



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

A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS

Las autoridades de la Facultad de Ingeniería, por conducto del jefe de la División de Educación Continua, otorgan una constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso.

El control de asistencia se llevará a cabo a través de la persona que le entregó las notas. Las inasistencias serán computadas por las autoridades de la División, con el fin de entregarle constancia solamente a los alumnos que tengan un mínimo de 80% de asistencias.

Pedimos a los asistentes recoger su constancia el día de la clausura. Estas se retendrán por el periodo de un año, pasado este tiempo la DECFI no se hará responsable de este documento.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece la División están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo, para que coordinen las opiniones de todos los interesados, constituyendo verdaderos seminarios.

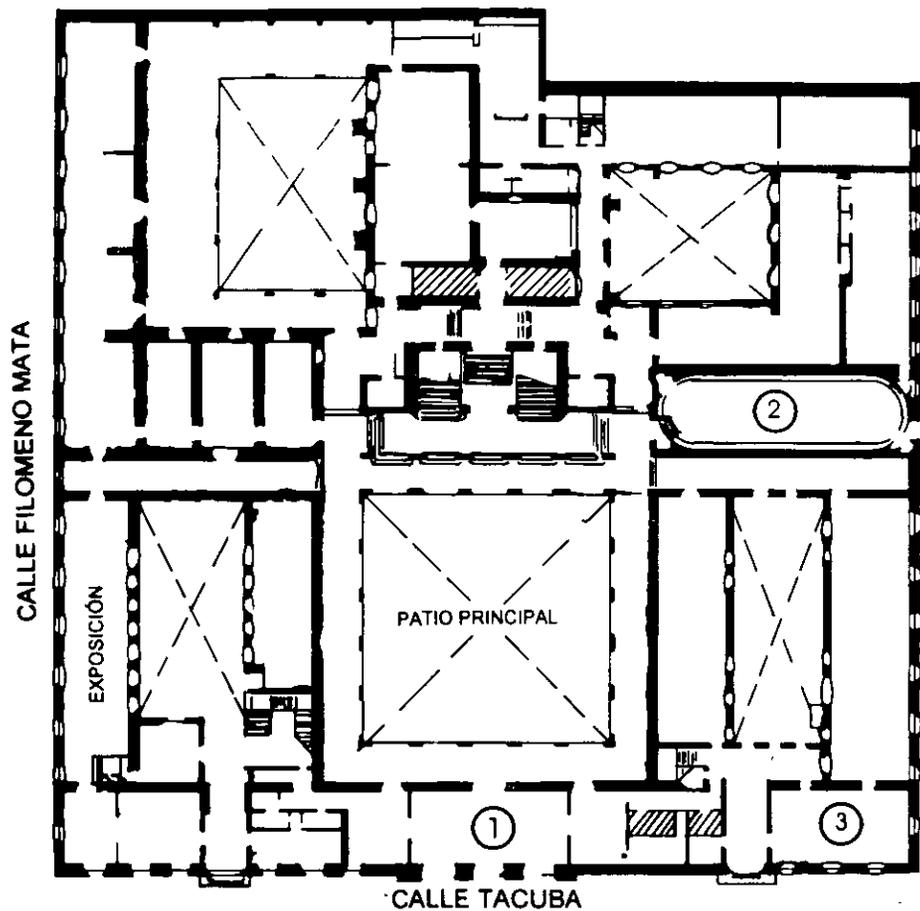
Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.

Con el objeto de mejorar los servicios que la División de Educación Continua ofrece, al final del curso deberán entregar la evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos.

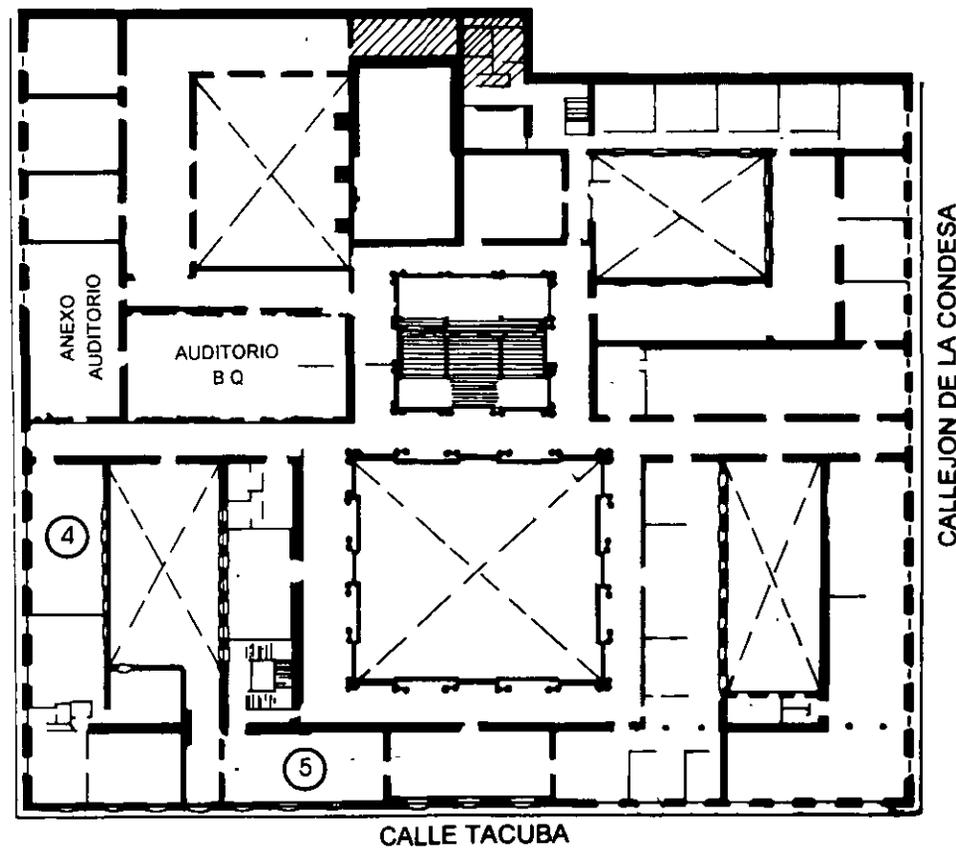
Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.

**Atentamente
División de Educación Continua.**

PALACIO DE MINERIA

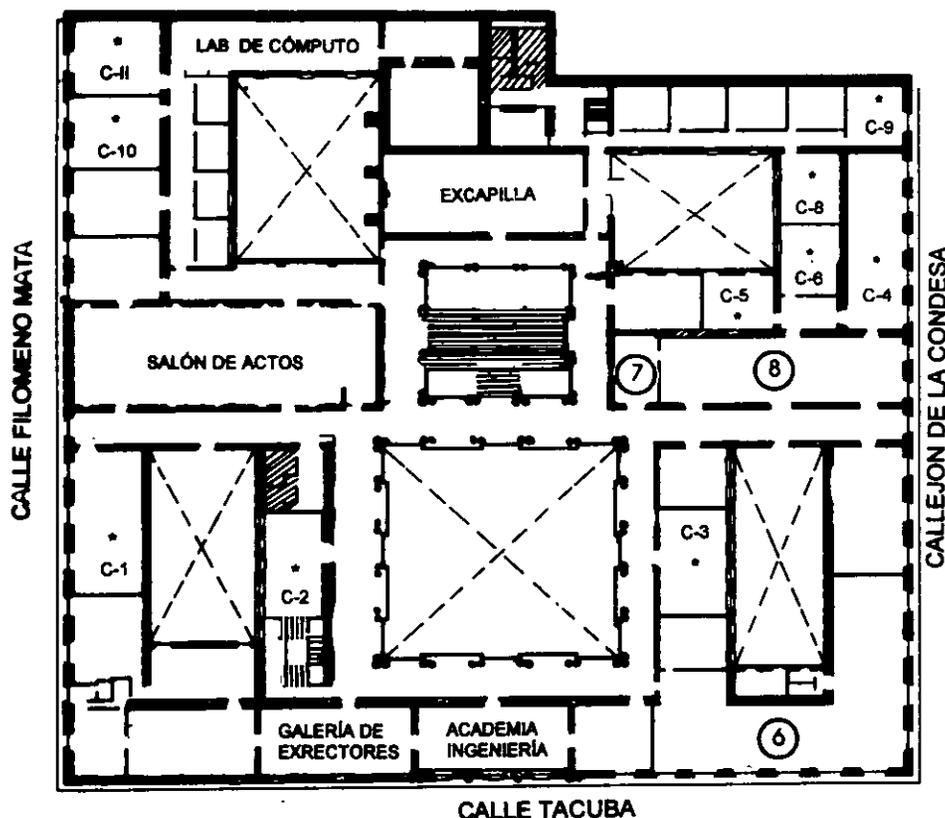


PLANTA BAJA



MEZZANINNE

PALACIO DE MINERÍA



GUÍA DE LOCALIZACIÓN

1. ACCESO
2. BIBLIOTECA HISTÓRICA
3. LIBRERÍA UNAM
4. CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN "ING. BRUNO MASCANZONI"
5. PROGRAMA DE APOYO A LA TITULACIÓN
6. OFICINAS GENERALES
7. ENTREGA DE MATERIAL Y CONTROL DE ASISTENCIA
8. SALA DE DESCANSO

SANITARIOS

* AULAS

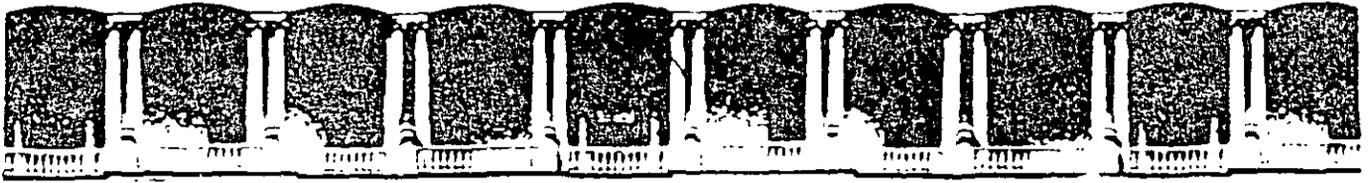
1er. PISO



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERÍA U.N.A.M.
CURSOS ABIERTOS

DIVISIÓN DE EDUCACION CONTINUA





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

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN INGENIERIA EN
PRODUCCION**

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

PPRODUCTIVIDAD

**EXPOSITOR: M. EN I. LOURDES ARELLANO BOLIO
PALACIO DE MINERIA
MARZO DEL 2001**

PRODUCTIVIDAD

La Secretaría de Trabajo y Previsión Social a través de la Dirección General de Capacitación y Productividad y también de la Dirección de Promoción de la Productividad emitió una definición para que fuese manejada tanto por representantes del Sector Público, del Privado y del Social. Como resultado de este consenso, se presenta la definición de productividad:

"Es la capacidad de la sociedad para utilizar en forma racional y óptima los recursos de que dispone: humanos, naturales, financieros, científicos y tecnológicos; retribuyendo equitativamente a los factores que intervienen en la generación de la producción, para proporcionar los bienes y servicios que satisfacen las necesidades materiales educativas y culturales de sus integrantes, de manera que mejore cuantitativamente y cualitativamente el bienestar social y económico de dicha sociedad.

Los beneficios deben ser retribuidos equitativamente entre utilidad, salarios e impuestos y deben significar mejores precios al consumidor"

A continuación se presentan algunas definiciones adicionales o complementarias:

1.- "El concepto de productividad está asociado a la relación entre producto y factores, es decir la relación entre el producto obtenido por unidad del factor o factores utilizados para lograrla"

FUENTE: Hernández Laos, E. EVOLUCION DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS FACTORES EN MEXICO, Ediciones Productividad, México, 1973.

2 - "La productividad es la relación que existe entre las cantidades de bienes producidos y las cantidades de recursos utilizados en la producción"

FUENTE. Oakley, Stan. ABC OF WORK STUDY, Pitman Publishing, 1973.

3 - "La productividad es la relación cuantitativa entre lo que producimos y los recursos utilizados"

FUENTE: Russel Mackenzick, Currie. ANALISIS Y MEDICION DEL TRABAJO, Diana, México, 1979.

4 - "La productividad se define como la relación que existe entre la meta lograda y los recursos gastados con este fin"

FUENTE: Klein, A W LA MEDICION DE LA PRODUCTIVIDAD Y COMPARACION ENTRE EMPRESAS, Arte, Venezuela, 1965.

5 - "La productividad es la cantidad de productos obtenidos por unidad de recurso productor utilizado durante una unidad de tiempo"

FUENTE: Organización Internacional del Trabajo. METODOS PARA LAS ESTADISTICAS DE LA PRODUCTIVIDAD DEL TRABAJO, OIT, México, 1975.

6.- "La productividad es una serie de sistemas o implementos que se tienen para el control de la producción, para lo cual es necesario utilizar parámetros que midan el avance de la producción en la Empresa, así como la óptima utilización de los recursos"

FUENTE: Encuesta aplicada en Norkin, S.A.

7.- "Las productividades, la eficientización, la optimización del uso de los recursos humanos y materiales disponibles"

FUENTE: Encuesta aplicada en la Industria H-24, S.A. de C.V.

8.- "La productividad es el nivel de aprovechamiento que de todos los recursos disponibles en la empresa haga un trabajador o empleado"

FUENTE: Encuesta aplicada en Helena Rubenstein S.A.

9.- "La productividad es cualquier actividad realizada con calidad, oportunidad, costo y cantidad"

FUENTE: Encuesta aplicada a Provedora Satélite S.A. de C.V.

10.- "La productividad es el aprovechamiento al máximo de los recursos materiales y personales de la fábrica"

FUENTE: Encuesta aplicada en el Grupo Suntory, S.A.

11.- "La productividad es el aprovechamiento máximo de los recursos físicos para la producción de un bien o servicio, es decir, ahorrar recursos, producir con un mínimo de costos"

FUENTE: Encuesta aplicada en Tijeras Barrilito, S.A.

12.- "La productividad es la cantidad de una producción originada por uno de los factores de la producción"

FUENTE: Secretaría del Trabajo y Previsión Social, SINOPSIS DE PRODUCTIVIDAD, Editorial Popular de los Trabajadores, México, 1980.

13.- "La productividad es un indicador de la utilización de recursos medidos en términos físicos en función de un estándar"

FUENTE: Ensayos varios.

Para efectos de este curso, emplearemos la siguiente definición:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Servicios empleados en su obtención}}$$

Existe productividad de los siguientes factores:

- a) de la tierra,
- b) servicios del hombre,
- c) maquinaria, equipo e instalaciones,
- d) de los materiales,
- e) del dinero, etc.

Ejemplo:

10 ton/1 ha = 10; ↑12 ton/1 ha = 12; ↑10 ton/0.75 ha = 13.3

Se incrementa la productividad al aumentar el numerador, reducir el denominador o al cumplir ambos requerimientos, es decir:

**Hago más con lo mismo.
Hago lo mismo con menos.
Hago más con menos.**

¿Cómo aumentar el numerador?

- Modificando el catálogo de producción;
- Utilizando los subproductos o desperdicios;
- Evitando rechazos y devoluciones;
- Evitando la pérdida de ventas.

¿Cómo reducir el denominador?

- En cuanto a suministros
 - Evitando desperdicios;
 - Evitando el mal uso de materiales.
- En cuanto a fuerza de trabajo
 - Evitando tiempos ociosos;
 - Suprimiendo maniobras innecesarias;
 - Evitando el mal uso de la capacidad.
- En cuanto a los medios de producción
 - Reduciendo los tiempos de paro;
 - Evitando el desgaste prematuro;
 - Cuidando las características físicas y económicas.

Otros índices de productividad:

$$P = \frac{\text{Productos obtenidos}}{\text{materiales utilizados}}$$

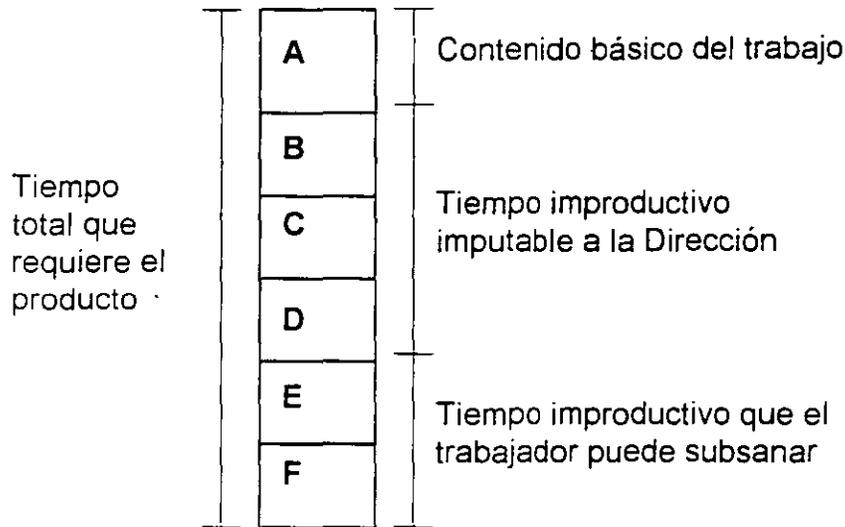
$$P = \frac{\text{productos obtenidos}}{\text{capital invertido}}$$

$$P = \frac{\text{productos obtenidos}}{\text{energía consumida}}$$

$$P = \frac{\text{productos obtenidos}}{\text{capacidad productiva}}$$

$$P = \frac{\text{horas de trabajo efectivo}}{\text{horas de trabajo posible}}$$

A) Componentes del tiempo total de trabajo.



- A. Contenido básico del trabajo.
- B. Trabajo en exceso debido a deficiencias en la planeación y las especificaciones del mismo.
- B.1. Una mala planeación no permite el uso del equipo adecuado.
 - B.2. Una mala normalización impide utilizar los métodos más adecuados para el trabajo.
 - B.3. Fijación incorrecta de normas de calidad, exageraciones en las especificaciones ocasionan trabajo de más.
- C. Trabajo en exceso debido a métodos ineficientes o al funcionamiento de la misma área.
- C.1. Usar maquinaria o herramienta inadecuada.
 - C.2. Proceso mal ejecutado o ejecutado en condiciones incorrectas.
 - C.3. Mala disposición de la maquinaria o equipo, lo que ocasiona trabajos innecesarios.
 - C.4. Métodos de trabajo ineficientes o desconocimiento del trabajo por parte del operario.
- D. Trabajo en exceso debido a la mala organización.
- D.1. Variedad excesiva de productos y materiales utilizados en el proceso.
 - D.2. Falta de normalización, cambio de modificaciones al diseño, impiden una adecuada capacitación.
 - D.3. Mala planificación del trabajo o en la recepción de materiales, provocan inactividad en las máquinas o equipos.
 - D.4. Constantes averías provocan inactividad y descontrol en la planta.
- E. Tiempo improductivo por negligencia del trabajador.
- E.1. Ausencias, retrasos e inactividad del trabajador.
 - E.2. Hacer labores en forma descuidada, lo que genera tiempo improductivo por tener que repetir o desechar el producto.

- F. Tiempo improductivo debido a accidentes y a incidentes.
 F.1. Accidentes e incidentes pueden generar ausencias por incapacidad, ausencias temporales o breves interrupciones.
 F.2. Enfermedades no profesionales provocan ausencias justificadas, pero en muchos casos no se puede suplir a la persona.

B) Principios.

Principio de la función limitante.

Una función desempeñada poco eficiente, limitará el rendimiento y la productividad de otras funciones así como el resultado final de las operaciones de la empresa.

Principio de la función limitada.

Deberá considerarse poco provechoso todo esfuerzo adicional que se emplee en una función con la intención de mejorar su rendimiento si antes no se eliminan los obstáculos que otras funciones le anteponen en el camino a su objetivo

Principio de los círculos viciosos

Se constituye en círculo vicioso cuando dos o más funciones se limitan a una continuación de la otra y la última de la cadena limita a la primera. En este caso la acción debe ser la adecuada para romper la cadena en el eslabón más débil.

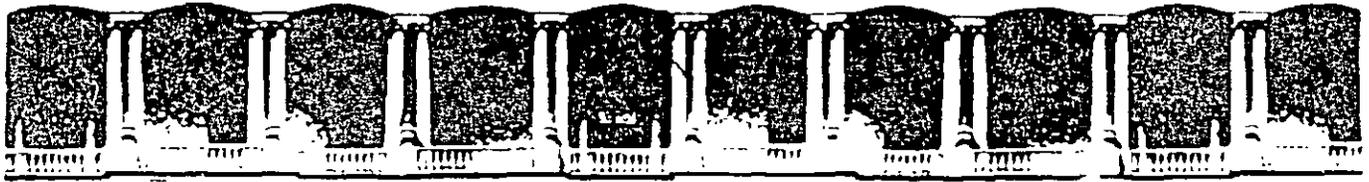
C) Análisis Factorial.

$$E = \frac{a + \frac{b}{2} + \frac{c}{4}}{n}$$

E = % de eficiencia,
 a = # de elementos satisfactorios;
 b = # de elementos regulares,
 c = # de elementos malos o deficientes;
 d = # de elementos inexistentes;
 n = # total de elementos analizados. (a+b+c+d)

Factores a estudiar:

- 1.- Medio Ambiente: todos los elementos externos a la organización que resultan relevantes para la operación, incluso elementos de acción directa e indirecta.
- 2.- Dirección: orientación y manejo de la empresa.
- 3.- Productos y procesos: selección y diseño de los bienes a producir y de los medios utilizados en la fabricación.
- 4.- Financiamiento: manejo de los aspectos materiales.
- 5.- Fuerza de trabajo: el total de personal ocupado en la empresa.
- 6.- Suministros: conjunto de materias primas, materiales, productos semielaborados, accesorios y servicios.
- 7 - Medios de producción: conjunto de inmuebles, equipo, herramientas e instalaciones de servicios.
- 8.- Actividad productora: transformación de los materiales en productos que puedan comercializarse.
- 9.- Mercadeo: manejo de la venta y de la distribución de los productos.
- 10 - Contabilidad y estadística. registro e información de las transacciones de la empresa.



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

Tres décadas de orgullosa excelencia™ 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN INGENIERIA EN
PRODUCCION**

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

ANEXO 1

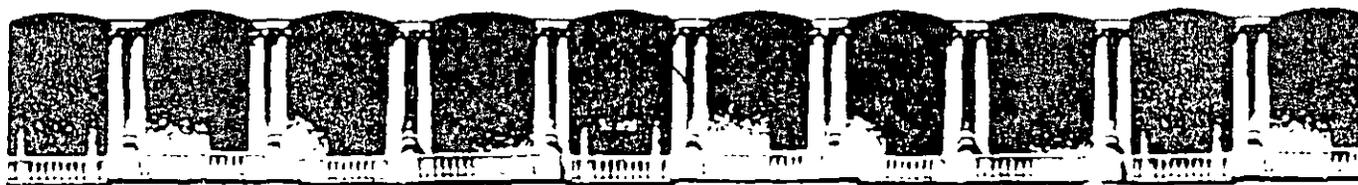
**EXPOSITOR: M. EN I. LOURDES ARELLANO BOLIO
PALACIO DE MINERIA
MARZO DEL 2001**

OPERACION: _____ FECHA: _____ OPERADOR: _____

REALIZADA POR: _____ EMPEZO ESTUDIO: _____ TERMINO ESTUDIO: _____

/																				OBSERVACIONES	
T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L		
HABILIDAD		ESFUERZO		CONDICION		CONSISTENCIA		TOTAL		TOLER REGU		TOLER ESPE		TOTAL		co extra p/pza					
ACTIVIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TPO/PZA	MINS TRAB/TURNO:							
Promedio														TPO NIV MIN/PZA:							
Factor Niv														No PZAS/TURNO:							
Tiempo Niv																					
Tiempo Tipo														PIEZAS/HORA							
Frecuencia																					
Total																					

ARTICULO:					FECHA:					
ESTUDIO No.		ELABORO			REVISO:					
ACTIVIDAD	No EQUIPO	CANT	DIST	TIEMPO	○	⇒	D	□	▽	OBSERVACIONES



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

Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN INGENIERIA EN
PRODUCCION**

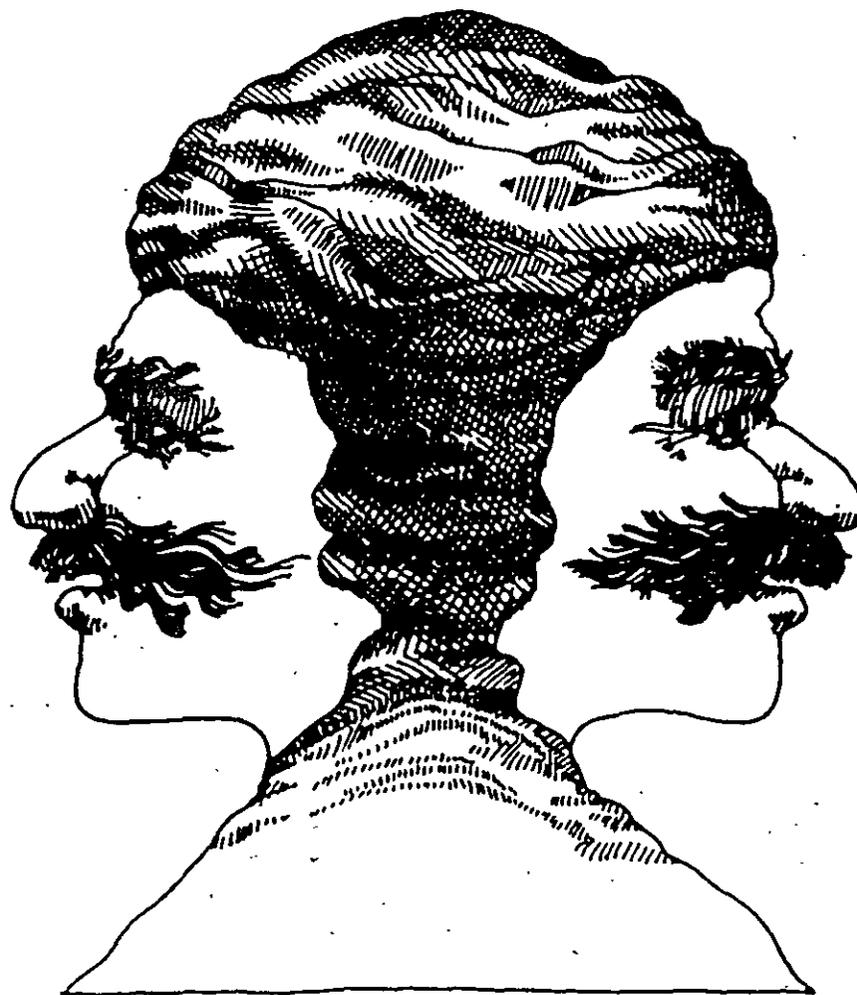
MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

ANEXO 2

**EXPOSITOR: M EN I. LOURDES ARELLANO BOLIO
PALACIO DE MINERIA
MARZO DEL 2001**

CORRECTO



CORRECTO

Una reflexión:

Para ser innovador

hay que buscar

una segunda

respuesta válida.

Una insinuación:

Las respuestas
siempre están en
función del
planteamiento de
la pregunta.

Inventar es
encontrar nuevas
aplicaciones para
las cosas
ordinarias

TRABAS MENTALES

1. "Esta es la respuesta correcta"
2. "Eso no es lógico"
3. "Siga las instrucciones al pie de la letra"
4. "Sea práctico"
5. "Evite la ambigüedad"
6. "Equivocarse es vergonzoso"
7. "Juguetear es mera frivolidad"
8. "Esa no es mi especialidad"
9. "No quiero hacer el ridículo"
10. "No tengo creatividad"

La solución
siempre está en el
entorno; lo
importante es el
enfoque que
damos a la
cuestión

Nada es más
peligroso que una
idea, si no dispone
de ninguna otra.

LA SEGUNDA RESPUESTA CORRECTA..

-CAMBIAR EL SENTIDO DE LAS PREGUNTAS.

- ¿CUAL ES LA RESPUESTA?
- ¿QUE SIGNIFICA ESTO?
- ¿CUAL ES EL RESULTADO?
- ¿CUALES SON LAS RESPUESTAS?
- ¿QUE SIGNIFICADOS?
- ¿QUE RESULTADOS?

CAMBIAR LAS PALABRAS QUE ENTRAN EN LA FORMULACION DE LA PREGUNTA.

- ¿SI ENTERRAMOS A UNA PERSONA VIVA?
- ¿COMO NOS ASEGURAMOS DE QUE ESTE MUERTA?

---PEDIR DESDE EL PRINCIPIO VARIAS SOLUCIONES

---CAMBIAR PALABRAS DE INTERPELACION Y OBTENDRA CONTESTACIONES DIFERENTES

---DESPERTAR CURIOSIDAD INTELECTUAL ¿ COMO LE DESCRIBIRIA EL COLOR AZUL A UN CIEGO?

Consecuencias.- "única respuesta correcta...."

A nadie le gustan los problemas y la primera reacción es evadirlos lo más pronto posible.

ACTITUD PELIGROSA

UNA IDEA ---- UNA POSIBILIDAD DE ACTUACION.

VARIAS IDEAS, VARIAS POSIBILIDADES

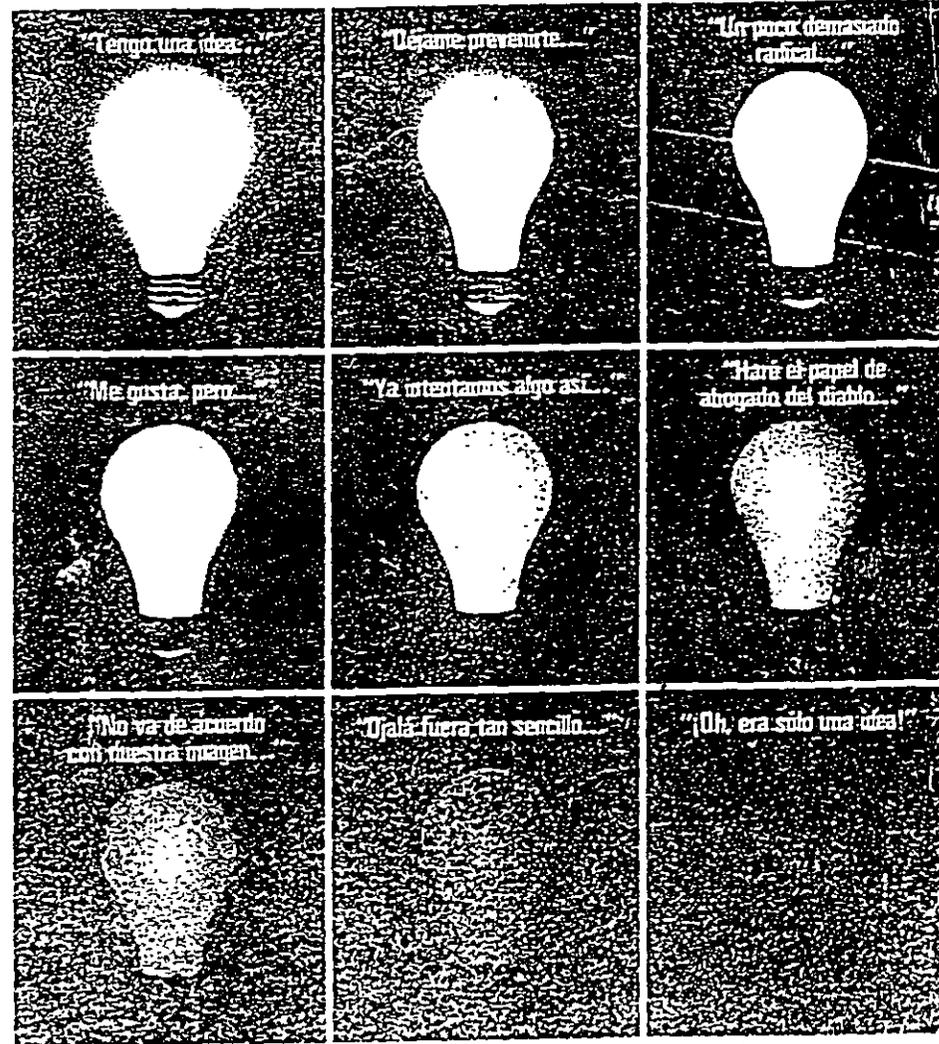
LA FLEXIBILIDAD ES REQUISITO ESENCIAL DE SUPERVIVENCIA

UNA IDEA ES COMO UNA NOTA MUSICAL, SE REQUIERE DE LA MELODIA
PARA COMPRENDERLA, LO MISMO LAS IDEAS SE
COMPRENDE MEJOR EN EL CONTEXTO DE OTRAS IDEAS.

CUANDO CONSIDERAMOS DIFERENTES PUNTOS DE VISTA, NUESTRO PENSAMIENTO GANA EN EFICACIA

Anuncio cum laude

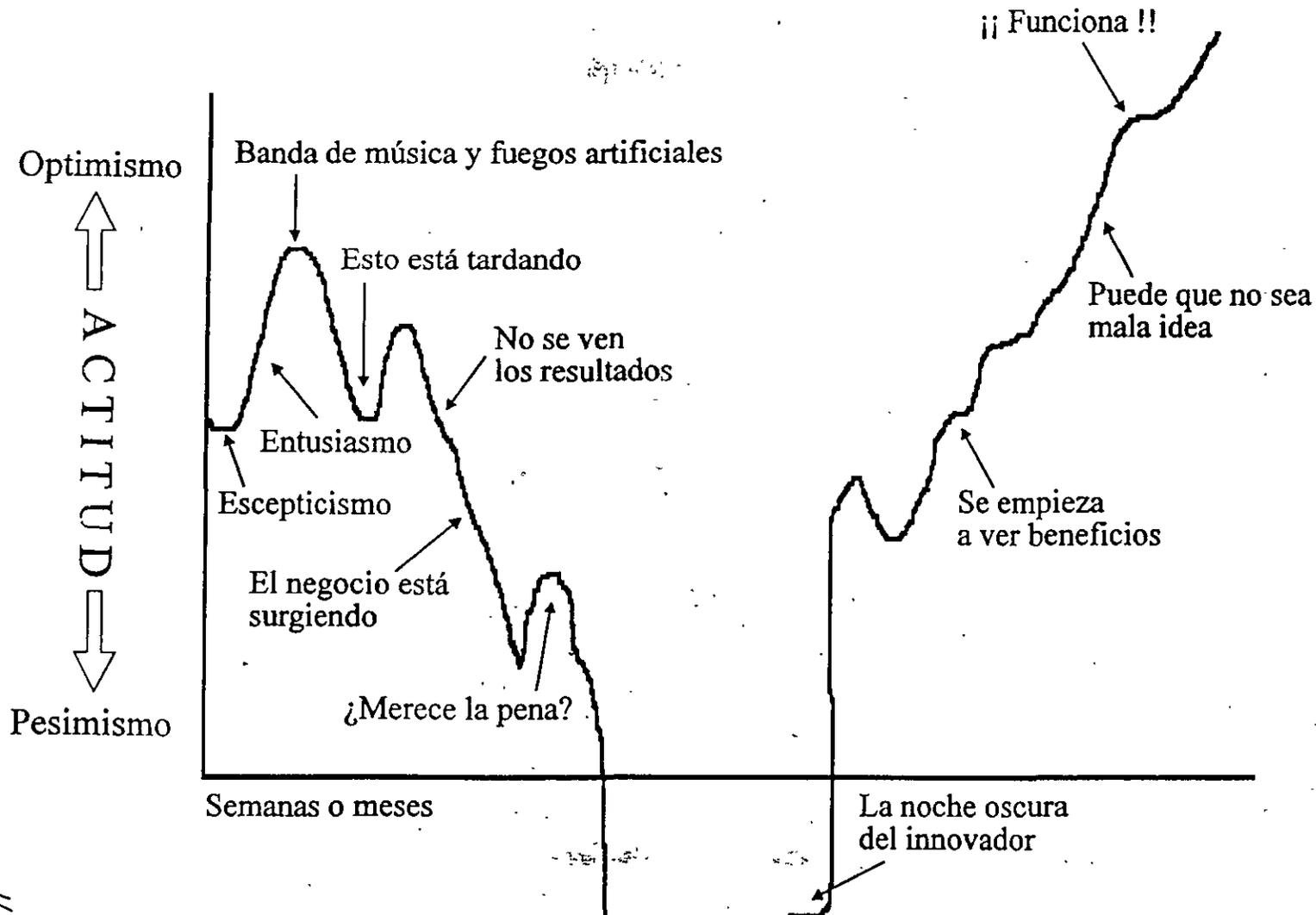
“Era sólo una idea”



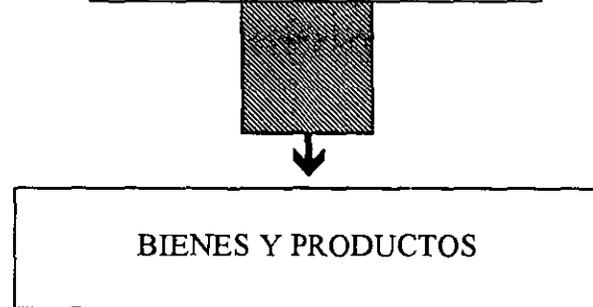
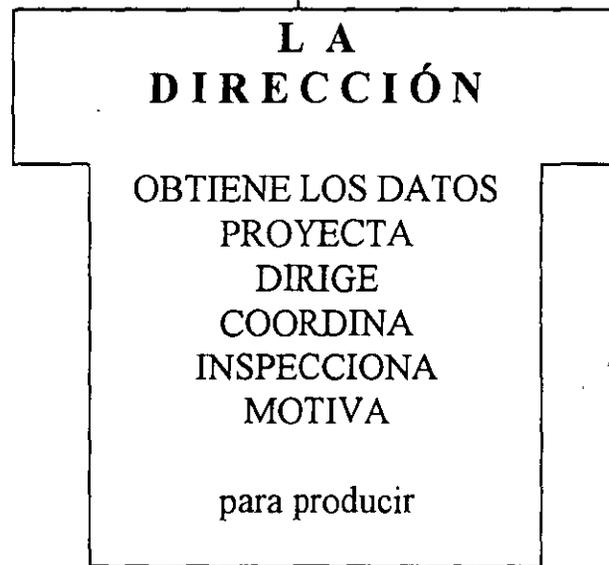
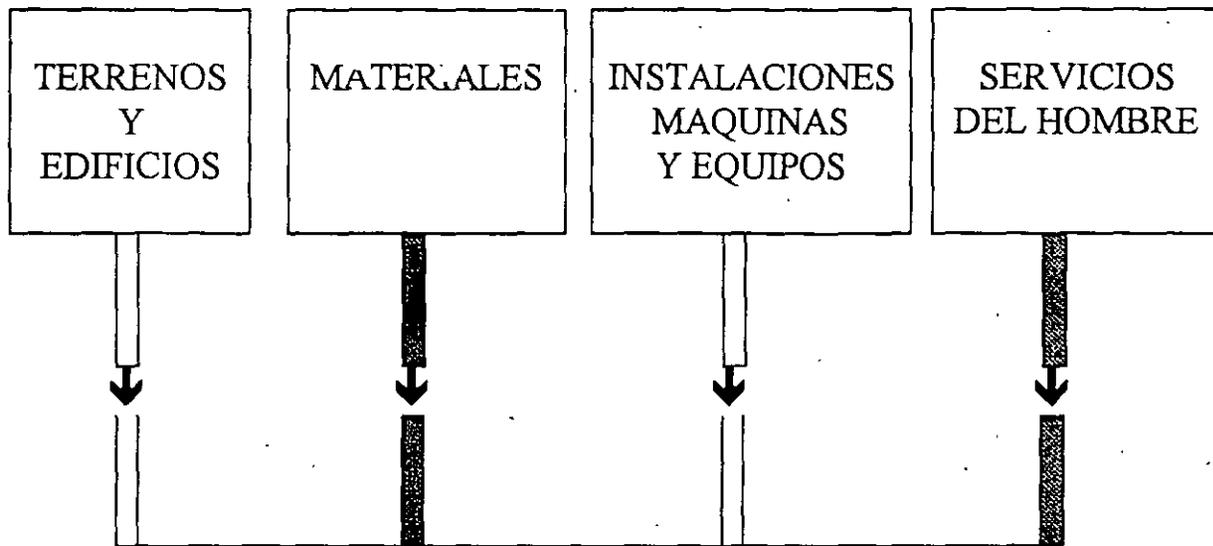
Una idea es algo muy endeble. Es mucho más fácil apagarla que mantenerla encendida.

ANUNCIO DE THOMPSON RAYO WOOLDRIDGE REIMPRESO POR SELECCIONES - COMO SERVICIO PÚBLICO

ANATOMÍA DE LA INNOVACIÓN

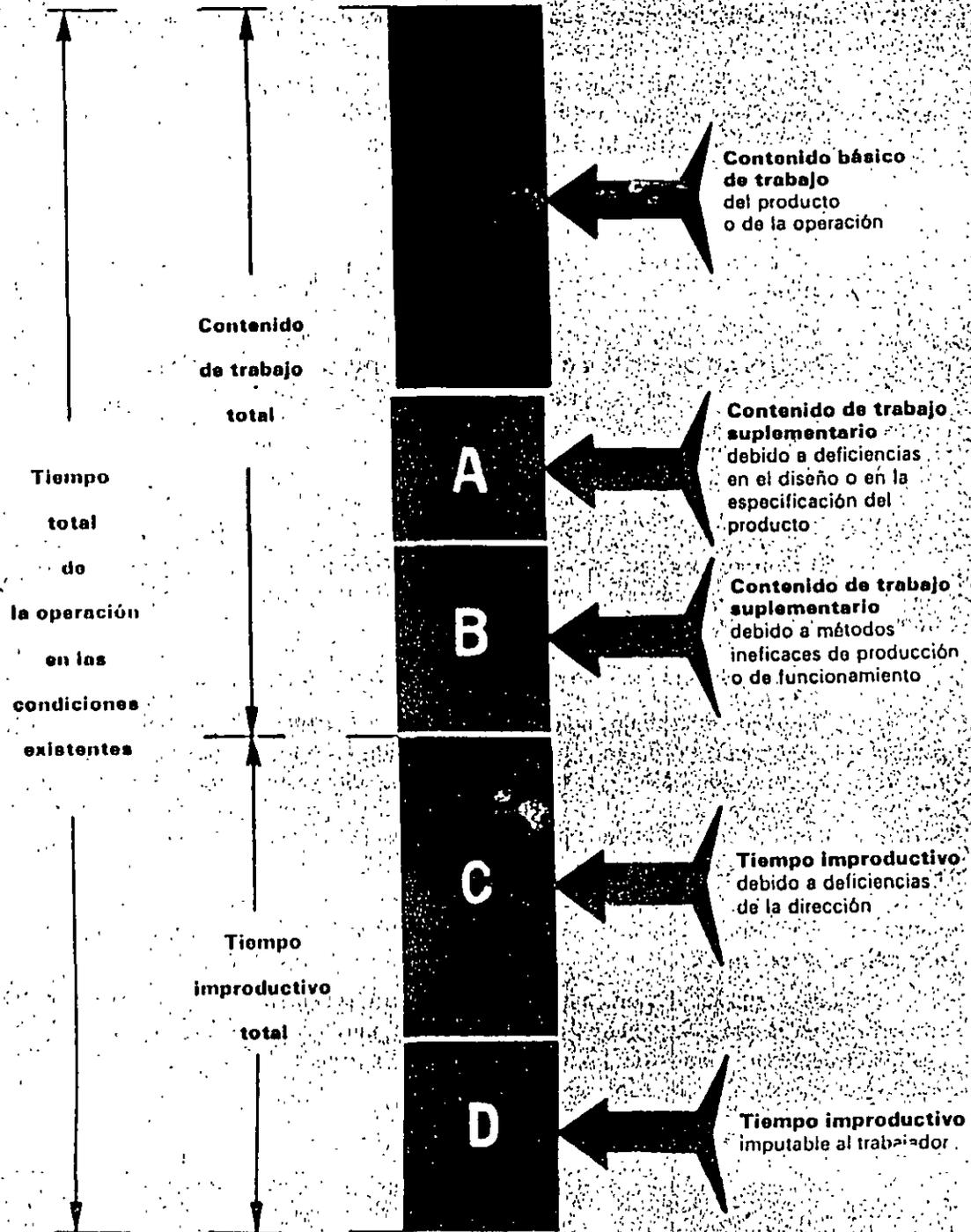


RECURSOS



PRODUCTOS

Figura 2. "Cómo se descompone el tiempo de fabricación"



Nota: En el B.S. Glossary se da a los términos «contenido de trabajo» y «tiempo improductivo» un significado técnico preciso que difiere ligeramente del empleado aquí. Como el glosario se refiere a las técnicas de medición del trabajo, que no tratamos por ahora, en este capítulo y en el próximo emplearemos las dos expresiones citadas con el sentido corriente que está definido en el texto.

Figura 3. Contenido de trabajo debido al producto y al proceso

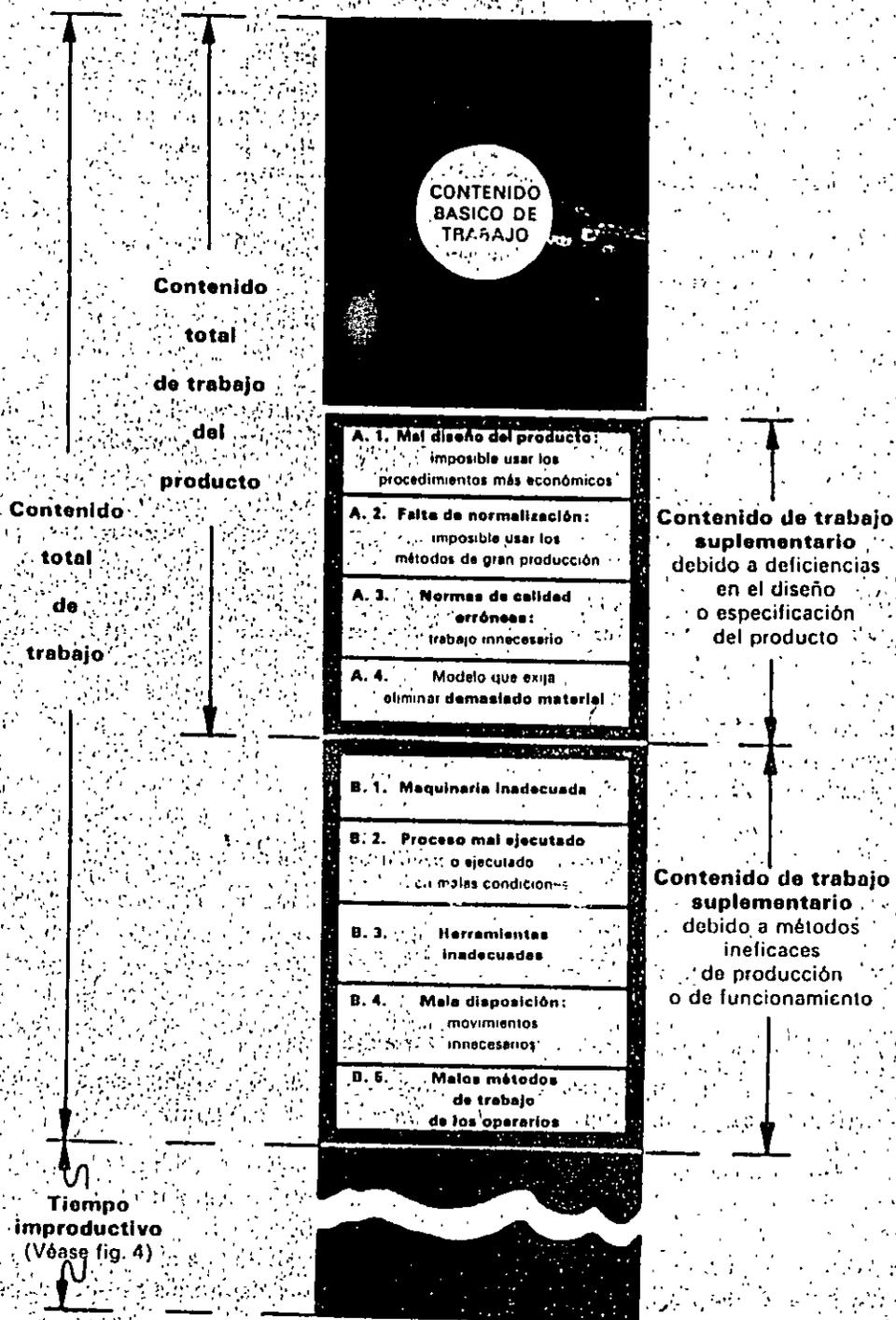
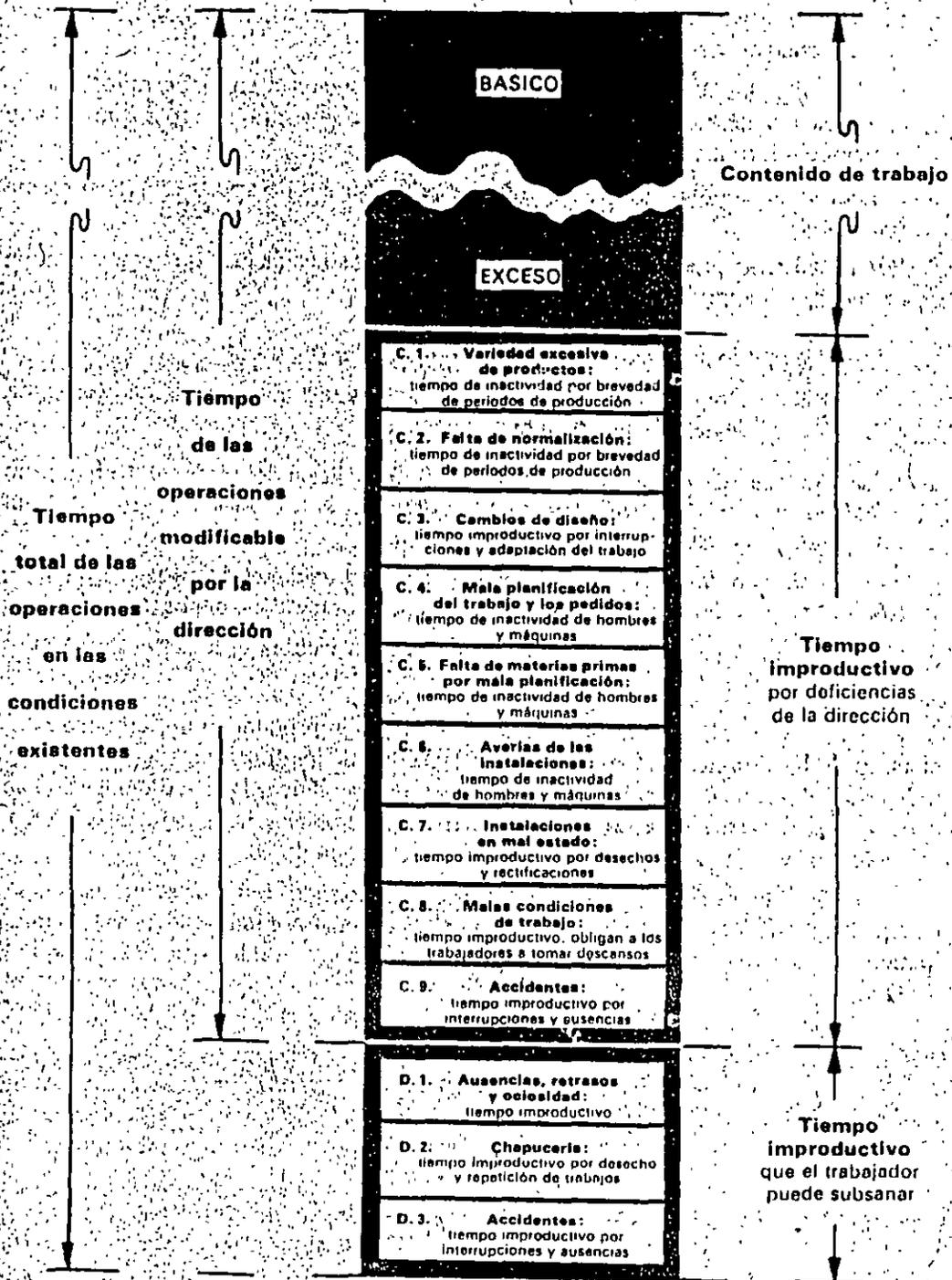
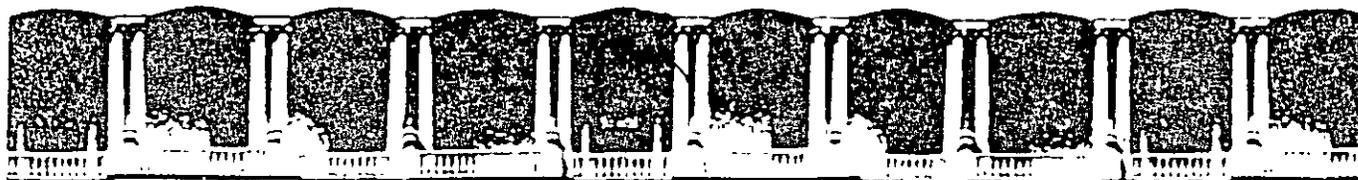


Figura 4. Tiempo Improductivo Imputable a la dirección y a los trabajadores





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

Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN INGENIERIA EN
PRODUCCION**

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

METODOS Y PROCEDIMIENTOS

**EXPOSITOR: ING. DANIEL RODRÍGUEZ RESENDIZ
PALACIO DE MINERIA
MARZO DEL 2001**

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.

Estudio del Trabajo.

Es la expresión que se utiliza para designar las técnicas de estudio de métodos y de la medida del trabajo y mediante los cuales se asegura el mejor aprovechamiento de los recursos humanos y materiales para llevar a cabo una tarea.

