION. Y/O POCA PENETRACION DE MERCADO.
- PERDIDA DE PARTICIPACION. O PRODUCTOS PERCIBIDOS COMO DE BAJA CALIDAD.
- NUEVOS MERCADOS O NICHOS, DETECTANDO NUEVAS OPORTUNIDADES.
- REDISEÑO, ACTUALIZACION O DESCONTINUACION DEL PRODUCTO.

## EL CLIENTE

TAL VEZ EL PRINCIPAL FUNDAMENTO DE LA DIRECCION QUE MAS SE IGNORA HOY, ES

- ESTAR CERCA DEL CLIENTE -

PARA SATISFACER SUS NECESIDADES, Y ANTICIPARSE A SUS DESEOS.

EN MUCHAS EMPRESAS EL CLIENTE SE HA CONVERTIDO EN ALGO IMPRUDENTE CUYO COMPORTAMIENTO IMPREDECIBLE ESTROPEA PLANES ESTRATEGICOS CUIDADOSAMENTE PREPARADOS, Y QUE SE OBSTINA EN QUE LOS PRODUCTOS / SERVICIOS QUE COMPRA FUNCIONEN BIEN.

LEW YOUNG  
BUSINESS WEEK

## OBJETIVO PRIMARIO

ESTABLECER E IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE EVALUACION QUE PERMITA CONOCER LOS REQUERIMIENTOS Y NECESIDADES DEL CONSUMIDOR, CON LA PREMISA DE COMPARABILIDAD EN EL MOMENTO QUE SE REALICEN.

APLICANDO UNA METODOLOGIA EN INVESTIGACION DE MERCADOS QUE UNIFIQUE Y DE CONTINUIDAD A LA INFORMACION OBTENIDA PARA FORMAR TANTO EL HISTORIAL, COMO LOS PARAMETROS E INDICES DE REFERENCIA. ADEMAS DE CUANTIFICAR LOS AVANCES OBTENIDOS A NIVEL NACIONAL, REGIONAL O LOCAL.

## OBJETIVOS COLATERALES

### INVESTIGACION DE MERCADOS

CONOCER Y DETERMINAR LOS REQUERIMIENTOS QUE EL CONSUMIDOR BUSCA Y ESPERA ENCONTRAR EN EL PRODUCTO O EN EL SERVICIO, ASI COMO LAS VARIABLES DEL ENTORNO Y DE LA SITUACION QUE EXISTE EN EL MERCADO.

## ESTRUCTURA DEL PROGRAMA

- PRESENTACION DEL PROGRAMA GENERAL.
- DEFINICION DEL TIME-TABLE DE TRABAJO.
- SEMINARIO DE SENSIBILIZACION DE MERCADOTECNIA.
- INDUCCION DEL PROGRAMA AL GRUPO DE TRABAJO.  
( MANUFACTURA, COMERCIAL, ADMINISTRATIVO,  
CALIDAD Y MERCADOTECNIA ).
- DISENO DE LA MUESTRA.
- REALIZACION Y ANALISIS ( FASE CUALITATIVA ).
- REALIZACION Y ANALISIS ( FASE CUANTITATIVA ).
- CORRELACION DE RESULTADOS.
- MAPAS DE POSICIONAMIENTO.
- GRADOS DE SATISFACCION.
- INDICES DE ALINEACION.
- ANALISIS FINAL DE RESULTADOS.
- PRESENTACION DE RESULTADOS.

COMO PUNTOS IMPORTANTES A TOMAR EN CUENTA TENEMOS:

- DEBE HABER UNA BUENA PLANEACION.
- CONTAR CON LA INFORMACION SUFICIENTE DURANTE TODA LA VIDA DEL PRODUCTO.
- DESARROLLAR LAS DIFERENTES ESTRATEGIAS PARA CADA ETAPA DE LA VIDA DEL PRODUCTO.
- TENER PREPARADO UN NUEVO PRODUCTO O MEJORAS SUSTANCIALES EN EL ACTUAL.