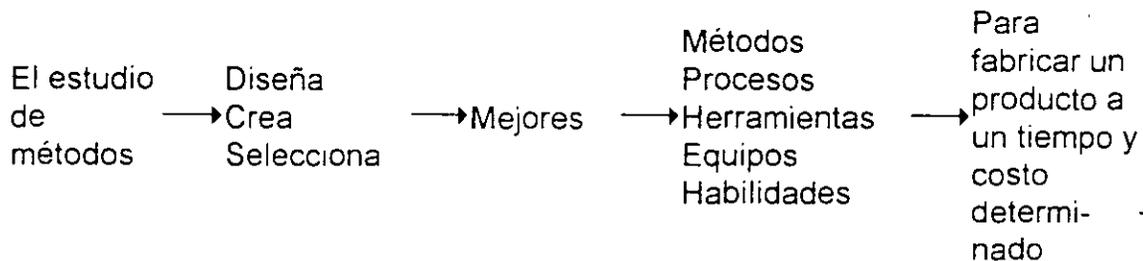
Los objetivos del Estudio de Trabajo son:

- * Mejorar los procesos, procedimientos y métodos;
- * Mejorar la distribución de la fábrica, así como también el diseño de equipo e instalaciones;
- * Economizar el esfuerzo humano y disminuir la fatiga innecesaria;
- * Incrementar la productividad de los 3 elementos de la producción, es decir: mano de obra, materiales e instalaciones; y
- * Crear mejores condiciones de trabajo.

Estudio de métodos.

Es el registro, análisis y examen crítico y sistemático de los modos existentes y propuestos de llevar a cabo una tarea, y así como también el desarrollo y aplicación de métodos sencillos y eficaces.

También se dice que es el procedimiento sistemático del escrutinio de actividades directas e indirectas para facilitar el trabajo, minimizando tiempo y costo.



Procedimiento Sistemático para realizar un estudio de métodos.

- 1 - Seleccionar el trabajo motivo del estudio.
- 2.- Registrar todos los hechos relativos al método actual mediante la observación directa.
- 3 - Examinar críticamente esos hechos utilizando las técnicas más apropiadas a cada caso.
- 4.- Desarrollar el método más sencillo y eficaz.

5.- Adoptar el nuevo método como práctica uniforme.

6.- Mantener el nuevo método mediante comprobaciones regulares.

En cuanto al primer punto deberán hacerse tres tipos de consideraciones:

- a) Económicas;
- b) Técnicas;
- c) Humanas.

Las económicas significan que deberán escogerse trabajos que sean muy repetitivos y que tiendan a durar en el tiempo.

Las consideraciones técnicas deben tomar en cuenta que pueden existir factores que impiden el mejoramiento del método o aumento de la producción

Las consideraciones humanas son las más difíciles de prever, se debe instruir y comunicarse en forma general con supervisores y todo el personal obrero involucrado acerca de las ventajas del estudio, si a pesar de ello el estudio de métodos causa malestares o resentimientos hay que abandonarlo por más prometedor que parezca.

Durante el registro de datos en los diferentes diagramas nos será de gran utilidad el empleo de los 5 símbolos básicos, razón por la cuál debemos dominar su intención, comprenderlos y utilizarlos.

Símbolos.

○ Operación.- Decimos que hay operación cuando se modifican intencionalmente las características físicas o químicas de un artículo, cuando de monta o desmonta en relación a otro objetivo, cuando se prepara para la operación siguiente, cuando se completa o produce algo.

□ Inspección - Decimos que hay inspección cuando un objeto es examinado para fines de identificación, para comprobar cantidad o calidad de sus propiedades. La inspección no contribuye a la conversión del material en producto terminado. Sirve para comprobar si una actividad ha sido terminada correctamente en lo que se refiere a cantidad o calidad.

⇒ Transporte.- Hay transporte cuando un objeto es trasladado de un lugar a otro, salvo que sea trasladado dentro de una operación o inspección usamos el símbolo de transporte siempre que haya manipulación del material o desplazamiento del operario.

⊙ Almacenamiento temporal o demora - Se presenta precisamente cuando el material es retenido en algún punto de su recorrido o durante alguna etapa del proceso

▽ Almacenamiento - Existe almacenamiento cuando un objeto es guardado o protegido contra el traslado no autorizado del mismo. La diferencia entre

almacenamiento temporal y almacenamiento consiste en que para sacar un artículo que está en almacenamiento se necesita un vale o autorización que no existe en el temporal.

⊖ **Actividad combinada.**- Cuando se desea expresar actividades ejecutadas al mismo tiempo o por el mismo operario, se combinan los símbolos de estas actividades.

Análisis de Métodos de Trabajo por medio de Diagramas.

En el estudio de métodos es de gran utilidad el empleo de diversos diagramas dado que por medio de ellos podemos conocer características del proceso productivo.

El empleo de diagramas nos sirve para:

- a) Saber cómo, con qué, y cuánto tiempo se elabora un producto o serie de productos.
- b) Compara la eficiencia de varios métodos en igualdad de condiciones
- c) También nos sirve para repartir la tarea dentro de los grupos de trabajo.
- d) Para conocer el recorrido que siguen los materiales u operarios para un proceso o producto dado.

Para la elaboración de los diagramas es necesario que primero se observe perfectamente el proceso y se tomen tantas notas como sea necesario, excepto cuando se intente la elaboración del diagramado de un método propuesto, pues en este caso se requiere primero de una investigación exhaustiva y posteriormente mucho trabajo de gabinete

Todos los diagramas deben llevar un encabezado, el cual debe llevar al menos los siguientes datos.

- * Nombre de la empresa o razón social;
- * Fecha o periodo de la observación;
- * Identificación del operario observado;
- * Identificación del observador;
- * Producto, pieza, elemento en elaboración,
- * Máquina en la que se elabora;
- * Area o departamento;

*Resumen.

Operaciones del Proceso o Cursograma Sinóptico.

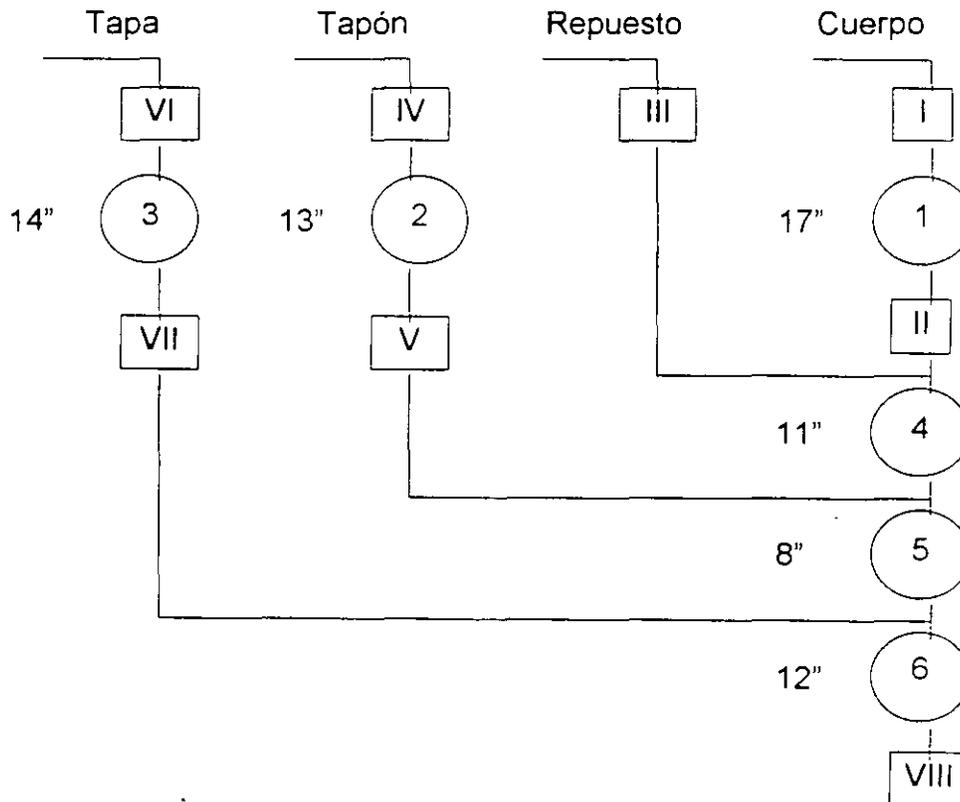
Es de suma utilidad contar con un gráfico que nos permita observar de una sola ojeada la totalidad del proceso.

El cursograma sinóptico es la representación gráfica de la sucesión de todas las operaciones e inspecciones de que consta el proceso, con indicaciones de los puntos de entrada de los materiales.

Responde a la pregunta ¿Cómo se realiza?, utiliza únicamente los símbolos de operación e inspección sin tomar en cuenta ¿Quién? y ¿Dónde se ejecuta?, suele indicarse adjunto a cada símbolo el tiempo asignado para realizar esa actividad.

Se comienza con una línea vertical a la derecha de la hoja para indicar las operaciones e inspecciones del elemento principal, el tiempo de la actividad se indica a la izquierda de cada símbolo, en hoja aparte se da una explicación breve de la operación o inspección indicando la máquina o herramienta utilizada. Es muy importante la forma de numerar, pues la misma nos va a señalar la secuencia del armado o ensamble.

La elaboración y lectura del diagrama es de derecha a izquierda y de arriba hacia abajo, se recomienda dividirlo por componente



Operaciones:

1.- Rebabeo con máquina X-14

2.- Rebabeo con máquina X-15

Inspecciones:

I.- Verificar cantidad de rebaba.

II.- Verificar la carencia de rebaba.

Análisis del proceso o cursograma Analítico.

En este diagrama se va señalando el curso que sigue el material o el operario (no ambos), diferenciando con precisión de que actividad se trata, al final se contabiliza cuantas ocasiones se lleva a cabo cada actividad, que tiempo total se llevó, que distancia total se recorre, etc.

Descripción	Cant.	T.	Mts.	○	□	⇒	D	▽	●	Observaciones
Verifica asistencia visualmente		4			●					
A escritorio	1	12	10			●				
Deja portafolios	1	4		●						
Quitarse saco	1	4		●						
Abrir portafolios	1	8		●						
Sacar notas	1	16							●	
A tarima	1	4	2 5			●				

Resumen:

	Método Actual	Método Propuesto	Economías
○			
□			
⇒			
D			
▽			
●			
Total de Acts.			
Tiempo			
Dist. en metros			

Diagrama de Proceso de Flujo.

Es una variación del cursograma analítico, lleva distancia, símbolo y explicación o descripción, enumerando los símbolos como en el cursograma sinóptico

Diagrama Bimanual.

El diagrama bimanual registra el trabajo de las dos manos en relación a una escala de tiempos, esta escala nos facilita la ubicación de los símbolos en cada una de las actividades que se realiza.

El símbolo del almacenamiento no se utiliza por la definición del mismo, los movimientos de la mano para inspeccionar una pieza cabe clasificarlos como operación ya que rara vez es la mano la que inspecciona.

La hoja de análisis debe llevar un croquis del lugar o del dispositivo del trabajo, además de un resumen de movimientos.

Al registrar se deben anotar los movimientos de una mano cada vez, pero teniendo en cuenta a cada actividad de una mano debe corresponder una actividad de la otra. También con este diagrama puede diagramarse el accionar de los pies.

Mano Izquierda				Mano Derecha					
Descripción	○	□	⇒	⏏	⏏	⇒	□	○	Descripción

Diagrama de Actividades Múltiples, de Grupo o de Hombre-Máquina.

Es un diagrama en el cual se registra la sucesión de actividades interdependientes de varios operarios o varias máquinas. Se utiliza cuando es necesario analizar por medio de una gráfica las actividades de un operario con relación a otro, el diagrama expone claramente los tiempos improductivos mediante la representación en columnas separadas de la actividad de los operarios y con la confrontación de una escala común de tiempos.

Es sumamente útil para organizar equipos de trabajadores en producción en serie o en tareas de mantenimiento.

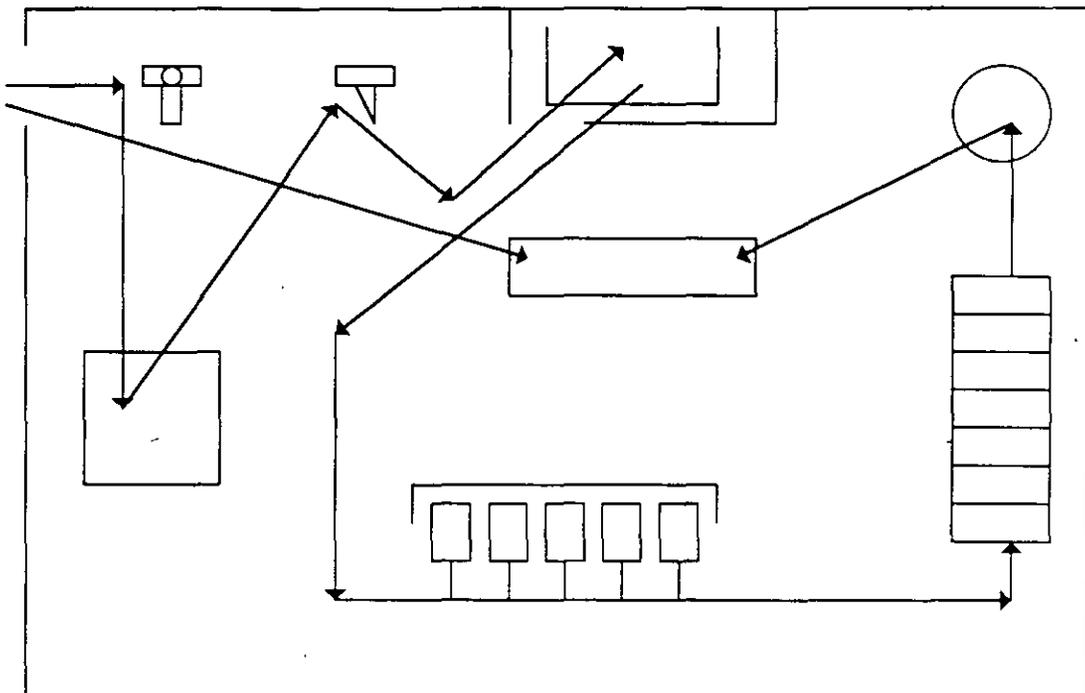
No se emplea ningún símbolo, tan sólo se menciona la actividad, graficando exactamente la cantidad de tiempo que requiere ésta, se gráfica por igual las actividades productivas y las no productivas, diferenciando las productivas por medio de líneas, colores, etc

Tiempo (segs)	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4
10	1			
60		3	2	
80	4		6	
				5

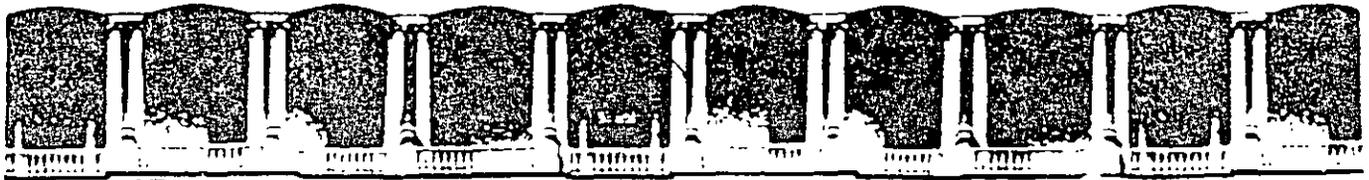
Diagrama de flujo.

Este diagrama consiste básicamente en un plano a escala del lugar, conteniendo la maquinaria y equipo en el lugar preciso. No se considera que tipo de actividad se realiza en cada centro de trabajo, tan sólo el recorrido que sigue el material u operario.

El diagrama nos ayuda a conocer que pasillos se congestionan o las distancias que se recorren.



	ANALISIS		CRITICA	ESTUDIO DE MEJORA
	HECHOS	RAZONES	COMPARACION	PROPUESTAS
PROPOSITO	¿Qué actividad se lleva a cabo?	¿Por qué se realiza?	¿Es necesario?	¿Se puede evitar?
LUGAR	¿Dónde se lleva a cabo?	¿Por qué en ese lugar?	¿Es el lugar más indicado?	¿Se puede cambiar?
SUCESION	¿Cuándo se lleva a cabo?	¿Por qué en ese momento?	¿Es el mejor momento?	¿Se puede combinar con otra operación?
PERSONA	¿Quién la lleva a cabo?	¿Por qué esa persona?	¿Es la persona más indicada?	¿Se puede evitar o cambiar la persona que lo ejecuta?
MEDIOS	¿Cómo se lleva a cabo?	¿Por qué de esa manera y con ese material?	¿Es el mejor método? ¿Es el mejor medio?	¿Se puede mejorar el método o medio?



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

Tres décadas de orgullosa excelencia” 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN INGENIERIA EN
PRODUCCION**

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

MEJORA CONTINUA

**EXPOSITOR: M. EN I. SILVINA HERNANDEZ GARCIA
PALACIO DE MINERIA
MARZO DEL 2001**

MEJORA CONTINUA.

El principio del cual parte la mejora continua es el reconocimiento de que no solamente resolviendo problemas, eliminando defectos o reduciendo desperdicios nos volveremos más competitivos en esta nueva era económica. Las nuevas estrategias de productividad señalan ir más allá de los problemas, los defectos y los desperdicios para buscar las oportunidades de sobresalir continuamente al estado actual.

Mejora continua significa mejoramiento progresivo global pues involucra a todos, incluyendo la forma de vida. Su mensaje es que no debe pasar un día sin que se realice una clase de mejoramiento

La aplicación de la mejora continua no señala estándares fijos sino estándares que de forma progresiva aumenten sus nivel puesto que el mejoramiento progresivo solo se logra cuando la gente trabaja para estándares mas y mas altos. En su aplicación se tiene en cuenta que los estándares no son establecidos a voluntad de mandos intermedios o altos mandos, los estándares deben estar establecidos a voluntad del trabajador. Un trabajador a quien se a fomentado una cultura de desarrollo deberá participar en el establecimiento de estándares con el fin de que estos sean congruentes con las capacidades y signifiquen un reto al trabajador, quien formando parte de este proceso, asume un compromiso con cual se sentirá continuamente motivado.

La mejora continua no significa, a contraparte de las estrategias occidentales, un cambio repentino, brusco y dramático. Esto refiere la bondad del proceso ya que no requiere de una técnica sofisticada o tecnología avanzada. Para implementar la mejora continua solo se necesitan técnicas sencillas y convencionales como las herramientas de control de calidad. El único requerimiento riguroso y difícil de conseguir en las organizaciones, es creer en las personas que la conforman, la suficiente motivación hacia el cambio para mejorar en todos los aspectos.

Es importante señalar que no son los niveles operativos ni los niveles de supervisión en quienes se encuentra únicamente el rechazo y el miedo al cambio. En muchas empresas el principal factor de rechazo se encuentra en la alta administración y tiene como fundamento el que los empresarios buscan únicamente los beneficios para ellos, no teniendo conciencia que la mejora continua implica al factor humano ante todo. Empleados que no sientan beneficios en su persona de las mejoras implementadas rara vez se sentirán estimulados para aportar su esfuerzo en mejorar. Los trabajadores de todos los niveles agregan valor no por el simple hecho de estar al cuidado de una máquina o llevando a cabo rutinas, sino descubriendo continuamente oportunidades de mejora del producto y del proceso

La relación operativa de la mejora continua en la organización genérica establece las siguientes funciones.

- Alta administración: De aquí debe surgir la decisión de la mejora continua como estrategia. Para que la estrategia funcione los primeros en comprometerse con la filosofía de mejora continua deben ser los elementos que conforman la alta administración; debe ser en esta área donde surja el apoyo y la autorización de recursos destinados a la mejora continua, se dictan las políticas que han de regir en la estrategia de mejora continua, dictan las metas y construyen los sistemas que han de regir a la mejora continua.

- Administración media y Staff: El despliegue y la ejecución de las metas es su principal compromiso, son ellos quienes establecen los estándares dinámicos y diseñan su evolución, se encargan de concientizar a todos respecto a la filosofía de mejora continua, ayudan a desarrollar habilidades y herramientas para la solución de problemas.

Supervisores: Lleván a cabo la mejora continua en roles funcionales, formulan los planes para la mejora continua y orientan a los trabajadores respecto a dichos planes; siendo las cabezas inmediatas los trabajadores que tienen la responsabilidad de enlazar de manera eficaz la comunicación entre los trabajadores y los administrativos; deben ser personas capaces de mantener alta la moral y no solo comunicar los logros a los trabajadores sino hacerles partícipes de dichos logros, ellos establecen el sistema de sugerencias y deben ser los que mas aporten a el. La disciplina, riguroso factor de éxito para la mejora continua, se establece por disposición de ellos.

Las ventajas de la mejora continua son entre otras:

Trabajan bien en economías de crecimiento lento y continuo.

Mejor adaptadas para economías de crecimiento rápido y discontinuo.

Dentro de un programa de mejora continua existen cuatro orientaciones funcionales dependiendo de la complejidad y el nivel del proceso.

1.- Mejora continua orientada a la administración Pilar vital, se concentra en puntos logísticos y estratégicos de máxima importancia y proporciona el impulso para mantener el progreso y la moral, la administración japonesa por lo general cree que un gerente debe dedicar cuando menos el 50% de su tiempo al mejoramiento.

2.- Mejora continua en instalaciones. El personal de fábrica toma por concebido que incluso la maquinaria mejor diseñada necesita ser reformada y mejorada en la práctica; como resultado, la generalidad de las fábricas tienen capacidad interna para reparar y construir su maquinaria.

3.- Mejora continua orientada al grupo. La mejora continua considera un enfoque de sistemas, no se puede realizar aislando a los individuos, sino considerándolos como parte funcional de un todo; de aquí la promoción para la realización de grupos de mejora continua y círculos de control de calidad en los que se elabora el círculo Demming en el que se desarrolla un plan de mejora, se lleva a cabo el plan, se estudia los resultados y se actúa sobre los resultados. Todo ello en forma grupal

4.- Mejora continua orientada al individuo. Su manifestación es en base al sistema de sugerencias, el buen funcionamiento de este garantiza la participación de forma individual del talento de los empleados; mejora continua es un enfoque humanista, porque espera que todos, verdaderamente todos participen en ella. Está basada en la creencia de que todo ser humano puede contribuir a mejorar su lugar de trabajo donde pasa la tercera parte de su vida.

METODOLOGIA:

Ciclo de mejora continua:

I. PLAN

Desarrolle un plan para mejorar

Paso 1: Identifique la oportunidad de mejora

Paso 2. Documente el proceso presente.

Paso 3: Cree una visión del proceso mejorado

Paso 4. Defina los límites (scope) del esfuerzo de mejora

II. HACER

Lleve a cabo el plan

Paso 5. Con clientes, y durante algún tiempo, haga a una pequeña escala piloto de los cambios propuestos

III. VERIFICAR

Estudie los resultados

Paso 6. Observe lo aprendido acerca de la mejora del proceso.

IV. ACTUAR

Ajuste el proceso basado en sus nuevos conocimientos

Paso 7: Haga operativa la nueva mezcla de recursos.

Paso 8: Repita los pasos (ciclo) en la primera oportunidad.

Etapa de planear, paso 1:

Identifique la oportunidad de mejora

Este proceso se logra comparando la "voz del cliente" con "la voz del proceso". Muchas veces estas dos voces no están parejas. Esta es una oportunidad de mejora a la que llaman laguna (gap). También es conocida como la capacidad del proceso.

Tanto la voz del cliente, como la voz del proceso cambian o varían con el tiempo. La estabilidad estadística de cada voz también es crítica para la decisión que se adopte con miras a reducir la laguna. De vital importancia es igualmente el proceso mediante el cual se mide y se estima cada voz. El doctor Demming nos recuerda que al aplicar un procedimiento se obtiene un estimado. Si usted aplica otro procedimiento, obtendrá un estimado diferente. De hecho, si aplica el mismo procedimiento dos veces, obtendrá dos estimados diferentes.

La oportunidad de mejorar respecto al tiempo es una de las tres características que todo gerente de proceso debiera alcanzar, las otras características son calidad y costo. La gerencia puede interpretar la voz del cliente como el deseo de que el tiempo de desarrollo de un nuevo vehículo automotor, desde el concepto inicial hasta su comercialización, debiera ser de 48 meses.

La voz del proceso, que es la distribución del tiempo real para entregar un determinado número de vehículos nuevos, nos dice que, normalmente, el tiempo de entrega es de alrededor de 70 meses, siendo de 66 meses el tiempo menor, y de 74 meses el mayor. La oportunidad de mejora estriba en reducir el promedio del proceso a 48 meses, y también en reducir su variabilidad.

Etapa de planear, paso 2:

Documente el proceso presente.

El propósito de este paso es empezar a ver la red interdependiente de clientes y proveedores mediante un diagrama de flujo del proceso o un mapa de proceso.

Durante el primer recorrido por los diferentes pasos, se debe visualizar el proceso. Pero el verdadero valor radica en la aportación de la perspectiva por parte de los demás miembros del equipo. Existen muchas formas de elaborar diagramas de flujo. Sea cual fuere la que usted elija, los elementos esenciales

que debe incluir son las representación gráfica de las interfaces cliente-proveedor y los vínculos pertinentes del personal, material, métodos, equipo y medio ambiente.

**Etapas de planear, paso 3:
Cree una visión del proceso mejorado.**

Es semejante al segundo paso. Una vez descrito el proceso actual, y de acuerdo con nuestra percepción del mismo, debe crearse una visión del proceso mejorado. En otras palabras "visualizar", "imaginar" o "buscar las posibilidades" de como podría verse si las restricciones fueran mínimas

Los pasos 2 y 3 pueden alterarse, pero lo primero que se debe realizar es una descripción del proceso existente, especialmente cuando se trata de procesos complejos, es más fácil detectar algunas de las fallas e ineficiencias existentes que probablemente habría incorporado en la visión ya que se ignoraba su existencia.

Visualizar no es una tarea fácil debido a lo que el Doctor William Ouchi llama aprendizaje supersticioso. Hacemos muchas cosas sin preguntar porque no las han enseñado tan cuidadosamente, como en el caso de la pequeñita y su receta del pan tostado. El proceso para desarrollar una "visión" ayuda en gran manera si nos damos el tiempo necesario para definir operativamente que es lo que creemos que el cliente realmente quiere o necesita, y si nos concentramos en aquellos pasos que agregan valor.

**Etapas de planear, paso 4:
Defina el campo de acción del esfuerzo de mejora.**

No debe pasarse a esta etapa sin antes haber pasado por las tres anteriores y cuando uno se encuentre preparado para definir su plan de mejora.

El plan es una declaración de intención, es una predicción de una mezcla futura de personal, método, material, equipo y medio ambiente. Si se combinan de cierta manera la laguna disminuirá o desaparecerá. El plan debe preguntar, ¿Quién?, ¿Qué?, ¿Cuándo?, ¿Dónde?, ¿Cuánto?, y ¿Porque?.

El plan debe contemplar la participación de equipo de clientes y proveedores, así como de individuos aislados, expertos en la materia. Cuando se trata de mejoras drásticas, el plan incorpora expertos en materias que aparentemente no tiene relación con el tema. Deben definirse los roles y las responsabilidades individuales de todo el personal, así como aquello que deberá aplazarse o reprogramarse para dedicar el tiempo necesario a trabajar en el esfuerzo de mejoras. También deben definirse las fronteras o límites del proceso y las características clave relevantes.

La pregunta favorita del doctor Demming es "¿Cuál será el método mediante el que va a mejorar?". El plan debe equilibrarse para impedir deterioros a corto plazo y mejoras a largo plazo. Usted debe procurar que los aspectos negativos se eliminen mientras que se resaltan los positivos. Deben trasladar el aprendizaje de ciclos previos y anticipar el punto focal de ciclos futuros. Debe balancear todo lo antes dicho en tres niveles: físico, lógico y emocional.

Y puesto que cada persona aprende de manera diferente el plan puede adoptar formas diversas. La forma gráfica representa una planeación optimada del espacio y del tiempo, así como las demás características antes mencionadas. Una representación gráfica de tal naturaleza es una matriz de objetivos compartidos con acciones entrelazadas.

Etapas de hacer, paso 5:

Realice con los clientes durante un tiempo y a pequeña escala, pruebas piloto de los cambios propuestos.

Pensar un poco con cierto criterio estadístico puede ayudar al avance del conocimiento: en lugar de considerar un factor a la vez, que pudiera resultar en un costoso refuerzo de paradigmas, realizar un experimento más eficiente y útil. El diseño de experimentos tiene mejor aplicación cuando se varían diversos factores a la vez. Existen muchos diseños disponibles: factoriales completos o fraccionados, diseño de selección tales como Taguchi o Plackett y Burman, y los experimentos acelerados para pruebas de contabilidad

Es muy importante saber que, pese a lo que quieran venderle los consultores, no existe ningún diseño único o de aplicación universal. El diseño que usted elija deberá permitirle descubrir interacciones entre los insumos y las salidas o productos, lo cual es obligatorio si desea ir más allá de las soluciones que puedan ofrecerle los mejores expertos

No hay que pensar que los experimentos sólo son aplicables a cosas tangibles (hardware) o equipos; experimente con un cambio organizacional o tal vez con un cambio de método, o cambiar el medio ambiente o el personal ¿Hubo interacciones que no fueran previstas en su plan? Pueden ser positivas o negativas. Si lo que quiere es hacer mejoras de orden de magnitud, debe estar especialmente atento a las mezclas positivas, sinérgicas, de los recursos en los que todo es mayor que la suma de las partes. Del mismo modo con las negativas mezcladas antagónicas, en las que todo es menor que la suma de las partes

Si las circunstancias lo permiten, resulta importante experimentar a pequeña escala. Tal vez un número reducido de experimentos pequeños para que en ningún momento la empresa se exponga a un riesgo excesivo. Para verificar o mejorar los alcances (voz del cliente) es igualmente importante involucrarlo o exponerlo al experimento

Etapa de estudio, paso 6:

Observe lo aprendido acerca de la mejora del proceso.

El experimento se realizó para ver si los cambios que habíamos planeado en el proceso darían por resultado una laguna menor. En otras palabras, teníamos la expectativa de verificar que la capacidad del proceso había mejorado. En ocasiones no hay mejora aparente; en otras, la laguna crece, y en otras más, se reduce. Sin embargo, debemos aprender del resultado, sin importar cual ha sido. La brecha puede mejorar debido a que se movieron a voz del cliente, o la voz del proceso o ambas. El conocimiento dependerá de las particularidades del movimiento, no del cambio en sí.

Un requisito necesario es el previo control estadístico para mejoras posteriores, porque si los resultados no son predecibles, no podrán proyectarse racionalmente las salidas o los resultados derivados de cualquier cambio que hagamos en el proceso.

Etapa de "actuar", paso 7:

Ponga en operación la nueva mezcla de recursos mediante objetivos compartidos y acciones entrelazadas.

Puede resumirse en las preguntas: ¿Quién?, ¿Qué?, ¿Cuándo?, ¿Dónde?, ¿Por qué?, ¿Cómo?, ¿Cuánto?

Usando los objetivos compartidos y la matriz de acciones entrelazadas que desarrollamos en el paso 4, el primer trabajo del equipo de mejoramiento es actualizarlo, reflejando así lo aprendido en la prueba piloto, y desplegarlo entre los diferentes niveles de gerentes de procesos que se haya determinado como esenciales para poner en acción las mejoras

Etapa de actuar, paso 8:

Repita los pasos (ciclo) en la primera oportunidad.

Al mismo tiempo que está haciéndose permanente la mejora piloteada en el paso 7, debe determinarse de dónde provendrá la siguiente iteración o mejora requerida. Para hacerlo, deben verse las lagunas restantes en éste y en otros procesos. ¿Hay alguna(s) cuyas pérdidas sean tan grandes que nos impulsen a empezar ahí el siguiente ciclo? Pudiera ser que el mismo proceso se necesiten mejoras ulteriores que aporten mayores beneficios.

El método de mejoramiento de 8 pasos que he esbozado en este capítulo es una mezcla sinérgica de ciencia y filosofía. La ciencia o las raíces estadísticas pueden ser más obvias que la filosofía o la psicología

I. PLAN

Desarrolle un plan para mejorar

Paso 1: Identifique la oportunidad de mejora.

Paso 2: Documente el proceso presente.

Paso 3: Cree una visión del proceso mejorado.

Paso 4: Defina los límites (scope) del esfuerzo de mejora.

II. HACER

Lleve a cabo el plan

Paso 5: Con clientes, y durante algún tiempo, haga a una pequeña escala piloto de los cambios propuestos.

III. VERIFICAR

Estudie los resultados

Paso 6: Observe lo aprendido acerca de la mejora del proceso.

IV. ACTUAR

Ajuste el proceso basado en sus nuevos coocimientos

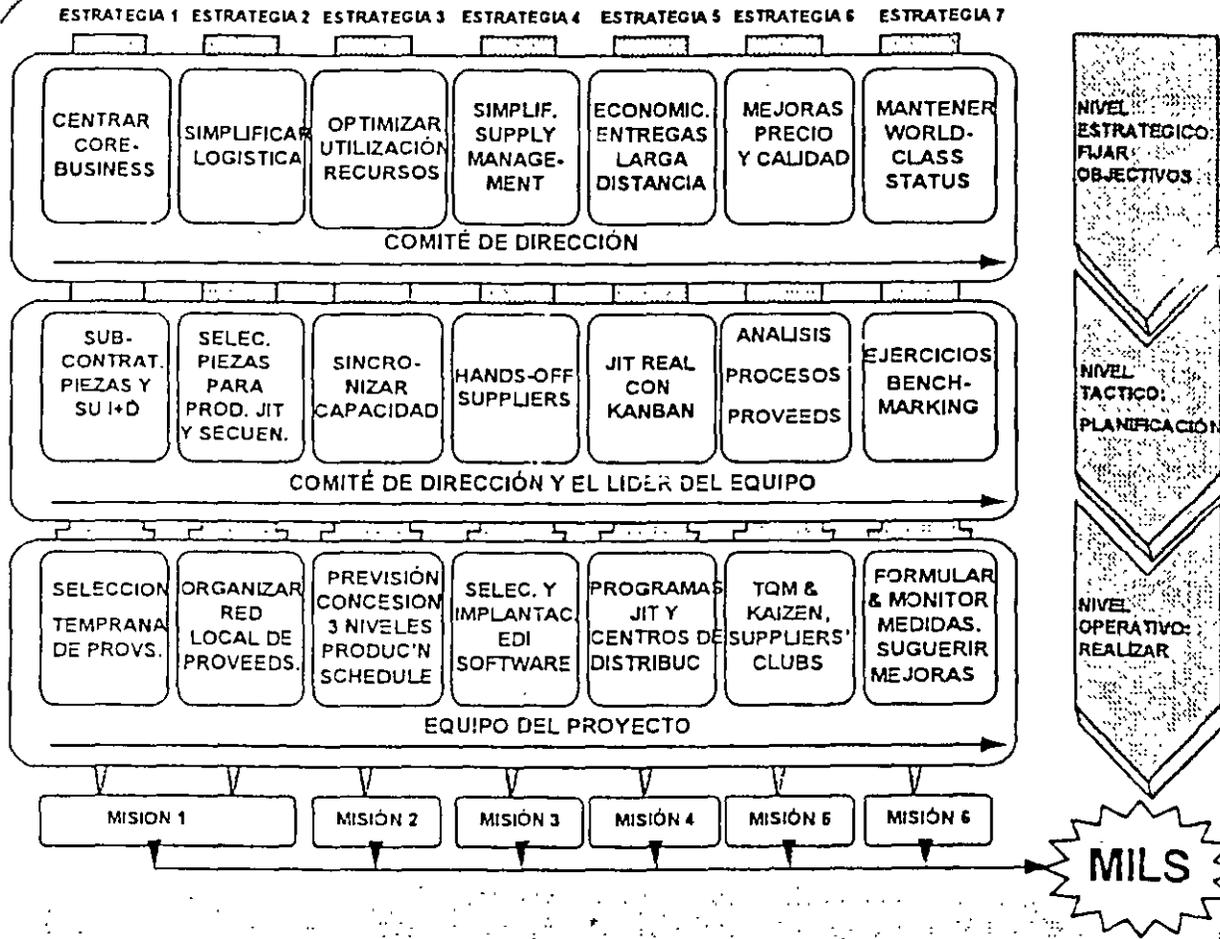
Paso 7: Haga operativa la nueva mezcla de recursos.

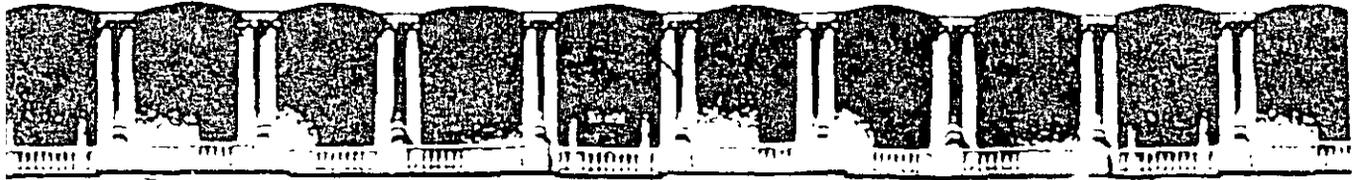
Paso 8: Repita los pasos (ciclo) en la primera oportunidad.

El sistema de planificación y diseño del sistema productivo

Inputs	Planificación y diseño del proceso		Outputs
<p>1 Información sobre bienes y servicios</p> <ul style="list-style-type: none"> - Demanda - Precios/Volumenes - Tendencias - Entorno competitivo - Deseos y necesidades de los clientes - Características deseadas para los productos <p>2 Información sobre el sistema productivo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Disponibilidad de recursos - Economías de producción - Tecnologías conocidas - Tecnologías que se pueden adquirir - Fortalezas - Debilidades <p>3 Estrategía de operaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estrategías de posicionamiento - Armas competitivas necesarias - Asignación de recursos - Enfoque de las plantas 	<p>1 Selección del tipo de proceso</p> <ul style="list-style-type: none"> - Coordinado con las estrategias <p>2 Estudios de integración vertical</p> <ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de los proveedores - Decisiones de adquisición - Decisiones de fabricar o comprar <p>3 Estudios de productos/procesos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pasos tecnológicos principales y secundarios - Simplificación de productos - Estandarización de productos 	<p>4 Estudios sobre equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nivel de automatización - Conexiones entre máquinas - Selección de equipos - Selección de herramientas <p>5 Estudios sobre procedimientos productivos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Secuencia de fabricación - Especificaciones de materiales - Necesidad de personal <p>6 Estudios sobre instalaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diseño de construcciones - Distribución de planta 	<p>1 Procesos tecnológicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diseño de procesos - Vínculos entre procesos <p>2 Instalaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diseño del edificio - Distribución en planta - Selección de equipo <p>3 Estimaciones sobre necesidades de personal</p> <ul style="list-style-type: none"> - Necesidades de destreza - Tamaño de la plantilla - Necesidades de formación y readiestramiento - Necesidades de supervisión

El Método de Implantación de 'lean supply'
 (Fuente: Elaboración propia)





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

Tres décadas de orgullosa excelencia” 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN INGENIERIA EN
PRODUCCION**

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

REINGENIERIA

**EXPOSITOR: M. EN I. LOURDES ARELLANO BOLIO
PALACIO DE MINERIA
MARZO DEL 2001**

REINGENIERÍA

Introducción

¿Cómo surgió el concepto de reingeniería de negocios y cómo desarrollamos una metodología para su ejecución? Hace unos diez años, empezamos a observar que unas pocas compañías habían mejorado espectacularmente su rendimiento en una o más áreas de su negocio cambiando radicalmente las formas en que trabajan. No habían cambiado el negocio a que se dedicaban sino que habían alterado en forma significativa los procesos que seguían en dichos negocios, o incluso habían cambiado totalmente los viejos procedimientos.

Al mismo tiempo, trabajamos activamente para ayudar a algunos de nuestros clientes a desarrollar nuevas técnicas que les permitieran sobrevivir -y hasta prosperar- en un clima competitivo cada vez más duro.

Con la reingeniería no se busca mejorar el negocio mediante avances incrementales; su meta es un salto de magnitud exponencial en rendimiento, una mejora del cien por ciento o aún diez veces mayor, que se puede alcanzar con procesos del trabajo y estructuras totalmente nuevas (orientación a procesos).

Nuestros empresarios, ejecutivos y gerentes crearon y dirigieron compañías que, durante más de cien años correspondieron a la demanda siempre creciente de productos y servicios para un mercado masivo. Estos administradores y sus empresas fijaron las normas de desempeño para el resto del mundo de los negocios. Lamentablemente ya no es el caso.

La división de trabajo aumentó la productividad de los operarios que hacían alfileres por un factor de centenares. La ventaja, escribió Adam Smith, se debe a tres circunstancias distintas: en primer lugar el aumento de destreza de todos los obreros; en segundo lugar, el ahorro de tiempo que suelen perderse pasando de una clase de trabajo a otra; y por último, al inventarlo de un gran número de máquinas que facilitan y acortan el trabajo y le permiten a un hombre hacer el trabajo de muchos.

Los siguientes grandes pasos revolucionarios en el desarrollo de las organizaciones industriales modernas se dieron a principios del siglo XX y se debieron a dos pioneros del automóvil: Henry Ford y Alfred Sloan.

El modelo organizacional desarrollado en los Estados Unidos, se adoptó rápidamente en Europa y luego en el Japón, después de la Segunda Guerra Mundial. Habiéndose proyectado por un periodo de fuerte y creciente demanda, y por lo tanto de crecimiento acelerado, esta organización corporativa se acomodaba perfectamente a las circunstancias de la postguerra.

La actual crisis de competitividad global que afrontan las empresas no es el resultado de una recesión económica temporal ni de un punto bajo en el ciclo de los negocios. En el ambiente de hoy nada es constante ni previsible; ni crecimiento del mercado, ni demanda de los clientes, ni ciclo de vida de los productos, ni tasa de cambio tecnológico, ni naturaleza de la competencia. El mundo de Adam Smith y sus maneras de hacer negocios son el paradigma del ayer.

Tres fuerzas por separado y en combinación, están impulsando a las compañías a penetrar cada vez más en el territorio que para la mayoría de los ejecutivos y administradores es atterradoramente desconocido. Llamamos a estas fuerzas las tres Ces: Clientes, Competencia y Cambio.

Palabra clave: Radical.

Al hablar de reingeniería, rediseñar radicalmente significa destacar todas las estructuras y los procedimientos existentes e inventar maneras de realizar el trabajo. Rediseñar es reinventar el negocio, no mejorarlo o modificarlo.

Definición:

La reingeniería es el rediseño radical de procesos para alcanzar mejoras espectaculares bajo nuevos parámetros de eficiencia; tales como: calidad, servicio, costo y tiempo.

BENCHMARKING.

Proceso de comparación continua en una organización con lo mejor (de la competencia) que exista en el mundo, para mejorar la ejecución propia.
En un proceso de medición continuo y sistemático

PRINCIPIO BÁSICO DE LA REINGENIERÍA

Estimular las actividades con valor agregado para el cliente, y transformar o eliminar las que no lo tienen

Que no es reingeniería

- ✦ Rediseñar mejoras continuas
- ✦ Reorganizar o reestructurar la compañía
- ✦ Implantar un programa de reducción de costos
- ✦ Otra estrategia de calidad
- ✦ Acelerar el proceso de automatización

La reingeniería implica un cambio radical con un enfoque totalmente innovador.

Objetivos de la reingeniería.

- ✦ Conducir el rediseño de los productos centrales y correlacionados con las metas estratégicas y los requerimientos del cliente.
- ✦ Identificar los puntos claves (cuellos de botella) para alcanzar resultados importantes.
- ✦ Establecer prioridades para crear un ambiente óptimo para el rediseño.
- ✦ Seguir alentando las mejoras continuas una vez aplicada la reingeniería, para que el proceso no se estanque

DIFERENCIAS FUNDAMENTALES ENTRE MEJORA CONTINUA Y REINGENIERÍA

Mejora continua.- Estableciendo las interrelaciones entre las variables causales, planteando el escenario deseado (Benchmarking) y definiendo como alcanzar los objetivos y metas establecidos; respetando los principios operativos y organizacionales vigentes.

EL CAMBIO SE VUELVE CONSTANTE

Con la globalización de la economía las compañías se van ante un número mayor de competidores, cada uno de los cuales puede introducir en el mercado innovaciones de productos y servicios. La rapidez del cambio tecnológico también promueve la innovación. Los ciclos de vida de los productos han pasado de años a meses.

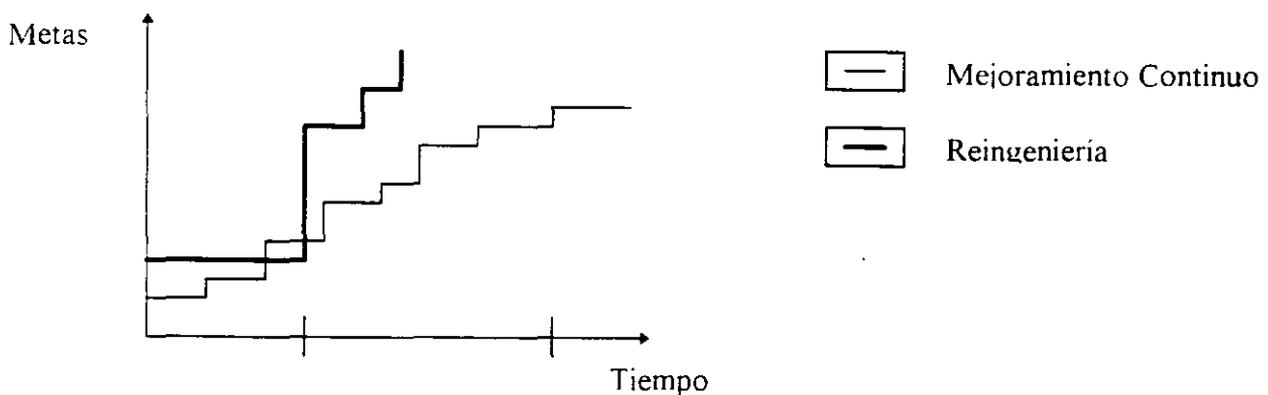
Las tres Ces - Clientes, Competencia y Cambio - han creado un nuevo mundo para los negocios y cada día se hace más evidente que organizaciones diseñadas para que funcionen en un ambiente no se puede arreglar para que funcionen en otro.

Si las compañías quieren volver a ser ganadoras tendrán que echar un vistazo a la manera de realizar su trabajo.

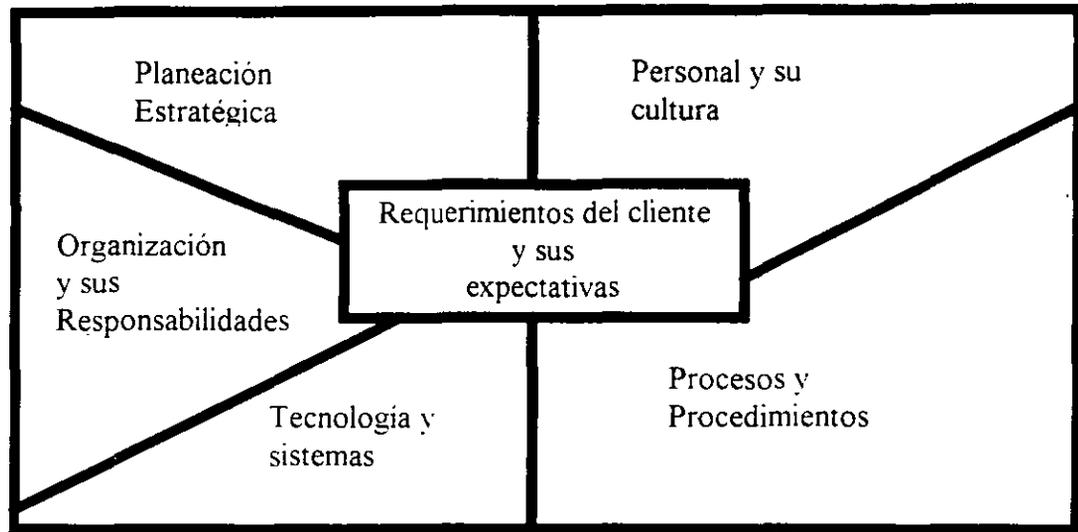
La reingeniería de negocios significa volver a empezar, arrancar de cero. yLo que importa en la reingeniería es como queremos organizar hoy el trabajo, dadas las exigencias de los mercados actuales y el potencial de las tecnologías actuales.

En la esencia de la reingeniería de negocios está la idea de pensamiento discontinuo: la identificación y el abandono de reglas y operaciones comerciales anticuadas.

Rediseño de procesos.- Por medio del rediseño de procesos, realizando cambios radicales en la cultura organizativa y en la operación para alcanzar el escenario deseado en el corto plazo.



ENFOQUE DE LA REINGENIERÍA



El mundo de la revolución industrial, está cediendo el campo a una economía global, a poderosas tecnologías informáticas y a un cambio inexorable. Se inicia la edad de la reingeniería. Los que respondan a su llamada escribirán las nuevas reglas de los negocios, todo lo que se necesita es voluntad de triunfar y valor para empezar.

CONSIDERACIONES FUNDAMENTALES

ESTRATEGIA COMERCIAL:	Entender el mercado y la competencia.
PERSONAS Y SU CULTURA:	Actitudes y aptitudes, habilidades y pretensiones.
ACTIVIDADES Y PROCESOS:	Capacidad de operación y manejo de información.
ORGANIZACIÓN:	Relaciones personales.
CLIENTE:	Características y funciones del producto, calidad del mismo

LOS CLIENTES ASUMEN EL MANDO

A partir de los primeros años 80 en Estados Unidos y en otros países desarrollados, la fuerza dominante en la relación vendedor-cliente ha cambiado. Los que mandan ya no son los vendedores son los clientes. Hoy los clientes les dicen a los proveedores qué es lo que quieren, cuándo lo quieren y cuánto pagarán.

LA COMPETENCIA SE INTENSIFICA

Los competidores de nicho han cambiado la faz de todos los mercados. Se venden artículos similares en distintos mercados sobre bases competitivas totalmente distintas: con un mercado con base en el precio, otro con base en la selección, aquí con base en la calidad y más allá con base en la calidad antes o después de la venta o durante de ella. Ya no basta ofrecer un producto o servicio satisfactorio. Si una compañía no puede plantarse hombro a hombro con la mejor del mundo en una categoría competitiva, pronto no tendrá donde pararse.

CULTURA DE LA REINGENIERÍA

El cambio de la cultura en la organización de mando por la reingeniería

De:

A:

- | | |
|---------------------------------|--|
| ✦ Evitar riesgos | ✦ Tomar riesgos |
| ✦ Miedo al error | ✦ Aprender de la experiencia |
| ✦ Enfoque endógeno | ✦ Enfoque hacia el cliente, la experiencia y los proveedores |
| ✦ Atención al procedimiento | ✦ Atención a resultados |
| ✦ Decisiones verticales | ✦ Estimular decisiones grupales |
| ✦ Análisis excesivos | ✦ Actitud hacia la acción |
| ✦ Enfoque en el corto plazo | ✦ Visión a largo plazo |
| ✦ Enfocando a las funciones | ✦ Enfocado a los procesos |
| ✦ Metas en términos financieros | ✦ Metas en términos de valor agregado y servicio al cliente |

SIGNIFICADO PARA LA ORGANIZACIÓN

- ✦ Reemplazar estructuras obsoletas
- ✦ Remover líneas de mando
- ✦ Cambio en el papel de los trabajadores empleados
- ✦ Necesidades de asumir retos
- ✦ Remover barreras organizacionales
- ✦ Nuevo sistema de estímulos y compensaciones
- ✦ Actitud de compromiso

Fase 1: PLANTEAMIENTOS INICIALES

Objetivo de un proyecto de reingeniería

Lograr compañías expeditas, ágiles, flexibles, diligentes, competitivas, innovadoras, eficientes, enfocadas al cliente y rentables.

HORIZONTE DE PLANEACIÓN

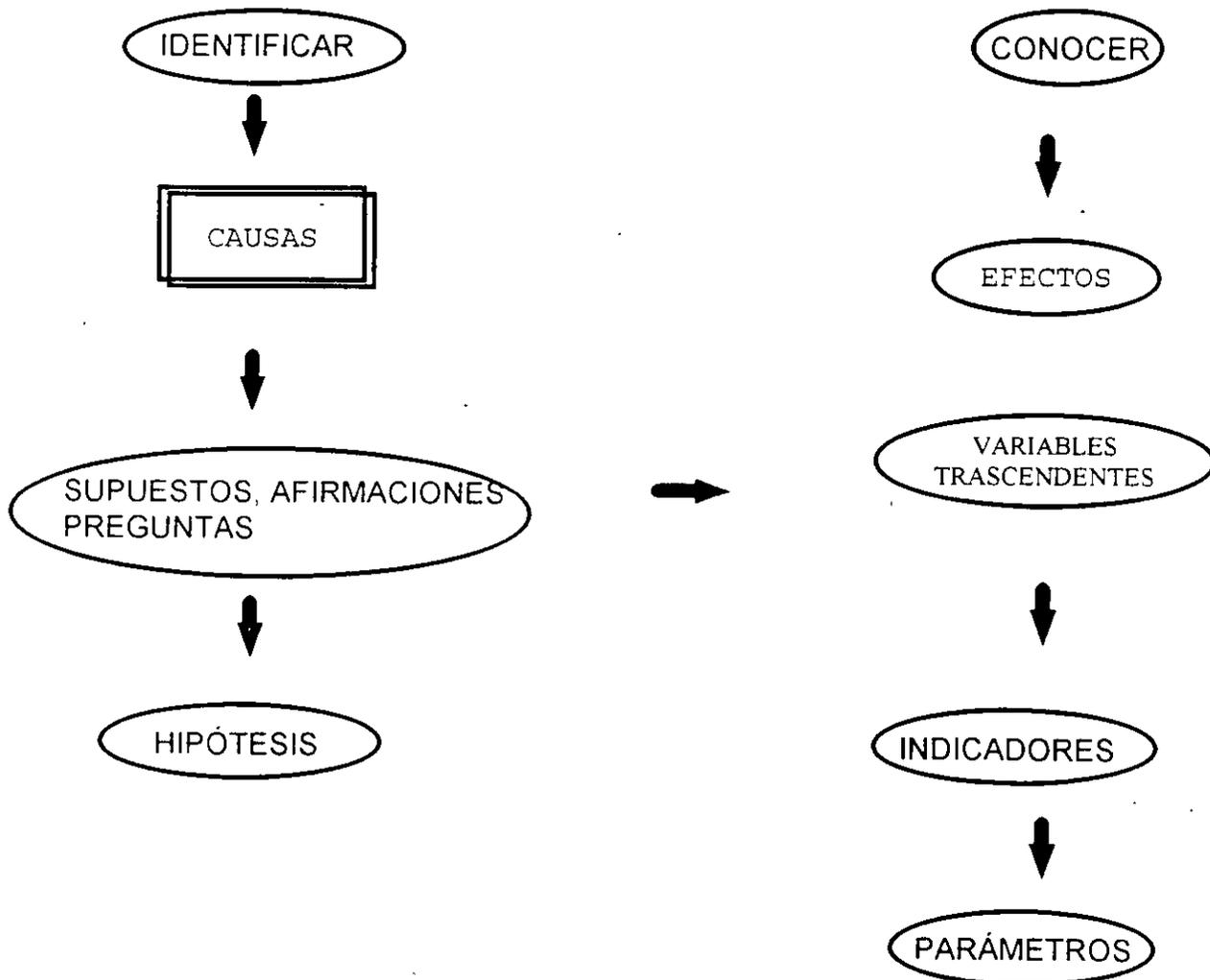
Fecha preliminar para la consecución del objetivo focal.

RESTRICCIONES INICIALES

Visualización de posibles restricciones, generalmente de tipo legal.

FASE 2: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

EL PROBLEMA



FASE 3: IDENTIFICACIÓN DEL PROCESO

¿ Cómo identificar un proceso ?

- 1.- Conocer la entrada y la salida de una actividad
- 2.- Identificar los puntos claves (cuellos de botella, etc.) de la actividad.
- 3.- Identificar las actividades que agreguen valor al cliente.
- 4.- Identificar las actividades sin valor agregado al cliente, inevitables.
- 5.- Identificar las actividades sin valor agregado al cliente, innecesarias.
- 6.- Agrupar actividades que persigan un mismo objetivo.

CUESTIONAMIENTO PARA SABER SI UNA ACTIVIDAD AGREGA VALOR O NO

- * Si la tarea no puede ser eliminada, cambiada y/o combinada, ¿puede ser simplificada?
- * ¿Puede una tarea ser eliminada sin afectar la calidad del producto o servicio?
- * ¿Es esta tarea necesaria para el cliente?

¿ CÓMO SE REDISEÑA UN PROCESO?

- 1 - Se eliminan o reducen las actividades que no agregan valor al cliente.
- 2.- Se construye el escenario deseado (Benchmark).
- 3.- Se hacen las mejoras correspondientes a los procesos a rediseñar
- 4 - Se pone en marcha (implantar) el proceso rediseñado.

FASE 4: CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS

ESCENARIO DESEADO. BENCHMARK

Es una referencia o medida estándar para ser utilizada como comparación

"LO MEJOR EN SU CLASE"

BENCHMARKING

Proceso de comparación continua en una organización con lo mejor (de la competencia) que exista en el mundo, el país, la ciudad, el municipio, la colonia para mejorar la ejecución propia

Es un proceso de medición continuo y sistemático.

FASE 5: REDISEÑO DE PROCESOS

TECNOLOGÍA DE LA INFORMÁTICA

La aplicación de la tecnología de la informática al rediseño de procesos, requiere del razonamiento inductivo, o sea desarrollar la habilidad de primero detectar soluciones poderosas y después buscar algunos de ellos probablemente la empresa no sabe de su existencia.

Empleando la nueva tecnología de la informática, se tiende a eliminar las actividades que no agregan valor.

MÓVILES TÍPICOS PARA EL REDISEÑO DE PROCESOS

ACTIVIDADES SUSCEPTIBLES AL REDISEÑO



- ♣ Tiempo de entrega
- ♣ Inventarios
- ♣ Mercadotecnia
- ♣ Programa de calidad
- ♣ Distribución de áreas

- ♣ Requisiciones
- ♣ Administración y finanzas



- ♣ Incremento del valor agregado

- ♣ Mayor servicio al cliente

- ♣ Incremento en la participación en el mercado

- ♣ Elevar la productividad

FASE 6: EJECUCIÓN, SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN

SEGUIMIENTO:

Prerrequisito de la evaluación.

Observación sistemática del comportamiento de los procesos rediseñados.

EVALUACIÓN:

Comparación sistemática de resultados contra objetivos.

EQUIPO DE PROCESO

Determinación de las causas del no cumplimiento, remitiéndose a cualquier punto del proceso.

EL PAPEL DEL LÍDER

- ✦ Organiza y coordina al equipo de reingeniería
- ✦ Motiva y mantiene los trabajos del equipo
- ✦ Provee los requerimientos de asistencia externa
- ✦ Remueve barreras
- ✦ Concilia en conflictos
- ✦ Promueve los éxitos del equipo

EL EQUIPO DEL COORDINADOR

- ✦ Auxilia al líder a afrontar lo desconocido
- ✦ Verifica el correcto uso de las herramientas y el equipo
- ✦ Establece las reglas de trabajo
- ✦ Toma decisiones con respecto a las actividades
- ✦ Responsable del rediseño de un proceso

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DE REINGENIERÍA

- ✦ Interés en el proceso
- ✦ Conocimiento sobre el negocio (personal interno)
- ✦ Innovadores, visionarios, (personal externo)
- ✦ Participantes activos en todo el proceso
- ✦ Responsables
- ✦ Comunicativo de sus éxitos

ELEMENTOS QUE ASEGURAN EL EXITO DEL EQUIPO DE PROCESO

- ✦ Clara asignación de responsabilidades
- ✦ Comunicación abierta y objetiva
- ✦ Participación mixta. personal interno y externo
- ✦ Apoyo de la dirección
- ✦ Uso correcto de la tecnología y herramientas
- ✦ Comunicar los éxitos alcanzados

ELEMENTOS CON VALOR PARA EL CLIENTE:

CALIDAD:

- ♣ Satisfacer las necesidades del cliente
- ♣ Utilidad de uso
- ♣ Variabilidad mínima(normas)
- ♣ Mejoras continuas

SERVICIO:

- ♣ Apoyos al cliente
- ♣ Servicios asociados al producto
- ♣ Apoyos adicionales al producto
- ♣ Flexibilidad para satisfacer las demandas del cliente
- ♣ Flexibilidad para satisfacer las necesidades del mercado

COSTO:

- ♣ Ingeniería de diseño
- ♣ Garantía de calidad
- ♣ Distribución
- ♣ Administración
- ♣ Inventarios
- ♣ Materiales
- ♣ Producción

TIEMPO:

- ♣ Tiempo de entrega
- ♣ Respuesta a las fuerzas de mercado
- ♣ Ciclo del procesamiento de una orden

IMPACTO EN LA PRODUCCION

- ♣ Diferente forma de organización de la producción (líneas de producción - lay out)
- ♣ Integración de la excesiva división del trabajo
- ♣ Evitar la monotonía y el trabajo repetitivo
- ♣ Facultar a los trabajadores para la toma de decisiones
- ♣ Reducción al mínimo de los puntos de control y supervisión.

IMPACTO EN LA ADMINISTRACION

- ♣ El rediseño de procesos se genera de los niveles altos de la empresa, hacia abajo.
- ♣ Los gerentes deben convertirse en líderes.
- ♣ La administración no debe manejarse solo con base en números, sino en la efectividad de los procesos.
- ♣ El rediseño de procesos demanda una nueva estructura organizacional.
- ♣ Revisión de las actividades centralizadas versus las descentralizadas.

LA MAYOR PARTE DE LOS ERRORES QUE LLEVAN A LAS EMPRESAS AL FRACASO EN REINGENIERIA, SON:

- ✦ Tratar de corregir un proceso en vez de cambiarlo: necesidad radical de cambio.
- ✦ Confundir procesos con funciones departamentales y/o divisionales concentrarse en los procesos
- ✦ No olvidarse de los movimientos tradicionales de mejora continua: la reingeniería provoca: rediseño para calificar oficios; nuevas e innovadoras políticas de remuneración y promoción; programas de capacitación con enfoques creativos e innovadores; criterios de contratación de personal.
- ✦ No hacer caso de los trabajadores y creencias de los empleados: los que trabajan en un proceso rediseñado son necesariamente personas facultadas.
- ✦ Conformarse con resultados de poca importancia: la reingeniería busca avances trascendentales
- ✦ Abandonar el esfuerzo antes de tiempo: la reingeniería requiere del compromiso absoluto de todas las personas involucradas hasta el final
- ✦ Limitar de antemano la definición del problema y el alcance del esfuerzo de reingeniería: la reingeniería tiene que sentirse destructiva y no cómoda.
- ✦ Dejar que las culturas y las actitudes corporativas existentes impidan que empiece la reingeniería: la reingeniería es el único camino para que las compañías rediseñadas permanezca en el mercado.
- ✦ Tratar que la reingeniería se haga de abajo hacia arriba: debe iniciarse en la alta dirección.
- ✦ Confiarle el liderazgo a una persona que no entienda la reingeniería el líder debe entenderla y comprometerse con ella
- ✦ Escatimar los recursos destinados a la reingeniería. tiempo y los mejores elementos de la empresa.

El objetivo de la reingeniería de procesos es el entendimiento de como funciona el negocio e identificar oportunidades de innovación para el logro de mejoras integrales

ENTENDER EL NEGOCIO

- ✦ Visión, estrategia y objetivos de la organización y de las unidades y funciones individuales
- ✦ El objetivo y costo estratégico de sus principales procesos básicos
- ✦ La relación interfuncional de procesos.
- ✦ La efectividad en el servicio a los clientes de cada proceso y subproceso.

IDENTIFICAR OPORTUNIDADES DE INNOVACION.

- ♣ Obteniendo: reducciones radicales en costo, mejoras impactantes en calidad y servicio.
- ♣ Previendo: cambios estructurales, organizacionales y tecnológicos.

ESENCIAS DE LA REINGENIERA.

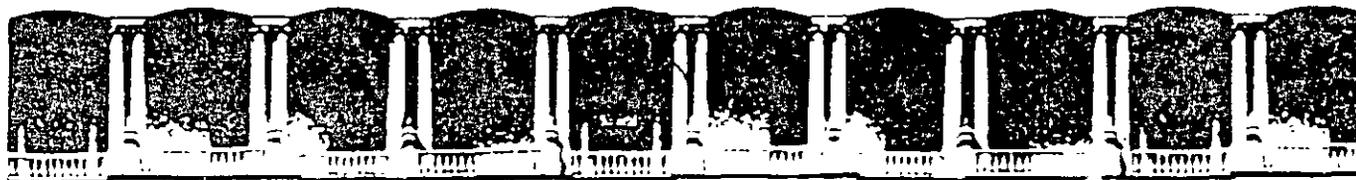
- ♣ Orientación a procesos
- ♣ Uso creativo de la tecnología de información
- ♣ Cuestionar reglas tradicionales de operación:

"Las decisiones de crédito son hechas por el departamento de crédito..."

"Se necesita inventario local para ofrecer un buen servicio..."

"Las formas deben ser llenadas completamente y en orden..."

"Ambos capturamos, procesamos y luego conciliamos..."



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

Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN INGENIERIA EN
PRODUCCION**

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

REINGENIERÍA EN LA GERENCIA

**EXPOSITOR: M EN I. LOURDES ARELLANO BOLIO
PALACIO DE MINERIA
MARZO DEL 2001**

Reingeniería en la Gerencia

James Champy

E. J. Novick

1995

CAPÍTULO 6

¿QUÉ CLASE DE
CULTURA QUEREMOS?

He notado una cosa curiosa últimamente en mis viajes entre gerentes, y es que ahora parecen entusiasmarse tanto formulando declaraciones de valores corporativos como se entusiasmaban antes diseñando diagramas organizacionales. Pero, en realidad, no es tan curioso, ¿verdad?

Todo lo que hemos aprendido acerca de reingeniería nos lleva a una sólida conclusión: Las reglas de buen gobierno (y autogobierno) para las empresas eficientes de negocios se determinan hoy por su cultura, no por su estructura organizacional.

En la época de la navegación tranquila, dos factores dictaban la cultura corporativa: la estructura jerárquica que las corporaciones heredaban, y el mito moderno de la "máquina" organizacional. La cultura dictada por estos factores era básicamente de obediencia — a los imperativos de la cadena de mando y a las exigencias de tareas altamente controladas.

En los mares agitados en que hoy navegamos, se necesita también una cultura de obediencia, pero la autoridad a que debemos obedecer es totalmente distinta. Ya no es una cosa tan sencilla, estable y racional como una jerarquía de poderes en la corporación ni como los deberes específicos que impone una descripción del oficio. La nueva autoridad reside en nuestros mercados y se materializa en forma de clientes nuestros. Se necesita una cultura que fomente cualidades como perseverancia en el esfuerzo (para hacer frente a la esquividad de los clientes), inagotables recursos de imaginación (para crear necesidades que los clientes tal vez no saben que tienen) y trabajo armónico en equipo lo mismo que autonomía individual (para satisfacer sus exigentes normas). No se puede tener una cultura de obediencia a las cadenas de mando y a la casilla del empleo. Eso, sencillamente, no funciona. El mercado lo castiga a uno por ello.

Pero aclaremos lo que *no* significa ese cambio.

No significa que las cadenas jerárquicas de mando y las detalladas descripciones de oficios estén desapareciendo totalmente de la vida de las corporaciones. Hay algunas empresas (compañías pequeñas de servicios, tal vez) cuyos bienes y servicios se producen y se llevan al mercado por tan corto número de personas que no hay que tomar medidas especiales para coordinar el trabajo de producción y marketing. En esas empresas, todos los participantes caben en una pieza (real o en sentido figurado) para tomar las decisiones de común acuerdo. Cualquier cosa que sea más grande, o más dispersa, o de trabajo más especializado, sí requiere por lo general una plataforma elevada o central desde la cual se pueda ver todo lo que está ocurriendo. Alguien tiene que responder por la coordinación de toda la empresa. La jerarquía se deriva de ese hecho desnudo, lo mismo que las "casillas" de los oficios.

Pero nada más de lo que normalmente relacionamos con jerarquías y casillas de oficios tiene por qué salir de ese hecho. Las espesas capas de burocracia, la rígida segmentación de funciones, y las desigualdades sociales, son estrictamente opcionales... y ruinosas. Las organizaciones que cargan semejante lastre, como yo lo he visto una y otra vez, sencillamente no pueden competir en mercados verdaderamente libres. No son lo suficientemente diestras, rápidas, ni

imaginativas, ágiles, ni, en definitiva, lo suficientemente ricas como para ganarse el apoyo de los clientes.

Pero todas esas capas de burocracia y estrechas definiciones de oficios no se pueden tirar simplemente por la borda. Ellas son la vida de una corporación. Una estructura jerárquica burocrática, donde existe, no sólo sostiene la organización, como las vigas de un rascacielos; es también la armadura de nuestros más profundos sentimientos en el empleo y de nuestras adhesiones. Pensemos, por ejemplo, cómo estructura la jerarquía lo que para muchos de nosotros es nuestro impulso más creador, o sea nuestra aspiración a progresar. No todos podemos ser empresarios preparados para hacer algo de la nada. La mayor parte, si queremos mejorar de posición, tenemos que contar con algo por donde subir. Sin una jerarquía (o con una muy plana), ¿cómo pueden medir su ascenso las personas de aspiraciones? ¿Cómo se puede subir una escalera que sólo tiene unos pocos peldaños — digamos dos abajo y dos en la cima, con otros dos laterales en alguna parte, en investigación y desarrollo? La verdad es que podría ser imposible hablar de progreso personal durante largos períodos de tiempo en nuestra vida de trabajo.

En suma, reducir la jerarquía, la burocracia y todo lo demás no es una simple cuestión de reacomodar los muebles para que queden enfrente de nuestros clientes y mercados. Es cuestión de reacomodar la calidad de la adhesión de las personas — a su trabajo y a sus compañeros. Estas son cuestiones culturales, y definen la segunda gran pregunta para los gerentes de hoy. ¿Cómo modificar la cultura de nuestro negocio, y en qué forma?

El nuevo entusiasmo por diseñar declaraciones de valores se deriva de la necesidad de contestar satisfactoriamente esta pregunta. Dice Robert Hall, autor de *The Soul of the Enterprise. Creating a Dynamic Vision for American Manufacturing*: "El futuro pertenece a esos gerentes que pueden reorganizar frecuentemente equipos de alto espíritu de trabajo en torno a las necesidades de proceso cambiantes". Si esto es cierto, como lo es, entonces los valores pasan a ser los elementos estructurales más importantes en la empresa. ¿Por qué? Porque los valores son el vínculo entre emoción y conducta, la conexión entre lo que sentimos y lo que hacemos. Los valores dirigen nuestros sentimientos, de manera que no siempre tenemos

que detenemos a pensar antes de actuar de acuerdo con ellos. Obsérvese la terrible tensión entre los dos imperativos en la afirmación de Hall — alto espíritu de trabajo y cambios frecuentes. Conservar ese alto espíritu en medio de un cambio continuo es difícil, a menos que gocemos de la bendición de los valores apropiados, como nos lo recordó en el capítulo 4 Mark DeMichele, de Arizona Public Service. Cuando todo cambia alrededor de nosotros, necesitamos algo inmutable — estrellas polares o piedras de toque, mandamientos, lemas o aforismos — de lo cual agarramos, algo con que podamos encontrar el camino y calmar los nervios. Los valores son nuestros instrumentos de navegación moral.

Son también instrumentos de navegación comercial. Cuando las jerarquías se aplanan y cuando el poder, el control y la responsabilidad se alejan de la oficina central y se llevan a las trincheras, de la alta gerencia a las filas, necesitamos estar seguros de que a la hora de la verdad la gente que está "allá afuera" hará lo que se debe hacer. Lo contrario es igualmente cierto. Los que están allá afuera, los clientes y los empleados por igual, necesitan estar seguros de que la gente de la oficina central también hará lo que se debe hacer. Recuerdo que cuando la crisis del Tylenol, Jim Burke, a la sazón presidente de Johnson & Johnson, declaró que no había la menor duda, dados los fuertes valores de la compañía, de que todas las cápsulas de Tylenol serían retiradas de las estanterías y de los almacenes. El costo para la compañía fue de millones de dólares, pero el beneficio literalmente no tuvo precio. Ahí es donde están los valores, donde se encuentran la decencia y las utilidades honradas, y ahí es donde se debe engir una cultura.

¿QUÉ VALORES?

Vamos al grano: ¿Qué clase de valores queremos, qué clase de cultura?

Me gustaría que hubiera una respuesta sencilla para esta pregunta, pero no la hay. Los valores toman su forma y su sustancia de muchas fuentes del negocio "real" en que está la compañía (¿somos una librería o un teatro?); del reino de las metáforas (¿somos

un equipo de pista o un equipo de baloncesto?), de los ideales políticos y sociales de la tierra natal de la compañía (¿protegemos los empleos o los mercados libres?); de las creencias individuales que tienen los miembros de la compañía. Estas fuentes son tan diversas, y se mezclan en formas tan distintas en las diferentes corporaciones que es inútil esperar que una sola declaración de valores pueda servirles a todas las compañías.

Con todo, yo he observado y he participado en proyectos de reingeniería en centenares de corporaciones, y he detectado semejanzas notables en los valores y en las conductas que promueven sus diversas culturas. Me atrevería a afirmar que lo que está surgiendo es una amplia cultura humanamente satisfactoria de lo que yo denomino voluntad de proceder, específicamente en la forma siguiente:

1. Rendir siempre al más alto grado de competencia.
2. Tomar la iniciativa y correr riesgos.
3. Adaptarse al cambio.
4. Tomar decisiones.
5. Trabajar en cooperación, como equipo.
6. Ser abiertos, especialmente en cuanto a la información, al conocimiento y a las noticias de problemas previstos o actuales.
7. Confiar y ser dignos de confianza.
8. Respetar a los demás (clientes, proveedores y colegas) y respetarnos a nosotros mismos.
9. Responder de nuestros actos, aceptar la responsabilidad.
10. Juzgar y ser juzgados, recompensar y ser recompensados de acuerdo con nuestro rendimiento.

Lo primero que hay que observar en la lista anterior es que los puntos caen en dos grupos. Los cinco primeros representan valores de trabajo, lo cual significa que son particularmente apropiados para el ambiente en que se trabaja, para el oficio y la manera de realizarlo. Los otros cinco son sencillamente virtudes humanas, apropiadas para vivir y trabajar fructíferamente en una sociedad más amplia, ordenada. Franqueza, confianza y confiabilidad, respeto a sí mismo y respeto mutuo, cooperación, responsabilidad, hasta la voluntad de

juzgar y ser juzgados, de recompensar y ser recompensados, son valores sociales estimados por las culturas en la mayor parte del mundo desarrollado, y son fomentados (o debieran serlo) por nuestros padres, maestros, amigos y conciudadanos.

Pero los gerentes no pueden contar con que van a encontrar estas virtudes en la corporación. Desgraciadamente hasta en la familia, que es el agente más poderoso de instrucción cultural en nuestro país, se ha vuelto sumamente difícil enseñar a nuestros hijos e hijas siquiera los rudimentos del autogobierno. Pero aunque a todos los pudiéramos criar por el manual de los Boy Scouts y de las Girl Scouts, todavía necesitaríamos fomentar una cultura corporativa adecuada para apoyarlos en su vida social de adultos virtuosos.

¿Por qué? Examinemos otra vez los valores de una cultura de voluntad y observemos la inevitable tensión. El primero pide que nuestra gente rinda siempre a la más alta medida, mientras que el décimo le pide juzgar y ser juzgados, recompensar y ser recompensados de acuerdo con su rendimiento. Es un duro hecho de la vida corporativa que la voluntad de juzgar y ser juzgados sobre la base del rendimiento somete a tensión las virtudes de confianza, respeto y trabajo en equipo. Los juicios y las recompensas son discriminatorios, especialmente en un ambiente cerrado, lleno de tensiones. Es más, su intención es que sean discriminatorios. Cuentan con que el deseo humano de aprobación, que es casi universal, nos induzca a dar un rendimiento mejor y mejor — es decir, mejor y mejor según normas por las cuales otras personas, además de nosotros, también son juzgadas y recompensadas. Inevitablemente, se harán comparaciones: inevitablemente, serán penosas para algunos y delictosas para otros, inevitablemente, por consiguiente, provocarán cierto grado de envidia, discordia, temor egoísta y hasta malevolencia.

Entonces es cuando entra o debe entrar la cultura. A menos que ella apoye fuertemente la confianza, el respeto y el trabajo en equipo, estos valores sociales serán puramente personales y privados, y desaparecerán bajo tierra.

UN CASO DE VALORES PERJUDICIALES

Eso fue evidentemente lo que le ocurrió a una compañía de servicios financieros que llamaré la Compañía ABC. En los años 50 y 60, el rendimiento de esta compañía era magnífico, pero el crecimiento empezó a estancarse en los años 70; luego los márgenes comenzaron a reducirse, y en 1988, el presidente de la compañía, Bill X, llegó a la conclusión de que el problema estaba en la estrategia de marketing. No se podía pensar en "la masa", había que pensar en el cliente. Bill X ordenó una nueva estrategia de marketing, especificando cuidadosamente su nueva visión orientada hacia el cliente, pero no ocurrió nada.

Entonces Bill X ordenó lo que se conoce como una "auditoría cultural" — una profunda investigación de los valores reales de la compañía, en contraposición a los teóricos.

Los resultados fueron perturbadores para una empresa que arriesgaba su futuro en el servicio a los clientes. La auditoría descubrió seis reglas o supuestos de operación que parecían guiar la conducta de los empleados de la Compañía ABC.

El primer supuesto era: *Sólo nuestros amigos son de confiar*. Los empleados tenían lazos estrechos entre sí pero eran lazos personales, no colegados. No tenían nada que ver con el ambiente de trabajo en sí, sólo con la propia protección en una atmósfera de total desconfianza. Las ideas se robaban, o se creía que eran robadas, y los ladrones obtenían promociones; así que se tenía a la administración por injusta. Al mismo tiempo, la información de arriba abajo se distribuía a base del absoluto "mínimo necesario"; por consiguiente, se consideraba que la administración era indiferente o desdénosa. El miedo se difundía como un virus. Los subalternos atesoraban ideas e información ellos mismos para aferrarse en lo posible a la poca posición o autoridad que tenían. La voluntad de cambiar, de innovar, de dar un rendimiento óptimo, por no hablar de las llamadas virtudes sociales, eran cosas que no florecían en la Compañía ABC, como no fuera para fines subrepticios.

El segundo supuesto era: *Los empleados son un gasto fijo, no un activo*. Ésta era una conclusión inevitable que los empleados sacaban de cuanto veían como hechos: la inversión inadecuada en

aprendizaje, entrenamiento y desarrollo; "tope de cristal" para las mujeres; falta de promoción desde adentro a los cargos de alta administración. Que estas cosas fueran hechos o interpretaciones equivocadas, no importaba: lo cierto es que los empleados sentían que no los trataban con respeto. Los practicantes de la reingeniería estamos de acuerdo en que la falta de respeto es uno de los más devastadores pecados de la administración. Su impacto baja directamente hasta el balance de utilidades, en rendimientos mediocres y desánimo contagioso.

El tercer supuesto era *El desacuerdo es perjudicial*. El desacuerdo siempre es una cuestión arriesgada, sea con su jefe inmediato, con su equipo o con la cultura de la compañía. El desacuerdo provoca conflicto; el conflicto crea ganadores y perdedores; y perder no es agradable. En la Compañía ABC se había institucionalizado este temor normal del desacuerdo. Las consignas eran: "Para medrar, aceptar", "El jefe siempre tiene razón", etc. Esto es desastroso. Una cultura que suprime el desacuerdo es una cultura condenada a estancarse porque el cambio siempre comienza con un desacuerdo. Además, éste nunca se puede eliminar del todo. Se reprime pero más tarde vuelve a aflorar como un penetrante sentimiento de injusticia, seguido por apatía, resentimiento y hasta sabotaje.

El cuarto supuesto era *Las rivalidades internas son sanas*. Este supuesto cultural, basado en la vieja ética de los antagonismos, tiene demasiados defectos para que funcione en la actualidad. Su espíritu competitivo fomenta un espíritu de introspección egoísta que puede terminar por desatender totalmente la competencia real de la compañía (sus rivales comerciales). En la Compañía ABC, por ejemplo, la auditoría cultural mostró que los departamentos de marketing estaban compitiendo entre sí para atraer clientes. Esto parecía apropiado para la vieja ética de "salgan a pelear y que gane el mejor". Pero era totalmente contraproducente. Alejaba a los clientes el hecho de que una unidad de la compañía no parecía poder coordinar sus servicios con otra unidad de la misma compañía, que debía operar con el mismo fin. Además, los departamentos tenían internamente celos los unos de los otros. Tal vez hasta se engañaban y se disputaban los recursos disponibles que necesitaban para competir. Esto podía haberse tolerado en una época de navegación tranquila en un negocio

con un mercado interno y recursos ilimitados, pero esos pocos negocios ya no existen hoy.

La quinta regla era: *El rendimiento excelente no es un valor básico*. La auditoría cultural reveló una convicción muy difundida, de que lo importante no era lo que uno realizaba sino dar la impresión de estar muy ocupado. Se valoraba la cantidad, no la calidad del trabajo; el favoritismo era epidémico ("No es lo que uno hace sino para quién trabaja"); y tres cuartas partes de la fuerza de trabajo daban por sentado que para ser ascendido los méritos legítimos no tenían ninguna importancia. Este supuesto afectaba a todo lo demás: los lazos personales no colegiados, la desconfianza, la falta de respeto, la represión, etc. También producía su propio contaminante emocional. Confusos y frustrados, los empleados estaban constantemente preocupados por la inseguridad de su empleo puesto que no había guías claras sobre el tipo de rendimiento que asegurara su valor para la compañía.

El sexto supuesto era desde el punto de vista operativo el más ruinoso: *El cliente es incidental*. Obsérvese que los supuestos anteriores producen el efecto de volver a todo el mundo hacia el interior, hacia sí mismos o hacia su inmediato círculo de amigos. Descuidar al cliente sigue como consecuencia inevitable. En la Compañía ABC, este descuido se simbolizaba por las pilas y más pilas de propaganda redundante y desenfocada que se mandaba por correo a posibles clientes. La atmósfera cultural era tan tóxica con tensiones internas y ansiedades que nadie se preocupaba por los intereses de la compañía.

LA MALEZA ACABA CON LAS FLORES

Me complace informar que la Compañía ABC ya se recuperó, gracias a un masivo rediseño de los procesos de trabajo y de la misma administración — incluyendo, sobre todo, los valores administrativos y la cultura. Pero los gerentes de ABC harían bien en recordar dos puntos vitales: su nueva cultura tendrá que ser muy fuerte para sobreponerse a la vieja, y tendrá que permanecer fuerte para impedir que la vieja retorne.

La razón es sencilla: hay una especie de ley de las culturas corporativas, en virtud de la cual los valores malos tienden a desplazar a los valores buenos, primero los valores sociales buenos y luego los valores de trabajo buenos. Por qué esto es así, tiene que ver con las tensiones producidas por nuestras voluntades primera y décima. Pero, más que todo, tiene que ver con el hecho de que las culturas buenas necesitan mucho trabajo para establecerse y mantenerse, mientras que las culturas malas, no. Los jardines florecientes necesitan siembra cuidadosa, abono y desyerba. En una palabra: cultivo. Los jardines enmalezados son "de bajo mantenimiento"; "andan solos", como dijimos al hablar de la corporación como una máquina.

Las culturas que reprimen el desacuerdo son engañosamente fáciles de lanzar, y el culpable casi siempre se encuentra a nivel gerencial de la empresa. A ninguna persona le gusta que no estén de acuerdo con ella, pero tampoco a nadie le gusta admitirlo, especialmente a los individuos para quienes es tan importante tener razón, como lo es para los altos administradores. Así se dispone el escenario para el drama de la negación: "Está bien, no se ponga de acuerdo conmigo", dice la voz del jefe tradicional. "Y aténgase a las consecuencias", agregan su gesto y sus ademanes. Sobra decir que la perdedora en este conflicto es la empresa.

Los gerentes, repitámoslo, tienen que cambiar. Tienen que salir al aire libre y exponerse a la posibilidad de estar equivocados. Deponer la actitud de mando y no seguirse preocupando por la pérdida del control son los primeros pasos esenciales en esta apertura. Nadie lo culpará a uno de terquedad si enfoca los problemas con el fácil y confiado supuesto de que uno no es la única persona que puede presentar la solución acertada. Los gerentes enfrentan el mismo problema con las culturas que fomentan rivalidades internas. Esto es así porque nosotros (especialmente los estadounidenses) verdaderamente creemos en la ética de los antagonismos, del "salgan a pelear, y que gane el mejor". Creemos en ella porque funciona muy bien en tantos terrenos distintos — en los tribunales de justicia, la política, los mercados, etc. Por eso un gerente general muchas veces no puede evitar darles a sus jóvenes administradores la impresión de que está muy bien que compitan entre sí por su aprobación. Así también, el jefe de división aplaude "un poco de sana competencia"

entre los miembros de su equipo con la idea de que, al fin y al cabo, todo saldrá lo mejor posible. Y así podría ser en el mejor de los mundos posibles. Pero ya no vivimos en semejante mundo. El viento ha cambiado, la revolución se nos vino encima, y no podemos darnos el lujo de desperdiciar las energías y los recursos que las rivalidades internas consumen. Competir por los clientes es ya suficiente competencia.

Para los gerentes la moraleja es clara: *Cultiven su cultura*. Sólo una cultura muy fuerte, constantemente cultivada, puede impedir que las malezas de la desconfianza, la falta de respeto y la falta de cooperación se apoderen del jardín.

EL VALOR DE LOS BUENOS VALORES

Antes de pasar a la cuestión de cómo se debe hacer esto, echemos un vistazo a algunas declaraciones reales de valores vivos. Por supuesto que una declaración de buenos valores no produce automáticamente una buena cultura (aunque si la primera cultura es buena, siempre hay la esperanza de que lo sea la segunda, y viceversa). Pero yo he visto que estas declaraciones son realmente los buenos frutos de los buenos jardines.

Primero presento una declaración de los valores que cultiva Airborne Express:

Airborne es su gente, unida para satisfacer las necesidades mundiales de embarque y entrega de lo que sus clientes necesitan. Todo empleado es un miembro importante y valioso del equipo Airborne. Cada uno se esfuerza por desempeñar su función con excelencia y asegurar un servicio confiable, económico y de calidad. Todos se enorgullecen de ser el primer proveedor de satisfacción del cliente en la industria, en realidad y por reputación. Los valores de Airborne son el fundamento del impulso de la corporación para sobresalir.

1. La satisfacción del cliente es la más alta prioridad de todo empleado y el propósito de todo oficio. El logro continuo

- de esa satisfacción con eficiencia de costos es el fundamento de nuestro negocio.
2. Las estrategias, las metas y los objetivos establecidos para asegurar la satisfacción continua de los clientes, la salud financiera de la corporación y el desarrollo y el apoyo de los empleados, están claramente definidos, comunicados y entendidos.
 3. La gerencia cree en la excelencia, la promueve y la busca en toda la organización. Se espera excelencia en la calidad y en la cantidad del trabajo realizado por todo empleado en todas las funciones, tanto para nuestros clientes como para nuestros compañeros de trabajo. "Hacer el trabajo bien desde la primera vez" es la pauta dominante en toda actividad.
 4. La iniciativa y el ingenio aplicados a la ejecución de los negocios y a la resolución de problemas se estimulan y se apoyan en toda la organización.
 5. Los deberes y las responsabilidades de todos los empleados están claramente definidos. El cumplimiento activo y cooperativo para beneficio de nuestros clientes y en apoyo de las estrategias y las metas de Airborne es valorado y meritório.
 6. Las estructuras de recompensas reconocen las contribuciones y los logros de resultados que aumentan la satisfacción de los clientes, mejoran la eficiencia de costos y fortalecen la rentabilidad.

Los resultados de los valores vivos de Airborne son:

- Servicio de calidad para nuestros clientes
- Un ambiente satisfactorio para nuestra gente.
- Rendimiento adecuado para nuestros accionistas.

Se observará que en este documento no falta ni una sola de nuestras diez conductas de voluntad. Pero lo que admiro en la declaración de Airborne no es sólo que sea tan completa sino que sea tan auténtica — es la misma cualidad que mencioné en el capítulo 4, en relación con las declaraciones de propósito que necesitamos para movilizar a nuestras compañías para un cambio radical. No sé

dónde fue compuesta esa declaración, ni por quién, pero en ella hay una verdadera voz humana. Uno la oye precisamente en la insistencia constante en "el cliente"; la oye en la precisión del lenguaje; y la oye en el tono absolutamente definitivo, hasta agresivo, del documento. Cada frase podría haber empezado con: "Que quede muy claro..." Si el propósito de "valores" es proporcionar algún grado de certeza en un mundo incierto, estos valores lo hacen.

Obsérvense, igualmente, las partes interesadas a quienes Airborne dirige esta declaración. En primer lugar, desde luego, a los empleados: las normas los afectan a ellos directamente. Pero los clientes y los inversionistas también son invitados a recordar estos valores y a juzgar la compañía por lo bien que se ciña a ellos. En cuanto a otras posibles partes interesadas — la comunidad, por ejemplo — la retórica sugiere que no existen. Se concentra en "empleados".

Si tengo que hacerle un ligero reparo a la declaración de Airborne, es que me deja la pequeña sospecha de que ni siquiera los gerentes forman parte del auditorio que se busca. Las frases se dirigen a "todos" los empleados, ciertamente, pero lo dejan a uno preguntándose si está perfectamente claro, sin posibilidad de argucias, que la administración misma se somete a la disciplina de estos valores. La respuesta para esta pregunta, desde luego, sólo se aclarará cuando veamos cómo se comportan los gerentes en la práctica.

Mi segundo ejemplo de una buena declaración de valores es una que se dirige abiertamente al mundo entero. No se deja por fuera a ninguna parte interesada; ni podía ser de otra manera tratándose, como se trata, de una gran compañía de grandes aspiraciones como Johnson & Johnson. También empieza con el pronombre colectivo "nosotros", dando así elocuentemente por descontado lo que muchas otras compañías apenas luchan por alcanzar:

Nosotros creemos que nuestra primera responsabilidad es para con los médicos, las enfermeras y los pacientes, las madres y los padres y todos los demás que utilizan nuestros productos y servicios. Al satisfacer sus necesidades, todo lo que hagamos tiene que ser de la más alta calidad. Debemos esforzarnos constantemente por reducir los costos a fin de mantener precios razonables. Hay que despachar los pedidos de los clientes con

rapidez y exactitud. Nuestros abastecedores y distribuidores deben tener la oportunidad de realizar una utilidad equitativa.

Nosotros somos responsables ante nuestros empleados, los hombres y las mujeres que trabajan con nosotros en todo el mundo. A cada uno debemos considerarlo como un individuo. Tenemos que respetar su identidad y reconocer sus méritos. Ellos deben tener un sentimiento de seguridad en su empleo. La remuneración debe ser equitativa y adecuada, y las condiciones de trabajo limpias, ordenadas y seguras. Debemos tener en cuenta maneras de ayudar a nuestros empleados a cumplir sus obligaciones de familia. Los empleados deben sentirse en libertad para presentar sugerencias y plantear quejas. Debe haber igualdad de oportunidad en el empleo, el desarrollo y el ascenso para los que estén capacitados. Debemos dárles gerentes competentes, y los actos de éstos tienen que ser justos y éticos.

Nosotros somos responsables ante las comunidades en las cuales vivimos y trabajamos, lo mismo que ante la comunidad mundial. Debemos ser buenos ciudadanos — apoyar las buenas obras y las obras de beneficencia y pagar nuestra parte equitativa de los impuestos. Debemos fomentar las mejoras cívicas y una mejor salud y educación. Debemos mantener en buenas condiciones la propiedad que tenemos el privilegio de usar, y proteger el medio ambiente y los recursos naturales.

Nuestra responsabilidad final es para con nuestros accionistas. El negocio tiene que producir sólidas utilidades. Tenemos que experimentar con nuevas ideas. Hay que adelantar la investigación, desarrollar programas innovadores y pagar los errores. Tenemos que comprar nuevos equipos, construir nuevas instalaciones y lanzar nuevos productos. Hay que crear reservas en previsión de tiempos adversos. Cuando operemos de acuerdo con estos principios, los accionistas deben percibir un justo rendimiento.

También aquí me impresiona, no tanto la amplitud de la declaración, que es grandísima, como lo maravillosamente auténtica que es. Es una letanía de "responsabilidad" — la voz de un capitalismo

más viejo, casi tradicional, podríamos decir el "viejo dinero". Es una voz que puede estar ganando fuerza en nuestros días, pero desde los años 70 no ha habido muchas personas que hablen en forma convincente de "utilidad equitativa", "justo rendimiento", "sólidas utilidades", y menos aún de pagar su "parte equitativa de los impuestos" o de sus deberes para con el medio ambiente y para con la comunidad donde trabajan. Esto es comprensible: las presiones competitivas son muy grandes; la angustia del cambio, inexorable; las utilidades muy difíciles de lograr, para una tranquila consideración retórica de nuestras responsabilidades para con la humanidad. Los clientes y los inversionistas son ya bastante responsables para cualquiera en estos días.

Con todo, no debemos apresurarnos a desechar esta declaración como un hijo de los muy ricos que heredaron su fortuna. Tenemos que recordar en qué negocio está Johnson & Johnson. Ventas y polvos para bebés, suministros médicos de todas clases — están en el negocio de *cuidar*, o podríamos decir, en el negocio de *responsabilidad*. Así que hay una estrecha relación entre los valores de esta compañía, el lenguaje en que los expresa, y la manera de realizar sus utilidades. No hay nada como una concordancia entre las utilidades de una compañía y sus principios para dar el tono de resonancia auténtica en su lenguaje.

EL SIGNIFICADO DE LOS VALORES

Estas dos declaraciones de valores nos deben recordar vivamente el comentario de Mark DeMichele en el capítulo 4 sobre el deber y el interés propios del gerente, de dar a nuestra gente (y a nosotros mismos) algo inmutable de lo cual agarrarnos en medio del cambio tumultuoso. Como lo dije antes en este libro, el trabajo es una actividad tan significativa para el ser humano como el amor y la amistad. A través del trabajo expresamos nuestro impulso innato de competencia, lo que el economista Thorstein Veblen denominó nuestro "instinto de artesanía". Y al expresar ese instinto, hacemos dos cosas: nos conectamos con un mundo más grande que nosotros mismos, un mundo que continuará después de haber muerto nosotros.

y que será un poquito mejor por haber vivido nosotros en él, por el camino, mediante este trabajo y estas conexiones, descubrimos quiénes somos.

Las declaraciones de valores, en otras palabras, son una especie de respuesta a la pregunta del capítulo 4. "¿Qué hacemos aquí, al fin y al cabo?" Las declaraciones de propósito (y visión) contestan esta pregunta, por lo menos por el momento, con respecto al negocio en que estamos. ¿Qué hacemos aquí? ¿Cuál es el plan? ¿Qué hay en él para "ellos", los clientes, y qué hay en él para "nosotros", los empleados de la corporación? ¿Cómo encajo yo en este plan? Hay una preocupación subyacente en todas estas preguntas — la supervivencia. Los individuos no sólo quieren conocer la explicación que la alta gerencia da de lo que cree que está haciendo, sino que también quieren juzgar por sí mismos las probabilidades de que la gerencia tenga éxito en lo que está haciendo.

Las declaraciones de valores responden a la misma preocupación, pero pueden y deben ir más allá. Deben tocar nuestra necesidad de seguridad de que lo que estamos haciendo aquí tiene algún significado mundial más grande de lo que se puede encerrar en este negocio, este oficio, estos colegas, este cheque de sueldo.

Es un hecho preocupante de nuestro tiempo que muchas instituciones en las que encontrábamos un sentido de nuestro significado personal en el mundo exterior — familia, vecindario, club, iglesia, grupo étnico, filantropía, gobierno — han perdido gran parte de su poder persuasivo. Ya no nos conectan unos a otros como antes ni nos ayudan a conocernos a nosotros mismos como antes nos ayudaban, razón por la cual nos sentimos más solos y más insignificantes. Para muchas personas en el Occidente esto es así; de los antiguos soportes tradicionales de la identidad humana, sólo el trabajo permanece fuerte.

En este momento histórico, a los gerentes se nos presenta una responsabilidad abrumadora y, al mismo tiempo, una oportunidad deslumbrante. Somos los organizadores del trabajo y del lugar de trabajo. Podemos hacer que éstos sirvan a nuestras necesidades sociales y psíquicas, a nuestra necesidad de significado, o podemos dejar esas necesidades insatisfechas. Esto es lo que está realmente en juego en las declaraciones de valores: nuestro sentido de nosotros mismos en un mundo humano más amplio. Podemos escoger

PERO ¿CÓMO HACERLO?

Sin embargo, al hacer esas elecciones se pasa por alto la cuestión más difícil. ¿Cómo trasladamos nuestra compañía, y nos trasladamos a nosotros mismos de la vieja cultura — tal vez, como era en la Compañía ABC, una cultura de desconfianza, grupismo y normas mediocres de rendimiento — a una nueva cultura que estimule las "voluntades" que he encontrado comunes entre las compañías rediseñadas?

Siento la tentación de dirigirme a la "cumbre", a la alta gerencia, a la gerencia central. No tengo la menor duda, como tampoco la tienen los demás reingenieros, de que el cambio cultural tiene que empezar por los administradores de la empresa. Ellos son los que tienen que impulsar personalmente el cambio, todo el tiempo, enseñándolo, practicándolo, viviéndolo. Eso es lo que se necesita para producir la revolución que se requiere — una revolución, recuérdese, en la manera como las personas se relacionan entre sí y con su trabajo; una revolución en el significado de lo que hacen y lo que son.

Ahí está, por supuesto, la ley de que los valores malos desalojan a los valores buenos. De modo que los gerentes tienen que perseverar en enseñarlo, hacerlo, vivirlo.

Uno de los ejemplos más inspiradores de un liderazgo específicamente cultural que he encontrado es el de Leslie H. Wexner, fundador, presidente y director ejecutivo de The Limited, Inc. Wexner, obviamente, ha pensado largo y a fondo sobre lo práctico de cultivar su jardín. Lo mismo que Henry Ford, encontró su negocio demasiado grande para ser humano; pero, a diferencia de Ford, hizo algo distinto de acoger la imagen de la "máquina" corporativa. Su solución, en realidad, estaba a mano — en la importancia de la escala:

Para crear el sentido de valores compartidos, nosotros dividimos nuestro negocio en unidades de un tamaño con el que la gente pudiera convivir. Es muy común en el mundo de los negocios la creencia de que ser grandes es mejor, por causa de las economías de escala. Yo pienso en función de eficiencias de escala. No creo que la gente tenga lealtad para con una empresa monolítica de 10 000 o 20 000 millones de dólares,

que emplea a millares de personas. Es mucho más eficiente dividirla en unidades con las cuales los individuos puedan sentir afinidad y que puedan captar su imaginación como individuos. En nuestra compañía, la lealtad primaria es más para con la unidad operativa que para con The Limited, Inc. Eso es bueno para nuestros asociados y es bueno para la compañía.

La *federalización* de los negocios monolíticos, su división en unidades más o menos autónomas hasta llegar finalmente al individuo autónomo, es una "constitución" atractiva y eficiente que muchas corporaciones pueden adoptar. Pero en ello hay un serio peligro. Lo que estamos viendo todos los días en el mundo nos muestra cuán fácil es que los sistemas federales, bien se basen en equipos o procesos de trabajo, o bien en divisiones, se conviertan en sistemas balcánicos. La Compañía ABC, con sus valores sociales soterrados, ofrece un buen ejemplo negativo. Conozco otra compañía que se ha balcanizado a tal punto que sus gerentes de división hablan en serio de que necesitan "una política de relaciones exteriores" para tratar unos con otros. Los clientes quieren hablar con un solo representante de la compañía, no con diez personas distintas que representan a diez divisiones diferentes.

Pero hay una manera de prevenir la amenaza de balcanización: los valores comunes y la presencia personal del presidente o gerente general como encarnación de esos valores. Esa respuesta es la de Wexner, quien entrevista personalmente a todos los candidatos a ejecutivos. Ésa es una manera de asegurarse de que, por lo menos en The Limited, la ley de que lo malo desaloja a lo bueno opere al contrario:

Queremos que todos nuestros empleados sean una extensión de los valores de la compañía. Ellos deben respetar esos valores, y no solamente elogiarlos de labios para afuera. Los nuevos empleados, o bien aceptan y asimilan dichos valores, o bien quedan por fuera. Cuando yo entrevisto a un individuo, lo más importante es que entienda cómo pensamos acerca de las cosas, cuáles son nuestros valores, qué es la labor. Yo lo puedo interesar en el trabajo, y él probablemente me puede impresionar con su personalidad, pero si al final del día ese individuo

piensa que nuestros valores y nuestras normas son necesidades, entonces se va.

Tratándose de valores, la comunicación es la actividad crítica, como lo es siempre en la reingeniería, la cual enseñamos comunicando, la hacemos comunicando, y la vivimos — esto es, seguimos haciéndola — comunicando. Sin embargo, con los valores hay un límite muy estricto a la utilidad de la comunicación puramente verbal. También tenemos que comunicarlos por la acción, pues de lo contrario crearemos la cultura peor y tal vez la más común de todas las culturas corporativas: la de hipocresía y escepticismo. Lo verbal tiene que ser respaldado por lo real. Las palabras tienen que ser seguidas por la acción.

Mark DeMichele habló de la necesidad de que los líderes asuman la "responsabilidad muy personal" del cambio cultural:

Necesitamos ejemplificar los valores de la compañía, y eso yo no lo delego en toda la organización. Lo acepté para mí mismo, lo mismo que para nuestro equipo ejecutivo. Nuestro punto de vista es que todos los administradores tenemos que predicar andando, así que yo y todos nuestros administradores pusimos manos a la obra. Asistimos a todas las sesiones de administración durante el reentrenamiento, con frecuencia durante 15 y 16 horas diarias, trabajando hombro a hombro con los empleados. Ésta es la pregunta que tenemos que hacernos cuando emprendemos la reingeniería: ¿Estamos dispuestos, como líderes, a comprometernos de esa manera?

Es un compromiso también de algo más que presencia corporal, más que la voluntad de "predicar andando" o "ejemplificar" los valores de la compañía. Es comprometer recursos, como insiste Mark DeMichele:

Como líderes, tenemos que estar dispuestos a asignar el dinero necesario para asegurar que el proceso de reingeniería funcione en una organización. Muchas veces esto es sumamente difícil cuando se está licenciando personal, cuando uno está

afectando a los empleos. Pero el líder de la organización tiene que estar dispuesto a luchar por esos recursos.

... Si bien nunca debemos olvidar el viejo aforismo metodista de predicar andando, es importante tener en cuenta que una gran parte del trabajo de un gerente que debe cultivar la cultura se reduce, en realidad, a hablar. Ésta es la enseñanza de uno de mis socios de consultoría. "Las conversaciones de todos los días, tanto públicas como privadas, son el acceso a los estados operativos cambiantes [con lo cual quiere decir 'cambiar la cultura']". Los gerentes tienen que estar alerta para aprovechar toda oportunidad de reformular o reconceptualizar la manera como sus empleados interactúan entre sí y con la labor. ¿El lugar de trabajo todavía está produciendo cizaña — desconfianza, sabotaje, acaparamiento de recursos? Los gerentes pueden hacer maravillas si se enfrentan con los sembradores de malezas — por ejemplo, negándose a aprobar toda forma de reconocimiento que no sea ganado por rendimiento real, y explicando luego claramente por qué ellos rehusaron. En otros términos, la existencia de una cultura "mala" se puede usar como contraste o punto de apoyo para la creación de una cultura nueva y mejor.

Es bien conocido el caso de Xerox, que ilustra lo que se puede lograr con el sistema de predicar andando. La transformación de la compañía empezó, según se dice, en una asamblea anual de accionistas en 1981. Hacía poco que Xerox había suspendido la producción de una copiadora notablemente defectuosa, la 3300, que se había creado con el ánimo de competir con productos japoneses de bajo precio. Cuando el presidente David Kearns invitó a los asistentes a hacer preguntas, un trabajador de línea de montaje llamado Frank Enos pasó al micrófono, y con voz estentórea le dijo: "Todos sabíamos que la 3300 era una porquería. Podríamos habérselo dicho a usted ¿Por qué no nos preguntó?" Kearns se dedicó a buscar la respuesta, y como resultado, cambió la cultura. Cuando la Secretaría de Comercio de los Estados Unidos le otorgó a Xerox el Premio de Calidad Baldrige en 1989, Kearns invitó a Frank Enos a la ceremonia en Washington.

Eso es sólo lenguaje simbólico, se podría decir: poco más que un bonito gesto. Pero símbolos y gestos son herramientas vitales en

el taller gerencial, y la gerencia de Xerox no se detiene allí. Lo que dice lo dice de verdad, repetidamente. Todos los años a fines de enero Paul Allaire, quien sucedió a Kearns como presidente de la junta directiva y gerente general en 1991, dirige un programa de dos horas por radio, llamado "Foco", en el cual se incluye un período de preguntas que los oyentes hacen por teléfono. Pero "Foco" es el segundo paso en la acometida verbal anual de la compañía. El primer paso es una reunión de Allaire con los 150 más altos gerentes de Xerox en la sede de la compañía en Stamford, Connecticut, justamente antes de la radiodifusión de "Foco". La acometida continúa después de la radiodifusión, cuando Allaire vaja a reunirse con grupos de gerentes en una docena de oficinas de Xerox. En esos viajes se reúne también con grupos pequeños de trabajadores comunes y corrientes (se presume que Frank Enos en potencia) para celebrar discusiones de mesa redonda. Los empleados tienen además la oportunidad de evaluar a su presidente o gerente general cada trimestre en otro programa de llamadas por teléfono que dura dos horas y se denomina "Pregúntele a su gerente". Si Allaire no alcanza a contestar una pregunta durante el programa, su oficina manda la respuesta por correo.

CUANDO LA ALTA GERENCIA SE RESISTE

Con más frecuencia de lo que yo quisiera, en mis visitas a las compañías alguien me pregunta si es posible hacer reingeniería en una cultura que no está abierta al cambio. Yo he visto los efectos de tales culturas con mis propios ojos, y son inolvidables. Recuerdo a un gerente senior que durante una reunión con el equipo de cambio manifestó su hostilidad o ansiedad abriendo su cartera de papeles y poniéndose a leer su correspondencia. Otro se puso a leer un periódico. Muchos se han salido del salón diciendo que tienen cosas más importantes que hacer.