UN PLAN INTELIGENTE ES EL PRIMER PASO HACIA EL EXITO,  
SI NO SABEMOS A DONDE VAMOS, ¿ COMO VAMOS A LLEGAR ALLA ?

## PRINCIPALES PUNTOS QUE DEBEMOS CONOCER

- DONDE ESTAMOS EN LA MENTE DEL CONSUMIDOR.  
( IMAGEN Y POSICIONAMIENTO )
- MOTIVACION Y HABITOS DE COMPRA.  
( AGRADOS, DESAGRADOS, AREAS DE MEJORA )
- MARCA PREFERIDA DE PRODUCTO Y/O SERVICIO.  
( FACTORES Y ENTORNO DE SELECCION )
- PRODUCTO, SERVICIO Y ATENCION " IDEAL ".
- PERFIL DEMOGRAFICO Y PSICOGRAFICO DEL CONSUMIDOR.

## VARIABLES QUE SE DEBEN TOMAR EN CUENTA

- MUESTRA ( NUMERO DE ENTREVISTAS ).
- MUESTREO ( TECNICA DE SELECCION ).
- CARACTERISITICAS DEMOGRAFICAS.
- COBERTURA ( NACIONAL, REGIONAL, LOCAL ).
- TIPO DE CONSUMIDORES / USUARIOS.
- GRADO DE CONSUMO ( POR VOLUMEN ).

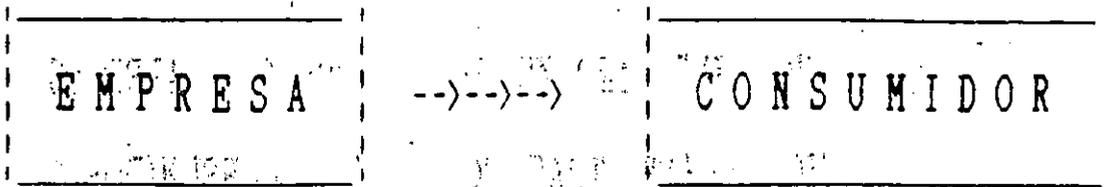
## SITUACION PRESENTE

POR TIEMPO INDEFINIDO MUCHAS EMPRESAS / FABRICAS  
EN MEXICO, HAN TRATADO QUE EL CONSUMIDOR O  
USUARIO SE ADAPTE A SUS PRODUCTOS O SERVICIOS.

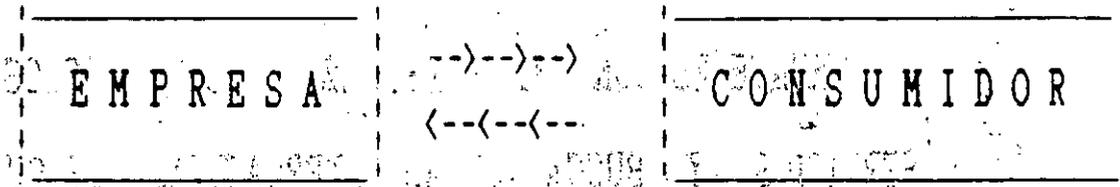
ACTUALMENTE EL CONSUMIDOR RECHAZA ESOS PRODUCTOS  
O SERVICIOS Y BUSCA NUEVAS ALTERNATIVAS QUE CU-  
BRAN SUS NECESIDADES, SIN TOMAR EN CUENTA SI EL  
PRODUCTO ES DE PROCEDENCIA NACIONAL O EXTRANJERA.

¿POR QUE NORMALMENTE LOS CONSUMIDORES CONSIDERAN  
QUE LO EXTRANJERO ES MEJOR ?