Una cultura en que se da tal comportamiento es casi invariablemente derivación de una estructura jerárquica, un arreglo hecho ex profeso, digámoslo así, para fomentar el estilo gerencial de mando y control y para esperar más o menos conscientemente reacciones

maquinales en la organización. Como una organización de este tipo se ha diseñado expresamente para evitar toda posibilidad de error humano, pérdida o lo que sea, tiende también a suprimir toda posibilidad de imaginación humana, iniciativa, decisión, discrepancia, responsabilidad individual o verdadero trabajo en equipo.

A una persona de fuera, a un reingeniero, digamos, le puede parecer increíble que haya quienes luchan por conservar semejante medio cultural durante toda su vida de trabajo; pero los hay. Es lo que ellos conocen, un puerto seguro en tiempos oscuros y tormentosos. ¿Por qué arriesgarse a navegar hacia puertos distantes y desconocidos? ¿Para qué cambiar?

· Dos circunstancias refuerzan este obstinado conservatismo. Una es, desde luego, el éxito. En un negocio que ha prosperado durante largo tiempo, la alta gerencia puede muy bien echar mano del viejo lugar común: "Si no está roto, no lo arregles", que los hace parecer fuertes cuando actúan con miedo. La otra, igualmente obvia, es un tradicional mercado protegido, como el que disfrutaban hasta hace algún tiempo muchas empresas de servicios públicos.

Pero volvamos a la pregunta original: ¿Se puede esperar cambio cuando la cultura de la compañía, reforzada por la alta gerencia, es remisa o abiertamente hostil? Para un cambio real, cambio que traspase fronteras organizacionales, cambio que modifique de manera decisiva la forma en que la gente trabaja y administra el trabajo y que también influya decisivamente en el éxito del negocio, la respuesta es no. Siempre existe la posibilidad de cambio en el presidente o gerente general (para mejorar, por supuesto), o la posibilidad de un visible cambio radical en el mercado, o de algún desastre que obligue a la alta gerencia a cambiar de posición. De tiempo en tiempo, la junta directiva o los inversionistas se rebelan; pero, por lo general, cuando eso ocurre ya es demasiado tarde. Mi consejo para los que se vean atrapados en tal ambiente es que sigan esforzándose por convencer a la alta gerencia de que el cambio es ventajoso para el negocio. Algunas veces, armándose de hechos suficientes que indican la inminencia de un desastre, se encuentra una apertura en la cumbre — un gerente senior que se haga campeón de la causa del cambio. A menudo eso es lo único que se necesita para iniciar el proceso.

12

CUIDADO CON LA BANALIDAD

El mayor enemigo de una nueva cultura rediseñada es la vieja cultura de escepticismo, temores egoístas y desconfianza. Siempre está allí, como las semillas de maleza, lista a infestar otra vez el lugar.

Pero la nueva cultura tiene otro gran enemigo, casi igualmente ofensivo: la banalidad.

No es que a la gente la desencanten los valores de la nueva cultura. Esos diez valores básicos de conducta social y de trabajo nunca se pueden desgastar mientras la gente trabaje, y trabaje en una forma cooperativa. Sin embargo, hay una especie de ley de hierro que dice que la expresión, la retórica, las declaraciones de valores sí se desgastan. La gente se aburre de oír las mismas frases trilladas, el mismo tono de urgencia, en los mismos foros. No es que esceptíricamente los desechen; es simplemente que ya no los oyen. Hasta en lo que pasa por verdades eternas en el mundo de los negocios, el cambio es la regla. Los gerentes tienen que combatir a diario la banalidad, principalmente actuando de acuerdo con los valores que expresan tan a menudo. Pero también deben mantener fresco el lenguaje para conservar vivo su significado.

Etapas del estudio de tiempos

Una vez elegido el trabajo que se va a analizar, el estudio de tiempos suele constar de las ocho etapas siguientes:

1. Obtener y registrar toda la información posible acerca de la tarea, del operario y de las condiciones que puedan influir en la ejecución del trabajo.
2. Registrar una descripción completa del método descomponiendo la operación en «elementos».
3. Examinar ese desglose para verificar si se están utilizando los mejores métodos y movimientos, y determinar el tamaño de la muestra.
4. Medir el tiempo con un instrumento apropiado, generalmente un cronómetro, y registrar el tiempo invertido por el operario en llevar a cabo cada «elemento» de la operación.
5. Determinar simultáneamente la velocidad de trabajo efectiva del operario por correlación con la idea que tenga el analista de lo que debe ser el ritmo tipo.
6. Convertir los tiempos observados en «tiempos básicos».
7. Determinar los suplementos que se añadirán al tiempo básico de la operación.
8. Determinar el «tiempo tipo» propio de la operación.

ESTUDIO DE TIEMPOS: VALORACION DEL RITMO

Ejemplos de ritmos de trabajo expresados según las principales escalas de valoración

Escala				Descripción del desempeño	Velocidad de marcha comparada (k.m/h)
60-80	75-100	100-133	0-100 (norma británica)		
0	0	0	0	Actividad nula	
40	50	67	50	Muy lento; movimientos torpes, inseguros; el operario parece medio dormido y sin interés en el trabajo	3,2
60	75	100	75	Constante, resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde tiempo adrede mientras lo observan	4,8
80	100	133	100 (Ritmo tipo)	Activo, capaz, como de obrero calificado medio, pagado a destajo; logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado	6,4
100	125	167	125	Muy rápido; el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del obrero calificado medio	8
120	150	200	150	Excepcionalmente rápido; concentración y esfuerzo intenso sin probabilidad de durar por largos periodos; actuación de «virtuoso», sólo alcanzada por unos pocos trabajadores sobresalientes	9,6

¹ Partiendo del supuesto de un operario de estatura y facultades físicas medias, sin carga, que camine en línea recta, por terreno llano y sin obstáculos.

Fuente. Adaptación de un cuadro publicado por la Engineering and Allied Employers (West of England) Association, Department of Work Study.

Si la valoración fuese siempre impecable, por muchas veces que se valorara y cronometrara un elemento el resultado sería invariablemente que:

$$\text{Tiempo observado} \times \text{Valor atribuido} = \text{Constante}$$

Expresada en números, esa fórmula podría presentarse así:

Ciclo	Tiempo observado (minutos decimales)		Valor atribuido	=	Constante
1	0,20	×	100	=	0,20
2	0,16	×	125	=	0,20
3	0,25	×	80	=	0,20

y así sucesivamente.

Quizá parezca curioso que en este ejemplo el producto de $0,20 \times 100$ sea 0,20 y no 20. Lo que pasa es que la valoración del ritmo nunca da un valor absoluto, sino un valor relativo fijado por comparación con el valor tipo (100), de modo que, al calcular el tiempo corregido, el valor atribuido es el numerador de una fracción en que el denominador es el valor tipo. Cuando este último es 100, la fracción viene a ser un porcentaje, que al ser multiplicado por el tiempo observado da la constante que llamamos «tiempo básico [del elemento estudiado]».

$$\text{Tiempo observado} \times \frac{\text{Valor atribuido}}{\text{Valor tipo}} = \text{Tiempo básico.}$$

Por ejemplo:

$$0,16 \text{ min.} \times \frac{125}{100} = 0,20 \text{ min.}$$

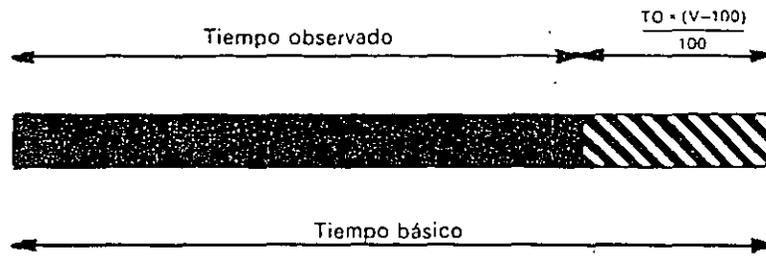
Este tiempo básico (0,20 minutos en el ejemplo) representa el tiempo que se invertiría en ejecutar el elemento (a juicio del observador) si el operario trabajara al ritmo tipo en vez de hacerlo a la velocidad mayor observada de hecho.

Si se estimara que el operario trabaja más despacio de lo normal, se obtendría entonces un tiempo básico inferior al observado, por ejemplo:

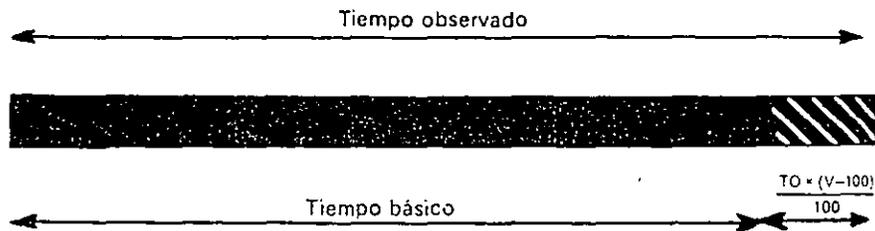
$$0,25 \text{ min.} \times \frac{80}{100} = 0,20 \text{ min.}$$

Efecto de la conversión sobre el tiempo de un elemento

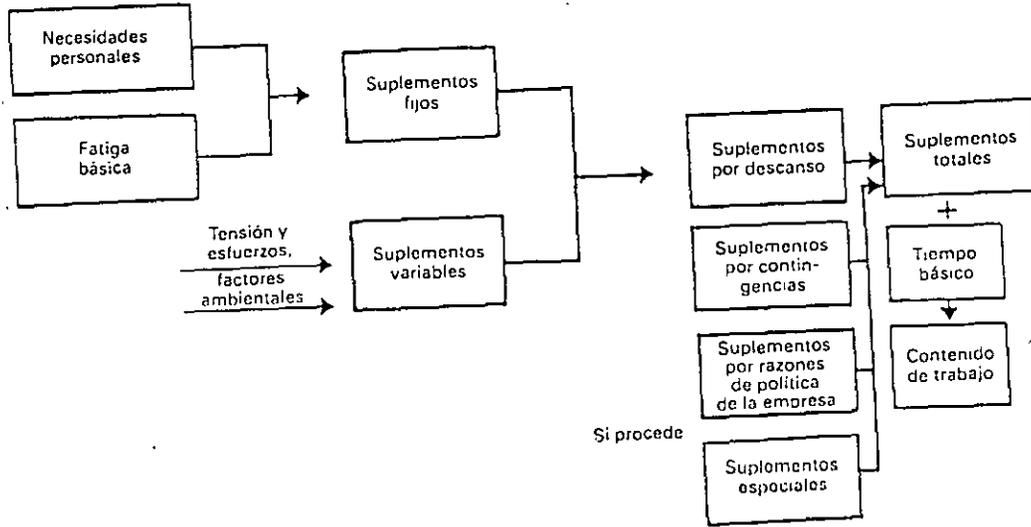
a) Desempeño superior a lo normal



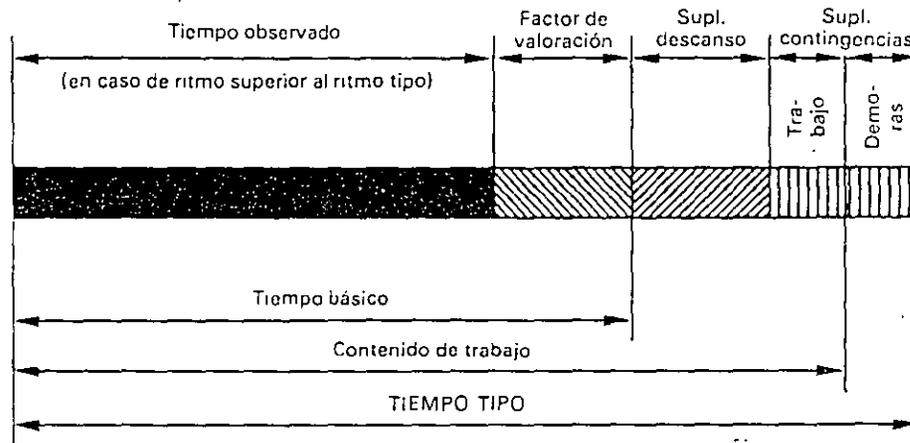
b) Desempeño inferior a lo normal



Suplementos



Cómo se descompone el tiempo tipo de una tarea manual simple



Los therbligs

Simbolo	Nombre	Abreviacion	Color
	Buscar	Sh	Negro
	Encontrar	F	Gris
	Seleccionar	St	Gris perla
	Asir	G	Rojo
	Sostener	H	Ocre dorado
	Transportar carga	TL	Verde
	Colocar en posición	P	Azul
	Ensamblar	A	Violeta
	Usar	U	Morado
	Desmontar	DA	Lila
	Inspeccionar	I	Ocre tostado
	Preparar colocación	PP	Azul celeste
	Soltar carga	RL	Carmin
	Desplazarse sin carga	TE	Acetuna
	Descansar por agotamiento	R	Naranja
	Demora inevitable	UD	Amarillo
	Demora evitable	AD	Amarillo verdoso
	Planificar	Pn	Marrón

Datos de aplicación del sistema MTM en tmu (pesos y medidas en unidades métricas decimales)

li. MOVER — M (MOVE)

I. ESTIRAR EL BRAZO — R (REACH)

Distancia (cm)	Tiempo (tmu)				Mano en movimiento		Clase y descripción	
	A	B	C o D	E	A	B		
	2 o menos	2,0	2,0	2,0	2,0	1,6		1,6
4	3,4	3,4	5,1	3,2	3,0	2,4		
6	4,5	4,5	6,5	4,4	3,9	3,1		
8	5,5	5,5	7,5	5,5	4,6	3,7		
10	6,1	6,3	8,4	6,8	4,9	4,3		
12	6,4	7,4	9,1	7,3	5,2	4,8	B. Estirar el brazo hacia un objeto aislado cuya ubicación puede variar ligeramente de un ciclo a otro	
14	6,8	8,2	9,7	7,8	5,5	5,4		
16	7,1	8,8	10,3	8,2	5,8	5,9		
18	7,5	9,4	10,8	8,7	6,1	6,5		
20	7,8	10,0	11,4	9,2	6,5	7,1		
22	8,1	10,5	11,9	9,7	6,8	7,7	C. Estirar el brazo hacia un objeto entreverado con otros, siendo necesario buscar y seleccionar	
24	8,5	11,1	12,5	10,2	7,1	8,2		
26	8,8	11,7	13,0	10,7	7,4	8,8		
28	9,2	12,2	13,6	11,2	7,7	9,4		
30	9,5	12,8	14,1	11,7	8,0	9,9		
35	10,4	14,2	15,5	12,9	8,8	11,4	D. Estirar el brazo hacia un objeto muy pequeño o que es necesario asir con precisión	
40	11,3	15,6	16,8	14,1	9,6	12,8		
45	12,1	17,0	18,2	15,3	10,4	14,2		
50	13,0	18,4	19,6	16,5	11,2	15,7		
55	13,9	19,8	20,9	17,8	12,0	17,1		
60	14,7	21,2	22,3	19,0	12,8	18,5	E. Estirar el brazo hacia un lugar indeterminado de modo que la mano esté en posición para dar equilibrio al cuerpo, para realizar el movimiento siguiente o para no estorbar	
65	15,6	22,6	23,6	20,2	13,5	19,9		
70	16,5	24,1	25,0	21,4	14,3	21,4		
75	17,3	25,5	26,4	22,6	15,1	22,8		
80	18,2	26,9	27,7	23,9	15,9	24,2		

Distancia (cm)	Tiempo (tmu)				Suplemento por peso			Clase y descripción
	A	B	C	Mano en movimiento B	Peso (kg) hasta	Constante estática (tmu)	Factor dinámico	
2 o menos	2,0	2,0	2,0	1,7	1	0	1,00	A. Mover el objeto contra un tope o a la otra mano
4	3,1	4,0	4,5	2,8				
6	4,1	5,0	5,8	3,1				
8	5,1	5,9	6,9	3,7	2	1,6	1,04	
10	6,0	6,8	7,9	4,3				
12	6,9	7,7	8,8	4,9	4	2,8	1,07	
14	7,7	8,5	9,8	5,4				
16	8,3	9,2	10,5	6,0	6	4,3	1,12	
18	9,0	9,8	11,1	6,5				
20	9,6	10,5	11,7	7,1	8	5,8	1,17	
22	10,2	11,2	12,4	7,6				B. Mover el objeto hasta un lugar aproximado o indeterminado
24	10,8	11,8	13,0	8,2	10	7,3	1,22	
26	11,5	12,3	13,7	8,7				
28	12,1	12,8	14,4	9,3	12	8,8	1,27	
30	12,7	13,3	15,1	9,8				
35	14,3	14,5	16,8	11,2	14	10,4	1,32	
40	15,8	15,6	18,5	12,6				
45	17,4	16,8	20,1	14,0	16	11,9	1,36	
50	19,0	18,0	21,8	15,4				C. Mover el objeto hasta un lugar exacto
55	20,5	19,2	23,5	16,8	18	13,4	1,41	
60	22,1	20,4	25,2	18,2				
65	23,6	21,6	26,9	19,5	20	14,9	1,46	
70	25,2	22,8	28,6	20,9				
75	26,7	24,0	30,3	22,3				
80	28,3	25,2	32,0	23,7	22	16,4	1,51	

III.A. GIRAR — T (TURN)

Peso	Tiempo (tmu) por grado de giro											
	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	
Pequeño: de 0 a 1 kg	2,8	3,5	4,1	4,8	5,4	6,1	6,8	7,4	8,1	8,7	9,4	
Medio: de 1 a 5 kg	4,4	5,5	6,5	7,5	8,5	9,6	10,6	11,6	12,7	13,7	14,8	
Grande: de 5,1 a 16 kg	8,4	10,5	12,3	14,4	16,2	18,3	20,4	22,2	24,3	26,1	28,2	

III.B. APLICAR PRESION — AP (APPLY PRESSURE)

Ciclo completo			Componentes		
Símbolo	tmu	Descripción	Símbolo	tmu	Descripción
APA	10,6	AF + DM + RLF	AF	3,4	Aplicar fuerza
			DM	4,2	Permanecer tiempo mínimo
APB	16,2	APA + G2	RLF	3,0	Aflojar fuerza

Los símbolos de este cuadro corresponden a los siguientes vocablos ingleses: APPLY FORCE, DWELL, MINIMUM, RELEASE FORCE.

IV. ASIR — G (GRASP)

Clase	Tiempo (tmu)	Descripción
1A	2,0	Asir, para recogerlos, objetos pequeños, medianos o grandes, aislados y fáciles de apresar
1B	3,5	Asir objetos muy pequeños o estrechamente yuxtapuestos con una superficie plana horizontal
1C1	7,3	Asir, superando estorbos, objetos casi cilíndricos por la parte inferior y un costado. Diámetro mayor de 12 mm
1C2	8,7	Asir, superando estorbos, objetos casi cilíndricos por la parte inferior y un costado. Diámetro de 6 a 12 mm
1C3	10,8	Asir, superando estorbos, objetos casi cilíndricos por la parte inferior y un costado. Diámetro menor de 6 mm
2	5,6	Reasir
3	5,6	Asir con traslado
4A	7,3	Asir objetos entreverados con otros, siendo preciso buscar y seleccionar. Dimensiones mayores de 25 x 25 x 25 mm
4B	9,1	Asir objetos entreverados con otros, siendo preciso buscar y seleccionar. Dimensiones entre 6 x 6 x 3 y 25 x 25 x 25 mm
4C	12,9	Asir objetos entreverados con otros, siendo preciso buscar y seleccionar. Dimensiones menores de 6 x 6 x 3 mm
5	0	Asir por contacto, deslizamiento o enganche

V. POSICIONAR* — P (POSITION)¹

Clase de ajuste		Simetría	Fácil de manipular	Difícil de manipular
1. Flojo	Sin necesidad de ejercer presión	S	5,6	11,2
		SS	9,1	14,7
		NS	10,4	16,0
2. Apretado	Necesidad de ejercer una presión ligera	S	16,2	21,8
		SS	19,7	25,3
		NS	21,0	26,6
3. Exacto	Necesidad de ejercer una presión fuerte	S	43,0	48,6
		SS	46,5	52,1
		NS	47,8	53,4

* Distancia recorrida para encajar el objeto: 25 mm máximo

¹ S = simétrico (la pieza manipulada puede ocupar cualquier posición alrededor del eje) SS = semisimétrico (la pieza sólo puede ocupar una posición determinada a uno y otro lado del eje) NS = no simétrico (la pieza tiene que estar en la única posición prevista con relación al eje).

VI. SOLTAR — RL (RELEASE)

Caso	Tiempo (tmu)	Descripción
1	2,0	Soltar normalmente, abriendo los dedos como movimiento independiente
2	0	Dejar cesar el contacto

VII. DESMONTAR — D (DISENGAGE)

Clase de ajuste	Fácil de manipular	Difícil de manipular
1. Flojo: esfuerzo muy pequeño; movimiento empalmado con el siguiente	4,0	5,7
2. Apretado: esfuerzo normal con ligero rebote	7,5	11,8
3. Exacto: esfuerzo considerable, con marcado retroceso de la mano	22,9	34,7

VIII. RECORRIDO DE LOS OJOS Y ENFOQUE VISUAL — ET Y EF (EYE TRAVEL AND EYE FOCUS)

Tiempo del recorrido = $15,2 \times \frac{T}{D}$ tmu, con un valor máximo de 20 tmu,

siendo T = distancia entre los puntos extremos de la trayectoria visual;

D = distancia del ojo a la trayectoria T, medida perpendicularmente.

Tiempo para enfocar = 7,3 tmu.

IX. MOVIMIENTOS DEL CUERPO, PIERNA Y PIE¹

Descripción	Símbolo	Distancia	Tiempo (tmu)
Movimiento del pie:			
Giro alrededor del tobillo	FM	Hasta 10 cm	8,5
Con presión fuerte	FMP		19,1
Movimiento de la pierna o del muslo			
	LM	Hasta 15 cm	7,1
		Por cada cm adicional	0,5
Paso lateral:			
Caso 1: Termina cuando la pierna adelantada entra en contacto con el suelo	SS-C1	Menos de 30 cm	Se emplearán los tiempos de <i>ESTIRAR MIEMBRO</i> y <i>MOVER</i>
		30 cm	17,0
		Por cada cm adicional	0,2
Caso 2: La pierna levantada en segundo lugar ha de tocar el suelo antes de que pueda realizarse el siguiente movimiento	SS-C2	Hasta 30 cm	34,1
		Por cada cm adicional	0,4
Inclinarse, agacharse o arrodillarse sobre una rodilla			
Levantarse	B.S.KOK		29,0
Arrodillarse sobre ambas rodillas	AB.AS.AKOK		31,9
Levantarse	KBK		69,4
	AKBK		76,7
Sentarse			
Levantarse de un asiento	SIT		34,7
	STD		43,3
Girar el cuerpo de 45 a 90°:			
Caso 1: Termina cuando la pierna adelantada entra en contacto con el suelo	TBC1		18,2
Caso 2: La pierna levantada en segundo lugar ha de tocar el suelo antes de que pueda realizarse el siguiente movimiento	TBC2		37,2
Andar			
Andar	W-M	Por metro	17,4
Andar	W-P	Por paso	15,0
Andar con obstáculos	W-PO	Por paso	17,0

¹ Los símbolos de este cuadro corresponden a los siguientes vocablos ingleses en el orden en que aparecen: *FOOT MOTION*, *FOOT MOTION with PRESSURE*, *LEG MOTION*, *SIDE STEP — CASES 1 and 2*, *BEND*, *STOOP*, or *KNEEL on ONE KNEE*, *ARISE and BEND*, *ARISE and STOOP*, *ARISE from KNEELING on ONE KNEE*, *KNEEL on BOTH KNEES*, *ARISE from KNEELING on BOTH KNEES*, *SIT*; *STAND from sitting position*, *TURN BODY — Cases 1 and 2*, *WALK-METRE*, *WALK-PACE*; *WALK-PACE-OBSTRUCTED*

X. MOVIMIENTOS SIMULTANEOS

ESTIRAR BRAZO			MOVER			ASIR			POSICIONAR			DESMONTAR		CASO	MOVIMIENTO	
A, E	B	C, D Bm	A	B	C G2	G1A G1C G5	G1B	G4	P1S P2S	P1SS P2SS	P1NS D1D P2NS	D1E	D2			
		W O	W O	W O	W O		W O	W O	E	D	E	D	E	D		
					X X						X X X				A, E	ESTIRAR BRAZO
	X			X X			X X	X X	X X	X X			X		B	
	X X	X X					X X	X X	X X	X X			X		C, D	
										X X X					A, Bm	MOVER
							X X	X X	X X	X X			X		B	
				X			X					X		C		
															G1A, G2, G5	ASIR
							X								G1B, G1C	
								X							G4	
									X						P1S	POSICIONAR
															P1SS, P2S	
															P1NS, P2SS, P2NS	
												X	X X	X X	D1E, D1D	DESMONTAR
												X X	X X		D2	

- = FACILES de ejecutar simultáneamente.
- ⊗ = Pueden realizarse simultáneamente con PRACTICA.
- = DIFICILES de realizar simultáneamente, incluso con mucha práctica. Se conceden ambos tiempos.

MOVIMIENTOS NO INCLUIDOS EN LA TABLA:

- GIRAR:** Normalmente FACIL con todos los movimientos, salvo cuando se debe controlar el giro o combinarlo con DESMONTAR.
- APLICAR PRESION } Puede ser FACIL, realizable con PRACTICA o DIFICIL.**
- HACER GIRAR } Cada caso debe analizarse.**
- POSICIONAR:** Clase 3: Siempre DIFICIL.
- DESMONTAR:** Clase 3: Normalmente DIFICIL.
- SOLTAR:** Siempre FACIL.
- DESMONTAR:** Todas las clases pueden ser DIFICILES si hay que tener cuidado para que el objeto no sufra daños.

- * W (Within) = Dentro } del campo de visión normal, v.g.: r = 10 cm, d = 40 cm.
- O (Outside) = Fuera }
- ** E (Easy) = FACIL de manipular.
- D (Difficult) = DIFICIL de manipular.

Fuente: Official International M/M Data © International M/M Directorate y M/M Associates for Standards and Research. Cuadros reproducidos con la autorización de International M/M Directorate

Andar limitado

Distancia (m)	Tiempo observado (min.)	Valoración ($\sigma \times v =$)	Tiempo básico (min.)	Promedio (min.)
x	o	v	t	y
10	0,13	85	0,1105	0,1118
	0,13	90	0,1170	
	0,13	85	0,1105	
	0,11	95	0,1045	
	0,12	90	0,1080	
	0,15	80	0,1200	
20	0,21	105	0,2205	0,2127
	0,21	105	0,2205	
	0,22	95	0,2090	
	0,22	100	0,2200	
	0,26	80	0,2080	
	0,22	90	0,1980	
30	0,29	110	0,3190	0,3034
	0,30	100	0,3000	
	0,32	90	0,2880	
	0,30	100	0,3000	
	0,30	100	0,3000	
	0,33	95	0,3135	
40	0,38	110	0,4180	0,4025
	0,37	110	0,4070	
	0,38	110	0,4180	
	0,43	90	0,3870	
	0,42	90	0,3780	
	0,37	110	0,4070	

Ejemplo de tablas utilizadas para calcular suplementos por descanso

El presente apéndice se basa en información facilitada por la empresa Peter Steel and Partners (Reino Unido). Existen tablas similares elaboradas por diversas instituciones, como la REFA (Alemania), y otras empresas de consultoría.

Los suplementos por descanso pueden determinarse utilizando las tablas de tensiones relativas y la tabla de conversión de los puntos reproducidas en este apéndice. El análisis debería efectuarse del modo siguiente:

1. Determinar, para el elemento de trabajo en estudio, el grado de tensión impuesta consultando el acápito que corresponda en la tabla de tensiones presentada a continuación, así como la tabla de tensiones relativas.
2. Asignar puntos según lo indicado en dichas tablas y determinar el total de puntos para las tensiones impuestas por la ejecución del elemento de trabajo.
3. Extraer de la tabla de conversión de los puntos el suplemento por descanso apropiado.

Tabla I. Puntos asignados a las diversas tensiones: resumen

Tipo de tensión	Grado		
	Bajo	Mediano	Alto
A. Tensión física provocada por la naturaleza del trabajo			
1. Fuerza ejercida en promedio	0-85	0-113	0-149
2. Postura	0-5	6-11	12-16
3. Vibraciones	0-4	5-10	11-15
4. Ciclo breve	0-3	4-6	7-10
5. Ropa molesta	0-4	5-12	13-20
B. Tensión mental			
1. Concentración o ansiedad	0-4	5-10	11-16
2. Monotonía	0-2	3-7	8-10
3. Tensión visual	0-5	6-11	12-20
4. Ruido	0-2	3-7	8-10
C. Tensión física o mental provocada por la naturaleza de las condiciones de trabajo			
1. Temperatura			
Humedad baja	0-5	6-11	12-16
Humedad mediana	0-5	6-14	15-26
Humedad alta	0-6	7-17	18-36

Tensión	Grado		
	Bajo	Mediano	Alto
2. Ventilación	0-3	4-9	10-15
3. Emanaciones de gases	0-3	4-8	9-12
4. Polvo	0-3	4-8	9-12
5. Suciedad	0-2	3-6	7-10
6. Presencia de agua	0-2	3-6	7-10

Nota: Atribuir por separado los puntos correspondientes a cada tensión, sin tener en cuenta los asignados a las demás tensiones. Cuando una tensión aparece solamente durante parte del tiempo, se le atribuyen puntos a prorrata de la proporción de tiempo en que aparece.

Ejemplo: Alta concentración, 16 puntos, 25 por ciento del tiempo
Baja concentración, 4 puntos, 75 por ciento del tiempo

Cálculo:
 $16 \times 0,25 = 4$ puntos
 $4 \times 0,75 = 3$ puntos
 Total 7 puntos

Tablas de tensiones relativas

A. Tensión física provocada por la naturaleza del trabajo

1. FUERZA EJERCIDA EN PROMEDIO (FACTOR A. 1)

Considerar todo el elemento o período al que corresponderá el suplemento por descanso y determinar la fuerza media ejercida.

Ejemplo: Levantar y transportar un peso de 20 kg (tiempo: 12 segundos) y volver con las manos vacías (tiempo: 8 segundos). Si, en este ejemplo, el suplemento por descanso debe aplicarse a los 20 segundos en su totalidad, la «fuerza ejercida en promedio» se calculará como sigue:

$$\left(40 \times \frac{12}{20}\right) + \left(0 \times \frac{8}{20}\right) = 24 \text{ kg.}$$

El número de puntos atribuidos según el promedio de la fuerza ejercida dependerá del tipo de esfuerzo realizado. El esfuerzo realizado está clasificado de la manera siguiente:

a) Esfuerzo mediano

Cuando el trabajo consiste principalmente en:

- i) transportar o sostener cargas;
 - ii) traspalar, martillar y otros movimientos rítmicos.
- Esta categoría incluye la mayor parte de las operaciones.

b) Esfuerzo reducido

Cuando se desplaza el peso del cuerpo a fin de:

- i) ejercer fuerza; por ejemplo, accionar un pedal, presionar un artículo con el cuerpo contra un disco de bruñir;
- ii) sostener o transportar cargas bien equilibradas sujetas al cuerpo por fajas o colgadas de los hombros; los brazos y las manos están libres.

c) Esfuerzo intenso

Cuando el trabajo consiste principalmente en:

- i) levantar cargas;
- ii) ejercer fuerza mediante el uso prolongado de determinados músculos de los dedos y brazos;
- iii) levantar o sostener cargas en posturas difíciles, manipular cargas pesadas para colocarlas en posiciones difíciles;
- iv) efectuar operaciones en ambientes calurosos, trabajar metales en caliente, etc.

En esta categoría, los suplementos por descanso deberían atribuirse sólo después de haber hecho todo lo posible por mejorar las instalaciones a fin de aliviar la tarea física.

Deberían estudiarse los elementos en relación con las condiciones de esfuerzo reducido, mediano o intenso. Las tablas II, III o IV indican los puntos que se atribuirán según el tipo de fuerza y la fuerza ejercida en promedio.

Tabla II. Esfuerzo mediano: puntos para la fuerza ejercida en promedio

Kg	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
0	0	0	0	0	3	6	8	10	12	14
5	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
10	25	26	27	28	29	30	31	32	32	33
15	34	35	36	37	38	39	39	40	41	41
20	42	43	44	45	46	46	47	48	49	50
25	50	51	51	52	53	54	54	55	56	56
30	57	58	59	59	60	61	61	62	63	64
35	64	65	65	66	67	68	69	70	71	71
40	72	72	72	73	73	74	74	75	76	76
45	77	78	79	79	80	80	81	82	82	83
50	84	85	86	86	87	88	88	88	89	90
55	91	92	93	94	95	95	96	96	97	97
60	97	98	98	98	99	99	99	100	100	100
65	101	101	102	102	103	104	105	106	107	108
70	109	109	109	110	110	111	112	112	112	113

Tabla III. Esfuerzo reducido: puntos para la fuerza ejercida en promedio

Kg	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
0	0	0	0	0	3	6	7	8	9	10
5	11	12	13	14	14	15	16	16	17	18
10	19	19	20	21	22	22	23	23	24	25
15	26	26	27	27	28	28	29	30	31	31
20	32	32	33	34	34	35	35	36	36	37
25	38	38	39	39	40	41	41	42	42	43
30	43	43	44	44	45	46	46	47	47	48
35	48	49	50	50	50	51	51	52	52	53
40	54	54	54	55	55	56	56	57	58	58
45	58	59	59	60	60	60	61	62	62	63
50	63	63	64	65	65	66	66	66	67	67
55	68	68	68	69	69	70	71	71	71	72
60	72	73	73	73	74	74	75	75	76	76
65	77	77	77	78	78	78	79	80	80	81
70	81	82	82	82	83	83	84	84	84	85

Tabla VI. Esfuerzo intenso: puntos para la fuerza ejercida en promedio

Kg	0	0,5	1	1,5	1,5-2	2	2,5	3	3,5	4	4,5
0	0	0	0	3	6	8	11	13	15	17	18
5	20	21	22	24		25	27	28	29	30	32
10	33	34	35	37		38	39	40	41	43	44
15	45	46	47	48		49	50	51	52	54	55
20	56	57	58	59		60	61	62	63	64	65
25	66	67	68	69		70	71	72	73	74	75
30	76	76	77	78		79	80	81	82	83	84
35	85	86	87	88		88	89	90	91	92	93
40	94	94	95	96		97	98	99	100	101	101
45	102	103	104	105		105	106	107	108	109	110
50	110	111	112	113		114	115	115	116	117	118
55	119	119	120	121		122	123	124	124	125	126
60	127	128	128	129		130	130	131	132	133	134
65	135	136	136	137		137	138	139	140	141	142
70	142	143	143	144		145	146	147	148	148	149

Ejemplo: Suponiendo que el trabajador deba transportar un peso de 12,5 kg:

- i) se determina el tipo de esfuerzo (mediano, reducido o intenso);
- ii) en la tabla correspondiente al tipo de esfuerzo (tabla II, III o IV) se busca, en la columna de la izquierda, el renglón referente a 10 kg;
- iii) se sigue ese renglón hacia la derecha hasta llegar a la columna 2,5;
- iv) se ven los puntos atribuidos para 12,5 kg transportados, o sea:
 - tabla II, esfuerzo mediano: 30 puntos;
 - tabla III, esfuerzo reducido: 22 puntos;
 - tabla IV, esfuerzo intenso: 39 puntos.

2. POSTURA (FACTOR A.2)

Determinar si el trabajador está sentado, de pie, agachado o en una posición engorrosa, si tiene que manipular una carga y si ésta es fácil o difícil de manipular.

	Puntos
Sentado cómodamente	0
Sentado incómodamente, o a veces sentado y a veces de pie	2
De pie o andando libremente	4
Subiendo o bajando escaleras sin carga	5
De pie o andando con una carga	6
Subiendo o bajando escaleras de mano, o debiendo a veces inclinarse, levantarse, estirarse o arrojar objetos	8
Levantando pesos con dificultad, traspalando balasto a un contenedor	10
Debiendo constantemente inclinarse, levantarse, estirarse o arrojar objetos	12
Extrayendo carbón con un zapapico, tumbado en una veta baja	16

VIBRACIONES (FACTOR A 3)

Considerar el impacto de las vibraciones en el cuerpo, extremidades o manos, y el aumento del esfuerzo mental debido a las mismas o a una serie de sacudidas o golpes.

	Puntos
Traspalar materiales ligeros	1
Coser con máquina eléctrica o afín	2
Sujetar el material en el trabajo con prensa o guillotina mecánica	2
Tronzar madera	4
Traspalar balasto	4
Trabajar con una taladradora mecánica portátil accionada con una sola mano	4
Picar con zapapico	6
Emplear una taladradora mecánica que exige las dos manos	8
Emplear un martillo perforador con hormigón	15

1. CICLO BREVE (TRABAJO MUY REPETITIVO) (FACTOR A.4)

Si en un trabajo muy repetitivo una serie de elementos muy cortos forman un ciclo que se repite continuamente durante un largo período, se atribuyen puntos como se indica a continuación a fin de compensar la imposibilidad de alternar los músculos utilizados durante el trabajo.

Tiempo medio del ciclo (centimínutos)	Puntos
16-17	1
15	2
13-14	3
12	4
10-11	5
8-9	6
7	7
6	8
5	9
Menos de 5	10

5. ROPA MOLESTA (FACTOR A.5)

Considerar el peso de la ropa de protección en relación con el esfuerzo y el movimiento. Observar asimismo si la ropa estorba la aireación y la respiración.

	Puntos
Guantes de caucho para cirugía	1
Guantes de caucho de uso doméstico	2
Botas de caucho	2
Gafas protectoras para afilador	3
Guantes de caucho o piel de uso industrial	5
Máscara (por ejemplo, para pintar con pistola)	8
Traje de amianto o chaqueta encerada	15
Ropa de protección incómoda y mascarilla de respiración	20

B. Tensión mental

1. CONCENTRACION/ANSIEDAD (FACTOR B.1)

Considerar las posibles consecuencias de una menor atención por parte del trabajador, el grado de responsabilidad que asume, la necesidad de coordinar los movimientos con exactitud y el grado de precisión o exactitud exigido.

	Puntos
Hacer un montaje corriente	0
Traspalar balasto	0
Hacer un embalaje corriente; lavar vehículos	1
Empujar carrito por un pasillo despejado	1
Alimentar troquel de prensa sin tener que aproximar la mano a la prensa	2
Rellenar de agua una batería	2
Pintar paredes	3
Juntar lotes pequeños y sencillos sin necesidad de prestar mucha atención	4
Coser a máquina con guía automática	4
Pasar con carrito a recoger pedidos de almacén	5
Hacer una inspección simple	5
Cargar/descargar troquel de una prensa; alimentar la prensa a mano	6
Pintar metal labrado con pistola	6
Sumar cifras	7
Inspeccionar componentes detallados	7
Bruñir y pulir	8
Coser a máquina guiando manualmente el trabajo	10
Empaquetar bombones surtidos recordando de memoria la presentación y efectuando la consiguiente selección	10
Montar trabajos demasiado complejos para ser automatizados	10
Soldar piezas sujetas con una plantilla	10
Conducir un autobús con tráfico intenso o neblina	15
Marcar piezas con detalles de mucha precisión	15

2. MONOTONIA (FACTOR B 2)

Considerar el grado de estímulo mental y, en caso de trabajar con otras personas, espíritu de competencia, música, etc.

	Puntos
Efectuar de a dos un trabajo por encargo	0
Limpiarse los zapatos solitariamente durante media hora	3
Efectuar un trabajo repetitivo	5
Efectuar un trabajo no repetitivo	5
Hacer una inspección corriente	6
Sumar columnas similares de cifras	8
Efectuar solo un trabajo sumamente repetitivo	11

TENSION VISUAL (FACTOR B 3)

Considerar las condiciones de iluminación natural y artificial, deslumbramiento, centelleo, lor y proximidad del trabajo, así como la duración del período de tensión.

	Puntos
Efectuar un trabajo fabril normal	0
Inspeccionar defectos fácilmente visibles	}
Clasificar por colores artículos con colores distintivos	
Efectuar un trabajo fabril con mala luz	
Inspeccionar con intermitencias defectos de detalle	}
Clasificar manzanas según su tamaño	
Leer el periódico en un autobús	8
Soldar por arco con máscara	}
Inspeccionar con la vista en forma continua, p. ej., los tejidos salidos del telar	
Hacer grabados utilizando un monóculo de aumento	14

RUIDO (FACTOR B.4)

Considerar si el ruido afecta a la concentración, si es un zumbido constante o un ruido de fondo, si es regular o aparece de improviso, si es irritante o sedante. (Se ha dicho del ruido que es un sonido fuerte producido por otra persona y no por mí».)

	Puntos
Trabajar en una oficina tranquila sin ruidos que distraigan	}
Trabajar en un taller de pequeños montajes	
Trabajar en una oficina del centro de la ciudad oyendo continuamente el ruido del tráfico	1
Trabajar en un taller de máquinas ligeras	}
Trabajar en una oficina o taller donde el ruido distraiga la atención	
Trabajar en un taller de carpintería	4
Hacer funcionar un martillo de vapor en una fragua	5
Hacer remaches en un astillero	9
Perforar pavimentos de carretera	10

2. Tensión física o mental provocada por la naturaleza de las condiciones de trabajo

TEMPERATURA Y HUMEDAD (FACTOR C.1)

Considerar las condiciones generales de temperatura y humedad de la atmósfera y lasientas como se indica a continuación. Según la temperatura media observada, seleccionar el calor adecuado en una de las series siguientes:

Humedad (por ciento)	Temperatura		
	Hasta 23 °C	De 23 a 32 °C	Más de 32 °C
hasta 75	0	6-9	12-16
De 76 a 85	1-3	8-12	15-26
Más de 85	4-6	12-17	20-36

2. VENTILACION (FACTOR C 2)

Considerar la calidad y frescura del aire, así como el hecho de que circule o no (climatización o corriente natural).

	Puntos
Oficinas	}
Fábricas con ambiente físico similar al de una oficina	
Talleres con ventilación aceptable, pero con un poco de corriente de aire	1
Talleres con corrientes de aire	3
Sistema de cloacas	14

3. EMANACIONES DE GASES (FACTOR C.3)

Considerar la naturaleza y concentración de las emanaciones de gases: tóxicos o nocivos para la salud; irritantes para los ojos, nariz, garganta o piel; olor desagradable.

	Puntos
Torno con líquidos refrigerantes	0
Pintura de emulsión	}
Corte por llama oxiacetilénica	
Soldadura con resina	
Gases de escape de vehículos de motor en un pequeño garaje comercial	5
Pintura celulósica	6
Trabajos de moldeado con metales	10

4. POLVO (FACTOR C 4)

Considerar el volumen y tipo de polvo.

	Puntos
Trabajo de oficina	}
Operaciones normales de montaje ligero	
Trabajo en taller de prensas	
Operaciones de rectificación y bruñido con buen sistema de aspiración del aire	1
Aserrar madera	2
Evacuar cenizas	4
Abrasión de soldaduras	6
Trasegar coque de tolvas a volcadores o camiones	10
Descargar cemento	11
Demoler edificios	12

SUCIEDAD (FACTOR C.5)

Considerar la naturaleza del trabajo y la molestia general causada por el hecho de que sea sucio. Este suplemento comprende el « tiempo para lavarse » en los casos en que se paga (es decir, los trabajadores disponen de tres o cinco minutos para lavarse, etc.). No deben atribuirse puntos tiempo a la vez.

- Trabajo de oficina
- Operaciones normales de montaje
- Manejo de multicopistas de oficina
- Barrido de polvo o basura
- Desmontaje de motores de combustión interna
- Trabajo debajo de un vehículo de motor usado
- Descarga de sacos de cemento
- Extracción de carbón
- Deshollinado de chimeneas

Puntos

0

1

2

4

5

7

10

Ejemplo: Si el número total de puntos atribuidos a las diferentes tensiones se eleva a 37.
 i) buscar, en la columna de la izquierda de la tabla V, la línea correspondiente a 30;
 ii) seguir esa línea hacia la derecha hasta llegar a la columna 7,
 iii) leer el suplemento por descanso correspondiente a 37 puntos, que es de 18 por ciento.

Ejemplos de cálculo de suplementos por descanso

1. **Accionamiento de una prensa mecánica.** Cuando la guarda de la prensa se abre automáticamente, estirar la mano izquierda hasta la pieza, avirla y extraerla. Con la mano izquierda llevar la pieza hasta el recipiente previsto, mientras la mano derecha coloca una pieza no trabajada en el troquel de la prensa. Retirar la mano derecha mientras la izquierda cierra la guarda. Accionar la prensa con el pie. Simultáneamente, estirar la mano derecha hasta el recipiente, asir una pieza hasta y orientarla en la mano, llevar la pieza hasta la guarda y esperar que ésta se abra.

Prensa de 20 toneladas. Extensión máxima del brazo: 50 cm. Posición algo forzada; sentado en la máquina. Departamento ruidoso; buena luz.

2. **Transportar saco de 25 kg al piso superior.** Levantar el saco y apoyarlo en un banco de 90 cm de altura, colocarlo en la espalda, subirlo por la escalera al piso superior y soltarlo en el suelo. Presencia de polvo en el aire.

3. **Empaquetar bombones** en cajas de 2 kg, disponiéndolos según un esquema y en tres capas, con un promedio de 160 por caja. El trabajador se sienta delante de una estantería donde hay 11 clases de bombones en bandejas o latas; deberá empaquetarlos siguiendo de memoria el esquema de cada capa. Ambiente con aire acondicionado, buena luz.

Tabla VI. Cálculo de suplementos por descanso: ejemplos

Tipo de tensión	Tarea					
	Accionar prensa mecánica		Transportar saco de 25 kg		Empaquetar bombones	
	Fuerza	Puntos	Fuerza	Puntos	Fuerza	Puntos
A. Tensión física						
1. Fuerza media (kg)	—	—	M	50	—	—
2. Postura	B	4	M	6	B	2
3. Vibraciones	B	2	B	—	—	—
4. Ciclo breve	A	10	B	—	—	—
5. Ropa molesta	—	—	—	—	—	—
B. Tensión mental						
1. Concentración/ansiedad	M	6	B	1	A	10
2. Monotonía	M	6	B	1	B	2
3. Tensión visual	B	3	—	—	B	2
4. Ruido	M	4	B	—	B	1
C. Condiciones de trabajo						
1. Temperatura/humedad	—	—	B/B	1	B/B	3
2. Ventilación	—	—	—	—	—	—
3. Emanaciones de gases	—	—	—	—	—	—
4. Polvo	—	—	A	9	—	—
5. Suciedad	M	3	B	—	—	—
6. Presencia de agua	—	—	B	—	—	—
Total de puntos			38		68	
Suplemento por descanso, incluyendo pausas para tomar una bebida (porcentaje)			18		35	
					20	
					13	

5. PRESENCIA DE AGUA (FACTOR C.6)

Considerar el efecto acumulativo del trabajo efectuado en ambiente mojado durante un largo período.

- Operaciones normales de fábrica
- Trabajo al aire libre, p. ej. el de cartero
- Trabajo continuo en lugares húmedos
- Apomazado de paredes con agua
- Manipulación continua de productos mojados
- Lavandería-tintorería: trabajos con agua y vapor, suelo empapado de agua, manos en contacto con el agua

Puntos

0

1

2

4

5

10

Tabla de conversión de los puntos

Tabla V. Porcentaje de suplemento por descanso según el total de puntos atribuidos

Puntos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11
10	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12
20	13	13	13	13	14	14	14	14	15	15
30	15	16	16	16	17	17	17	18	18	18
40	19	19	20	20	21	21	22	22	23	23
50	24	24	25	26	26	27	27	28	28	29
60	30	30	31	32	32	33	34	34	35	36
70	37	37	38	39	40	40	41	42	43	44
80	45	46	47	48	48	49	50	51	52	53
90	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
100	64	65	66	68	69	70	71	72	73	74
110	75	77	78	79	80	82	83	84	85	87



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

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN INGENIERIA EN
PRODUCCION**

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

REINGENIERÍA (ANEXO)

**EXPOSITOR: M. EN I. LOURDES ARELLANO BOLIO
PALACIO DE MINERIA
MARZO DEL 2001**

DEFINICIÓN

LA REINGENIERÍA ES EL REDISEÑO RADICAL DE PROCESOS PARA ALCANZAR MEJORAS ESPECTACULARES BAJO NUEVOS PARÁMETROS DE EFICIENCIA ; TALES COMO : CALIDAD, SERVICIO, COSTO Y TIEMPO.

PRINCIPIO BÁSICO DE LA REINGENIERÍA

ESTIMULAR LAS ACTIVIDADES CON VALOR AGREGADO PARA EL CLIENTE Y TRANSFORMAR O ELIMINAR LAS QUE NO LO TIENEN.

QUE NO ES REINGENIERÍA

- REALIZAR MEJORAS CONTINUAS
- REORGANIZAR O REESTRUCTURAR LA COMPAÑÍA
- IMPLEMENTAR UN PROGRAMA DE REDUCCIÓN DE COSTOS
- OTRA ESTRATEGIA DE CALIDAD
- ACELERAR EL PROCESO DE AUTOMATIZACIÓN

LA REINGENIERÍA IMPLICA UN CAMBIO RADICAL CON UN ENFOQUE TOTALMENTE INNOVADOR

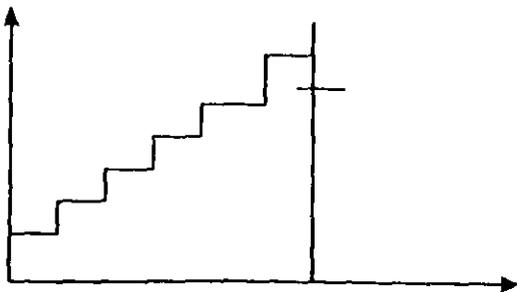
OBJETIVOS DE LA REINGENIERÍA

- CONDUCIR EL REDISEÑO DE LOS PROCESOS CENTRALES Y CORRELACIONARLOS CON LAS METAS, ESTRATEGIAS Y LOS REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE.
- IDENTIFICAR LOS PUNTOS CLAVE (CUELLOS DE BOTELLA) PARA ALCANZAR RESULTADOS IMPORTANTES.
- ESTABLECER PRIORIDADES PARA CREAR UN AMBIENTE OPTIMO PARA EL REDISEÑO.

MEJORAMIENTO CONTINUO VS REINGENIERÍA

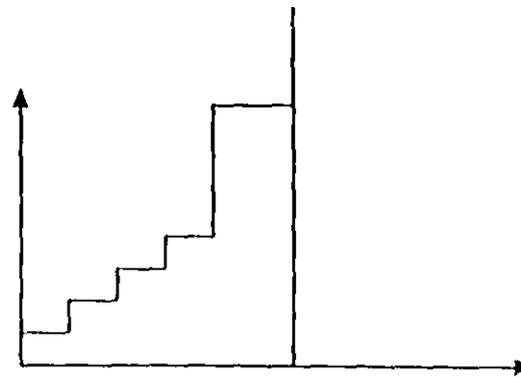
MEJORAMIENTO CONTINUO

ESTABLECIENDO LAS INTERRELACIONES ENTRE LAS VARIABLES CAUSALES, PLANTEANDO EL ESCENARIO DESEADO Y DEFINIENDO COMO ALCANZAR LOS OBJETIVOS Y METAS ESTABLECIDOS; RESPETANDO LOS PRINCIPIOS OPERATIVOS Y ORGANIZACIONALES VIGENTES.