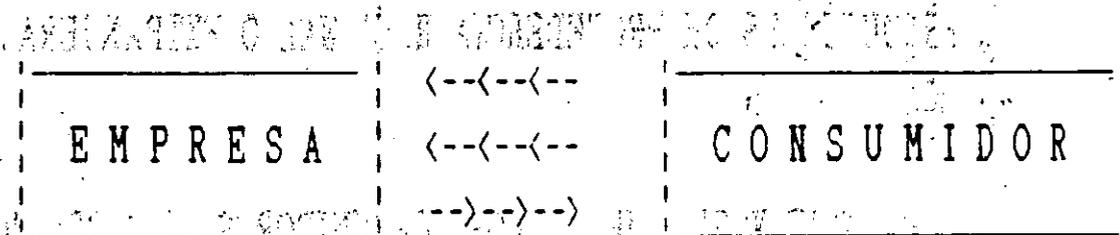
## PRIMER SISTEMA DE PRODUCCION



## NECESIDADES DE INFORMACION

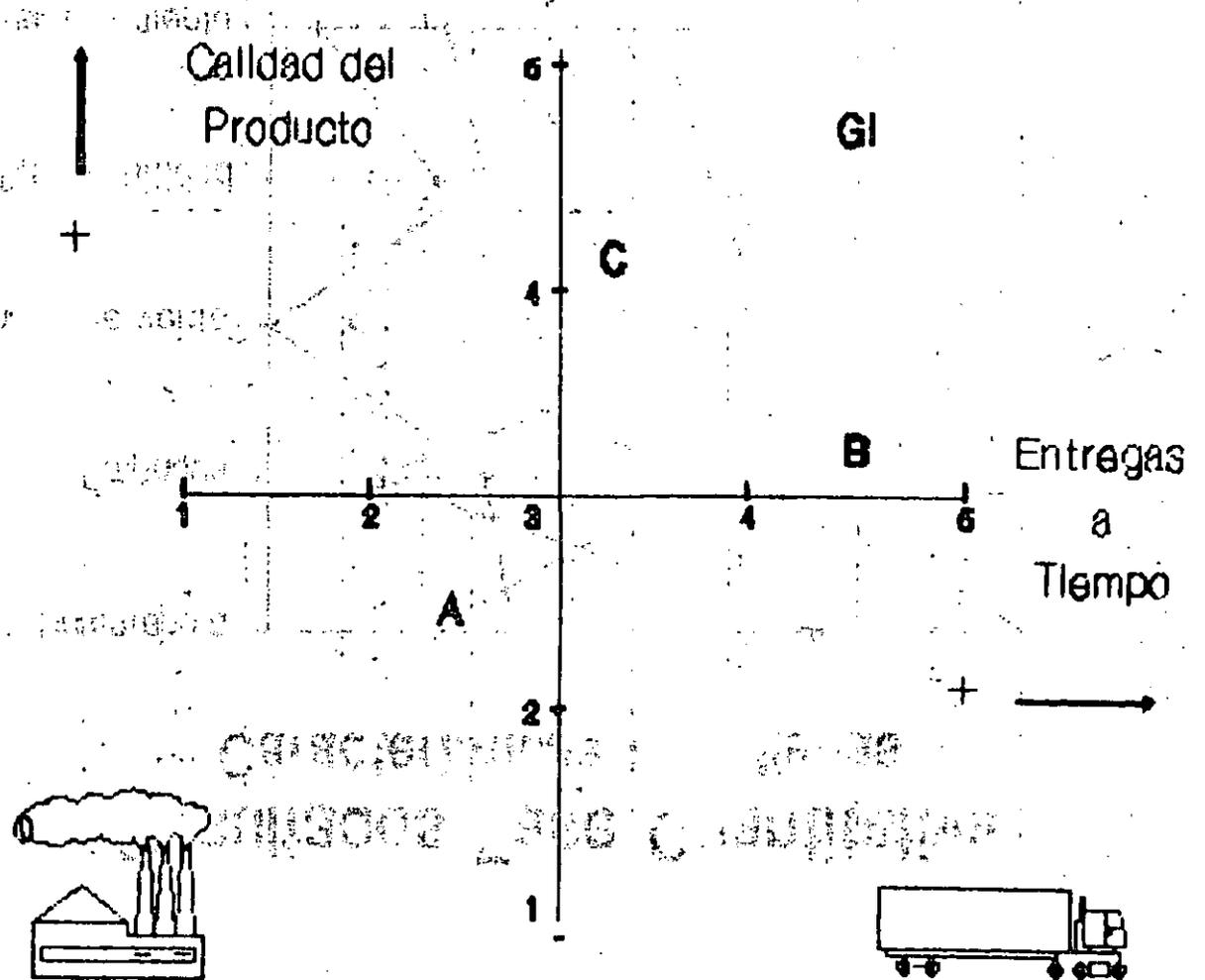


## CICLO ACTUAL DE INFORMACION



LA INVESTIGACION DE MERCADOS REPRESENTA EL