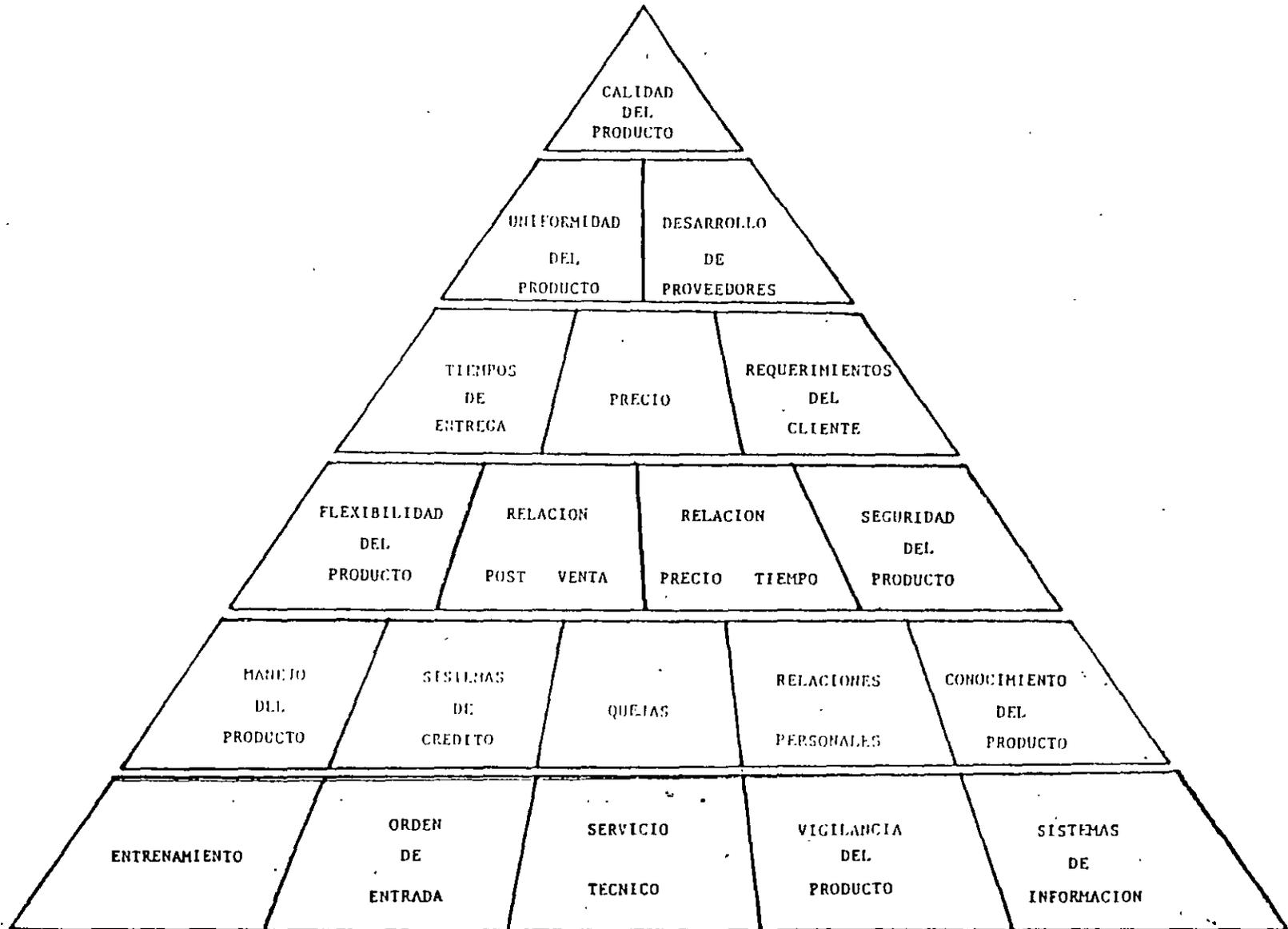


REDISEÑO DE PROCESOS

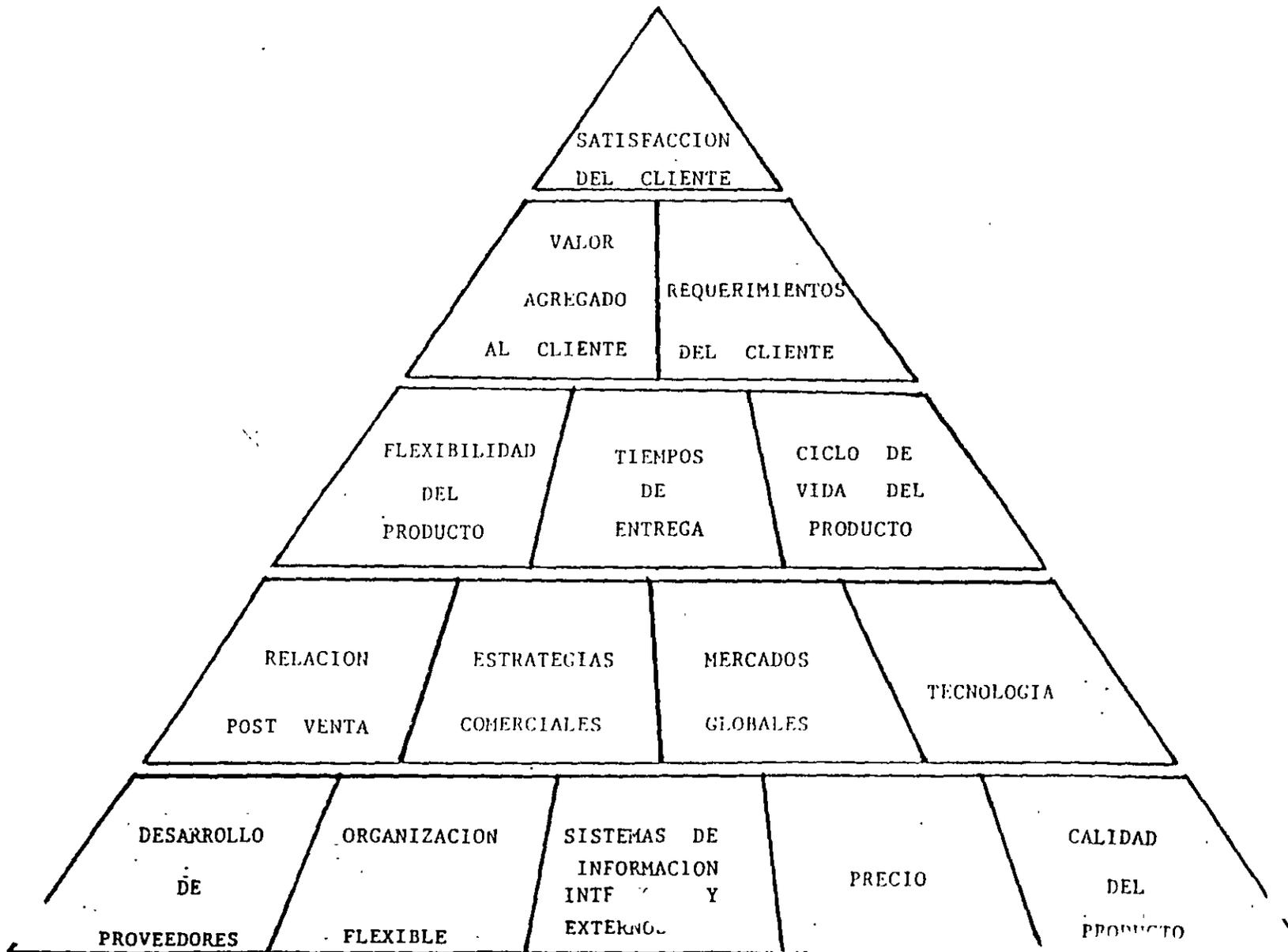
POR MEDIO DEL REDISEÑO DE PROCESOS, REALIZANDO CAMBIOS RADICALES EN LA ESTRUCTURA ORGANIZATIVA Y EN LA OPERACIÓN PARA ALCANZAR EL ESCENARIO DESEADO EN EL CORTO PLAZO.



MEJORA CONTINUA



REDISEÑO DE PROCESOS



EL MÉTODO DE REINGENIERÍA : UN RESUMEN

Fase I: Preparación del cambio

1. La alta dirección explora el proceso de reingeniería.
 - Educar a la dirección sobre el proceso de reingeniería y la necesidad de cambiar
 - Crear un comité de dirección de reingeniería
 - Desarrollar un plan inicial de acción
 -
2. Preparar a la fuerza de trabajo para el compromiso y el cambio

Fase II: Planeación del cambio

3. Crear una visión, una misión y principios rectores.
 - Identificar las competencias esenciales
 - Desarrollar una declaración de visión
 - Desarrollar una declaración de misión
 - Determinar los principios rectores

4. Desarrollar un plan estratégico de tres a cinco años
 - Llevar a cabo una revisión de la empresa en la actualidad
 - Determinar los factores externos del entorno
 - Llevar a cabo una revisión de la salud interna
 - Desarrollar pronósticos sobre la empresa tal como está.
 - Llevar a cabo un análisis de vacíos

5. Desarrollar planes actuales de operación o trascendentales
 - Desarrollar objetivos de operación
 - Organizar recursos
 - Asignar prioridades a los cambios potenciales
 - Desarrollar presupuestos y planes operacionales de una año
 - Aplicar y evaluar los planes operacionales

Fase III: Diseño del cambio

6. Identificar los procesos actuales de la empresa

- Determinar los procesos organizacionales críticos
- Medir los procesos críticos
- Clasificar el desempeño de los procesos
- Identificar oportunidades y el proceso al que se aplicará la reingeniería
-

7. Establecer el alcance del proceso y el proyecto de diagramación

- Identificar a los responsables del proceso
- Crear la misión y metas del proyecto
- Estructurar y seleccionar a los miembros del equipo
- Desarrollar un plan de trabajo
-

8. Combinar y analizar el proceso

- Describir el proceso en flujograma
- Describir el proceso en un diagrama integrado de flujo
- Completar la hoja de trabajo de diagramación del proceso
- Completar el análisis de limitantes del proceso
- Complete el análisis de factores culturales
-



9. Crear el proceso ideal

- Describir el proceso ideal en papel
- Comparar el proceso actual contra el ideal
- Evaluar las diferencias
-

10. Probar el nuevo proceso

- Desarrollar objetivos piloto
- Desarrollar mediciones piloto
- Lograr la aprobación y consenso de los responsables
- Llevar a cabo una prueba piloto del nuevo proceso
- Evaluar el impacto de la prueba piloto

11. Implantar el nuevo proceso

- Desarrollar un plan de acción para la implantación
- Ejecutar el plan

Fase IV: Evaluación del cambio

12. Revisión y evaluación del avance

- Evaluación de las mediciones organizacionales
- Hacer que el comité de dirección evalúe los resultados
- Revisar el plan estratégico de tres a cinco años, de ser necesario

13. Repetir el anual de planeación operacional y trascendental.

•

•

ESTRATEGIA CORPORATIVA

MEJORAR RENTABILIDAD

PLANEACIÓN ESTRATÉGICA

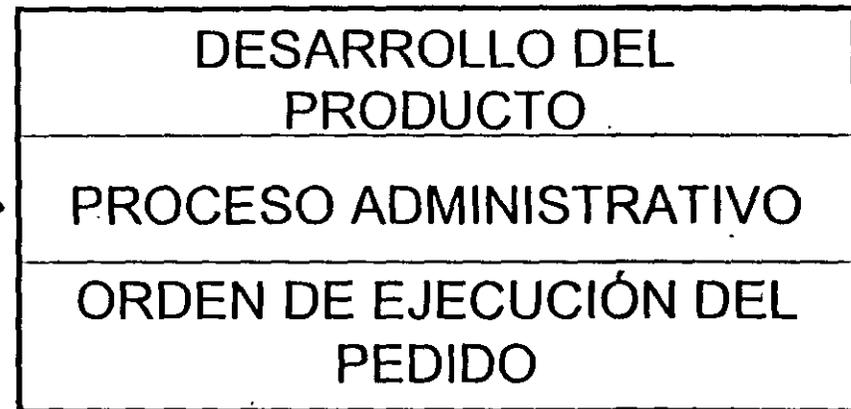
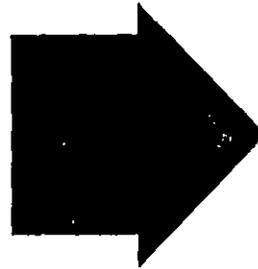
- MEJORA CONTINUA
- HACER LOS MEJOR POSIBLE LO QUE SE HACE
- INTEGRAL, VISIÓN HOLÍSTICA
- DESARROLLO DE UN MODELO CONCEPTUAL
- INFORMÁTICA
- ANÁLISIS DEDUCTIVO
- TRANQUILIDAD EN EL PERSONAL
- RESPETO A LA ESTRUCTURA JERARQUICAZADA

VALOR AGREGADO

REDISEÑO DE PROCESOS

- CAMBIOS RADICALES
- HACER LAS COSAS DE OTRA MANERA
- VISIÓN -PROCESOS
- HOLÍSTICA- INDEPENDIENTES
- ENTENDER LOS PROCESOS
- TECNOLOGÍA DE LA INFORMÁTICA RESPONSABLE
- AMÁLISIS INDUCTIVO
- GENERA INQUIETUD
- NUEVA ESTRUCTURA ORGANIZATIVA
-

UN NUEVO ENFOQUE



LA REINGENIERÍA DEBE ENFOCARSE



EL MUNDO DE LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL, ESTA CEDIENDO EL CAMPO A UNA ECONOMÍA GLOBAL, A PODEROSAS TECNOLOGÍAS INFORMÁTICAS Y A UN CAMBIO INEXORABLE. SE INICIA LA EDAD DE LA REINGENIERÍA, LOS QUE RESPONDAN A SU LLAMADA ESCRIBIRAN LAS NUEVAS REGLAS DE LOS NEGOCIOS, TODO LO QUE SE NECESITA ES VOLUNTAD DE TRIUNFAR Y VALOR PARA EMPEZAR.

CONSIDERACIONES FUNDAMENTALES

ESTRATEGIA COMERCIAL

PERSONAS Y CULTURA

ACTIVIDADES Y PROCESOS

TECNOLOGÍA Y SISTEMAS

ORGANIZACIÓN

CLIENTE

**ENTENDER EL MERCADO Y LA
COMPETENCIA**

**ACTITUDES Y APTITUDES
HABILIDADES, PRETENSIONES**

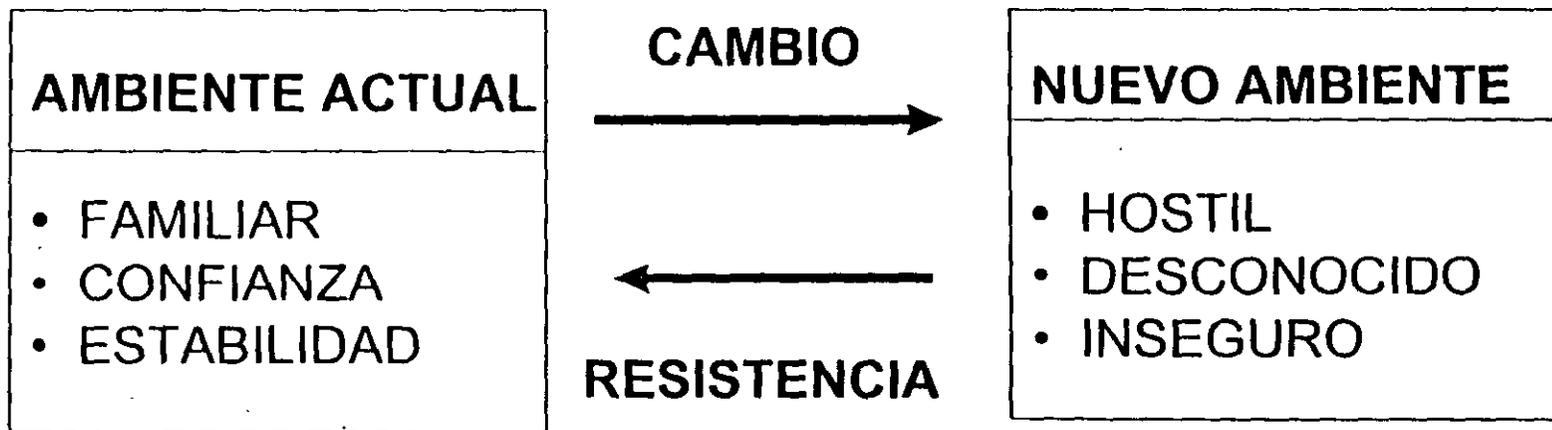
**FLEXIBILIDAD DEL TRABAJO,
FLUJO DE LA INFORMACIÓN**

**CAPACIDAD DE OPERACIÓN Y
MANEJO DE INFORMACIÓN**

RELACIONES PERSONALES

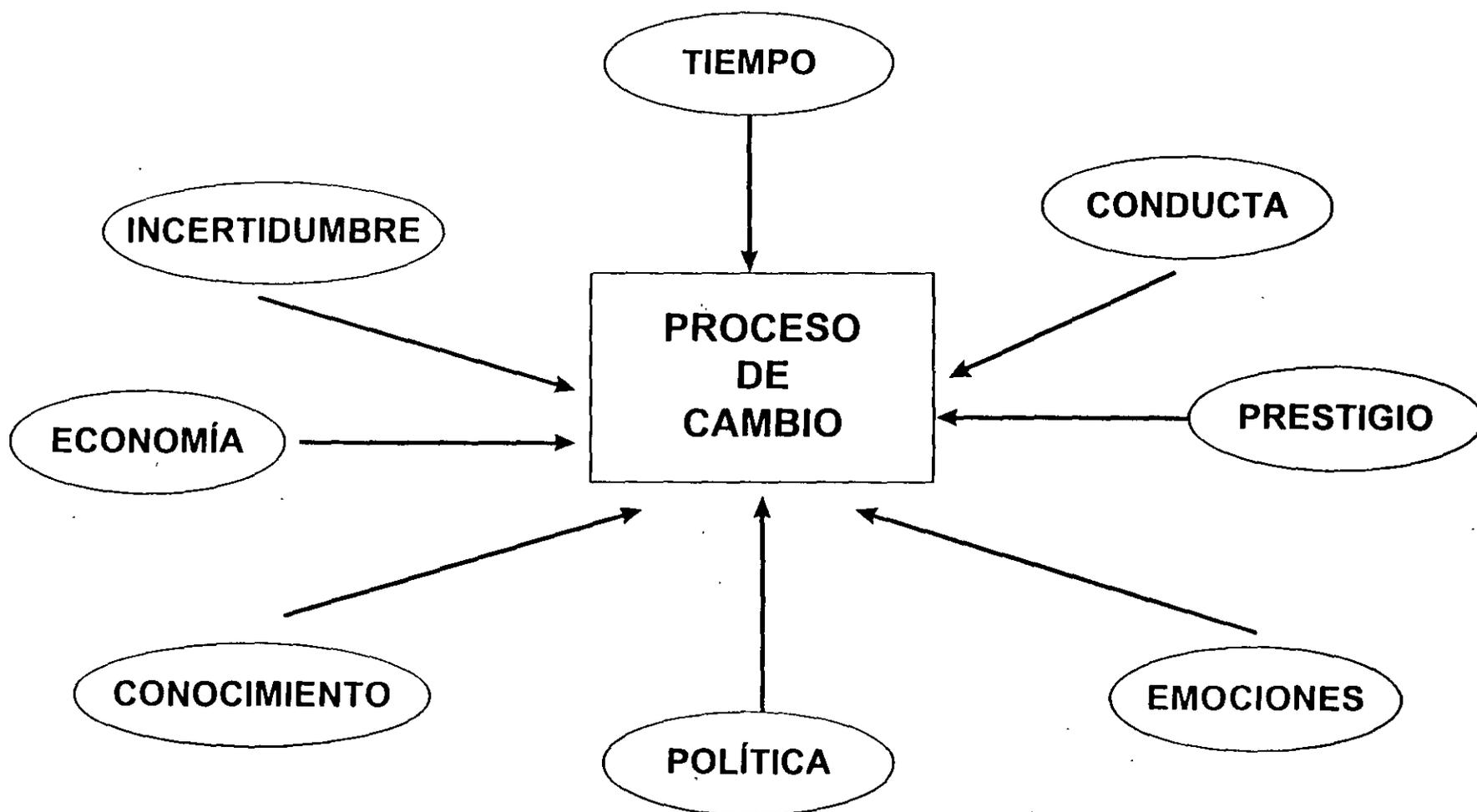
**CARACTERÍSTICAS Y FUNCIO-
NES DEL PRODUCTO, CALIDAD
DEL MISMO**

DIRECCIÓN DEL CAMBIO



- LOS CAMBIOS RADICALES GENERAN INCOMODIDAD, PERO ESTOS SON EL CAMINO DEL TRIUNFO.
- EL CAMBIO ENGENDRA CAMBIO, TANTO EN LA TECNOLOGÍA COMO EN EL PERSONAL.

VARIABLES QUE MOTIVAN LA RESISTENCIA



ACCIONES PARA MANEJAR EL CAMBIO

PORQUÉ RESISTENCIA

- DESCONCIERTO
- TEMOR A SER DESPLAZADO
- EXCESO DE TRABAJO

CAMINO A SEGUIR

- INVOLUCRAR A TODO EL PERSONAL EN LOS PROCESOS.
- PROVEER DE INFORMACIÓN
- TRANSMITIR LA VISIÓN Y MISIÓN DE LA EMPRESA
- PROVEER CAPACITACIÓN AL TRABAJADOR
- PROPORCIONAR RECONOCIMIENTOS Y APOYOS ECONÓMICOS

EL CAMBIO DE CULTURA EN LA ORGANIZACIÓN DEMANDADO POR LA REINGENIERÍA

- EVITAR RIESGOS
- MIEDO AL ERROR
- ENFOQUE ENDÓGENO
- ATENCIÓN AL PROCEDIMIENTO
- DECISIONES VERTICALES

- ANÁLISIS EXCESIVOS
- ENFOQUE EN EL CORTO PLAZO
- ENFOCADO A LAS FUNCIONES
- METAS EN TÉRMINOS FINANCIEROS

- TOMAR RIESGOS
- APRENDER DE LA EXPERIENCIA
- ENFOQUE HACIA EL CLIENTE
- ATENCIÓN A RESULTADOS

- ESTIMULAR LAS DECISIONES GRUPALES
- ACTITUD HACIA LA ACCIÓN
- VISION A LARGO PLAZO

- ENFOCADO A LOS PROCESOS
- METAS EN TÉRMINOS DE VALOR AGREGADO Y SERVICIO AL CLIENTE

ESTRUCTURA DE LOS SUBEQUIPOS CI&OM LCGM

EXTERNO	CLIENTE	INTERNO	CAMBIO
Referenciamiento de avances CI&OM	Necesidades ID (macro)	Medición de los resultados actuales	Evaluación de la cultura
Análisis del entorno	Necesidades ID (detalle)	Clasificar los subprocesos por categorías	Plan de desarrollo
Tendencias tecnológicas	Dirección del cliente	Modelado de procesos	Capacitación del equipo
Establecimiento de la métrica	Planeación de visitas al cliente	Fuerzas y debilidades ID	Evaluación de los accionistas
			Evaluación del desempeño del equipo del proyecto

SIGNIFICADO PARA LA ORGANIZACIÓN

- REEMPLAZAR ESTRUCTURAS OBSOLETAS
- REMOVER LÍNEAS DE MANDO
- CAMBIO EN EL PAPEL DE LOS TRABAJADORES Y EMPLEADOS
- NECESIDAD DE ASUMIR RETOS
- REMOVER BARRERAS ORGANIZACIONALES
- NUEVOS SISTEMAS DE ESTÍMULOS Y COMPENSACIONES
- ACTITUD DE COMPROMISO

El alcance de la administración del cambio

Posicionamiento

Estrategia de mercado

Datos del cambio

Coordinación del cambio en toda la empresa

Ambiente del cambio/ paradigma

Modelos del negocio actual

Identificación del proyecto de cambio

Administración del proyecto

Recursos y planeación del equipo

Presentación de informes del proyecto y planeación

Reingeniería

Analizar el impacto inicial

Definir el alcance del proyecto

Identificar funciones y procesos

Definir alternativas

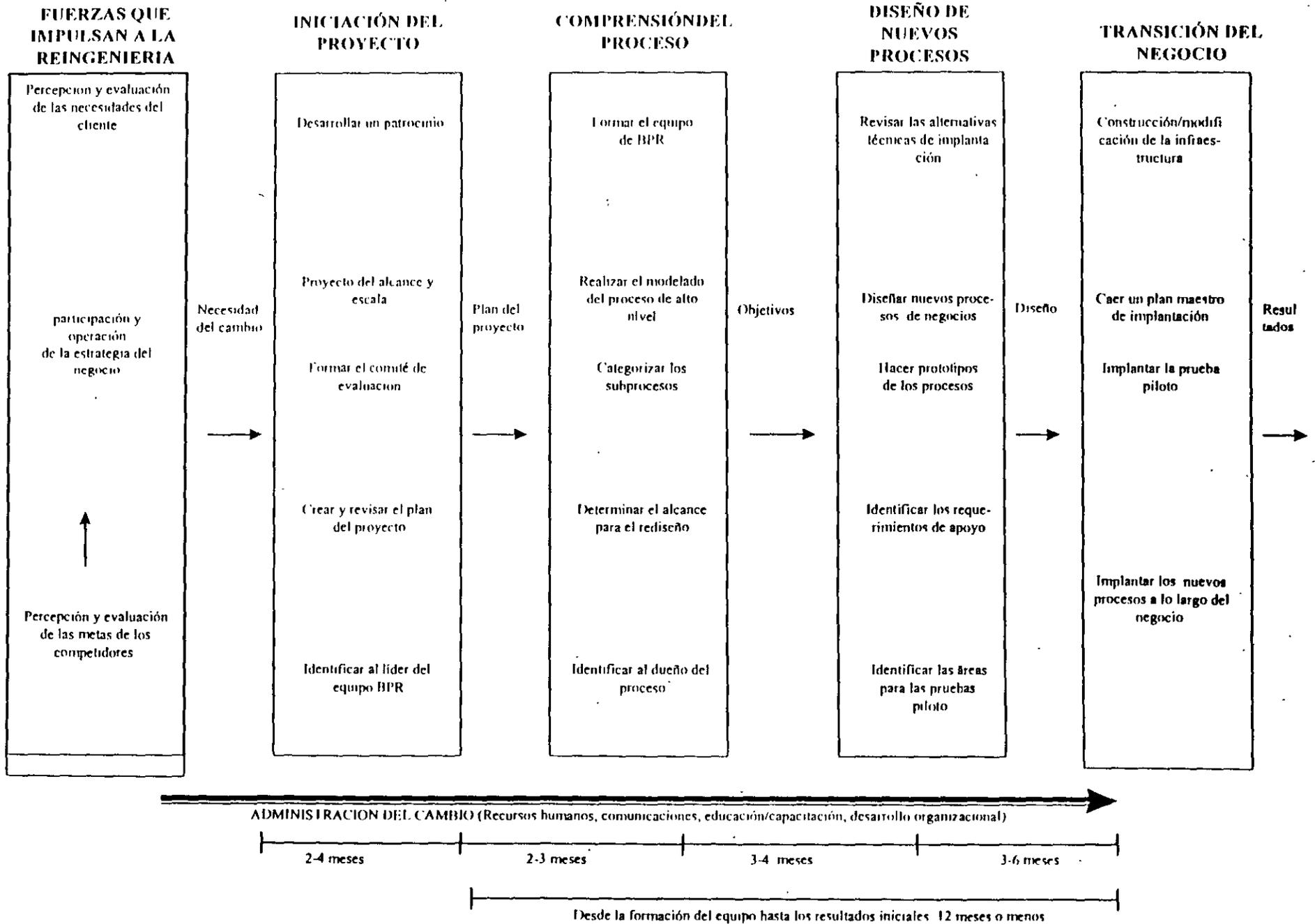
Evaluar la mejor alternativa

Seleccionar la mejor alternativa

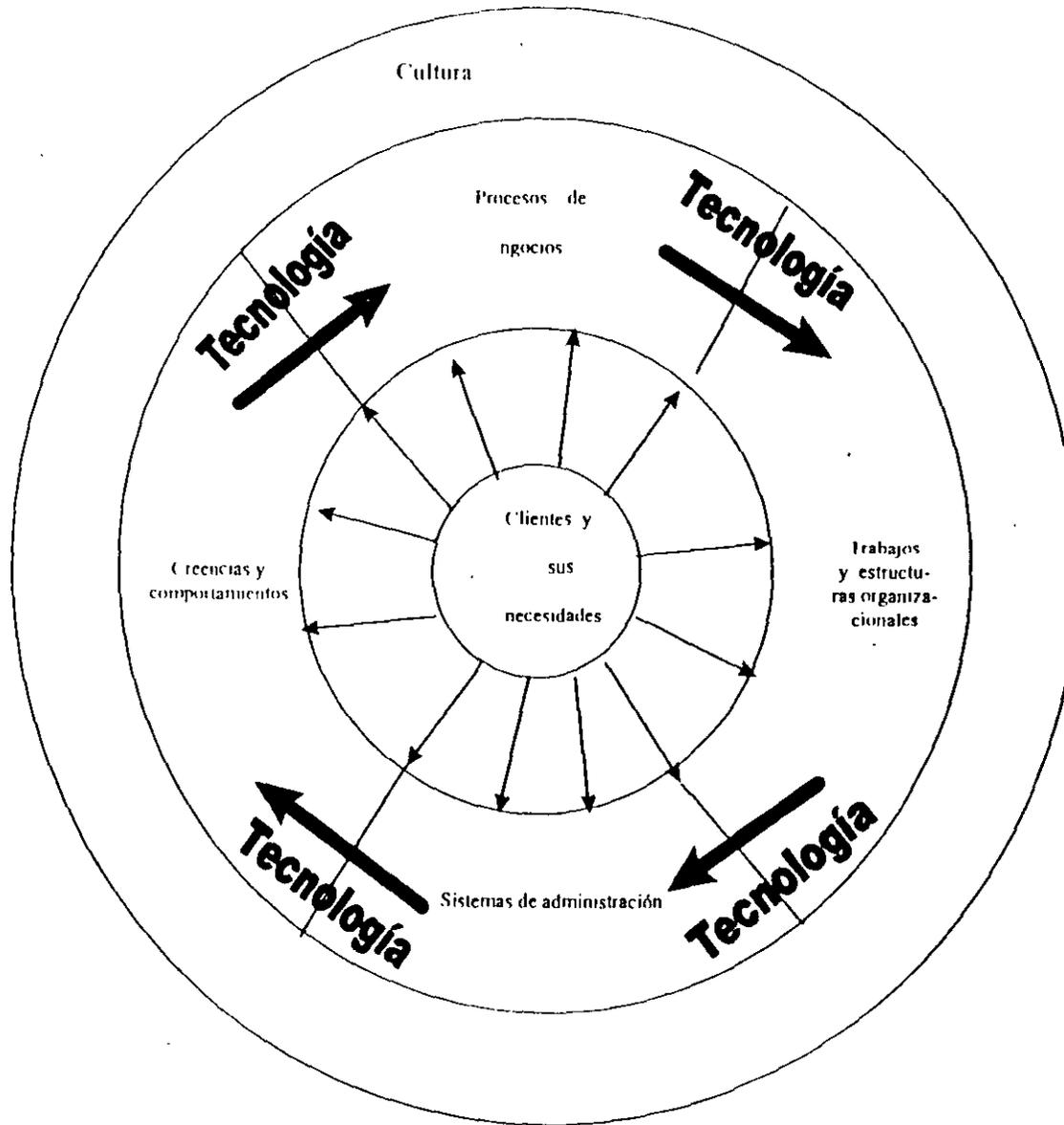
Implementar

Actualizar los modelos

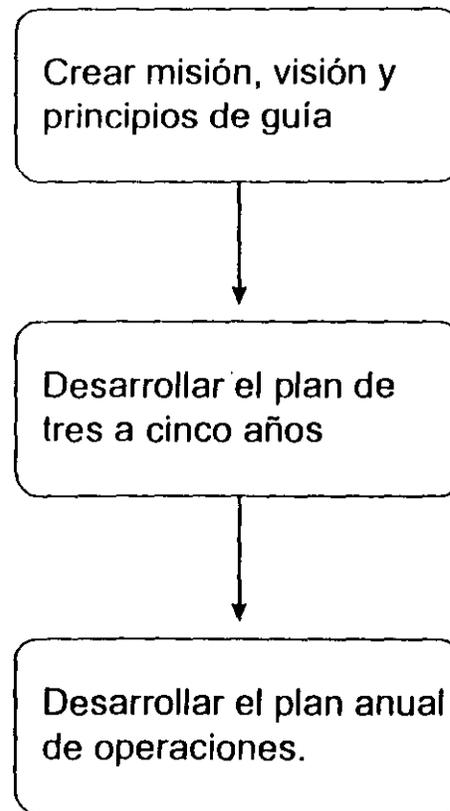
MARCO DE REFERENCIA RESUMIDO



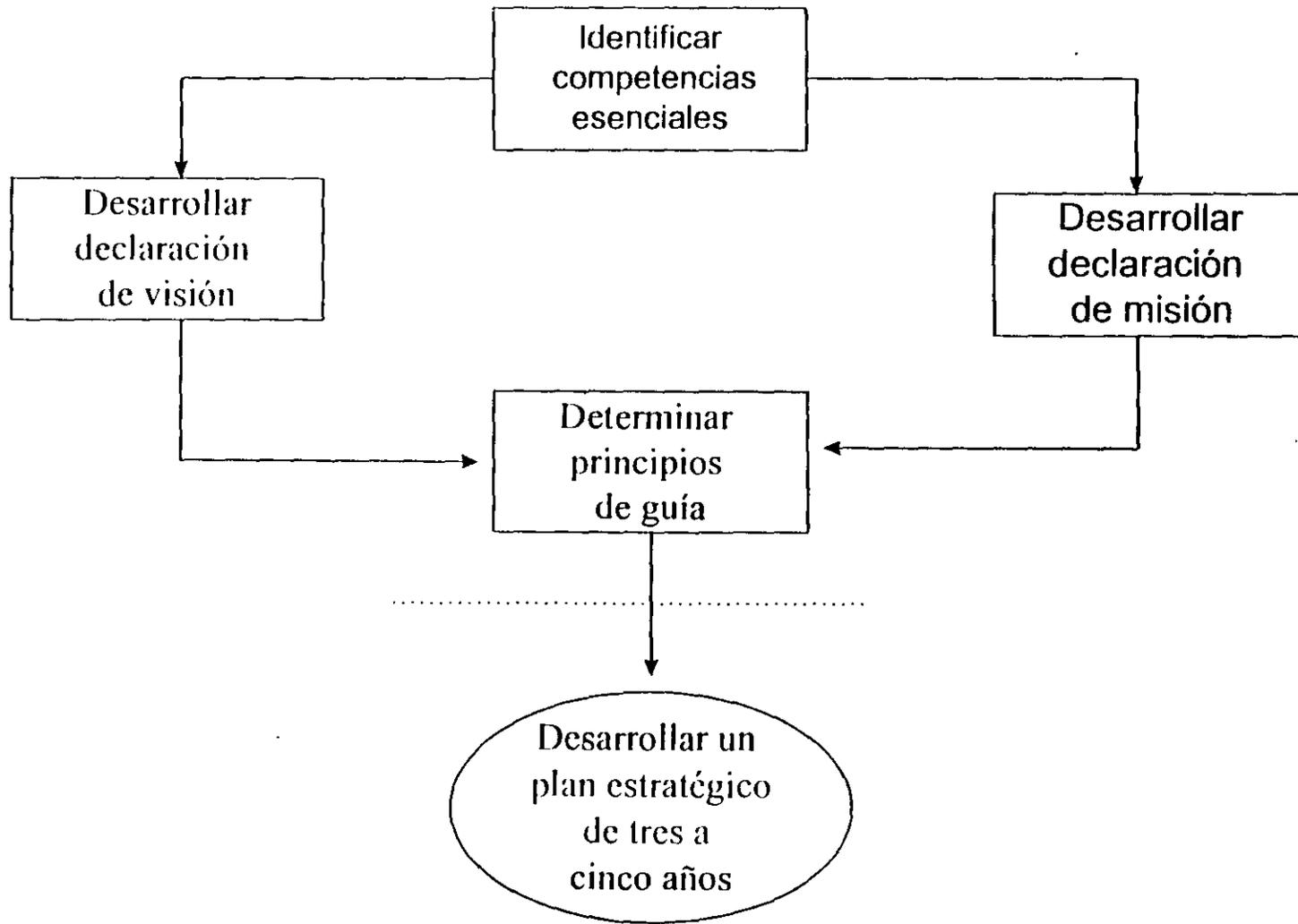
LA RUEDA DEL CAMBIO GLOBAL DE BPR



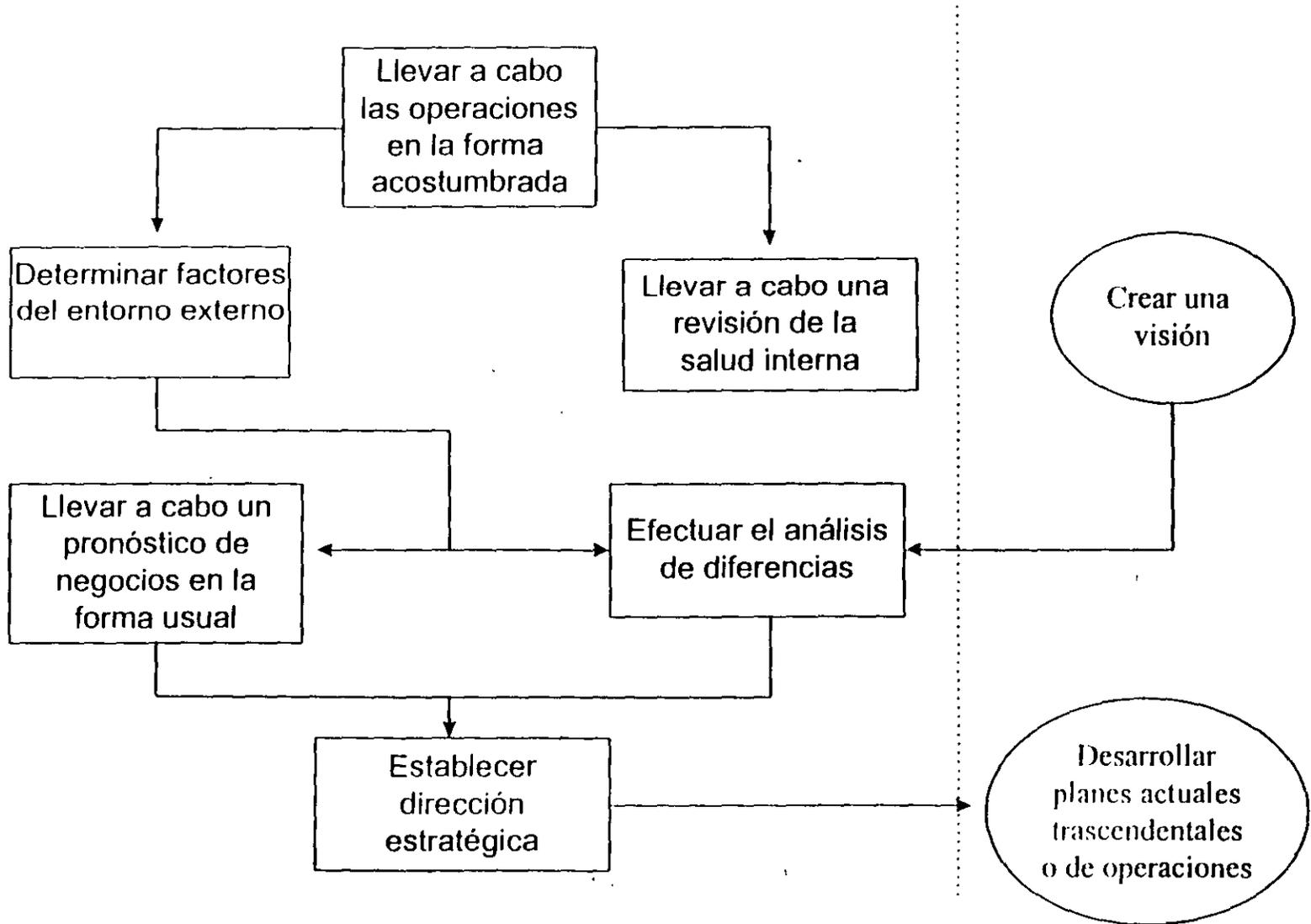
Pasos de reingeniería de la fase II



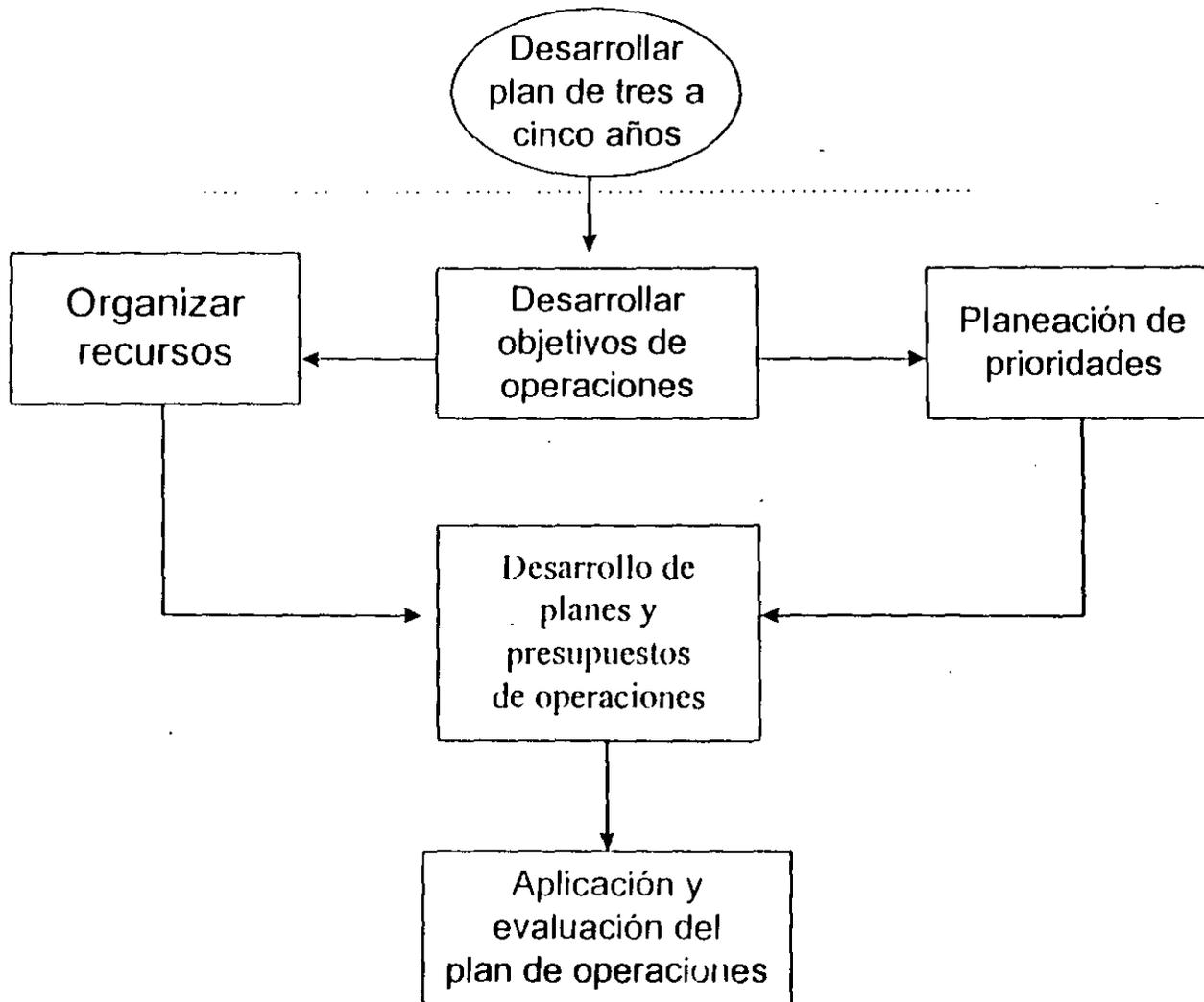
Creación de una visión



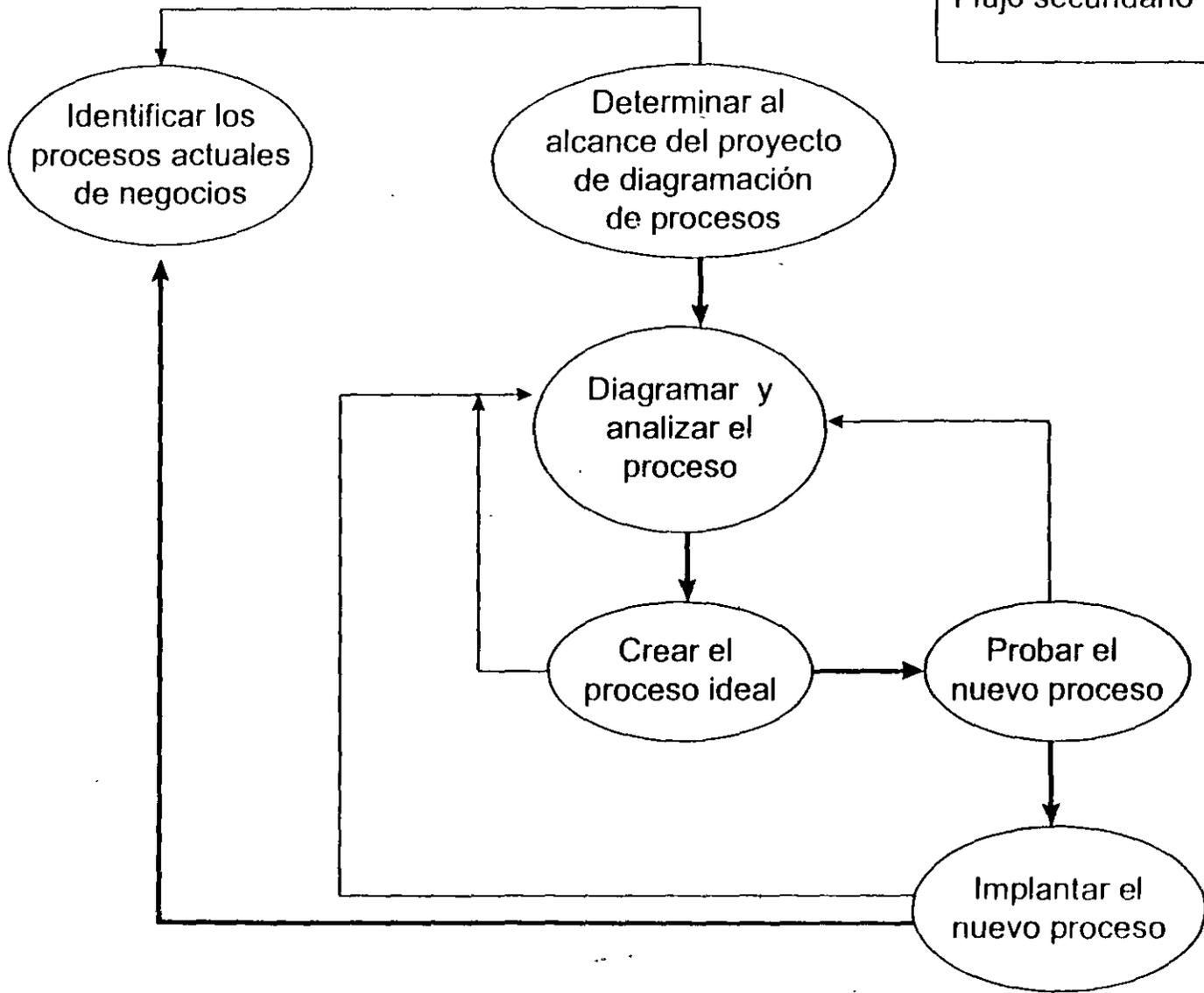
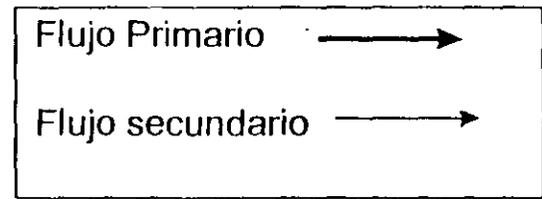
Desarrollo de un plan estratégico de tres a cinco años



Planeación de operaciones anuales



Fase III: Diseño del cambio



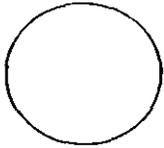
¿COMO IDENTIFICAR UN PROCESO?

- 1.- CONOCER LA ENTRADA Y LA SALIDA DE UNA ACTIVIDAD
- 2.- IDENTIFICAR LOS PUNTOS CLAVE DE LA ACTIVIDAD
- 3.- IDENTIFICAR LAS ACTIVIDADES QUE AGREGUEN VALOR AL CLIENTE.
- 4.- IDENTIFICAR LAS ACTIVIDADES SIN VALOR AGREGADO AL CLIENTE, INEVITABLES.
- 5.- IDENTIFICAR LAS ACTIVIDADES SIN VALOR AGREGADO AL CLIENTE, INNECESARIAS.
- 6.- AGRUPAR ACTIVIDADES QUE PERSIGAN UN MISMO OBJETIVO

CUESTIONAMIENTOS PARA SABER SI UNA ACTIVIDAD AGREGA O NO VALOR

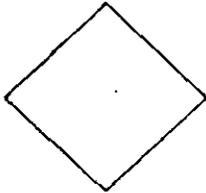
- ¿SON NECESARIAS TODAS LAS TAREAS O PUEDEN SER ELIMINADAS?
- SI LA TAREA NO PUEDE SER ELIMINADA, ¿SE ESTA DESARROLLANDO CORRECTAMENTE?
- ¿SE ESTÁ UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA CORRECTA EN CADA PROCESO?
- ¿PUEDE UNA TAREA COMBINARSE CON OTRA PARA LOGRAR UN MEJOR RESULTADO?

ACTIVIDADES QUE AGREGAN VALOR



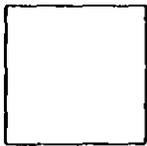
OPERACIÓN

AGREGA VALOR EXCEPTO CUANDO SE REALIZA PARA CORREGIR UN DEFECTO.



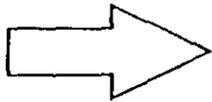
DECISIÓN

AGREGA VALOR EXCEPTO CUANDO ES SEGUIRA DE UNA INSPECCIÓN



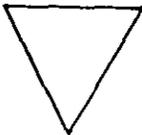
INSPECCIÓN

NO AGREGA VALOR



TRANSPORTE

NO AGREGA VALOR



ALMACEN

NO AGREGA VALOR



DEMORA

NO AGREGA VALOR

ELEMENTOS CON VALOR PARA EL CLIENTE:

CALIDAD:

- Satisfacer las necesidades
- Utilidad de uso.
- Variabilidad mínima(normas)
- Mejoras Continuas.

COSTO:

- Ingeniería de Diseño
- Garantía de Calidad.
- Distribución
- Administración
- Inventarios y materiales
- Producción.

SERVICIO:

- Apoyo al cliente
- Servicios asociados al producto.
- Apoyos adicionales al producto.
- Flexibilidad para satisfacer las necesidades del cliente.
- Necesidades de mercado.

TIEMPO:

- Tiempo de entrega
- Respuesta a la fuerzas de mercado y ciclo de proceso de una orden.

MEDIDAS DE DESEMPEÑO DEL NEGOCIO

Las medidas tradicionales en materia de finanzas y contabilidad resultan inapropias en un negocio que pretenda hacer reingeniería.