PUNTO DE UNION ENTRE LOS REQUERIMIENTOS Y NECESIDADES DEL CONSUMIDOR Y LAS CAPACIDADES O LIMITACIONES DE LA EMPRESA.

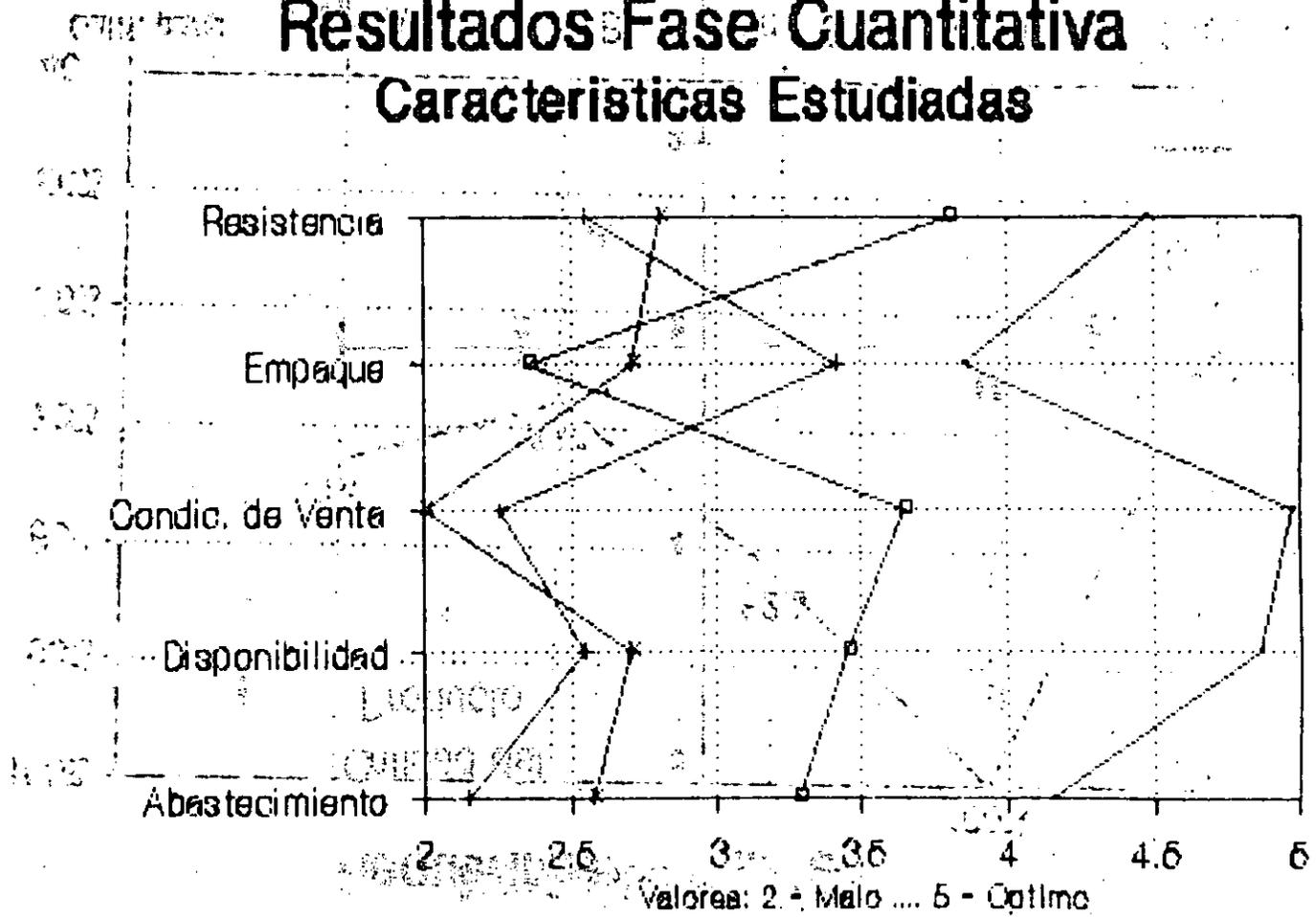
## Posicionamiento de Compañías Requerimientos más Importantes