-Los nuevos parámetros para medir la eficiencia corporativa son:

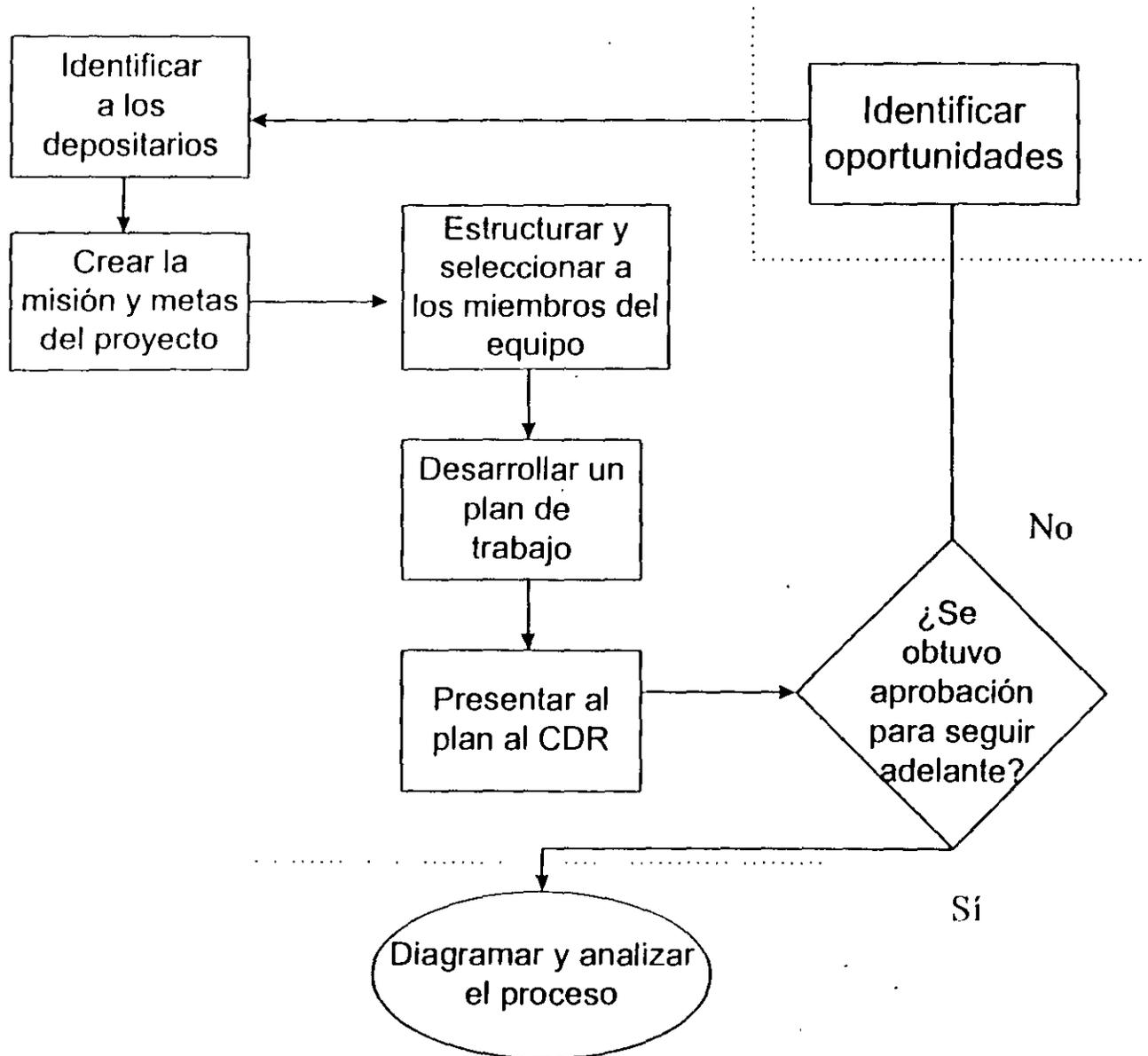
- CALIDAD
- SERVICIO
- COSTO
- TIEMPO

21

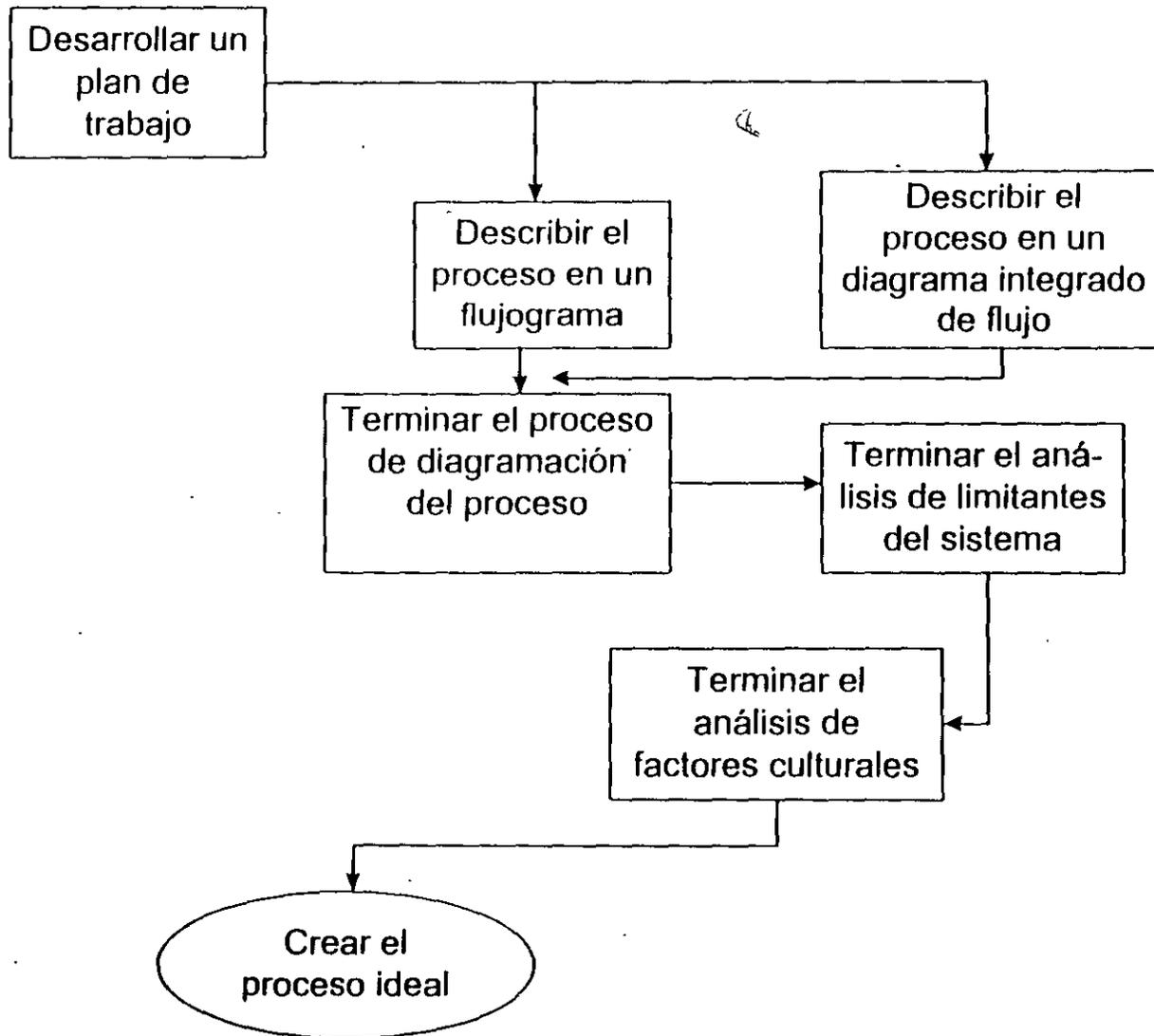
VALOR AGREGADO AL CLIENTE

$$VA = \frac{CALIDAD \times SERVICIO}{COSTO \times TIEMPO}$$

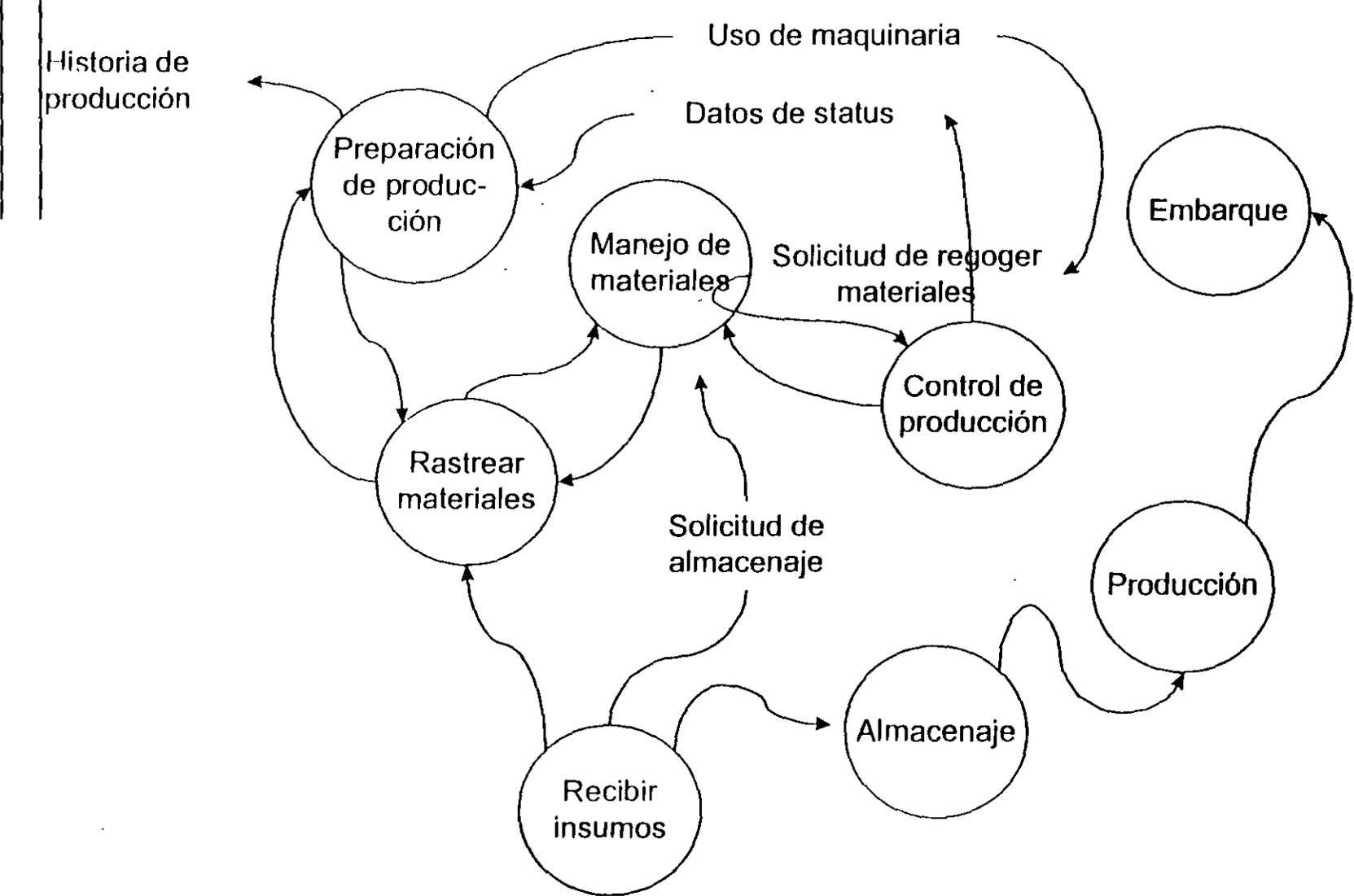
Establecer el alcance del proyecto



Diagramar y analizar el proceso



Etiquetar las actividades



¿COMO SE REDISEÑA UN PROCESO?

- 1.- SE ELIMINAN O REDUCEN LAS ACTIVIDADES QUE NO AGREGUEN VALOR AL CLIENTE.**
- 2.- SE CONSTRUYE EL ESCENARIO DESEADO**
- 3.- SE HACEN LAS MEJORAS CORRESPONDIENTES A LOS PROCESOS A REDISEÑAR**
- 4.- SE PONE EN MARCHA EL PROCESO REDISEÑADO**

CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS

ESCENARIO DESEADO: BENCHMARK

ES UNA REFERENCIA O MEDIDA ESTÁNDAR
PARA SER UTILIZADA COMO COMPARACIÓN:

“LO MEJOR EN SU CLASE”

BENCHMARKING (DEFINICIÓN)

PROCESO DE COMPARACIÓN CONTINUA EN
UNA ORGANIZACIÓN CON LO MEJOR (DE LA
COMPETENCIA) QUE EXISTA EN EL MUNDO,
PARA MEJORAR LA EJECUCIÓN PROPIA. ES UN
PROCESO DE MEDICIÓN CONTINUO Y
SISTEMÁTICO.

¿ PORQUE LA TECNICA DEL BENCHMARK?

- Desarrollar objetivos realistas y estrategias posibles.
- Establecer metas tecnológicamente factibles y operativamente viables.
- Percatarse de la urgencia de mejorar
- Estimular el esfuerzo por la excelencia, el pensamiento creativo y la innovación.
- Crear un entendimiento real de la competencia y dinamismo en la industria.
- Sensibilizarse de la necesidad de cambiar el enfoque hacia las necesidades del cliente.

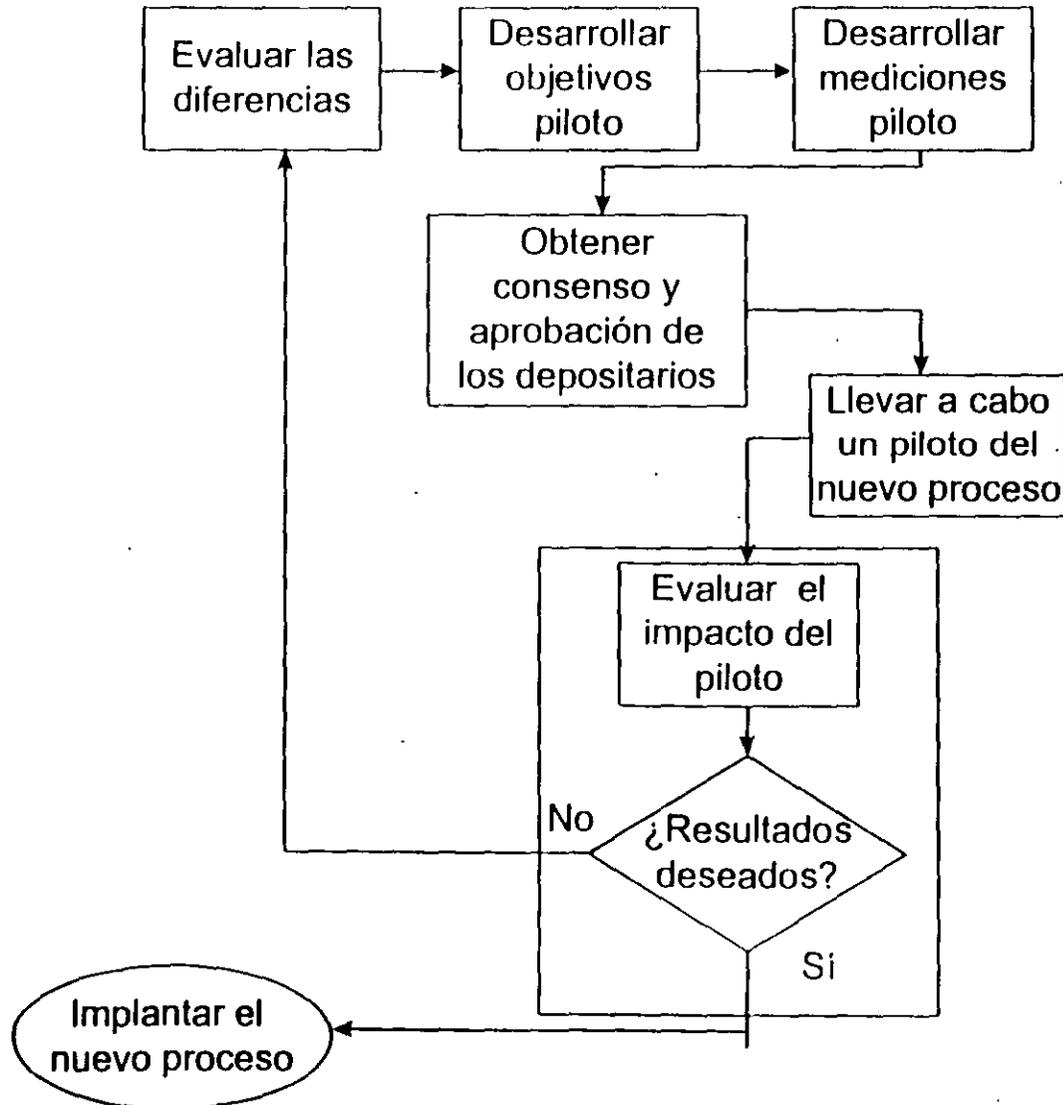
BENCHMARKING INTERNO Y EXTERNO

- Lo mejor en su clase ejecución sobresaliente de un proceso dentro de la industria del mismo giro.
- La mejor práctica el mejor desempeño de un proceso independientemente de la empresa que lo realice.

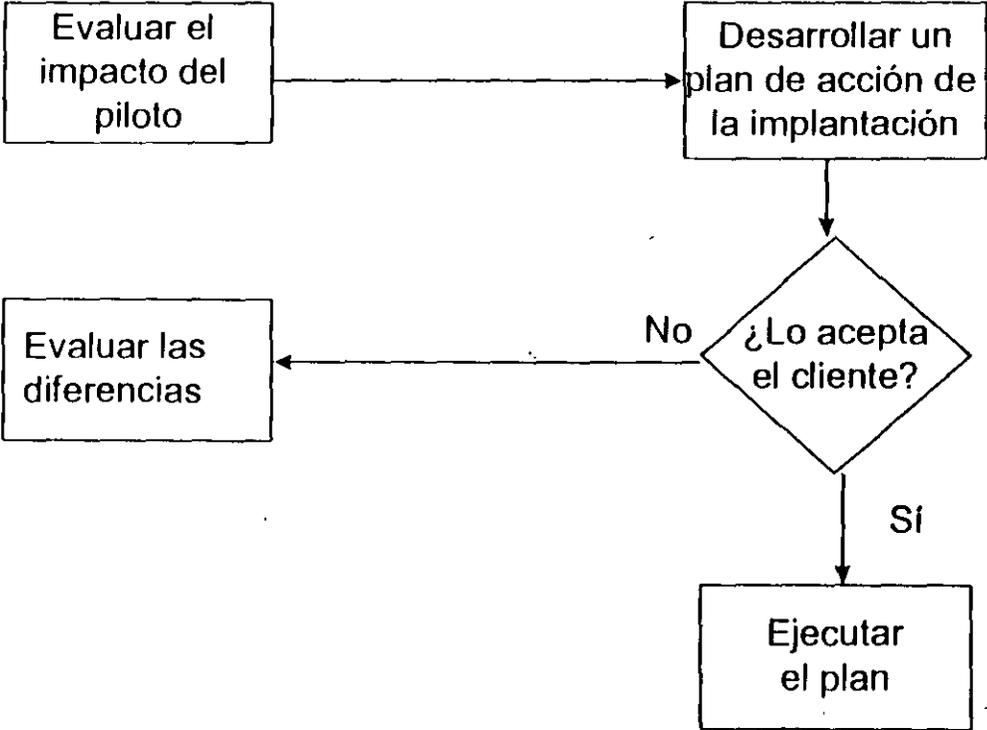
PASOS BASICOS DEL BENCHMARKING

- Determinar el proceso a comparar
- Determinar el método para realizar el levantamiento de datos.
- Identificar la empresa para la comparación.
- Analizar el entorno.
- Analizar y medir el desempeño actual del proceso a comparar y el de la empresa seleccionada.
- Analizar las diferencias entre nuestro proceso y el de la empresa seleccionada.
- Implementar las mejoras con base en los resultados obtenidos de los análisis.

Probar el nuevo proceso

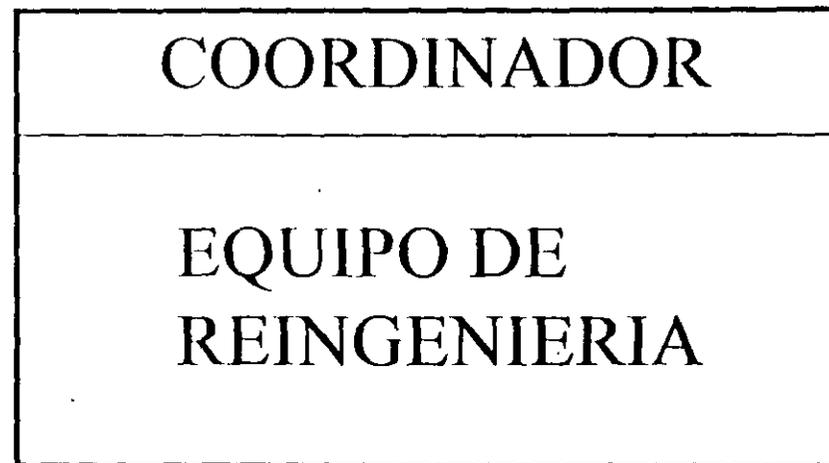


Implantación del nuevo proceso



ORGANIZACIÓN DEL EQUIPO DE PROCESO

LIDER DEL EQUIPO



Los equipos de proceso se caracterizan por ser multifuncionales con movilidad horizontal.

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DE REINGENIERIA

- Interes en el proceso.
- Conocimiento sobre el negocio (Personal interno)
- Innovadores, Visionarios, (Personal externo).
- Participantes activos en todo el proceso.
- Responsables.
- Comunicativo de sus éxitos.

EQUIPO DE REINGENIERIA: CRITERIOS DE SELECCION

- Personas con mentalidad abierta.
- Conocedores de los procesos.
- Disponibilidad al cambio.
- Responsables e interesados en el proceso.
- Personal interno y externo (clientes, proveedores y asesores en tecnología).
- Credibilidad ante los compañeros.

EL PAPEL DEL COORDINADOR

- Auxilia al líder a afrontar lo desconocido.
- Verifica el correcto uso de las herramientas y el equipo.
- Establece las reglas de trabajo.
- Toma decisiones con respecto a las actividades.
- Responsable del rediseño de un proceso.

EL PAPEL DEL LIDER

- Organiza y Coordina al equipo de reingeniería.
- Motiva y mantiene los trabajos.
- Provee los requerimientos de asistencia externa.
- Remueve Barreras.
- Concilia en Conflictos.
- Promueve los éxitos del equipo.

IMPACTO EN LA PRODUCCION

- Diferente forma de organización de la producción(líneas de producción-lay out).
- Integración de la excesiva división del trabajo.
- Evitar la monotonía y el trabajo repetitivo.
- Facultar a lo trabajadores para la toma de decisiones.
- Reducción al mínimo de los puntos de control y supervisión.

IMPACTO EN LA ADMINISTRACION

- El rediseño de procesos se genera de los niveles altos de la empresa, hacia abajo.
- Los Gerentes deben convertirse en líderes.
- La Administración no debe manejarse solo en base a números, sino a la efectividad de los procesos.
- El rediseño de procesos demanda una nueva estructura organizacional.
- Revisión de las actividades centralizadas versus las descentralizadas.

LA NATURALEZA DE LOS PUESTOS DESPUES DE UN PROCESO DE REINGENIERIA

HISTORICA

Descripciones limitadas de puestos
Orientación a la tarea
Visión poco clara del cliente
Repetitivos y rutinarios
Muchas reglas y limitaciones
Supervisores
Gerentes
Mando y Control

DESPUES DE UN PROCESO DE REINGENIERIA

Puestos multidimensionales
Orientación al cliente
Vista clara del cliente
Retadores e intensos
Lineamientos amplios con flexibilidad
Consejeros
Líderes
Concesión del poder

ELEMENTOS QUE ASEGURAN EL ÉXITO DEL EQUIPO DE PROCESO.

- Clara asignación de responsabilidades.
- Comunicación abierta y objetiva.
- Participación mixta: personal interno y externo.
- Apoyo de la dirección.
- Uso correcto de la tecnología y herramientas.
- Comunicar los éxitos alcanzados.

LA MAYOR PARTE DE LOS ERRORES QUE LLEVAN A LAS EMPRESAS AL FRACASO EN REINGENIERIA, SON:

- Tratar de corregir un proceso en vez de cambiarlo: necesidad radical de cambio.
- Confundir procesos con funciones departamentales y/o divisionales:

Concentrarse en los procesos.

- No olvidarse de los movimientos tradicionales de mejora continua:

La Reingeniería provoca: rediseño para calificar oficios; nuevas e innovadoras políticas de remuneración y promoción; programas de capacitación con enfoques creativos e innovadores; criterios de contratación.

EMPRESAS QUE HAN APLICADO LA REINGENIERIA

-TACO BELL

- HALLMARK

-CAPITAL HOLDING

-BELL ATLANTIC

-IBM

-FORD MOTOR C.

-GENERAL MOTORS

-TEXAS INSTRUMENTS

-KODAK

-FEDERAL EXPRESS

-WAL MART

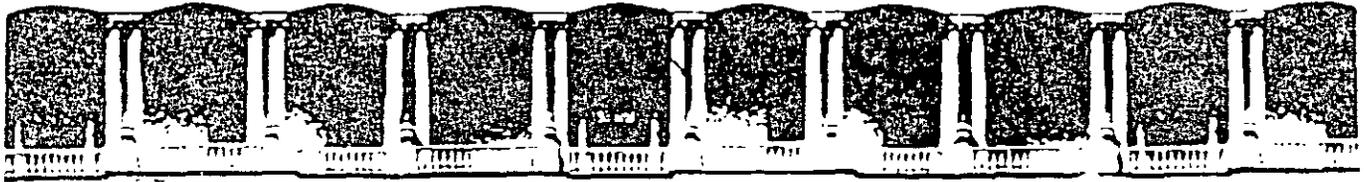
-XEROX CORPORATION

CONCLUSIONES

- Dejar que las culturas y las actitudes corporativas existentes impidan que empiece la reingeniería:
La Reingeniería es el único camino para que las compañías rediseñadas permanezcan en el mercado.
- Tratar que la reingeniería se haga de abajo hacia arriba:
Debe iniciarse en la alta dirección.
- Confiarle el liderazgo a una persona que no entiende la reingeniería:
El Líder debe entenderla y comprometerse con ella.
- Escatimar los recursos destinados a la reingeniería:
Tiempo y los mejores elementos de la empresa.

CONCLUSIONES

- No hacer caso de los valores y creencias de los empleados:
Los que trabajan en un proceso rediseñado son necesariamente personas facultadas.
- Conformarse con resultados de poca importancia:
La Reingeniería busca avances trascendentales.
- Abandonar el esfuerzo antes de tiempo:
La Reingeniería requiere del compromiso absoluto de todas las personas involucradas hasta el final.
- Limitar de antemano la definición del problema y el alcance del esfuerzo de reingeniería:
La Reingeniería tiene que sentirse destructiva y no cómoda



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

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN INGENIERIA EN
PRODUCCION**

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

**ANALISIS FACTORIAL DE PRODUCCIÓN
(ANEXO PRODUCTIVIDAD)**

**EXPOSITOR: M. EN I. LOURDES ARELLANO BOLIO
PALACIO DE MINERIA
MARZO DEL 2001**

ANALISIS FACTORIAL DE PRODUCCIÓN .

El análisis factorial es una metodología de investigación industrial que constituye un enfoque ideal para la introducción a los estudios de los fenómenos económicos y análisis de productividad, útil en los problemas de diagnóstico, en el desarrollo de nuevos proyectos en la industria y en la cuantificación de algunas actividades.

A los factores de operación en los que se basa el análisis factorial que influyen de alguna manera en la operación de una empresa corresponde una tarea o función específica, que es asignada a un miembro del cuerpo directivo. El director de una empresa necesita información oportuna y seleccionada que le permita conocer con una sola mirada, si algún departamento está funcionando correctamente o no.

Las actividades y funciones que corresponden a los encargados de cada uno de los factores de operación son los siguientes:

1.- Medio ambiente.

Los encargados de este factor informarán oportunamente a la empresas de los cambios que ocurren en las condiciones externas para su orientación y asimismo, informar al exterior sobre las actividades de la empresa.

Esta información debe contener básicamente:

a) Desarrollo Tecnológico

Se encargará de recopilar la información relativa a las novedades de carácter técnico y científico que se refieran a los productos,

servicios, procesos, normas o prácticas administrativas relacionadas con la empresa. Esta información puede hacerse en una carpeta que contenga recortes de periódicos, revistas especializadas y otras fuentes de información. Es en ocasiones de utilidad solicitar por escrito los comentarios de los ejecutivos que se relacionan con el contenido de dicha información, tales como el Jefe de Producción, Jefe de Diseño o el Gerente de Ventas.

b) Desarrollo Económico

En la misma forma que el indicador anterior, se puede hacer un expediente con todos los comentarios en informes de carácter económico que puedan estar relacionados con la empresa.

Deben agregarse estudios de correlación y comentarios hechos por economistas o personas especializadas en esta materia.

c) Tendencias Económicas Externas

Existe información disponible de ciertas tendencias económicas que nos pueden servir para hacer comparaciones con respecto a la evolución de la empresa y para conocer cómo nos afectan o nos pueden afectar en el futuro. Las influencias del ambiente pueden ser locales, nacionales o internacionales, pero todos ellos pueden medirse mediante una gráfica de correlación o aplicando una fórmula.

El indicador de correlación en una gráfica que mide la relación entre la causa y el efecto, teniendo en cuenta que la causa siempre será el ambiente; y el efecto, las variaciones que tendremos en nuestras actividades, principalmente en los ingresos o ventas.

2.- Política y Dirección (administración general)

Tiene por misión fijar a la empresa objetivos razonables, y proveerla de los medios necesarios para alcanzarlos.

En la dirección ya se están tomando decisiones de ajuste para corregir tendencias que se separan del objetivo, pero, ¿cómo está funcionando esta dirección?

Se necesita contar también con indicadores que den a conocer si la actuación del director es correcta o no.

Dos son los indicadores básicos de este departamento: la dirección o rumbo y la velocidad de trabajo o rendimiento.

a) Dirección de la empresa

El director debe buscar un equilibrio al conducir a su empresa. Si trata de conseguir una gran productividad debe hacer grandes inversiones y por tanto la liquidez de la misma se resiste y no habrá dinero para pagar a los acreedores. En cambio, si mantiene alta la liquidez, para tener altos los créditos, la productividad de la empresa disminuye.

Para ayudar a la habilidad del administrador, gerente o director a mantener este equilibrio se sugiere la siguiente fórmula:

$$\text{Dirección} = \frac{\text{Liquidez}}{\text{Productividad}}$$

Donde:

$$\text{Liquidez} = \frac{\text{Capital de trabajo}}{\text{Activo circulante}}$$

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Activo total}} \%$$

b) **Velocidad de trabajo.**

Representa el porcentaje o proporción en que se mueve el dinero y los productos dentro de un período determinado.

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Ventas netas}}{\text{Activo circulante}}$$

Además de los dos indicadores anteriores, se estudiará la rentabilidad de las inversiones hechas en la empresa.

c) **Rentabilidad de las ventas =** $\frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Ventas netas}}$

d) **Rentabilidad de la empresa =** $\frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Capital social}}$

e) **Rentabilidad de la fuerza de trabajo =** $\frac{\text{Utilidad neta}}{\text{nómina, participaciones y prestaciones a los empleados y obreros.}}$

f) **Rentabilidad de la participación pública =** $\frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Impuestos al capital y al trabajo}}$

3.- Productos y Procesos.

Su actividad será la de seleccionar para su producción, los artículos que al mismo tiempo que presten servicios a los consumidores, rindan

beneficios a la empresa, y determinar los procesos adecuados de producción.

Los principales indicadores de este factor son:

a) Competencia

Se sugiere tener una carpeta con información de las mejoras, usos, aditamentos, volúmenes de ventas, aceptación, cambios, etc., de los productos, procesos o servicios competitivos, para obtener nuestro porcentaje de mercado.

Debe completarse con comentarios sobre las ventajas y las desventajas de estos mismos productos, proporcionados por la gerencia de ventas, vendedores, distribuidores y, si es posible, de nuestros propios clientes.

Agréguense conclusiones y sugerencias para mejorar nuestros propios productos.

b) Rentabilidad del producto

Con objeto de mantener fijas las unidades de medida, el estudio de rentabilidad del producto se hará mediante la técnica de análisis marginal o de conteo directo. Esta técnica consiste en considerar como costo del producto sólo el que sea directamente proporcional tanto a la fabricación como a la distribución, evitando los gastos de fabricación llamados también gastos indirectos. La rentabilidad del producto es el porcentaje de utilidad o margen sobre el precio de venta. Se expresa en tanto por uno.

De esta cantidad de margen se toma lo necesario para cubrir los gastos fijos de fabricación, distribución y administración, o sea

los gastos de estructura, y la diferencia representa la utilidad neta de la empresa.

c) Control de Calidad

El control de calidad se puede llevar por variables o por atributos. El primero se refiere a los productos medibles y el segundo a los que deben llenar determinadas características que, al carecer de ellas, se convierten en defectuosos.

Las principales gráficas para estos dos grupos son: la gráfica de medida y rangos, y la gráfica por fabricación defectuosa.

d) Indicador de rechazos

Todo gerente y administrador sabe la importancia de controlar el rechazo de sus productos por los clientes. Se necesita evitar al motivo que producen las devoluciones de ventas ya efectuadas. Para esta situación contamos con un indicador de rechazos que nos señala la tendencia de los mismos y que nos permite tomar mejores decisiones.

En este estudio lo que nos interesa es conocer el movimiento o tendencia del punto de equilibrio el cual llevamos en forma anual, semestral o mensual a la gráfica respectiva.

e) Política financiera

Desconocer la proporción general del activo y del pasivo de la empresa. No se puede dar una estructura tipo, por lo que cada institución debe buscar la que le sea más adecuada a sus características.

$$I = \frac{\frac{\text{Obligaciones a corto plazo}}{\text{Obligaciones a largo plazo}}}{\frac{\text{Activo circulante}}{\text{Activo fijo}}}$$

f) Independencia financiera

Con este indicador se estudia el grado de independencia que se tiene con respecto al financiamiento de las operaciones de la empresa.

$$I = \frac{\text{Capital contable}}{\text{Activo total}} \%$$

4.-Financiamiento.

La persona encargada de este factor tendrá que proveer de los recursos monetarios adecuados por su cuantía y origen, para efectuar las inversiones necesarias, así como para desarrollar las operaciones de la empresa.

Los indicadores de este aspecto nos darán por tanto el equilibrio que debe haber en las finanzas de la empresa, representado por la disponibilidad de dinero y la oportunidad de nuestros pagos a los acreedores.

a) Indicador del Capital de Trabajo

Este representa el porcentaje de los bienes circulantes no comprometidos con respecto al activo circulante.

Al restar el pasivo a corto plazo al activo circulante (para producción es igual al capital de trabajo), te quedan los valores libres de compromiso, o sea el capital de trabajo.

Conviene presentar el conjunto de valores liberados a base de porcentajes, en orden de realización, en un estado de capital de trabajo. El indicador lo obtenemos como sigue:

$$I = \frac{\text{Capital de trabajo}}{\text{Activo circulante}} \%$$

La política financiera puede ser la de maximizar el capital de trabajo o bien la de mantenerlo en un nivel adecuado.

La inspección continua a este indicador de capital de trabajo ayuda a mantener el equilibrio de las cuentas por pagar.

b) Indicador de cartera

Conviene tener un indicador que muestre mensualmente la tendencia de las cifras que representan las cuentas no cobradas por antigüedad de saldos vencidos, así como el número de clientes que se encuentran retrasados en sus pagos.

c) Indicador de cobranzas

Este indicador nos muestra el porcentaje de eficiencia del departamento de cobranzas y se calcula con el porcentaje que representa la cantidad cobrada mensualmente con respecto a la facturación. Antigüedad de saldos.

d) Indicador del punto de equilibrio.

Da a conocer el porcentaje de las ventas que se requieren para cubrir los gastos fijos o de estructura de la empresa.

$$I = \frac{\text{Punto de equilibrio}}{\text{Ventas totales}}$$

$$Pe = \frac{\text{Gastos fijos}}{\text{*Margen en porcentaje}} = \frac{E}{Hp}$$

*Margen = Ventas - Costo de Ventas

Pe = punto de equilibrio

e) Grado de autofinanciamiento

Muestra el porcentaje de las utilidades reinvertidas en la empresa con base al capital social.

$$\text{Autofinanciamiento} = \frac{\text{Reservas de capital}}{\text{Capital social}}$$

Debe buscarse el ascenso en la tendencia, ya que se trata de una gráfica de maximización.

f) Dependencia bancaria

Es conveniente conocer el grado de dependencia que se tiene con los bancos para mantener el equilibrio durante el crecimiento natural de la empresa.

$$\text{Dependencia bancaria} = \frac{\text{Creditos bancarios}}{\text{Activo total}}$$

Esta es una gráfica de estabilización.

g) Movilidad del activo circulante

Señala la proporción de los bienes se operación con base en la inversión total.

$$\text{Movilidad} = \frac{\text{Activo circulante}}{\text{Activo total}}$$

También es una gráfica de estabilización.

h) Estabilidad de las inversiones

Puede hacerse una comparación de la rentabilidad del activo total, del capital contable o inversiones de la empresa, y del capital social o inversión de los socios.

En virtud de que se trata de utilidades, la gráfica es maximización.

5.- Medios de producción.

Las personas encargadas de este factor deberán tener conocimiento de maquinaria y equipo de la rama sobre la que se está trabajando y, además, conocer sobre terrenos, edificios e instalaciones para poder dotar a la empresa y ésta efectúe sus operaciones eficientemente.

Desde el punto de vista de manejo de la empresa, existen tres divisiones:

- I Personal
- II Bienes
- III Servicios

Los siguientes indicadores mantienen al tanto de lo que suceda con las inversiones:

a) Productividad de los medios de producción

Señala la cantidad de producción lograda por cada hora-máquina.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción (unidades)}}{\text{Horas-máquina}}$$

b) Mantenimiento

Indica el costo de mantenimiento por cada peso gastado en la producción, en un período determinado.

$$\text{Mantenimiento} = \frac{\text{Costo de mantenimiento}}{\text{Costo de producción}}$$

c) Estado del activo fijo

Este indicador debe compararse con el resultado de ejercicios anteriores. Señala la cantidad gastada en mantenimiento y reparación por cada peso en activo fijo.

$$\text{Estado del activo fijo} = \frac{\text{Costo de reparación y mantenimiento}}{\text{Activo fijo}}$$

d) Intensidad de la inversión

Representa la cantidad invertida en la estructura general por cada peso invertido en la empresa.

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{Activo fijo}}{\text{Activo total}}$$

e) Grado de mecanización

Muestra los pasos que da la empresa hacia la automatización y la velocidad con que lo logra.

$$\text{Mecanización} = \frac{\text{Maquinaria y equipo}}{\text{Activo total}}$$

6.- Fuerza de trabajo.

El personal encargado de este punto seleccionará y adiestrará personal idóneo y lo organizará tratando de alcanzar la óptima productividad en el desempeño de sus labores.

La fuerza de trabajo o personal de la empresa es uno de los puntos clave para lograr la máxima productividad en la compañía.

Debemos concentrar la atención en los indicadores que nos muestran no sólo la cantidad de trabajo y ociosidad, sino el grado de satisfacción que tienen los empleados al desempeñar sus actividades.

a) Indicador de las horas-hombre trabajadas

Da a conocer los cambios en la fuerza de trabajo ocupada. Se usa cuando hay grandes variaciones en la capacidad de horas-hombre instalada con el tiempo trabajado efectivamente.

b) Salario medio

$$\text{Salario medio} = \frac{\text{Salario pagado}}{\text{horas-hombre trabajadas}}$$

c) Índices de productividad

La productividad es la proporción dinámica de la producción y sus insumos o componentes.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Insumo}}$$

También la productividad la podemos medir observando el desarrollo de la proporción, lo logrado y lo programado.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Logrado}}{\text{Programado}}$$

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Realizado}}{\text{Presupuestado}}$$

Otra de las formas es la que mide la producción lograda con las horas-hombre trabajadas.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{hora-hombre trabajadas}}$$

d) Ausentismo

Este indicador señala además del porcentaje de horas ausentes, el grado de inconformidad que tienen los trabajadores con las políticas internas de la empresa.

$$\text{Ausentismo} = \frac{\text{horas-hombre ausentes}}{\text{horas-hombre trabajadas}}$$

e) Índice de frecuencias de accidentes

Muestra la frecuencia con que se presentan los accidentes en relación al tiempo trabajado.

$$\text{Frecuencia de accidentes} = \frac{\text{Núm. de accidentes con incapacidad} \times 1'000,000}{\text{horas-hombre trabajadas}}$$

f) Rotación de mano de obra = $\frac{\text{número de trabajadores separados}}{\text{número promedio de trabajadores}}$

g) Ventas por trabajador = $\frac{\text{ventas totales}}{\text{número de trabajadores}}$

Existen más indicadores que se pueden elaborar dependiendo de las necesidades.

7.-Suministros.

Esta persona se encargará de que la empresa tenga un suministro continuo de materiales y servicios de calidad a precios convenientes.

La existencia de materia prima, productos en proceso y productos terminados en los almacenes respectivos, se justifica por la necesidad de tener una protección adecuada para la producción o distribución. Pero no es conveniente tampoco tener grandes cantidades de materias primas o producto terminado por los riesgos que se corren: pérdidas, robos, incendios, obsolescencia, etc.

Debe hacerse un estudio técnico y económico para determinar el punto de equilibrio de los riesgos que supone la existencia en los almacenes.

a) Movilidad de los inventarios

Presenta la tendencia del nivel de los inventarios con base en la inversión propia, o sea el capital contable.

$$\text{Movilidad de los inventarios} = \frac{\text{Inventarios}}{\text{Capital contable}}$$

b) Importancia de los Suministros

$$= \frac{\text{Costos de la materia prima y materiales}}{\text{Costos de fabricación}}$$

c) Rotación de los materiales

$$= \frac{\text{Materia prima empleada en el mes}}{\text{Inventario de materia prima en el mes}}$$

d) Entrega de suministros

$$\text{Entrega} = \frac{\text{Días de entrega de proveedores}}{\text{Días de producción}}$$

8.-Actividad productora.

Organizará y efectuará las operaciones de producción en forma eficiente y económica. Algunos de los indicadores pueden ser:

a) Utilización de la capacidad productora

Puede medirse mediante cualquiera de los siguientes indicadores:

I $\frac{\text{Cantidad física de artículos (Producción)}}{\text{Capacidad instalada en la empresa}}$ (Producción en un intervalo de tiempo)

II $\frac{\text{Tiempo real de trabajo}}{\text{Tiempo óptimo de trabajo}}$

b) Utilización de los materiales = $\frac{\text{Desechos y desperdicios}}{\text{Materia prima}}$ (porcentaje de merma)

Debe buscar una tendencia a la minimización.

9.-Mercadeo.

Se encargará de adoptar las medidas que garanticen el flujo continuo de los productos al mercado y que proporcionen el óptimo beneficio tanto a la empresa como a los consumidores.

Los indicadores para ver el perfil de la empresa con este factor son:

a) Tendencia

Se grafica la tendencia de las ventas y se calcula matemáticamente de acuerdo a la fórmula:

$$y = a x + b$$

$$\text{b) Rentabilidad de las Ventas} = 1 - \frac{\text{Gastos fijos}}{\text{Ventas-Gastos Variables}}$$

$$\text{c) Influencia de la distribución} = \frac{\text{Gastos de ventas y distribución}}{\text{Costo de lo vendido}}$$

$$\text{d) Influencia de la Ubicación} = \frac{\text{Gastos de transporte y acarreo}}{\text{Costo de lo vendido}}$$

$$\text{e) Influencia de la propaganda} = \frac{\text{Gastos de propaganda y promoción}}{\text{Ventas netas}}$$

$$\text{f) Proporción de devoluciones} = \frac{\text{Valor de la mercancía de vuelta}}{\text{Ventas netas}}$$

10. Contabilidad y Estadística.

Deberá establecer y tener en funcionamiento una organización para la recopilación de datos, particularmente financieros y de costos, con el fin de mantener informada a la empresa de los aspectos económicos de sus operaciones en forma oportuna fácil de analizar a un bajo costo. Las funciones mal desempeñadas dan lugar a que, incluso las colaboraciones más perfectas, sean ineficaces. Al analizar detalladamente las operaciones de una empresa se descubre por regla general, que una falla en el desempeño de una o de varias de estas funciones origina la ineficacia de toda la empresa.

Esto pone en relieve que todas las funciones de una empresa deben ser cumplidas de tal modo y en tal grado, que contribuyan con su parte adecuada y específica a la tarea común. Las funciones defieren en importancia o "peso" de acuerdo con su relativa contribución al total. El director debe escoger los factores que sean necesarios a su empresa y

también puede idear nuevos indicadores si es que necesita alguna información especial.

Los indicadores de los factores han sido diseñados para recibir información el final de cada período, acumularse en forma estadística a la de períodos anteriores y presentar la tendencia respectiva. Una información estática no servirá para tomar medidas correctivas ni sería fácil su interpretación administrativa.

Los indicadores no dicen el por qué está mal el funcionamiento de una actividad o trabajo, sino sólo señalan la anomalía y cuando ésta se presenta el Gerente de Administración y Finanzas debe pedir mayor información o hacer personalmente una investigación minuciosa para determinar las causas de la irregularidad.

Tomando en consideración la inflación podemos resumir que:

1.- El medio ambiente.

Al verse afectadas las influencias externas como son los aspectos económicos y los sociales por el alza de precios, por la especulación y acaparamiento de la mercancía, por efecto de la inflación se alterará gradualmente este factor y no será lo mismo si consideramos esta alteración en la Economía.

2.- Política y dirección.

Será afectada grandemente ya que las políticas serán de menor duración y la planeación será a corto plazo por las variaciones que existen en la Economía externa que vendrá a efectos indudablemente a la economía interna de una empresa.

3.-Productos y Procesos.

Se verá afectada por la inflación ya que se tenderá en este momento más que nunca a mejorar el diseño; la calidad y la productividad para poder seguir siendo competitivos en la rama donde se esté desarrollando.

Los productos no básicos se verán afectados en cuanto a la disminución en la demanda, por el alza de los precios en los artículos básicos. Ya que la demanda del mercado está en la función del precio, y esta relación será inversa, es decir que a mayor precio, menor será la cantidad demandada.

4.-Financiamiento.

El financiamiento se verá afectado ya que si las perspectivas a largo plazo son de una elevación del nivel de precios, el incentivo para el ahorro puede verse seriamente debilitado. Las tasas de interés se elevarán drásticamente, debido a un descenso de ahorro real y a la expectativa de elevación de los precios, entonces la inversión y el crecimiento se demorará.

5.-Medios de producción.

No podemos ignorar el factor inflación al hacer un análisis o evaluación de estos medios, ya que al igual que los productos se verán afectados, porque los individuos tienden a convertirse en este momento, en especuladores o a aumentar su propensión al consumo y entonces el crecimiento económico se verá seriamente reprimido.

6.-Fuerza de trabajo.

Este aspecto es uno de los más afectados por la inflación.

En muchas industrias la escala de salarios se basa en el costo de la vida. En caso de que éste se eleve, los salarios aumentan

automáticamente. Esto induce a su vez a los empresarios a elevar los precios.

Como consecuencia de esto se eleva el costo de las cosas que adquieren los agricultores, el índice de paridad y los precios agrícolas se elevan, de forma que el costo de la vida se eleva de nuevo y los salarios deben elevarse otra vez.

Un aumento muy divulgado de salarios y precios de las grandes industrias puede sugerir posteriores elevaciones en otros sectores.

Es por ello que la caída del empleo es debida a la presión monopolista sobre los precios y los salarios.

7.- Suministros.

Los consumidores e inversionistas al ver la tendencia de la inflación se anticipan a posteriores elevaciones de precios e intensifican su demanda de bienes y servicios. Ya que los aumentos de precios resultantes provocan un estado de participación para cambiar monedas por mercancías, aceleran asimismo su ritmo para la acumulación de stocks, y su programa de inversión de capital para anticiparse a la esperada elevación del costo de los materiales y máquinas.

8.- Actividad productora.

La inflación perjudica a la producción ya que sustituye la industria y la austeridad por el atesoramiento y la especulación y si también han sido afectados los suministros y la fuerza de trabajo que son parte de la actividad productora estaría de más contradecir que no se ve afectada.

9.- Mercadeo.

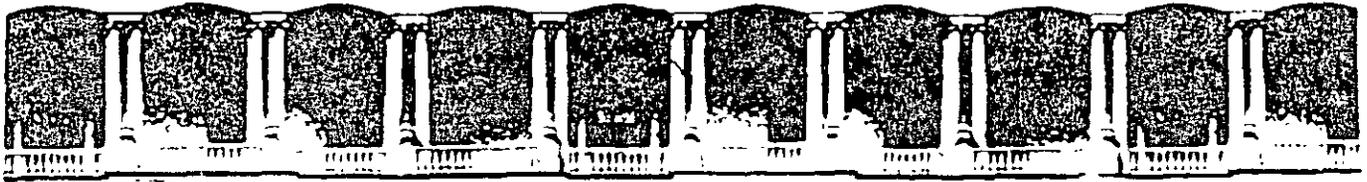
En el momento en que existe un grado muy alto de inflación ya no se puede garantizar un flujo continuo de productos a no ser que se trate

de un producto de primerísima necesidad, en caso contrario, quizás no se justifiquen los altos costos de distribución de propaganda, etc.

10.-Contabilidad y Estadística.

Se verán afectadas por la inflación si no están debidamente informados y sus técnicos no son los más actualizados.

El resultado final de todas estas anomalías causadas por la inflación traen consigo el enfrentamiento de la sociedad contra sí misma, y las instituciones políticas se someten a una intolerable tensión



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

Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INGENIERIA EN PRODUCCION

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

DIAGNOSTICO DE PRODUCTIVIDAD

**EXPOSITOR: M. EN I. LOURDES ARELLANO BOLIO
PALACIO DE MINERIA
MARZO DEL 2001**

DIAGNÓSTICO DE PRODUCTIVIDAD

El diagnóstico o determinación de las limitaciones o anomalías de las actividades de una empresa puede hacerse mediante técnicas diferentes. Vamos a utilizar una de ellas, el análisis factorial y causal.

Este análisis se desarrolla mediante el siguiente método:

1. Se divide la actividad estudiada en sus factores o componentes. El grado de división depende de la profundidad de análisis que quiera hacerse. Por ejemplo, si deseamos analizar el ambiente, lo podemos dividir en los siguientes factores:

- a) Económico**
- b) Social**
- c) Tecnológico**
- d) Físico**

Otra división podría ser en función de las relaciones o influencias sobre las actividades de la compañía.

- a) Industria competitiva**
- b) Facilidades gubernamentales**
- c) Medios de comunicación**
- d) Cercanías de mercados**
- e) Fuentes de abastecimientos**
- f) Desarrollo tecnológico, etcétera**

Vamos a utilizar los indicadores descritos en este trabajo como factores de análisis

- a) **Desarrollo tecnológico**
- b) **Desarrollo económico**
- c) **Tendencias económicas**
- d) **Correlación con la competencia**

2. Se elabora una escala que representa el grado de satisfacción de cada factor, desde cero para la carencia total del mismo, hasta 1.00 para la completa satisfacción.

- a) **Aceptable, 1.00**
- b) **Limitado, 0.50**
- c) **No aceptable, 0.25**
- d) **Inexistente, 0**

O bien, otra escala más amplia:

- a) **Extraordinario, 1.00**
- b) **Bueno, 0.80**
- c) **Regular, 0.60**
- d) **Malo, 0.40**
- e) **Pésimo, 0.20**
- f) **Inexistente, 0**

3. Se evalúa el factor componente, examinando la tendencia, dirección, exactitud y precisión del indicador, para darle un grado de satisfacción y se señala con una cruz la columna que corresponde en la escala.

	a	b	c
a) Desarrollo tecnológico		x	
b) Desarrollo económico	x		
c) Tendencias económicas	x		
d) Correlación con la competencia			x

En este caso, como vamos a utilizar únicamente los indicadores con los que trabajamos, no se necesitará la columna para el grado (d), que significa inexistente.

4. Cuando el factor analizado tiene limitación, o sea, cuando se marca la columna (b) o (c), buscaremos en qué función se encuentra la causa de dicha limitación. Se utiliza una columna más (L) para anotar el número de este factor limitante.

- 1) Ambiente
- 2) Producto
- 3) Estructura financiera
- 4) Suministros
- 5) Fuerza de trabajo
- 6) Medio de producción
- 7) Actividad productora
- 8) Mercadeo
- 9) Contabilidad y estadística
- 10) Dirección

	a	b	c	L
a) Desarrollo tecnológico		x		10
b) Desarrollo económico	x			
c) Tendencias económicas	x			
d) Correlación con la competencia			x	1

5. Se suma el número de anotaciones hechas en cada columna:

$$\begin{array}{cccc} a & b & c & L \\ 2 & 1 & 1 & 2 \end{array}$$

6. Se calcula la eficiencia, multiplicando el número de anotaciones de cada una de las tres primeras columnas por la ponderación dada a las mismas. La suma de estas evaluaciones se divide entre el número de indicadores analizados y el resultado es la eficiencia.

$$E = \frac{a + b(0.5) + c(0.25)}{n} = \frac{2 + 1(0.5) + 1(0.25)}{4} = 0.69$$

Como la cifra está dada en tanto por uno, el resultado puede leerse como 69%.

7. La deficiencia es el complemento a la unidad, del valor de la eficiencia.

$$\text{Deficiencia} = 1 - 0.69 = 0.31$$

8. Se calcula el porcentaje de limitación, dividiendo la unidad entre el número de anotaciones que hay en la columna (L).

$$f = 1/L = 1/2 = 0.50$$

9. Se multiplica este porcentaje por la cantidad de anotaciones de una misma función, para conocer el porcentaje de limitación que proviene de cada departamento.

$$\text{Función 1} = 0.50 \times 1 = 0.50$$

$$\text{Función } 10 = 0.50 \times 1 = 0.50$$

Antes de continuar con la metodología, vamos a ilustrar con un ejemplo los nueve pasos anteriores.

A. Ambiente

	a	b	c	L
1. Desarrollo tecnológico		x		10
2. Desarrollo económico	x			
3. Tendencia económica	x			
4. Fuerza competitiva			x	1
	2	1	1	2

B. Producto:

	a	b	c
1. Fuerza competitiva			x
2. Rentabilidad del producto	x		
3. Calidad del producto		x	
4. Aceptación del producto			x
	1	2	1

C. Estructura financiera

	a	b	c	L
1. Capital de trabajo	x			
2. Cartera		x		3
3. Cobranza		x		3
4. Punto de equilibrio		x		10
5. Política financiera	x			
6. Independencia financiera	x			
7. Liquidez de la estructura	x			
8. Autofinanciamiento			x	3
9. Dependencia bancaria	x			
10. Movilidad del activo circulante	x			
11. Rentabilidad de las inversiones			x	10
	6	3	2	5

D. Suministros

	a	b	c	L
1. Nivel de los inventarios				x 10
2. Inmovilidad de los inventarios				x 10
3. Movilidad de los inventarios				x 10
4. Importancia de los suministros		x		4
5. Rotación de los materiales			x	4
6. Rotación de los créditos pasivos			x	3
7. Plazo medio de los créditos pasivos			x	3
	0	3	4	7

E. Fuerza de trabajo

	a	b	c	L
1. H.H. trabajadas	x			7
2. Salario medio	x			3
3. Productividad del personal			x	5
4. Puntualidad y asiduidad	x			5
5. Seguridad del trabajo	x			
6. Proporción de los obreros	x			
7. Proporción de los salarios		x		10
8. Importancia de los salarios	x			
9. Importancia de las prestaciones	x			
10. Rotación de la mano de obra		x		1
11. Horas de trabajo	x			7
	4	6	1	7

F. Medios de producción

	a	b	c	L
1. Productividad de los medios		x		10
2. Costo de mantenimiento		x		3
3. Eficiencia del mantenimiento	x			
4. Intensidad de la inversión		x		10
5. Rentabilidad de la inversión		x		10
6. Grado de mecanización	x			
	2	4	0	4

G. Actividad productora

	a	b	c	L
1. Estabilidad de los costos	x			
2. Mano de obra		x		7
3. Tiempo productivo		x		8
4. Costo de preparación		x		5
5. Costo de la ociosidad o paro	x			
6. Nivel de los almacenes			x	10
7. Entrega de suministros	x			
8. Gastos de fabricación		x		10
9. Grado de transformación	x			
10. Grado de mecanización	x			
11. Capacidad productiva		x		7
12. Utilización de los materiales			x	7
13. Eficiencia de la inspección	x			
14. Velocidad de máquinas				
15. Aprovechamiento de capacidad instalada				
	6	5	2	7

H. Mercadeo

	a	b	c	L
1. Estabilidad del perfil de ventas	x			
2. Tendencia de las ventas	x			
3. Exactitud y precisión del presup.	x			
4. Rentabilidad de las ventas	x			
5. Ventas por vendedor	x			
6. Costo de la distribución		x		8
7. Costo del transporte y acarreo		x		1
8. Costo de la promoción	x			
9. Costo de la investigación	x			
10. Aceptación del producto		x		1
	7	3	0	3

1. Contabilidad y estadística

J. Dirección

	a	b	c	L		a	b	c	L	
1. Oportunidad de la información		x		9	1. Dirección	x				
2. Costo del servicio		x		9	2. Velocidad	x				
3. Carga de trabajo		x		9	3. Rentabilidad de las ventas		x		10	
					4. Rentabilidad de la empresa		x		10	
					5. Rentabilidad de las aportaciones		x		10	
					6. Rentabilidad de la fuerza de trabajo	x				
					7. Rentabilidad de la participación pública	x				
	0	0	3	3			4	3	0	3

Cálculo de la eficiencia, deficiencia y porcentaje de influencia limitante de cada función.

A. Ambiente

$$\text{Eficiencia} = \frac{2 + 1(0.5) + 1(0.25)}{4} = 0.69 \quad \text{Deficiencia} = 0.31$$

$$\text{Limitante} = \frac{1}{2} = 0.50$$

$$\text{Función 1} = 0.50 \times 1 = 0.50$$

$$\text{Función 10} = 0.50 \times 1 = 0.50$$

B. Producto

$$\text{Eficiencia} = \frac{1 + 2(0.5) + 1(0.25)}{4} = 0.56 \quad \text{Deficiencia} = 0.44$$

$$\text{Limitante} = \frac{1}{3} = 0.33$$

$$\text{Función 1} = 0.33 \times 2 = 0.67$$

$$\text{Función 7} = 0.33 \times 1 = 0.33$$

C. Estructura financiera

$$\text{Eficiencia} = \frac{6 + 3(0.5) + 2(0.25)}{11} = 0.73 \quad \text{Deficiencia} = 0.27$$

$$\text{Limitante} = 1/5 = 0.20$$

$$\text{Función 3} = 0.20 \times 3 = 0.60$$

$$\text{Función 10} = 0.20 \times 2 = 0.40$$

D. Suministros

$$\text{Eficiencia} = \frac{0 + 3(0.5) + 4(0.25)}{7} = 0.36 \quad \text{Deficiencia} = 0.64$$

$$\text{Limitante} = 1/7 = 0.14$$

$$\text{Función 3} = 0.14 \times 2 = 0.29$$

$$\text{Función 4} = 0.14 \times 2 = 0.29$$

$$\text{Función 10} = 0.14 \times 3 = 0.42$$

E. Fuerza de trabajo

$$\text{Eficiencia} = \frac{4 + 6(0.5) + 1(0.25)}{11} = 0.66 \quad \text{Deficiencia} = 0.34$$

$$\text{Limitante} = 1/7 = 0.14$$

$$\text{Función 1} = 0.14 \times 1 = 0.14$$

$$\text{Función 3} = 0.14 \times 1 = 0.14$$

$$\text{Función 5} = 0.14 \times 2 = 0.29$$

$$\text{Función 7} = 0.14 \times 2 = 0.29$$

$$\text{Función 10} = 0.14 \times 1 = 0.14$$

F. Medios de producción

$$\text{Eficiencia} = \frac{2 + 4(0.5) + 0(0.25)}{6} = 0.67 \quad \text{Deficiencia} = 0.33$$

$$\text{Limitante} = \frac{1}{4} = 0.25$$

$$\text{Función 3} = 0.25 \times 1 = 0.25$$

$$\text{Función 10} = 0.25 \times 3 = 0.75$$

G. Actividad productora

$$\text{Eficiencia} = \frac{6 + 5(0.5) + 2(0.25)}{13} = 0.69 \quad \text{Deficiencia} = 0.31$$

$$\text{Limitante} = \frac{1}{7} = 0.14$$

$$\text{Función 5} = 0.14 \times 1 = 0.14$$

$$\text{Función 7} = 0.14 \times 3 = 0.44$$

$$\text{Función 8} = 0.14 \times 1 = 0.14$$

$$\text{Función 10} = 0.14 \times 2 = 0.28$$

H. Mercadeo

$$\text{Eficiencia} = \frac{7 + 3(0.5) + 0(0.25)}{10} = 0.85 \quad \text{Deficiencia} = 0.15$$

$$\text{Limitante} = \frac{1}{3} = 0.33$$

$$\text{Función 1} = 0.33 \times 2 = 0.67$$

$$\text{Función 8} = 0.33 \times 1 = 0.33$$

I. Contabilidad

$$\text{Eficiencia} = \frac{0 + 0(0.5) + 3(0.25)}{3} = 0.25 \quad \text{Deficiencia} = 0.75$$

$$\text{Limitante} = \frac{1}{3} = 0.33$$

$$\text{Función 9} = 0.33 \times 3 = 1.00$$

FACTORES LIMITANTES %

FACTOR	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10												
1											50																				50	
2											66																34					
3												40	60																			45
4													28	29																		43
5													14								14			29			29					14
6														25																		75
7																							14				43	14				29
8																					66								34			
9																														100		
10																																100

20 4 13 3 4 0 11 5 10 31

Conclusión:

Factor limitado mayor: (4) suministros

Factor limitante mayor: (10) dirección

Por lo que podemos concluir que esta empresa tiene un 64% de productividad o eficiencia y un 36% de deficiencia en su desarrollo, por lo que se debe actuar de inmediato para ofrecer soluciones sobre el factor (10) dirección, determinando la causa de su ineficiencia.

FIGURA. GRÁFICA DE VALORES LIMITANTES

FACTOR	EFICIENCIA										CAUSA										
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0.69										0.50										0.50
2	0.56									0.38	0.67						0.33				
3	0.73	EFICIENCIA 0.62								0.38			0.60								0.40
4	0.30												0.29	0.29							0.42
5	0.66										DEFICIENCIA	0.14		0.14		0.29		0.29			0.14
6	0.67													0.25							0.75
7	0.69														0.14		0.44	0.14			0.28
8	0.85											0.67							0.33		
9	0.25																			1.00	
10	0.79																				1.00
	6.19		10.00									1.98		1.28	0.29	0.43		1.06	0.47	1.00	3.49
			1.00									0.20		0.13	0.03	0.04		0.10	0.05	0.10	0.35

J. Dirección

$$\text{Eficiencia} = \frac{4 + 3(0.5) + 0(0.25)}{7} = 0.79 \quad \text{Deficiencia} = 0.21$$

$$\text{Limitante} = 1/3 = 0.33$$

$$\text{Función 10} = 0.33 \times 3 = 1.00$$

10. Los resultados de esta evaluación se anotan como los indican las tablas anexas.

11. La deficiencia de la empresa es el promedio de las deficiencias funcionales o departamentales:

$$\text{Deficiencia} = \frac{E}{10} = 3.81/10 = 0.38$$

$$\text{y la eficiencia de la empresa} = 6.19/10 = 0.62$$

12. El porcentaje de influencia limitante en la empresa se obtiene dividiendo el total de valores de cada columna entre la suma de estos totales.

$$1.98 + 1.28 + 0.29 + 0.43 + 1.06 + 0.47 + 1.00 + 3.49 = 10.00$$

$$1.98/10.0 = 0.20$$

$$1.28/10.00 = 0.13, \text{ etcétera.}$$

Estas cantidades se anotan en el último renglón de la gráfica de valores limitantes.

13. Se calcula el porcentaje relativo de influencia limitante de cada factor dividiendo el porcentaje de cada renglón entre la suma de cada columna. El resultado se anota en la matriz de limitaciones unitarias:

$$0.50/1.98 = 0.25$$

$$0.67/1.98 = 0.34$$

$$0.14/1.98 = 0.07, \text{ etcétera}$$

FACTORES LIMITANTES

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FACTORES LIMITADOS	1	0.25								0.14
	2	0.34					0.31			
	3			0.47						0.11
	4			0.23	1.00					0.12
	5	0.07		0.11		0.67		0.27		0.04
	6			0.20						0.21
	7					0.33		0.42	0.30	0.08
	8	0.34						0.70		
	9								1.00	
	0									

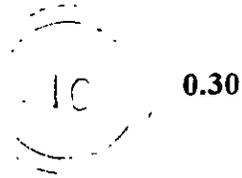
Función limitada	Indicadores limitados por la función	Porcentaje de la influencia dirección
PRIMERA ETAPA:		
10	3. Rentabilidad de las ventas 4. Rentabilidad de la empresa 5. Rentabilidad de las aportaciones	0.30
3	4. Punto de equilibrio 11. Rentabilidad de las inversiones	0.11
1	1. Desarrollo tecnológico	0.14
	Porcentaje por corregir en la etapa	0.55
SEGUNDA ETAPA:		
5	7. Proporción de los salarios	0.04
4	1. Nivel de los inventarios 2. Inmovilización de los inventarios 3. Movilidad de los inventarios	0.12
	Porcentaje por corregir en la etapa	0.16

Antes de planear nuevos ajustes debe hacerse un nuevo diagnóstico para observar si los indicadores presentan cambios favorables. Si no hay cambio favorable o simplemente no hay cambio en los indicadores, significa que las medidas que se están tomando para corregir la actividad son incorrectas y por tanto debe revisarse la reorganización.

14. Se dibuja la red de limitaciones y causas utilizando como punto de partida la función más limitante. En este caso es la función 10 con un total de 0.35 según puede observarse en la gráfica de valores limitantes.

Cada función se representa con un círculo conteniendo en su interior el número asignado.

Si está autolimitada la función se dibuja un círculo doble y se marca en el exterior el porcentaje de dicha limitación.



Este último valor se obtiene de la matriz de información. Se hace la conexión de las funciones limitantes con las limitadas por medio de una línea con flecha, anotando en la punta el porcentaje de influencia.



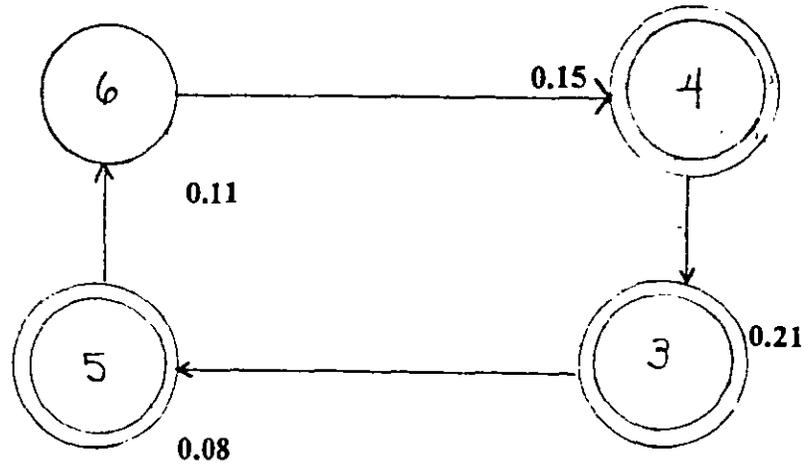
Al terminarse el dibujo de la red, pueden encontrarse dos casos:

a) Cadenas limitantes:

Una función limitada a una segunda; ésta limitada a una tercera y así sucesivamente. Conviene señalar con línea gruesa las conexiones que corresponden a la cadena más larga.

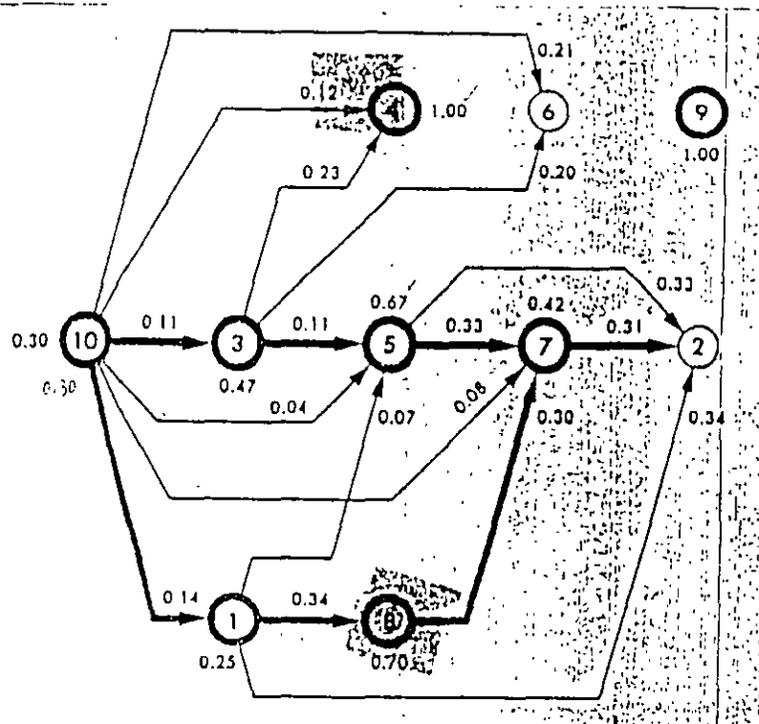
b) Círculos limitantes:

Es una cadena cerrada en donde la causa se convierte en efecto al pasar por una serie de funciones. Debe marcarse con línea gruesa.



En estos casos la acción correctiva se inicia en la función más limitante. En la figura anterior sería la función 4 con 0.21 de influencia en el círculo.

En el ejemplo que estamos desarrollando, la red de limitaciones y causas es la siguiente:



En la que podemos observar que no hay círculos limitantes, sino únicamente dos cadenas grandes de cuatro funciones cada una.

- 15. Se hace el proyecto de corrección de limitantes, buscando en cada unión los indicadores limitados por la causa original, en orden de aparición en la cadena.**

Si la reorganización resulta muy voluminosa, puede dividirse en etapas progresivas de corrección.

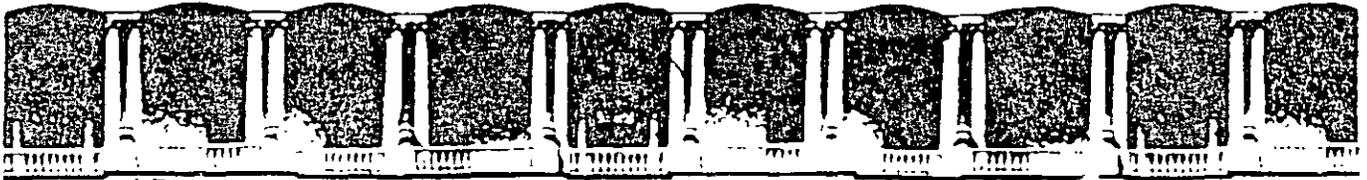
Proyecto de reorganización.

BIBLIOGRAFÍA

AGUSTÍN MONTAÑO G.
Diagnóstico industrial
Editorial Trillas, 1978. México

ALFRED W. KLEIN y NATHAN GRABINSKY
El análisis factorial
Banco de México, S.A.
Investigaciones Industriales
Sexta edición, 1976

RUBÉN MÚJICA VÉLEZ
La inflación: aspectos ideológicos y políticos
Editorial Fondo de Cultura Económica, 1976.



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

Tres décadas de orgullosa excelencia[®] 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN INGENIERIA EN
PRODUCCION**

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

**ENCUESTA PARA REALIZAR ANALISIS FACTORIAL
(ANEXO PRODUCTIVIDAD)**

**EXPOSITOR: M. EN I. LOURDES ARELLANO BOLIO
PALACIO DE MINERIA
MARZO DEL 2001**

ENCUESTA PARA REALIZAR UN ANÁLISIS FACTORIAL

MEDIO AMBIENTE

a) Desarrollo tecnológico.

1.- ¿Cuenta con algún medio de información que lo tenga al tanto en cualquier avance técnico en su área (productos alimenticios)?

Sí _____ Revista _____ No _____
Periódico _____
Informes o estudios _____
Otros _____

¿Cuál? _____

b) Desarrollo económico

2.- De la misma forma ¿tiene información de tipo económico para mantener al tanto a su empresa de alza de precios, especulación, acaparamiento de alimentos, etc.?

Sí _____ El propio mercado _____ No _____
Informes externos _____
Otros _____

¿Cuál? _____

c) Interrelación con el medio

3.- ¿Tiene información de empresas que tienen el mismo giro (alimentos) o realizan la misma actividad productora?

Sí _____ ¿Qué información?

Localización	_____
Horario	_____
Mercado	_____
Influencia sobre su misma clientela	_____

4.- ¿Hubo alguna intervención del gobierno en la localización de su empresa?

Sí _____ No _____

5.- ¿De qué servicios dispone?

¿Ha tenido problemas con el suministro?

	Sí	No	Sí	No
Agua	_____	_____	_____	_____
Drenaje	_____	_____	_____	_____
Alumbrado público	_____	_____	_____	_____
Vigilancia	_____	_____	_____	_____
Limpia	_____	_____	_____	_____

6.- ¿Cuenta con los medios de comunicación suficientes para el funcionamiento de su empresa?

	Suficientes	A veces	Insuficientes
Teléfono	_____	_____	_____
Transporte	_____	_____	_____
Comunicación entre locales	_____	_____	_____

entre empleados _____

7.- ¿Influye de alguna manera la cercanía o lejanía de su empresa con la clientela?

Sí _____ la cercanía _____ ¿En qué porcentaje? 15% _____
la lejanía _____ 30% _____
60% _____
80% _____
otro _____

¿Cualquier deficiencia es cubierta?

Sí _____ No _____

8.- ¿Tiene alguna relación de sus fuentes de abastecimiento (donde comprar sus alimentos)?

Sí _____ ¿Qué uso les da? _____ No _____

PRODUCTOS Y PROCESOS

1.- ¿Cuenta con algún control de calidad tanto para sus productos (alimento terminado), como para los necesarios para su elaboración?

Alimento procesado Sí _____ No _____

Materia prima (necesarios para elaboración). Sí _____ No _____

2.- ¿A qué corresponden los ingredientes utilizados en la elaboración del producto en su empresa?

Precio	Sí _____	No _____
Sabor	Sí _____	No _____
Calidad	Sí _____	No _____
Distribuciones	Sí _____	No _____
Otros	Sí _____	No _____

¿Cuáles? _____

3.- ¿En qué porcentaje, qué cantidad aproximada es rechazada por el cliente?

Menos 2% ____ 2-5% ____ 5-10% ____ más 10% ____ no hay rechazos ____

4.- En porcentaje, nuevamente. ¿qué capacidad de las instalaciones es aprovechada (empleados)?

	entre semana	fin de semana
menos del 30%	_____	_____
30 - 50%	_____	_____
50 - 70%	_____	_____
70 - 90%	_____	_____
más de 90%	_____	_____

5.- ¿Qué cantidad de su materia prima total es desechada?

Menos 4% ____ 4 - 7% ____ 7 - 10% ____ 10 - 15% ____ más 15% ____

6.- ¿Qué uso se le dispone?

	Si	No
Reciclaje	_____	_____
Separación de material	_____	_____
Venta	_____	_____
Ninguno	_____	_____

CONTABILIDAD Y ESTADÍSTICA

1.- Los registros contables de la empresa son llevados de manera:

Interna _____ Externa _____

2.- ¿Con qué frecuencia se realizan estudios financieros?

Diario _____
 Semanalmente _____
 Quincenalmente _____
 Mensualmente _____
 Bimestralmente _____
 Otro _____

3.- ¿Son auditados por algún despacho?

Sí _____ No _____

4.- ¿Se elaboran gráficas que muestren el comportamiento de las ventas y los costos?

	Sí	No
Registro de tiempos	_____	_____

Materiales

Costos

DIRECCIÓN

1.- **¿Cuáles son los objetivos de la empresa?** _____

2.- **¿En qué porcentaje se cumplen dichos objetivos?**

Menos 40% _____ 40 - 60% _____ 60 -80% _____ 80-95% _____ más 95% _____

3.- **¿Se han establecido políticas en la empresa para estimular al personal?**

Sí _____ ¿Cuáles? _____ No _____

4.- **¿Existe delegación de autoridades?**

Sí _____ ¿Cuáles? _____

5.- **¿Cómo se selecciona a la persona que se le delega algún tipo de autoridad?**

En base a: _____

6.- ¿Se elaboran presupuestos de ventas y gastos?

Sí _____ ¿Por qué períodos? _____ días No _____
_____ semanas
_____ mes

7.- ¿De qué medios de comunicación disponen las autoridades para dar y recibir información de sus subordinados?

Escrita _____
Verbal _____
Ambas _____
Ninguna _____

8.- ¿Fomenta actividades socio-recreativas en su empresa?

Sí _____ No _____

FINANCIAMIENTO

1.- ¿Se realizan programas predeterminados para los créditos bancarios que se obtengan?

Sí _____ No _____

2.- ¿Se han obtenido los resultados esperados?

Sí _____ ¿En qué porcentaje? Menos 30% _____ No _____
30 - 50% _____

50 - 75% _____

75 - 90% _____

más 90% _____

3.- ¿Dispone el director o gerente de pronósticos de ventas y almacén, elementos que le permitan preveer su situación a futuro?

Sí _____

No _____

SUMINISTROS

1.- ¿Tiene registros de los proveedores de sus materias primas?

Sí _____

No _____

2.- ¿Tiene problemas con la calidad de sus materias primas?

Sí. _____ ¿Cuáles? _____ No _____

3.- ¿Qué tipo de control de inventarios lleva?

UEPS _____

PEPS _____

Prom. Ponderados _____

Otros _____

4.- ¿Su sistema de colocación y distribución de materiales en su almacén facilita los procesos de su empresa?

Sí _____ No _____

5.- ¿Tiene algún control de entradas y salidas de material (alimentos)?

Sí _____ ¿Cuál? _____ No _____

6.- ¿Se presentan agotamientos de materia prima?

Sí _____ ¿Con qué frecuencia? _____ No _____

MEDIOS DE PRODUCCIÓN

1.- ¿Se han realizado estudios para determinar el flujo de alimentos en el proceso?

	Sí	No
Demoras	_____	_____
Distancias recorridas	_____	_____
Lugares de almacenamiento	_____	_____

2.- ¿Se han realizado algún tipo de estudios para saber si el equipo para manejo de alimentos es el adecuado?

Sí _____ No _____

3.- El edificio ocupado ¿es el adecuado para la actividad que realiza?

Sí _____ No _____ No se _____

4.- ¿Su equipo es técnicamente adecuado para su actividad?

Sí _____ No _____ No se _____

5.- Existen registros actualizados de:

	Sí	No	No se
Equipo existente	_____	_____	_____
La antigüedad	_____	_____	_____
Depreciación	_____	_____	_____
Costos de reparación	_____	_____	_____

FUERZA DE TRABAJO

1.- ¿Se han efectuado estudios de motivación al personal de su empresa?

Sí _____ ¿Cuáles? _____

No _____ ¿Se han pensado realizar? _____

2.- ¿Sabe cómo son los sueldos de sus empleados en relación con los de la competencia?

Sí _____ Mayores _____ No _____
Iguales _____

Menores _____

3.- ¿Cuenta con algún sistema para evaluar a sus empleados en su desempeño?

Sí _____ ¿Cuál? _____ No _____

4.- Influye en:

Sí

No

Salario _____

Incentivo _____

Ninguno _____

Otro _____

¿Cuál? _____

5.- ¿Cuenta con normas de seguridad para protección de sus empleados?

Sí _____ ¿Cuál? _____ No _____

6.- ¿Cómo se selecciona y contrata nuevo personal? _____

7.- ¿Se lleva un control de ausentismo del personal y las causas?

Sí _____ No _____

8.- ¿En qué forma se describe el trabajo que deben realizar cada uno de los trabajadores?

Verbal _____ ¿Por quién? _____
Escrita _____
Otros _____

ACTIVIDAD PRODUCTORA

1.- ¿Cuenta con algún problema de producción?

Sí _____ No _____

2.- ¿Conoce la capacidad total de su empresa? (cantidad total máxima que puede ser producida en determinado tiempo).

Sí _____ No _____

3.- ¿Existe algún responsable para planear y organizar la producción?

Sí _____ No _____

4.- ¿Qué se toma como base para asignar la carga de trabajo al personal? _____

5.- ¿Dispone de registros que indiquen el tiempo que se tarda un trabajador en realizar su trabajo?

Sí _____ No _____

6.- ¿Lleva controles de lo que produce?

Sí _____ No _____

COMERCIALIZACIÓN Y MERCADEO

1.- Las tendencias de venta han sido:

A la alza _____

A la baja _____

Se ha mantenido _____

2.- ¿Utiliza algún sistema de propaganda?

Sí _____ ¿Cuál(es)? _____ No _____

3.- ¿Realiza encuestas de servicio al cliente?

Sí _____ ¿Cada cuándo? _____ No _____

4.- ¿Qué factor cree que influye en el incremento de sus ventas?

Precio _____

Sabor _____

Tamaño _____

Consistencia _____

Temperatura _____

5.- ¿y que disminuya?

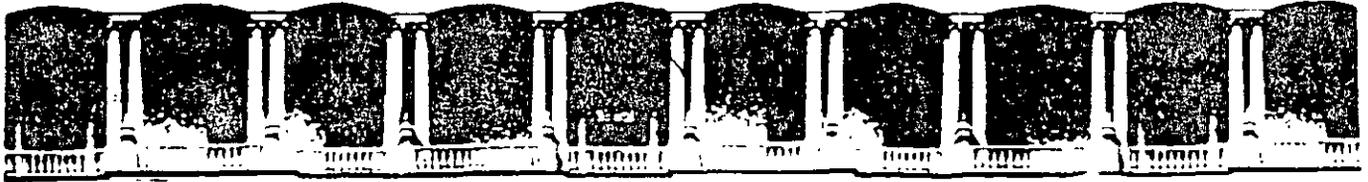
Precio

Sabor

Tamaño

Consistencia

Temperatura



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

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN INGENIERIA EN
PRODUCCION**

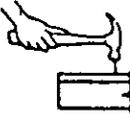
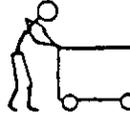
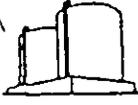
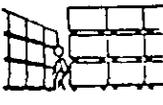
MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

EJEMPLO

**EXPOSITOR: M. EN I. LOURDES ARELLANO BOLIO
PALACIO DE MINERIA
MARZO DEL 2001**

FIGURA 3-3
Ejemplos de símbolos para diagramas de proceso.

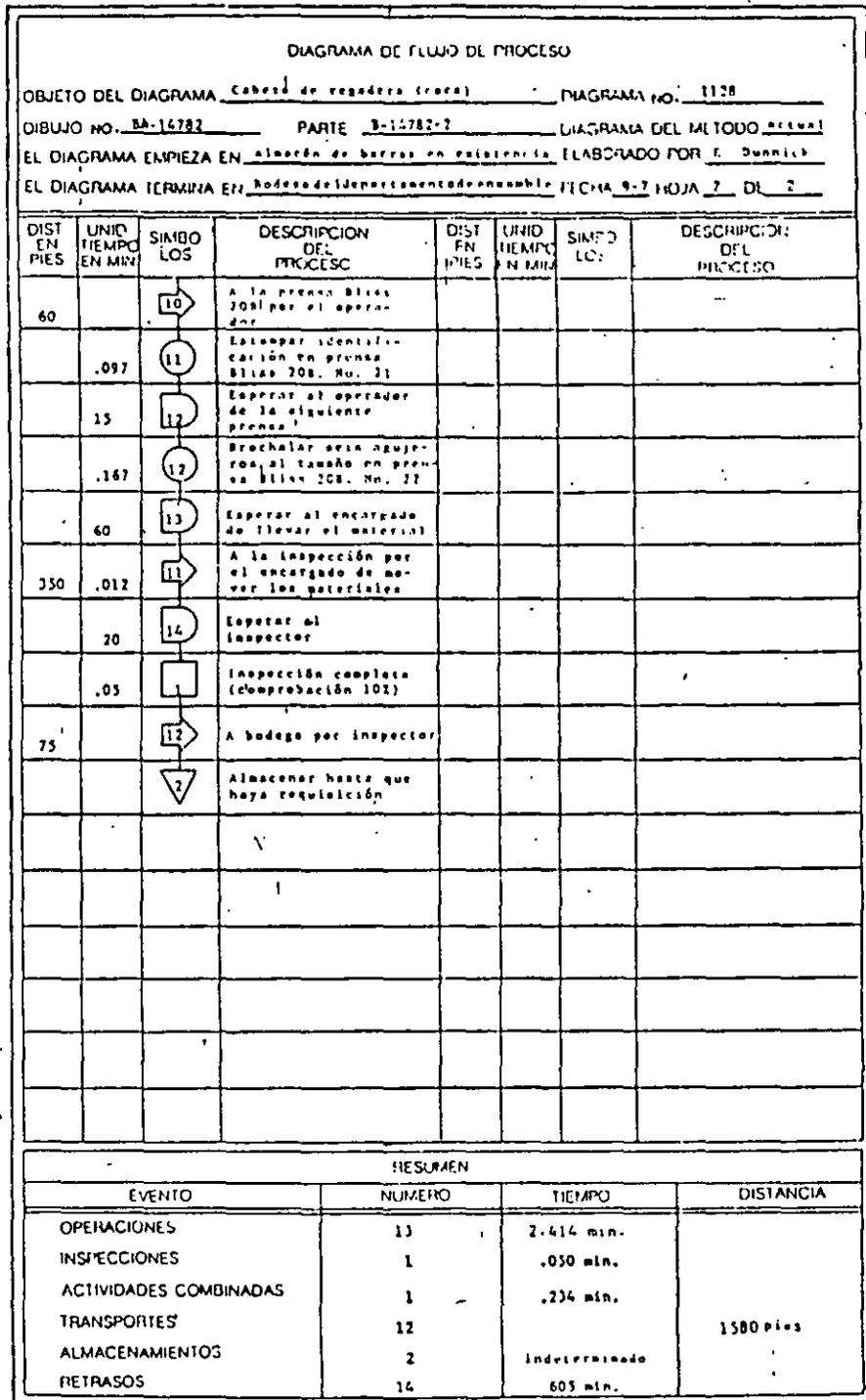
<p>OPERACION</p>  <p>Un círculo grande indica una operación como →</p>	 <p>Clavar</p>	 <p>Mezclar</p>	 <p>Taladrar</p>
 <p>Operación de trámite para crear un registro o conjunto de informes →</p>	 <p>Mecanografiar cartas</p>	 <p>Hacer órdenes de reparación</p>	 <p>Iniciar registro de herramientas en mal estado</p>
 <p>Operación de trámite para agregar información a un registro →</p>	 <p>Registrar la cuenta de piezas</p>	 <p>Actualizar los saldos de almacén</p>	 <p>Registrar el programa de control de producción</p>
<p>TRANSPORTE</p>  <p>Una flecha indica un transporte o traslado como →</p>	 <p>Mover material con un carro</p>	 <p>Mover material mediante un transportador</p>	 <p>Mover material trasladando sin ayuda alguna (por mozo o mensajero)</p>
<p>ALMACENAMIENTO</p>  <p>Un triángulo indica un almacenamiento como →</p>	 <p>Materia prima almacenada a granel</p>	 <p>Productos terminados apilados sobre tarimas</p>	 <p>Documentos en muebles de archivo especiales</p>
<p>RETRASO O DEMORA</p>  <p>Un símbolo grande en forma de "D" indica una demora o retraso como →</p>	 <p>Espera ante el elevador o ascensor</p>	 <p>Material colocado en un carro o sobre el piso al lado de un banco de trabajo en espera de ser procesado</p>	 <p>Papeles en espera de ser archivados</p>
<p>INSPECCION</p>  <p>Un cuadro indica una inspección como →</p>	 <p>Examen de material según calidad o cantidad</p>	 <p>Observar el manómetro de una caldera</p>	 <p>Leer información impresa para obtener datos</p>

Puesto que el diagrama de flujo de proceso corresponde sólo a una pieza o artículo y no a un ensamble o conjunto, puede elaborarse un diagrama más nitidamente empezando en el centro de la parte superior del papel. Primero se traza una línea horizontal de material, sobre la cual se escribe el número de la pieza y su descrip-

FIGURA 3-4
Diagrama de curso de proceso.

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO							
OBJETO DEL DIAGRAMA		Cajón de registrera (cara)		DIAGRAMA NO		1128	
DIBUJO NO		RA-14782		PARTE NO		B-14782-2	
EL DIAGRAMA EMPIEZA EN				Albarde de barras en existencia		ELABORADO POR	
EL DIAGRAMA TERMINA EN				Redeja de departamento de ensamblar		FECHA	
						9-7 HOJA 1 DE 2	
DIST EN PIES	UNID TIEMPO EN MIN	SIMBOLOS	DESCRIPCION DEL PROCESO	DIST EN PIES	UNID TIEMPO EN MIN	SIMBOLOS	PROCESO DE DESCRIPCION
		1	En situación de barras hasta que se haga requisación.		60	6	Esperar al operador de la prensa
20	.02	1	Al recibir requisación no cargan las barras en carro	100		5	A la prensa Bliss 24 1/2 por el operario
600	.05	4	Varilla extrusionada a la maquina neumática # 22		.075	6	Hacer 6 agujeros por el operario
15	.02	2	Secar las barras del carro y placentarlas en estante cerrado de la maquina		120	7	Esperar al operario de la taladradora
	120	1	Esperar que empiece la operación	50		6	A la taladradora por el operario
	.077	3	Axerzar con la sierra numérica		.334	7	Perforado bajo y tallado en Taladradora G. C. No. 15
	30	2	Esperar al encargado de llevar el material		30	8	Esperar al operario de la taladradora
70	03	2	Material a la prensa No. 8 (Nit. Mini-press)	20		7	A la taladradora Avery No. 21 por el operario
	15	3	Esperar la operación de forja		.152	8	Hacer tres agujeros de 13/64" en taladradora Avery No. 21
	.294	1	Forjado (operación de 3 hombres) o inspección		20	9	Esperar al operario del torno revolver
	10	4	Esperar al operador de la prensa	60		8	A la sección de torno revolver por el operario
30		3	A la prensa por el operador		.522	9	Tornear exterior y cara en torno B. & S. No. 1
	.061	6	A la prensa Bliss 24 1/2 por el operario		60	10	Esperar al operario del torno revolver
	30	5	Esperar al operario del baño en ácido	30		9	Al operario de turno revolver antiguo
100		4	A los tanques de ácido por el operario		.648	10	Tornear diámetro exterior y relucido
	.007	5	Baño en ácido (tanque de HCl)		15	11	Esperar al operario de la prensa

FIGURA 3-4 (Concluye)



DESPLAZAMIENTO DE LOS TRABAJADORES EN LA ZONA DE TRABAJO

Figura 40. Diagrama de hilos: almacenamiento de baldosas (método original)

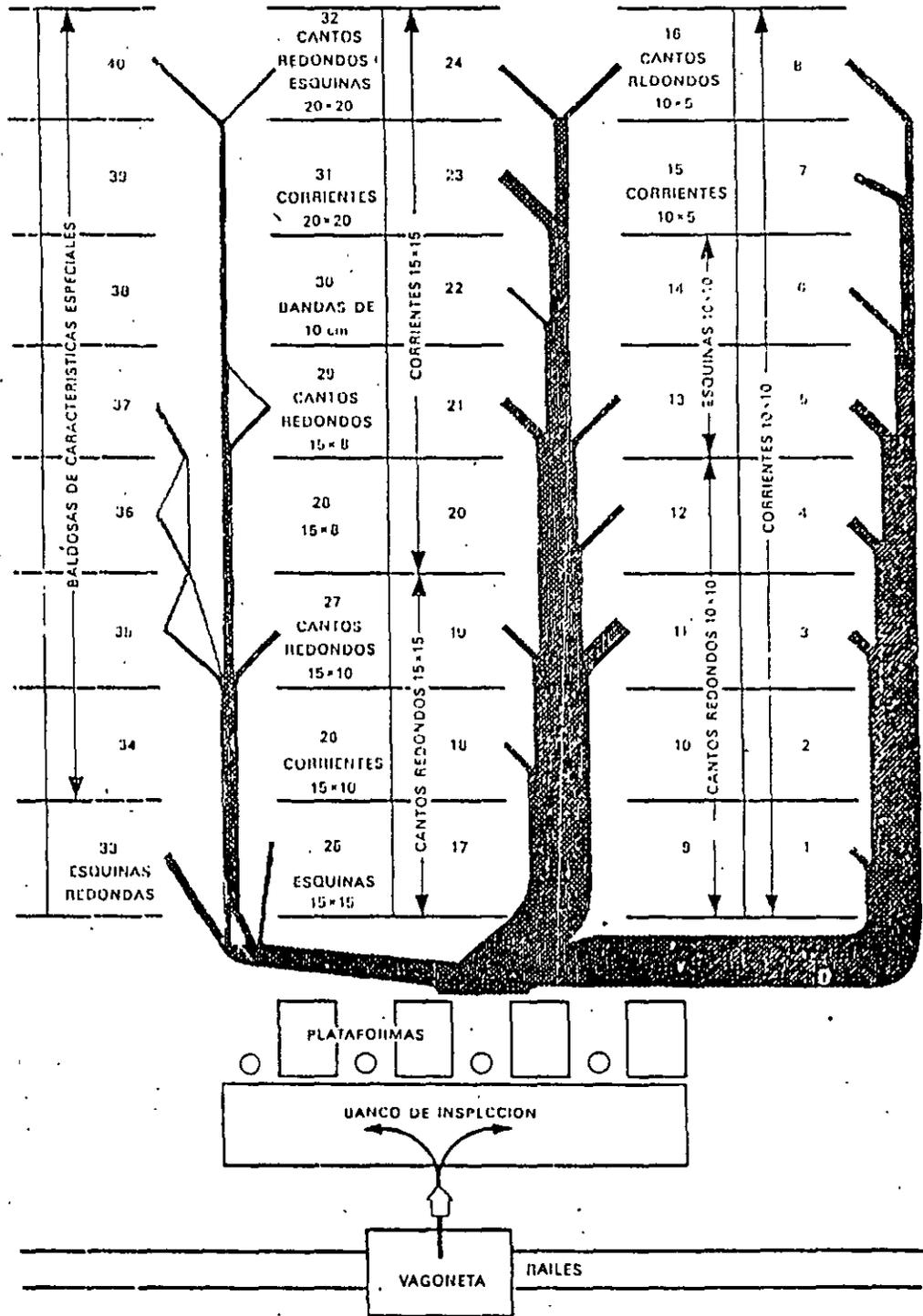


Figura 41. Diagrama de hilos: almacenamiento de baldosas (método perfeccionado)

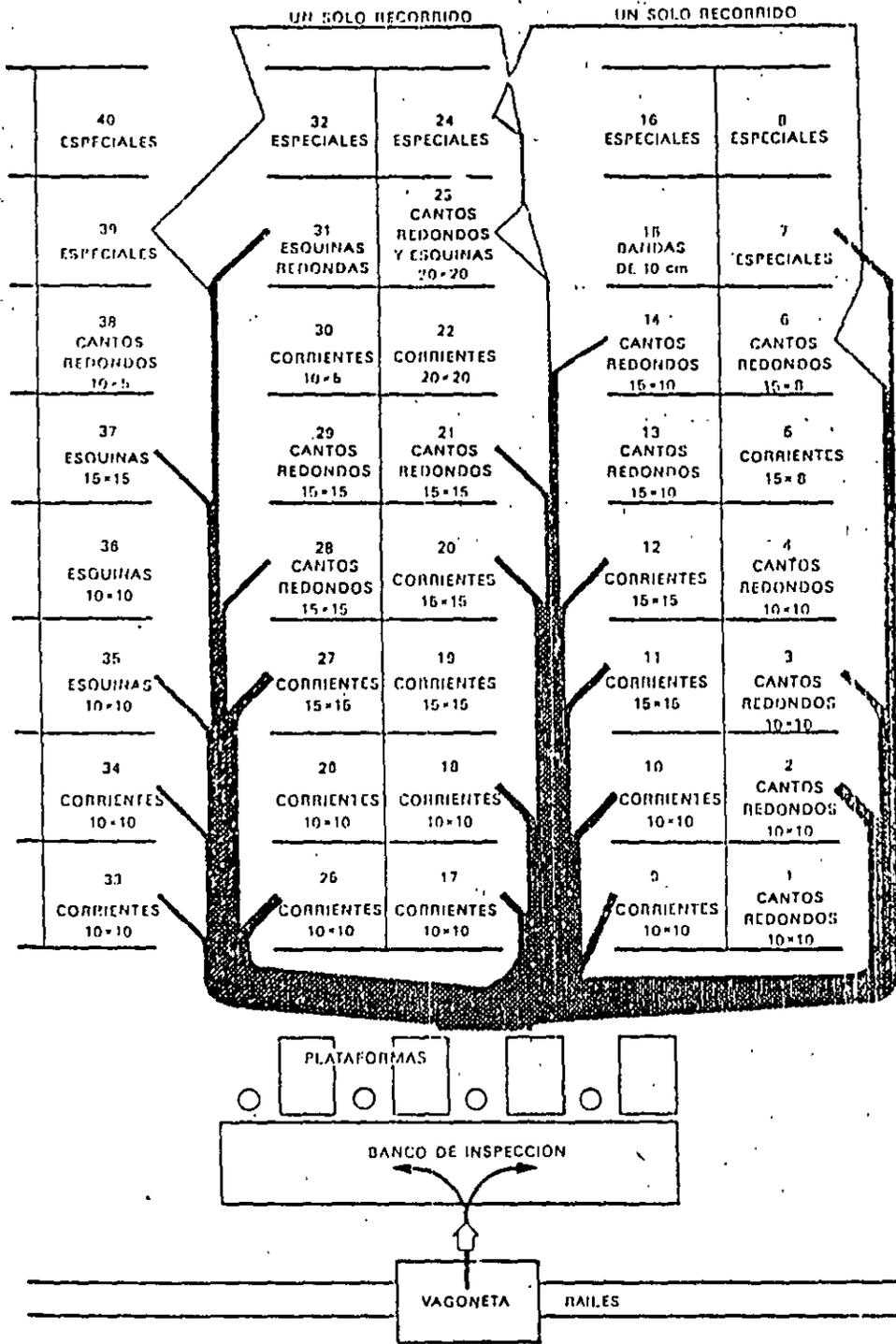


FIGURA 17. DIAGRAMA TRIDIMENSIONAL DE RECORRIDO

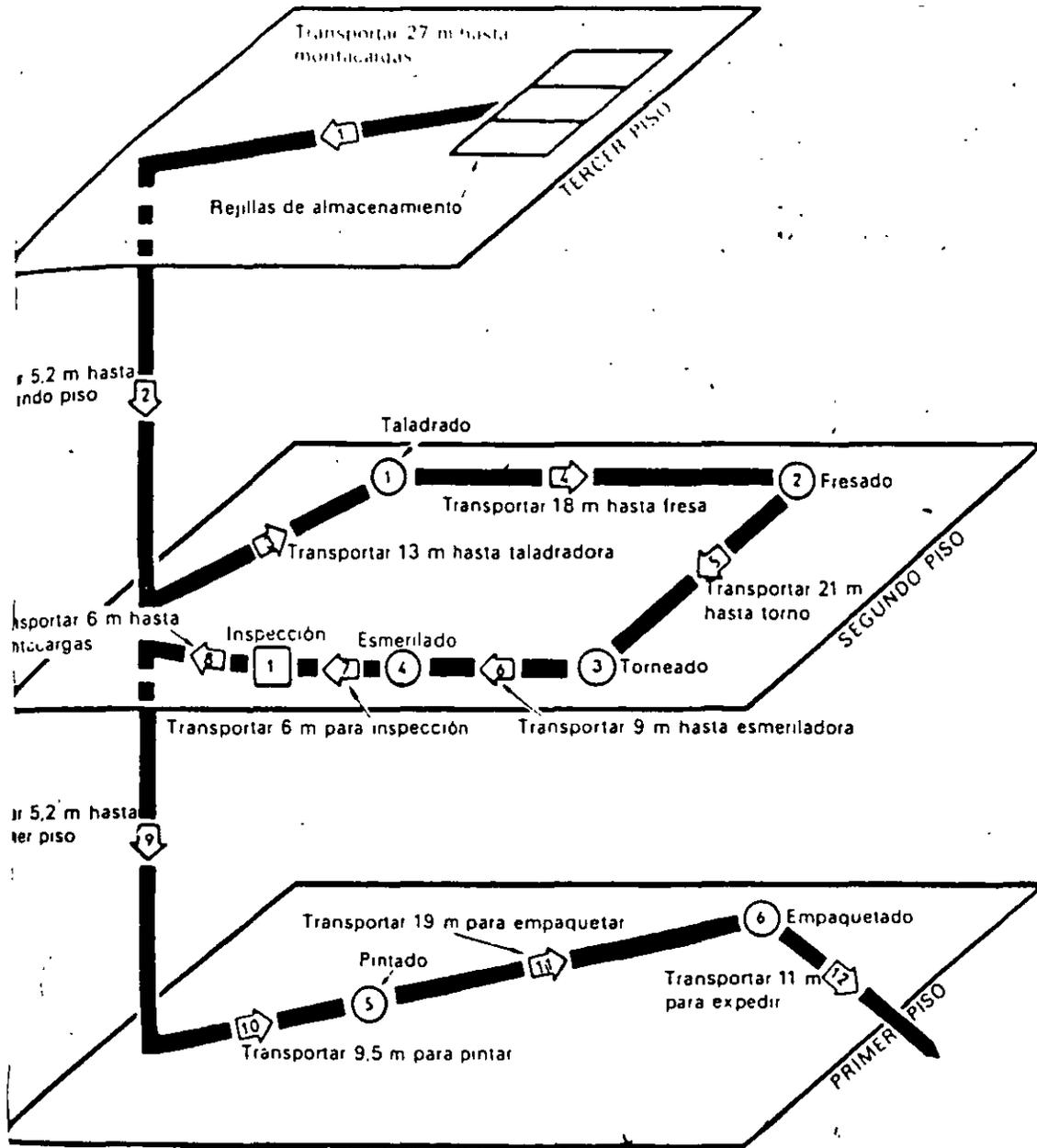
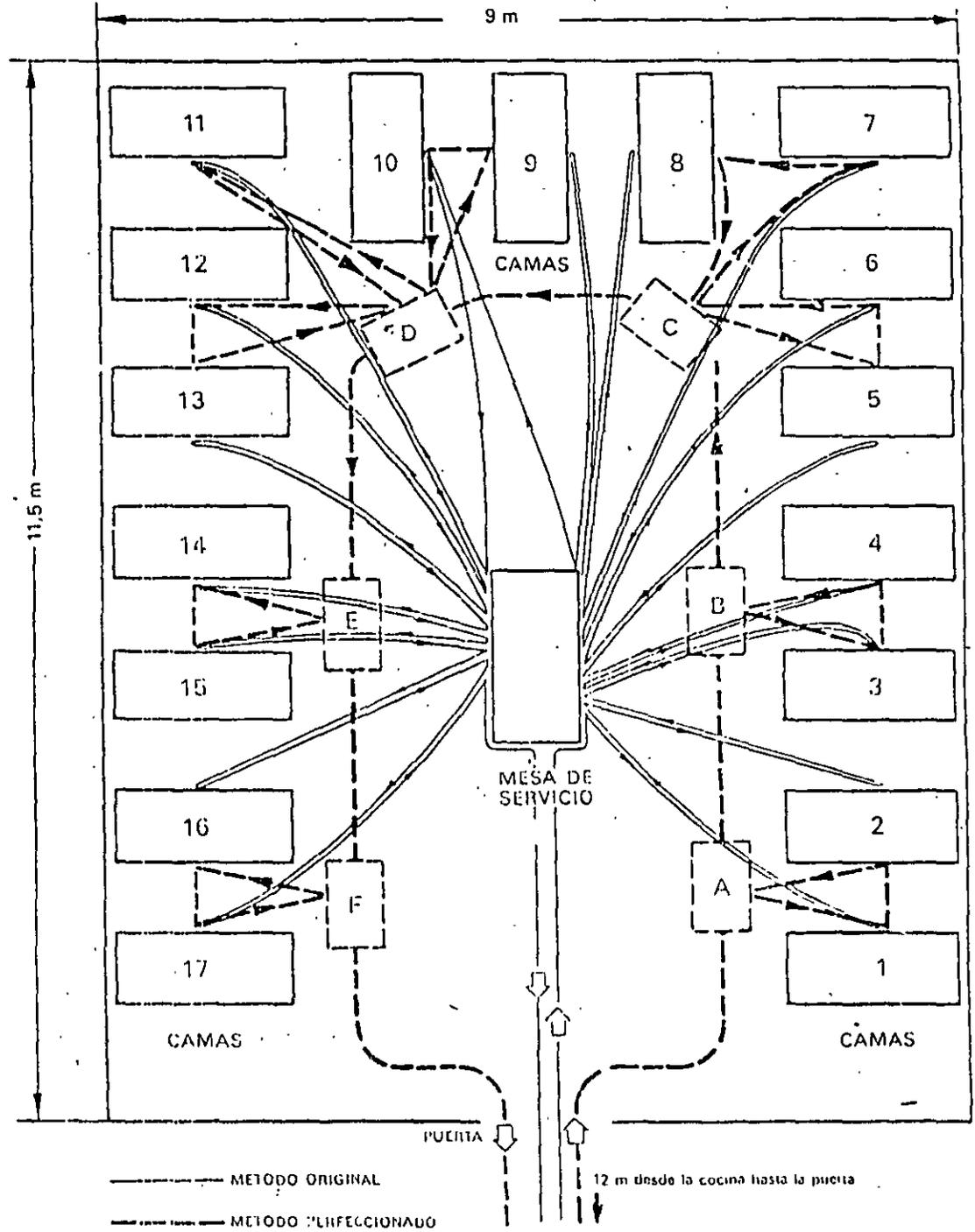


Figura 42. Diagrama de recorrido de una enfermera: cómo servir comidas en una sala de hospital



DESPLAZAMIENTO DE LOS TRABAJADORES EN LA ZONA DE TRABAJO

Figura 46. Diagrama de actividades múltiples para operario y máquina: fresado de una pieza de hierro fundido (método original)

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MÚLTIPLES			
DIAGRAMA num 8		HOJA núm. 1	
PRODUCTO:		R E S U M E N	
Pieza de fundición B. 239 PLANO núm. B. 239/1		ACTUAL	PROPUESTO
		ECONOMIA	
PROCESO:		TIEMPO DEL CICLO (minutos)	
Fresado segunda cara		Operario	2.0
		Máquina	2.0
MAQUINA(S):		TIEMPO DE TRABAJO	
Fresadora vertical Cincinnati núm. 4		Operario	1.2
		Máquina	0.8
VELOCIDAD	AVANCE	TIEMPO INACTIVO	
80 r/min.	38 cm/min.	Operario	0.8
		Máquina	1.2
OPERARIO:		UTILIZACIÓN	
FICHA núm. 1234		Operario	60%
COMPUESTO POR:		Máquina	40%
TIEMPO (minutos)	OPERARIO	MAQUINA	TIEMPO (minutos)
0.2	Saca pieza terminada Limpia con aire comprimido		0.2
0.4	Calibra profundidad en placa		0.4
0.6	Deshasta borde con lima Limpia con aire comprimido	Inactiva	0.6
0.8	Coloca en caja piezas acabadas Recoge otra pieza		0.8
1.0	Limpia la máquina con aire comprimido		1.0
1.2	Coloca pieza en soporte Pone en marcha la máquina y el autoavance		1.2
1.4			1.4
1.6	Inactivo	Trabajando Fresado segunda cara	1.6
1.8			1.8
2.0			2.0
2.2			2.2
2.4			2.4
2.6			2.6
2.8			2.8
3.0			3.0
3.2			3.2
3.4			3.4
3.6			3.6
3.8			3.8

DESPLAZAMIENTO DE LOS TRABAJADORES EN LA ZONA DE TRABAJO

Figura 47. Diagrama de actividades múltiples para operación y máquina:
fresado de una pieza de hierro fundido (método perfeccionado)

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MULTIPLES						
DIAGRAMA num 9		HOJA núm. 1		R E S U M E N		
PRODUCTO:				ACTUAL	PROPUESTO	ECONOMIA
Pieza de fundición B. 239		PLANO núm B 239/1		TIEMPO DEL CICLO		
				Hombre	2,0	1,36
				Máquina	2,0	1,36
PROCESO:				TIEMPO DE TRABAJO		
Fresado segunda cara				Hombre	1,2	1,12
				Máquina	0,8	0,8
MAQUINA(S)		VELOCIDAD	AVANCE	TIEMPO INACTIVO		
Fresadora vertical		80	38	Hombre	0,8	0,24
Cincinnati núm. 4		r/min.	cm/min.	Máquina	1,2	0,56
				UTILIZACIÓN		
OPERARIO:		FICHA núm. 1234		Hombre	60%	83%
COMPUESTO POR:		FECHA:		Máquina	40%	59%
				Mejora		
TIEMPO (minutos)	OPCRARIO			MAQUINA		TIEMPO (minutos)
0,2	Saca pieza terminada					0,2
0,4	Limpia máquina con aire comprimido. Coloca otra pieza en soporte; pone en marcha la máquina y el autoavance			Inactiva		0,4
0,6						0,6
0,8	Desbarba borde con lima; limpia con aire comprimido					0,8
1,0	Cambia profundidad en placa					1,0
1,2	Coloca pieza en cajón piezas acabadas, recoge otra pieza y la deposita cerca de máquina			Trabajando Fresado segunda cara		1,2
1,4	Inactivo					1,4
1,6						1,6
1,8						1,8
2,0						2,0
2,2						2,2
2,4						2,4
2,6						2,6
2,8						2,8
3,0						3,0
3,2						3,2
3,4						3,4
3,6						3,6
3,8						3,8

DIAGRAMA DE PROCESO DE GRUPO METODO PROPUESTO

DEPTO. 11, PRENSA DE EXTRUSION Bellefonte, Pa. Plant

GRAFICADO POR C.A.B. 4-15

GRAFICA G-85

MAQUINA		OPERADOR DE LA PRENSA		ASISTENTE DEL OPERADOR DE LA PRENSA		ENCARGADO DEL SUBRANTE		ENCARGADO DE JALAR LA BARRA	
OPERACION	TIEMPO	OPERACION	TIEMPO	OPERACION	TIEMPO	OPERACION	TIEMPO	OPERACION	TIEMPO
Elevar Lingote	.07	Elevar Lingote	.07	Engrasar dado y Colocarlo en la Cabeza	.12	Colocar Cilindro en Prensa Pequeña	.10	Jalar la Barra hacia el Casillero de Enfriamiento	.20
Colocar Lingote	.03	Colocar Lingote	.03	Caminar al Horno	.05	Frulsar Sobrante del Cilindro	.12	Caminar hacia la Prensa	.15
Colocar Embolo	.04	Colocar Embolo	.04	Arregiar los Lingotes en el Horno	.23	Quitar el Cilindro	.18		
Aplicar Presión	.05	Aplicar Presión	.05	Regresar a la Prensa	.05	Desechar Sobrante y Dejar a un Lado las Tenazas	.12	Tomar la Barra con las Tenazas y Jalar	.45
Extruir	.45	Extruir	.45	Tiempo Ocioso	.09	Ocioso	.23		
Quitar Seguro del Dado	.06	Quitar Seguro del Dado	.06		.19	Tomar las Tenazas y Colocar en Posición	.05	Enderezar Extremo de la Barra con el Mazo	.11
Afinjar y Sacar Cilindro	.10	Afinjar y Sacar Cilindro	.10	Sacar Cabeza y Cilindro	.11	Llevar Cilindro de la Cortadora a la Prensa Pequeña	.20	Sostener la Barra Mientras se quita el Dado de la prensa	.09
Sacar Embolo Hidráulico y Asegurar el Dado en la Cabeza	.15	Sacar Embolo Hidráulico y Asegurar el Dado en la Cabeza	.15	Cortar Varilla del Cilindro	.04				
				Sacar Dado del Extremo de la Varilla	.05				
Tiempo Activo	1.09 Min.	1.00 Min.		.91 Min.		.77 Min.		1.00 Min.	
Tiempo Ocioso	0	0		.06 Min.		.23 Min.		0	

h1

Diagrama Hombre Máquina

Operación:
Máquina tipo:
Departamento:

Pag. No. de
Fecha:
Hecho por:

Máquina 1 Máquina 2

Descarga y carga máquina 1	0.1	0.1	descarga y carga 0.53	0.70
	0.2	0.2		
	0.3	0.3		
	0.4	0.4		
	0.5	0.5		
Camina a máquina 2 Limpia a pieza	0.6	0.6	Taladro 0.5	Descarga y carga 0.78
	0.7	0.7		
Descarga y carga máquina 2	0.8	0.8	Tiempo muerto .62	
	1.0	1.0		
	1.1	1.1		
	1.2	1.2		
	1.3	1.3		
	1.4	1.4		Taladro 0.63
Camina a máquina 1 Limpia pieza	1.6	1.6	Descarga y carga 0.53	
Descarga y carga máquina 1	1.7	1.7		
	1.8	1.8		
	1.9	1.9		
	2.0	2.0		
	2.1	2.1		Tiempo muerto 0.24
Camina a máquina 2 Limpia pieza	2.3	2.3	Taladro 0.5	
	2.4	2.4		
	2.5	2.5		
Carga y descarga máquina 2	2.6	2.6	Tiempo muerto 0.62	
	2.7	2.7		
	2.8	2.8		
	2.9	2.9		
	3.0	3.0		
	3.1	3.1		0.24
	3.2	3.2		
	3.3	3.3		
	3.4	3.4		
	3.5	3.5		

Resumen	Tiempo del ciclo			Acción			Ocio			utilización		
	Actual	Prop.	Ahorro	Actual	Prop.	Ahorro	Actual	Prop.	Ahorro	Actual	Ahorro	
Hombre	1.65											
Máquina 1	1.65			0.30			0.62			0.5		
Máquina 2	1.65			0.38			0.24			0.63		

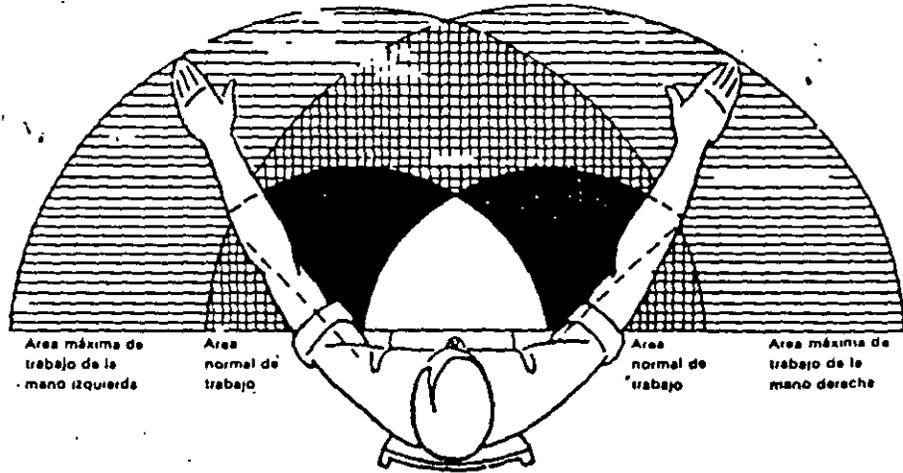
Diagrama 1

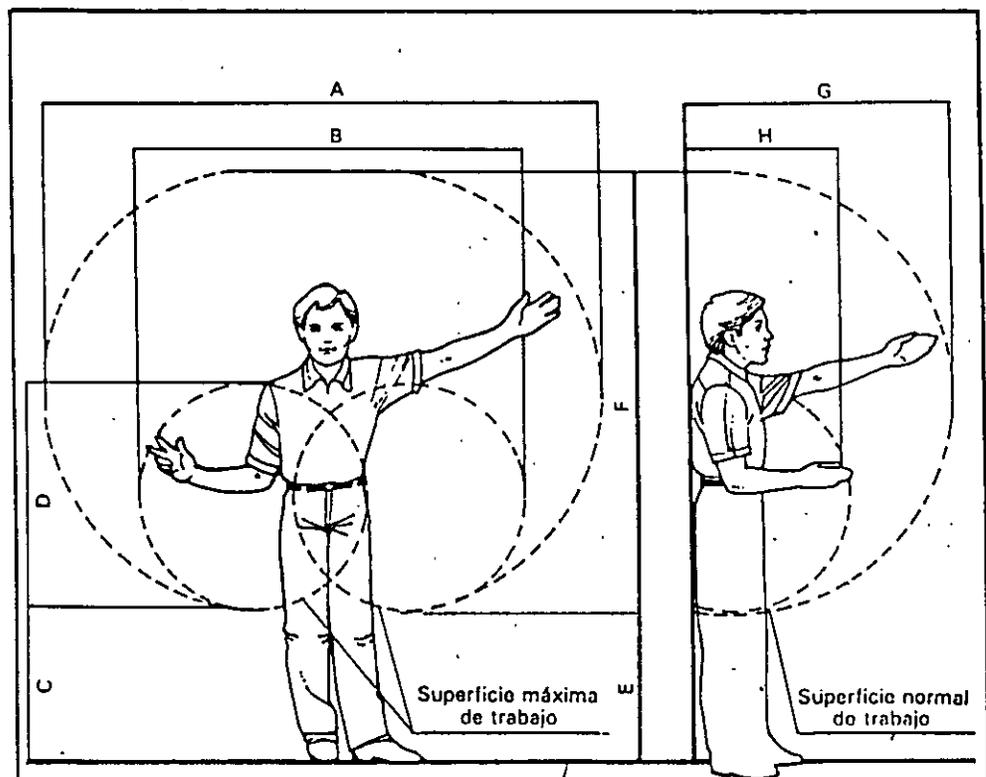
AREA NORMAL DE TRABAJO
MOVIMIENTOS DE LOS DEDOS,
DE LA MUÑECA Y DEL CODO



Diagrama 2

AREA MAXIMA DE TRABAJO
MOVIMIENTOS DE LOS HOMBROS





	<i>Mujer talla: 1.59 m peso: 54 kg</i>	<i>Hombre talla: 1.68 m peso: 68 kg</i>
A	1.400	1.550
B	1.100	1.350
C	0.680	0.770
D	0.720	0.880
E	0.630	0.700
F	1.260	1.400
G	0.730	0.800
H	0.430	0.500

FIGURA 5.21
Superficies normal y máxima de trabajo en el plano vertical.