— RESULTADOS Y MENSAJE

# Resultados Fase Cuantitativa

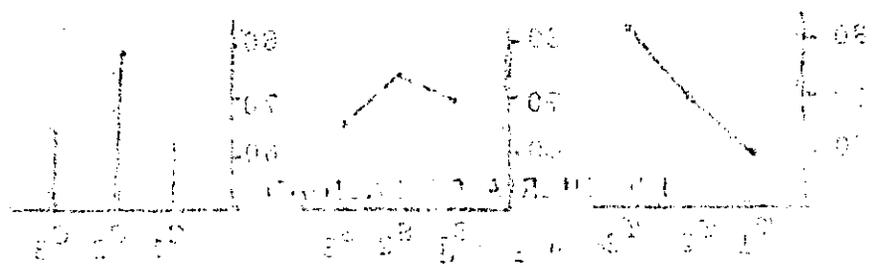
## Características Estudiadas



— Grado Importancia + Producto A  
 - \* - Producto B □ Producto C

1	2	3
85	80	75
80	75	70
75	70	65

SE PUEDE VER EN ESTAS GRÁFICAS QUE LAS CURVAS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA SON LINEALES Y NO LINEALES. ESTAS GRÁFICAS NOS MUESTRAN LAS CURVAS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN EN LOS NIVELES DE PRODUCCIÓN DE 10, 20, 30 Y 40 UNIDADES.



SE PUEDE VER EN ESTAS GRÁFICAS QUE LAS CURVAS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA SON LINEALES Y NO LINEALES. ESTAS GRÁFICAS NOS MUESTRAN LAS CURVAS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN EN LOS NIVELES DE PRODUCCIÓN DE 10, 20, 30 Y 40 UNIDADES.

$$\begin{aligned}
 &= 10.00 + (20.00 - 10.00) + (30.00 - 20.00) + (40.00 - 30.00) \\
 &= 10.00 + 10.00 + 10.00 + 10.00 \\
 &= 40.00
 \end{aligned}$$

SE PUEDE VER EN ESTAS GRÁFICAS QUE LAS CURVAS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA SON LINEALES Y NO LINEALES. ESTAS GRÁFICAS NOS MUESTRAN LAS CURVAS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN EN LOS NIVELES DE PRODUCCIÓN DE 10, 20, 30 Y 40 UNIDADES.

UNIDADES	10	20	30	40
Costo	10.00	20.00	30.00	40.00
Costo Promedio	1.00	1.00	1.00	1.00
Costo Marginal	1.00	1.00	1.00	1.00

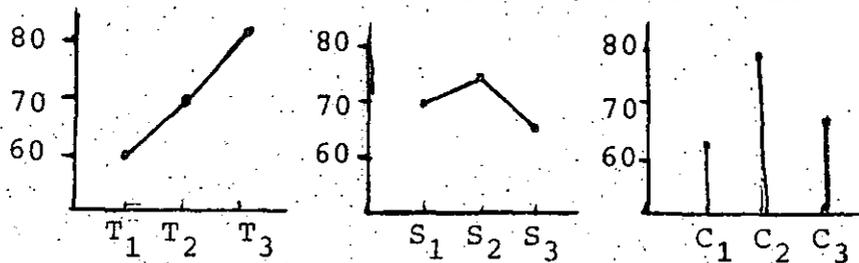
b. SE ELABORO LA TABLA DE RESPUESTA DE LOS PROMEDIOS:

	T	S	C
1	60	70	65
2	70	75	79
3	82	67	68

c. SE IDENTIFICARON LOS MAYORES VALORES ASOCIADOS CON CADA FACTOR, PARA CONSTRUIR EL OPTIMO O CAMPEON DE PAPEL: --

$T_3 S_2 C_2$

d. SE GENERARON LAS GRAFICAS FACTORIALES, IDENTIFICANDO SI SE TRATABA DE GRAFICAS LINEALES O NO LINEALES. ESTAS GRAFICAS NOS SIRVEN PARA APRECIAR DIFERENCIAS ENTRE NIVELES.



e. SE SELECCIONO COMO CAMPEON ECONOMICO A:  $T_3 S_1 C_2$

f. SE ESTIMO O ELABORO LA PREDICCION DEL OPTIMO (PROMEDIO):

$$\begin{aligned} \mu_{OPT} &= \bar{Y}_T + (\bar{T}_3 - \bar{Y}_T) + (\bar{S}_2 - \bar{Y}_T) + ((\bar{C}_2 - \bar{Y}_T)) \\ &= 70.66 + (82 - 70.66) + (75 - 70.66) + (79 - 70.66) \\ &= 94.66\% \end{aligned}$$

6. SE LLEVO A CABO LA "CORRIDA DE CONFIRMACION O CORRIDA EXPERIMENTAL DE CONFIRMACION, DANDO LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

EXPERIMENTO	T	S	C	Y%
OPTIMO DE PAPEL	3	2	2	92
OPTIMO ECONOMICO	3	1	2	91
MEJOR ANTERIOR	3	2	1	84

... ..  
... ..  
... ..  
... ..  
... ..

... ..  
... ..

... ..  
... ..

... ..  
... ..

... ..  
... ..

- \* ... ..
- \* ... ..

... ..  
... ..

- \* ... ..
- \* ... ..
- \* ... ..

- p) ... ..
- e) ... ..

... ..  
... ..

... ..

## ASIGNACION DE FACTORES A UN ARREGLO ORTOGONAL

### PROCEDIMIENTO:

**PASO 1:** SELECCIONAR EL ARREGLO ORTOGONAL APROPIADO.

- a) OBTENER LOS GRADOS DE LIBERTAD (df) TOTALES
- b) SELECCIONAR EL ARREGLO ORTOGONAL

NOMENCLATURA  $L_k(n^f)$

k REPRESENTA EL NUMERO DE CORRIDAS EXPERIMENTALES

n REPRESENTA EL NUMERO DE NIVELES

f REPRESENTA EL NUMERO DE COLUMNAS DEL ARREGLO

**PASO 2:** DIBUJAR LA GRAFICA LINEAL REQUERIDA

0-----0

- \* LOS CIRCULOS REPRESENTAN FACTORES
- \* LA LINEA REPRESENTA INTERACCIONES

**PASO 3:** SELECCIONAR LA GRAFICA ESTANDAR APROPIADA. PUEDE HABER MUCHAS ALTERNATIVAS, ESCOJA UNA DE ELLAS.

**PASO 4:** AJUSTE LA GRAFICA LINEAL REQUERIDA A LA GRAFICA LINEAL ESTANDAR DEL ARREGLO ORTOGONAL QUE SELECCIONO.

**PASO 5:** ASIGNAR LOS EFECTOS PRINCIPALES Y LAS INTERACCIONES A LA COLUMNA APROPIADA.

**NOTA:** COMPRUEBE LOS RESULTADOS CON LA MATRIZ DE INTERACCIONES ENTRANDO CON EL NUMERO MAS PEQUEÑO (DE LAS DOS COLUMNAS) EN LA LINEA DE NUMEROS DIAGONALES.