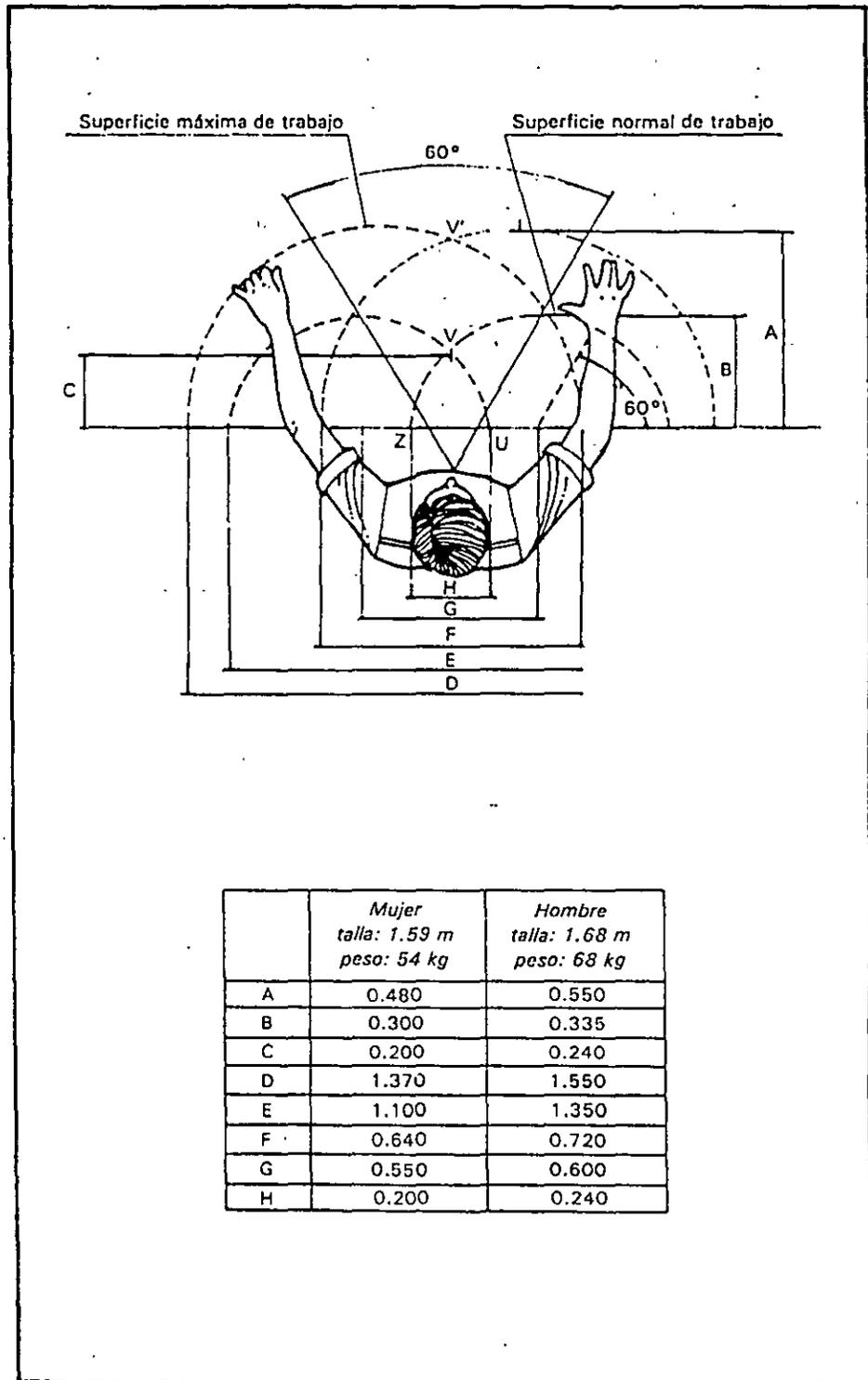


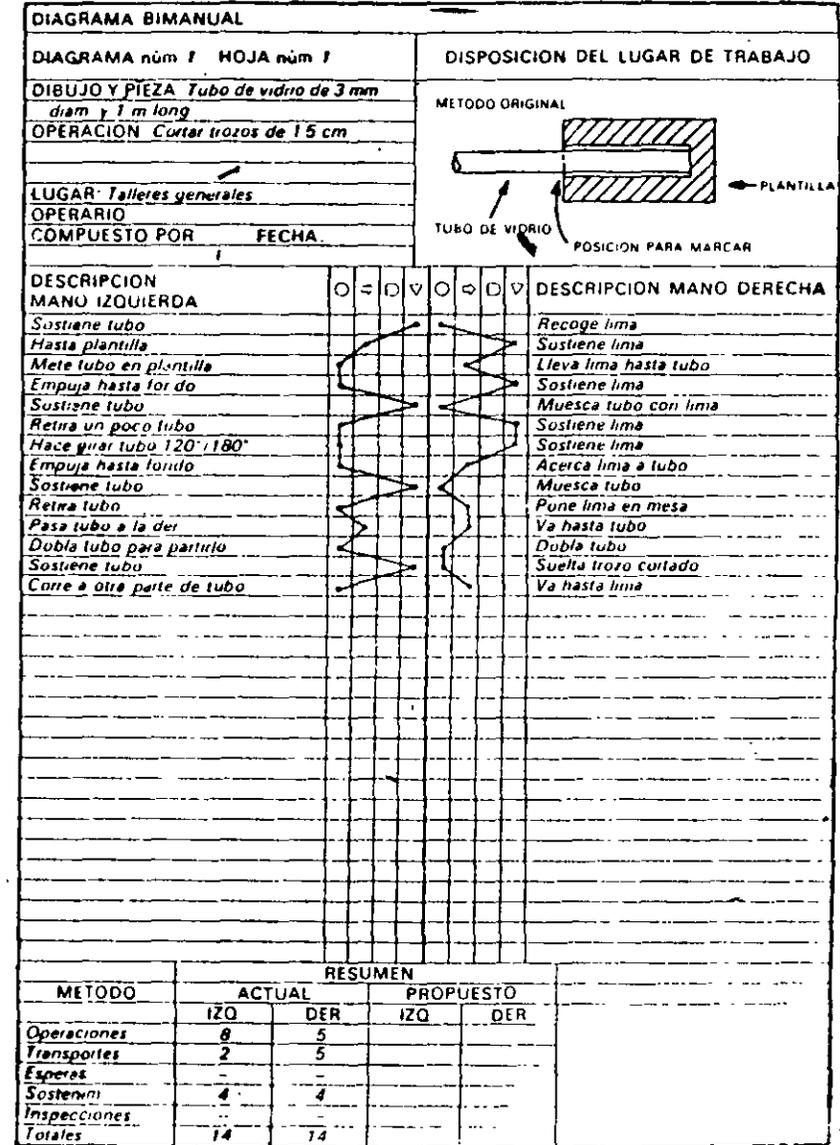
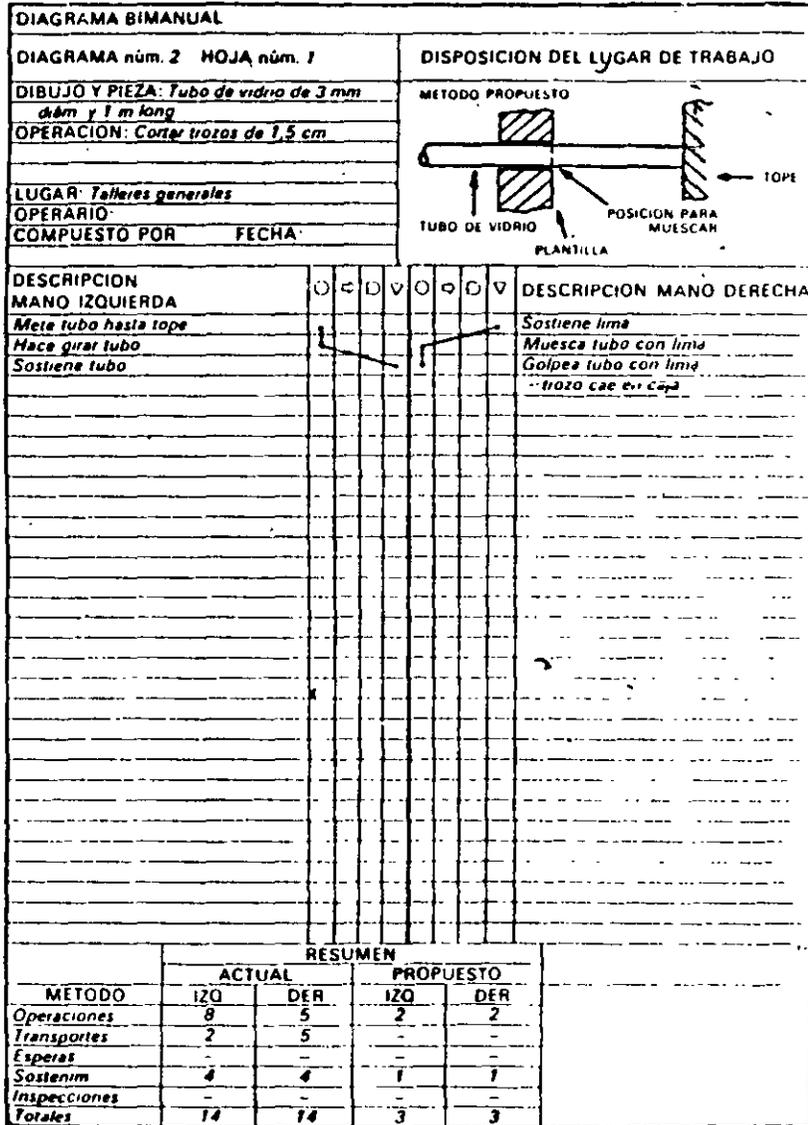
FIGURA 5.20
Superficies normal y máxima de trabajo en el plano horizontal.

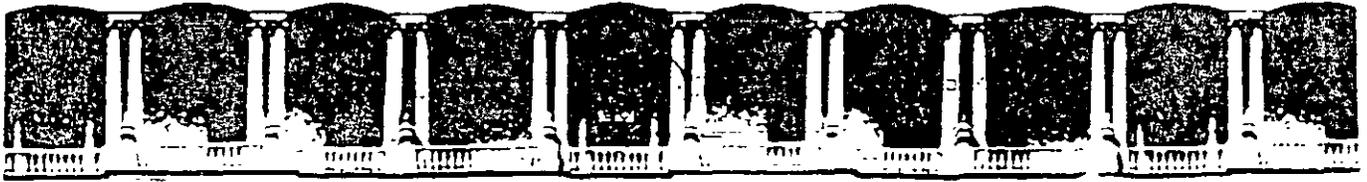
FIGURA 7-18

Analisis de mano derecha y mano izquierda del ensamble de la quijada de la prensa o sujetador para tubos.

THE HOLDTITE VISE CO			
ANALISIS DE MANO DERECHA E IZQUIERDA			
Operación <u>Ensamblar unidades superiores de prensa para tubos</u>			
Pieza No. <u>V-2042-1</u>	Dibujo No. <u>VA7942</u>	Fecha <u>7-VII</u>	
Dibujado por <u>V. Snow</u>	Depto. <u>11-8</u>	Planta <u>Buntingsdon</u>	Hoja <u>1</u> de <u>1</u>
Mano Izquierda	Simbolos	Mano derecha	
1. Recoger soporte de mordaza Alcanzar mordaza Tomar mordaza Mover mordaza	A1 T M	Colocar mordaza de prensa Alcanzar mordaza Asir mordaza Moverla al soporte	1.
2. Colocar soporte poner en posición	P	Colocar mordaza en hueco de soporte Mover mordaza al hueco Colocarla en posición en el hueco Saltar mordaza	2.
3. Sostener soporte Sostener	So A1 T M P RI	Tomar 2 rondanas y colocarlas Alcanzar la mordaza Tomar rondanas Moverlas a la mordaza Colocarlas en posición Saltar rondanas	3.
4. Sostener soporte Sostener	So Re G M	Recoger dos tornillos Alcanzar dos tornillos Sujetarlos Moverlos a los rondanos	4.
5. Sostener soporte Sostener	H P M RI	Alcanzar arandelas en tornillos Colocar en posición los tornillos Mover los tornillos Saltar los tornillos	5.
6. Sostener soporte Sostener	H Re G M P U	Atornillar el primer tornillo Alcanzar el destornillador Asir el destornillador Mover el destornillador Colocarlo en posición en el tornillo Apriatar el tornillo	6.
7. Sostener soporte Sostener	H Re G M P U	Atornillar el segundo tornillo Alcanzar el destornillador Asir el destornillador Mover el destornillador Colocarlo en posición en el tornillo Apriatar el tornillo	7.
8. Desacerar pieza Mover mordaza ensamblado Saltar pieza	M RI	Dejar a un lado el destornillador "Yankos" B Mover el destornillador Saltar el destornillador	

Figura 57. Diagrama bimanual: *Tubo de vidrio cortado*





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

Tres décadas de orgullosa excelencia[®] 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN INGENIERIA EN
PRODUCCION**

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

MATERIAL DE TÉCNICAS PARA LA MEJORA CONTINUA

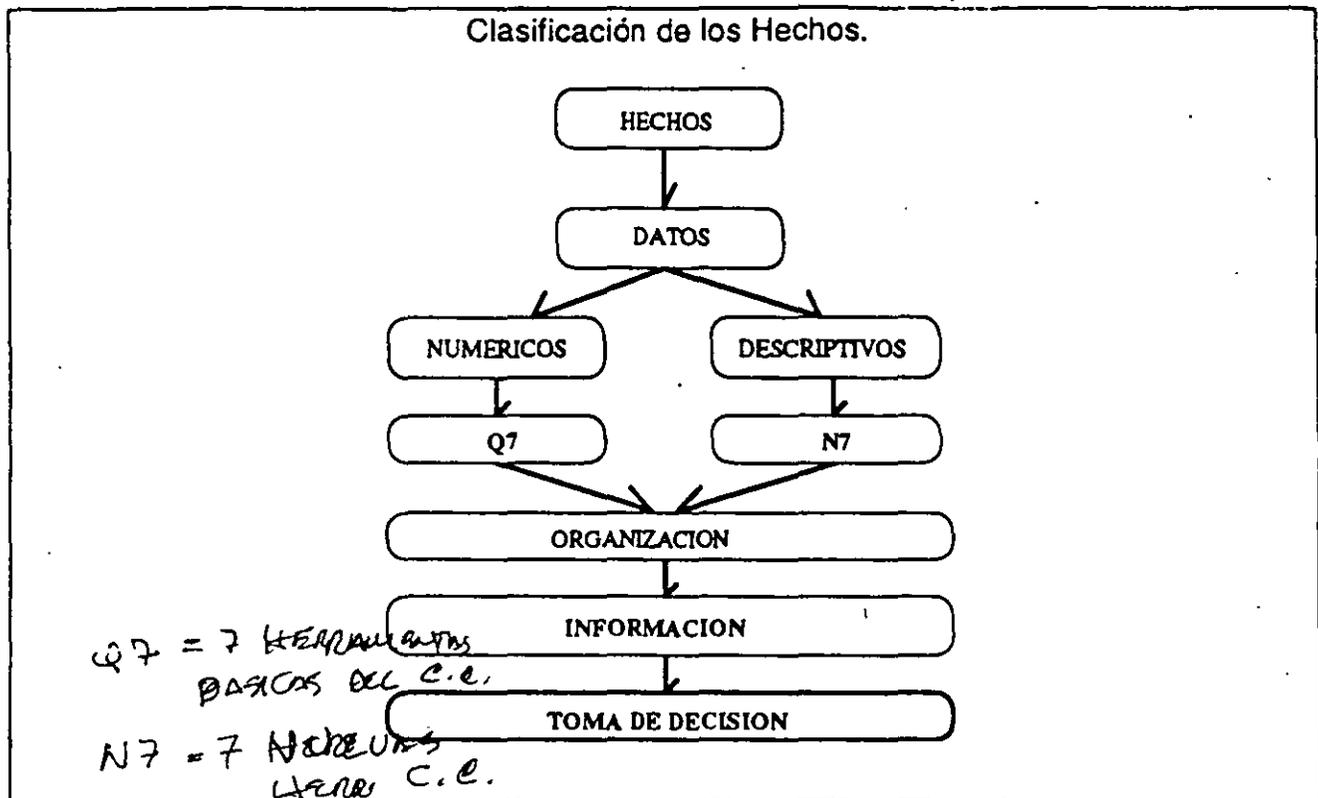
**PALACIO DE MINERIA
MARZO DEL 2001**

INDICE GENERAL		Pag.
Introducción.		4
1.0 Hoja de datos.		6
2.0 Diagrama de Causa y Efecto		8
3.0 Gráfico de Pareto		12
4.0 Estratificación		16
5.0 Histograma		17
5.1 Histogramas		17
5.2 Tipos de histogramas		19
5.3 Medidas de tendencia central		21
5.4 Medidas de dispersión		22
5.5 Cálculo rápido de media y desviación estándar		23
5.6 Índice de capacidad de proceso		25
5.7 Comparación de histogramas vs. especificaciones		27
5.8 Resumen para el cálculo de Cp		29
5.9 Caso de reflexión.		30
5.10 Otros parámetros		31
6.0 Gráficas		32
7.0 Gráficos de Control		32
7.1 Gráfico de control de rangos		33
7.2 Gráfico de control de medias		33
7.3 Gráfico de control de medianas		34
7.4 Gráfico de control de mediciones individuales		35
7.5 Gráfico de control pn		39
7.6 Gráfico de control p		40
7.7 Gráfico de control c		41
7.8 Gráfico de control u		42
7.9 Formulario		43
7.10 Construcción de un gráfico de control		44
7.11 Estados de normalidad		44
7.12 Vicios en los gráficos de control		44
7.13 Movimiento de los puntos en un gráfico de control.		48
8.0 Gráfico de Dispersión.		50
Bibliografía		53
Ejercicios		AX

CONTROL ESTADISTICO DE PROCESO

INTRODUCCION.

Uno de los puntos más importantes en el control de calidad es el "Control Basado en Hechos Reales" y no en la experiencia, el sentido común y la audacia. Para poder asegurar nuestra calidad y la satisfacción del cliente, es necesario identificar las variables que determinan la calidad de nuestro proceso o "Características de Calidad" y luego determinar el estado de dichas variables a través de datos. La toma de una correcta decisión basada en la realidad, depende de la veracidad de los datos y de la manera en que estos datos son analizados.



A. OBJETIVO DE TOMAR DATOS.

1) **Datos para el Análisis.** Son los datos que se toman para entender la situación actual de nuestro proceso, área de trabajo, empresa, etc.

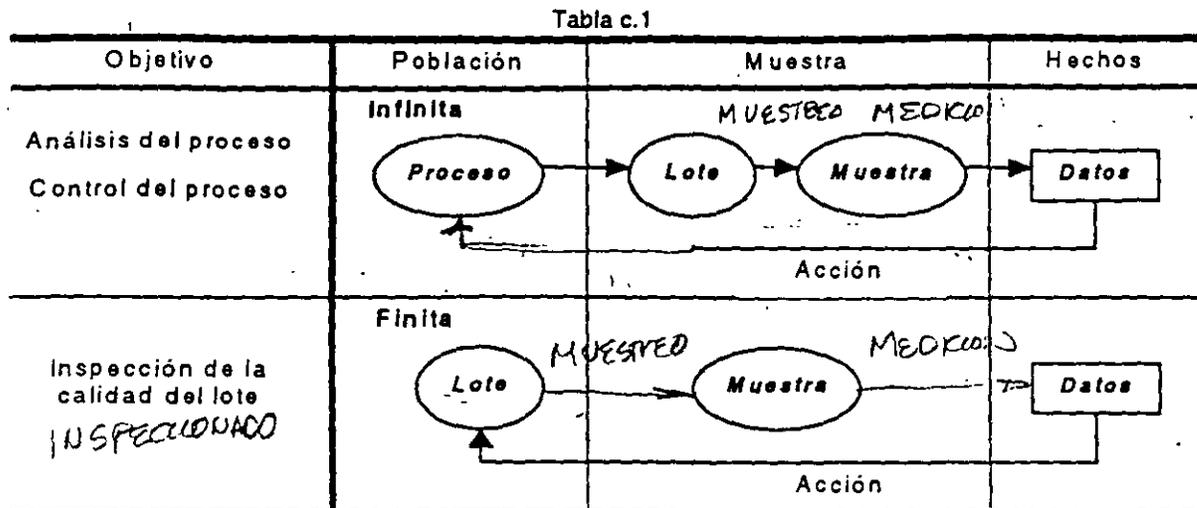
2) **Datos para el Control.** Son los datos que se toman periódicamente para investigar la variación diaria de nuestro proceso, área de trabajo, empresa, etc. para verificar su estado de control (estabilidad). *(MONITOREO)*

3) **Datos para la Inspección.** Son los Datos que se toman al recibir o entregar un determinado material. Son datos que sirven para verificar si el producto cumple con las especificaciones o contratos establecidos. *(DEMOSTRACION)*

B. TIPOS DE DATOS.

- 1) **Datos Continuos.** Son los datos medibles como la longitud, el peso, la temperatura, etc. (VARIABLES)
- 2) **Datos Discretos.** Son aquellos datos que se pueden contar como el número de piezas defectuosas, el número de errores, etc., Son datos no-continuos. (DATOS DISCRETOS)

C. POBLACIÓN Y MUESTRA.



D. LAS SIETE HERRAMIENTAS BASICAS.

Se conoce como Siete Herramientas Estadísticas Básicas a las siguientes:

- Hojas de Registro y Verificación.
- Diagrama de Causa y Efecto.
- Gráfico de Pareto.
- Estratificación.
- Histograma.
- Gráfico de Control.
- Gráfico de Dispersión.

1.0 HOJA DE DATOS ("CHECKSHEET / CHECKLIST").

Existen dos tipos principales de hojas para la recopilación y organización de datos numérico que son:

- 1) Para Registro o "Checksheets". Se anota información en ellas.
- 2) Para Verificación o "Checklists". Llevan información que debe cotejarse con la realidad.

1.1 Elaboración de un "Checksheet" o un "Checklist".

- a) Definir el Objetivo del "Checksheet" y las variables necesarias.
- b) Diseñar el mismo de tal forma que sea fácil de llenar e interpretar.
- c) Realizar una prueba de "escritorio" para verificar su uso.
- d) Mejorarlo en base al punto anterior hasta que está listo.
- e) Darle seguimiento a su uso y mejorarlo constantemente.

INSPECCION		
<i>Pieza:</i> Botella A	<i>Fecha recep.:</i> 97-V-10	
<i>Proceso:</i> Inspec. defectos	<i>Fecha prod.:</i> Ensamble	
<i>n=</i> 96 cartones	<i>Gerencia:</i> Operaciones	
<i>Remisión:</i> 96-4-8	<i>Depto.</i> Producción	
Vo.Bo.		

tipo de defecto	Frecuencia	Total
Rebaba's Ext.		
Rebaba's Int.		
Estrellado		
Pinadura Ext.		
Otro		

Fig.1.1 Checksheet para Control de Elementos Defectuosos.

DISTRIBUCION DEL: Diámetro del Cuerpo B.		
<i>Gerencia:</i> Aseguramiento de calidad	<i>Fecha:</i> 97 V-10	
<i>No. de piezas inspeccionadas:</i> n= 50		
Diámetro.	Frecuencia	Total
2.305 a 2.315	12	2
2.315 a 2.325	12345	5
2.325 a 2.335	1234567890	10
2.335 a 2.345	123456789012345	15
2.345 a 2.355	1234567890	10
2.355 a 2.365	12345	5
2.365 a 2.375	12	2
2.375 a 2.385	1	1
	Total	50

Fig. 1.2 Checksheet para Analizar una Distribución (de un proceso u operación).

Fecha: mes de julio 199x		Producto: C-45		Nombre: RHO						
item/fecha		7	8	9	10	11	12	13	etc...	...
Total % Defectos	Total inspeccionados	230	200	250	210					
	pintura despegada	6	5	7	5					
	%	2.6	2.4	2.7	2.5					
Estratificación	En lado A	4	4	3	4					
	% A	68	80	43	80					
	En lado B	1		2						
	% B	16		29						
	En lado C	1		1	1					
	% C	16		14	20					
	En otros lados		1	1						
% otros		20	14							
Localización de los Defectos										
ETIQUETA										

Fig. 1.3 Checksheet Combinado con Localización Visual de Elementos.

Maq.	Oper.	Lun 20	Mar 21	Mié 22	Jueve 23	Viern 24	Total
		am pm	am pm	am pm	am pm	am pm	
A	1	*** **	**	*** &	**	*** &	40
	2	*** &	**	*** &	**	*** &	58
B	1	** +	** <	** °	** &&	** +	32
	2	** ++ &	** ++ °	** +++	** <	** +	43
Suma		19	14	12	14	15	173

* Pintura externa + Despostillada & Estrellado < Basura ° otros.

Fig. 1.4 Checksheet para investigar las Causas de un problema.

Prensa 1							Tipo envase	Prensa 2								
Prom.	7	6	5	4	3	2	1	Muestra No.	1	2	3	4	5	6	7	Prom.
								Altura								
								Diámetro								
								Espesor								
								Peso								
								Capacidad								
								Espacio A.								
								Presión								
								Volúmen								

Fig. 1.5 Checksheet copn matriz tipo "T".

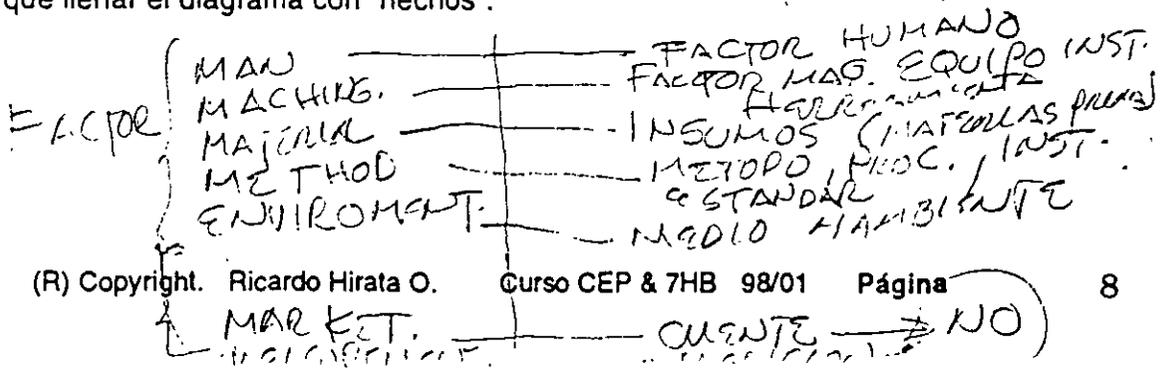
5 - RECOPIACION
 2 - O ROMIZACION

2.0 DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO.

Es un diagrama que indica las relaciones existentes entre las Causas (Factores) y los Efectos (Características de Calidad). Fue utilizado en 1952 por el fallecido Dr. Kaoru y posteriormente utilizado por todas las demás empresas. Fuera de Japón se denomina Diagrama de Ishikawa o Diagrama de Espinas de Pescado (Fishbone Diagram).

2.1 Elaboración de un Diagrama de Causa y Efecto.

- Determinar la **Característica de Calidad** a analizar. Debe ser un problema específico colocado en un cuadro en el extremo derecho de una hoja.
- Se pinta una línea recta horizontal que sale del cuadro (problema específico) hacia la izquierda.
- Por medio de una **Lluvia de Ideas**, se sacan todas los factores que influyen en la Característica de Calidad y se registran en un pizarrón o rotafolio .
- Se analizan detalladamente todos los factores registrados y se agrupan en factores generales. El objetivo es ir de causas generales a causas particulares.
- Dichos factores generales se colocan como "Espinas" grandes y se convierten ahora en características de calidad secundarias.
- Se recomienda que se utilice como primeras características secundarias o "espinas grandes" a los factores: humano, maquinaria, métodos y materiales.
- Los factores restantes se van colocando según su relación de Causa-Efecto en "Espinas" cada vez más pequeñas hasta colocar todos los factores.
- La relación debe ir de lo general a lo particular, llegando hasta las causas de cuarto, quinto y sexto nivel (como sugerencia).
- En todo momento se permite que nuevas ideas y factores surjan y se incluyan en el diagrama.
- Hay que recordar que es un diagrama que busca causas y no soluciones a los efectos.
- Hay que llenar el diagrama con "hechos".



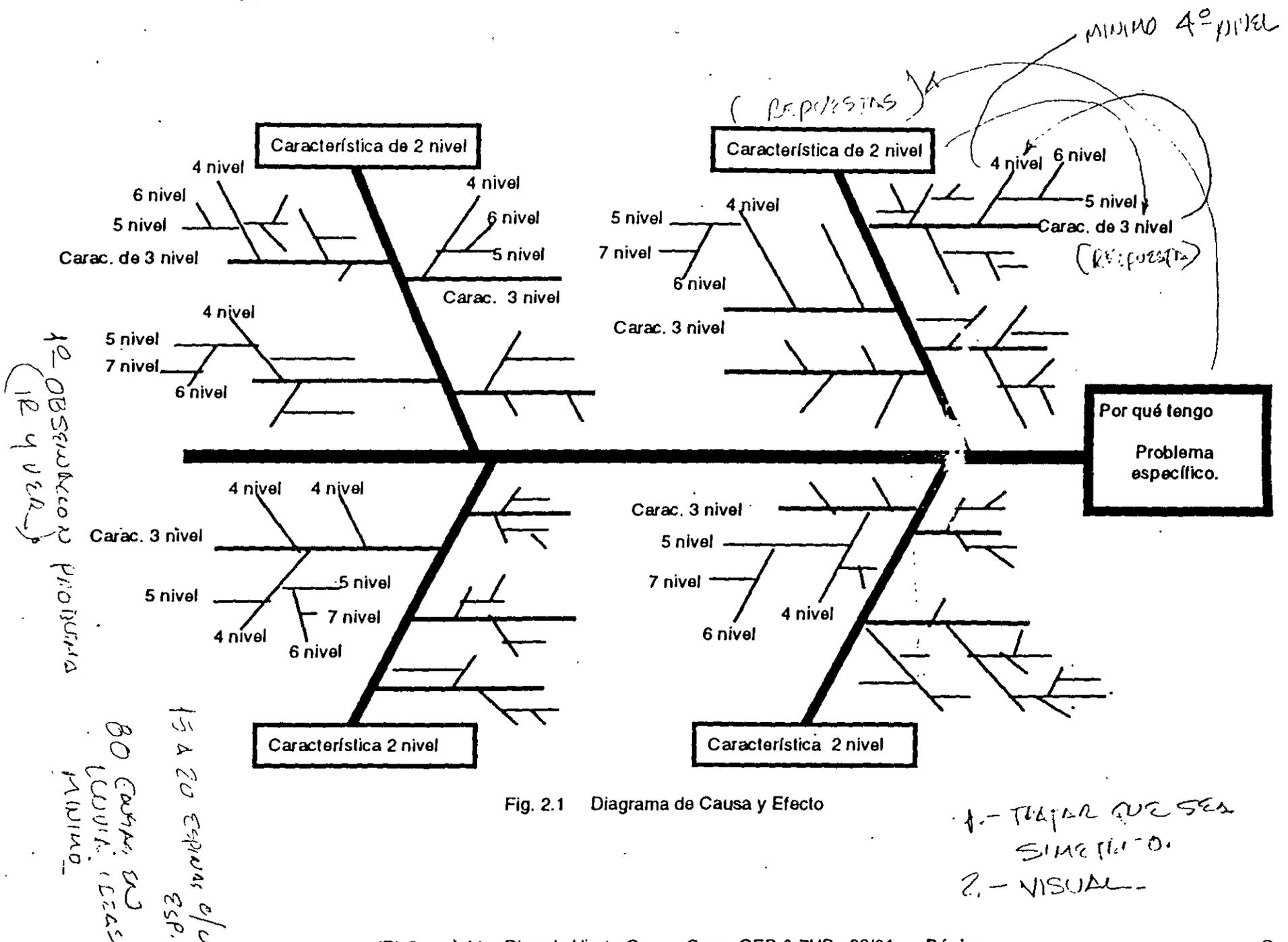


Fig. 2.1 Diagrama de Causa y Efecto

- 1.- TRAJER QUE SEA SIMPLE
- 2.- VISUAL

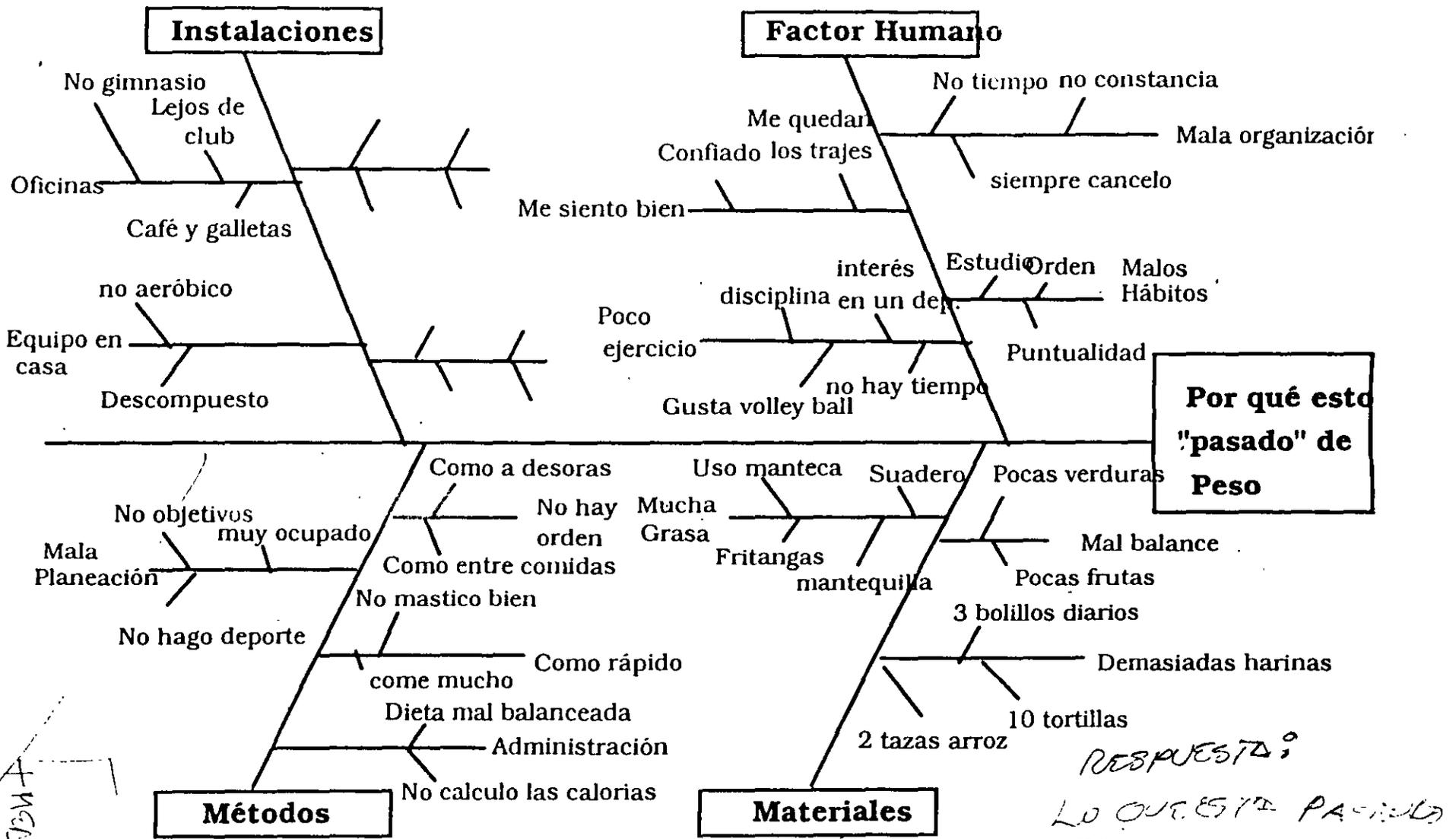


Fig. 2.2 Diagrama de Causa y Efecto

2.2 Notas Importantes sobre los Diagramas Causa y Efecto.

1. La experiencia en Japón sugiere que al realizar un Diagrama de Causa-Efecto, se utilicen las llamadas 4 M's como Características Secundarias de Calidad o causas del problema primario (cabeza del diagrama) y así facilitar el desarrollo de la misma herramienta. Las 4 M's son:

Tabla 2.1 Las 4 M's

Inglés	Español
MAN	FACTOR HUMANO
MACHINE	MAQUINAS, EQUIPOS E INSTALACIONES
MATERIALS	MATERIALES, INSUMOS
METHOD	METODOS

2. Nunca construya un Diagrama de C. E. solo. Es importante que participen todas las personas involucradas con el problema y que por lo tanto, lo viven y conocen.
3. La lluvia de ideas es un medio útil para obtener libremente, las ideas de todos. Todas las ideas son buenas y no es permitido juzgarlas.
4. Expresar la característica de calidad (cabeza del "pescado") lo más concreto y específico posible. Lo importante es ir relacionando problemas y causas.
5. Ataque problemas específicos. Nunca el problema de desperdicio, de reclamos, etc. sino por ejemplo, el problema de los errores en las memorándums, en el fotocopiado, el reclamo A, etc. Es importante particularizar el problema a áreas específicas de la empresa y no tratar de solucionar problemas globales de la organización, a través de un diagrama C.E.
6. Si el problema que se escoge es demasiado general, es probable que el responsable del mayor número de causas sea el Factor Humano.
7. Si el problema que se escoge es específico, se podrá llegar con mayor facilidad a la estratificación de causas y seguramente el responsable del mayor número de causas sea el Factor métodos.
8. Las causas deben ser "hechos" y no soluciones.
9. Elegir factores y características que se puedan medir.
10. No olvidar de utilizar siempre la regla del "por qué", "por qué".
11. Es importante pintar las espinas de tal forma que visualmente, el diagrama sea fácil de entender.
12. Muchas veces se conocen distintas acciones posibles de realizar y se relacionan directamente con el problema, lo cual hace que nuestro diagrama de C.E. sea muy simple e indique acciones a tomar (que no siempre son las mejores). Es importante recordar que lo que se busca son posibles causas del problema, las cuales después se cuantifican y finalmente se determinan las alternativas de solución. Un diagrama de causa y efecto debe indicar claramente las relaciones hasta un cuarto o quinto nivel (por lo menos 40 ramificaciones. Un buen diagrama tiene por lo menos 80).
13. No tomar decisiones o acciones basado únicamente en el diagrama de C.E. Es importante demostrar con hechos que las posibles causas lo son de verdad. A veces una causa que parece insignificante tiene un efecto importante en el problema. No tomar decisiones basado en la experiencia o el sentido común.
14. Es importante detectar factores sobre los cuales podamos trabajar, pero es importante también detectar áreas de oportunidad de otros departamentos o procesos. Lo importante es mejorar para satisfacer al cliente.

15. Es recomendable detectar si las causas que se van determinando aparecen periódicamente, cíclicamente, eventualmente, etc. Es información importante a la hora de cuantificar las causas o relacionarlas con otro tipo de problemas.

16. Si por alguna razón, una de las espinas empieza a estratificarse mucho, se recomienda cortar dicha "espinas" y crear otro diagrama de pescado.

*5 W's
OP (12/10/97)
Votación*

3.0 GRAFICO DE PARETO.

Recibe el nombre por el economista italiano V. Pareto (1848-1923), que al analizar la distribución de la posesión de la riqueza encontró que pocas personas tenían la mayor parte de la riqueza y viceversa, en lo que se denomina la Ley de Pareto. El Dr. Juran aplicó esta Ley a la producción para el análisis de los defectos de un producto ("Pocas causas solucionan la mayor parte los problemas"). Se le conoce como la Ley del 80-20 en donde el 20% de las causas de un problema representan el 80% de su efecto, por lo tanto es importante detectar y eliminar aquellas causas importantes que nos dan un gran beneficio.

"Pocas esenciales y muchas triviales".

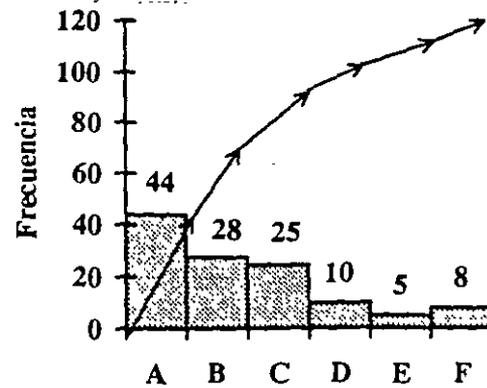
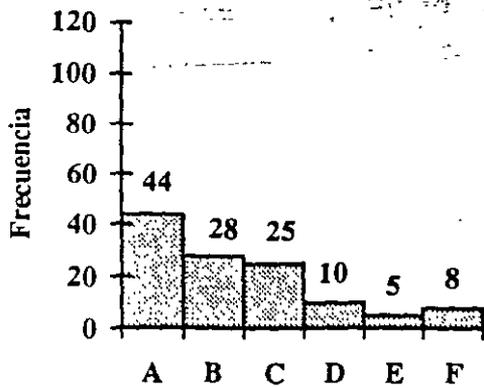
3.1 Elaboración de un Gráfico de Pareto.

- Reunir los datos referentes a un problema (defectos o posibles causas y sus frecuencias) y elaborar una Tabla de Frecuencias.
- Ordenar los factores o causas de mayor a menor en la tabla.
- Calcular la frecuencia acumulada.

Tabla de Frecuencias "Defectos en envase de cristal" (mes de Mayo 1997)

Queja del Cliente	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
A: Decorado	44	44	36.7	36.7
B: Pintura exterior	28	72	23.3	60.0
C: Marcas en cuerpo	25	97	20.8	80.8
D: Raya brillante	10	107	8.3	89.1
E: Burbuja	5	112	4.2	93.3
F: Otros	8	120	6.7	100.0
Total	120		100.0	

- En el eje "X" graficar con barras los factores o causas. El eje "Y" izquierdo representa la frecuencia o segunda columna de datos y debe medir al menos el total de la frecuencia.
- Señalizar cada barra con el valor de su frecuencia.
- Con la misma escala de frecuencia realizar la grafica lineal con los datos de la frecuencia acumulada. Es importante anotar que no se anota ningun dato de frecuencia acumulada a la gráfica lineal.



- g) Calcular ahora el porcentaje que representa cada uno de los factores con respecto al total de datos (cuarta columna).
- h) Calcular el porcentaje acumulado en la última columna de la tabla.
- i) Crear un nuevo eje "Y" en la derecha con la escala porcentual.
- j) El lugar en donde termina la gráfica lineal a la derecha es equivalente al 100%.
- k) Señalizar la gráfica lineal con los valores del porcentaje acumulado.
- l) Colocar tamaño de muestra, periodo en el que se tomaron los datos, responsable de la gráfica, etc.

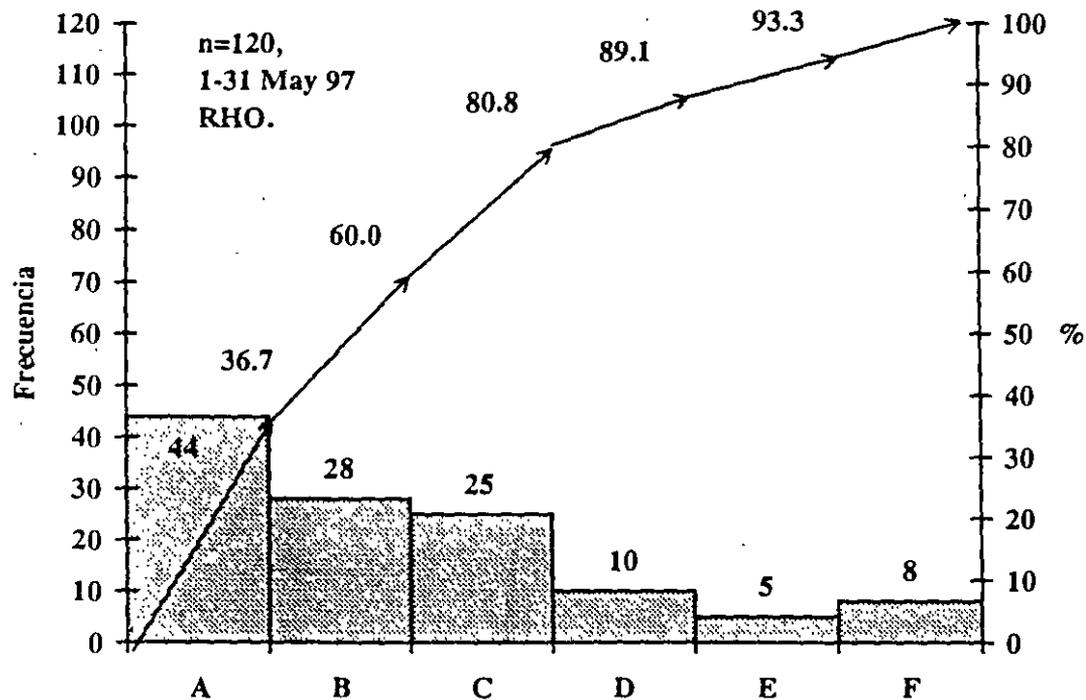


Fig. Gráfico de Pareto .

- d) Graficar con barras la frecuencia y con una línea el porcentaje acumulado.
- e) Anotar información necesaria como: tamaño de muestra, periodo, nombre del analista, etc.

3.2 Notas acerca de los Gráficos de Pareto.

- 1) El gráfico de Pareto es una herramienta útil para particularizar los problemas (por ejemplo, descomponer el problema de desperdicio en los tipos de desperdicio que tiene la empresa) y entonces se combina muy bien para determinar la característica de calidad primaria necesaria para iniciar un diagrama de Causa y Efecto.
- 2) No olvidar colocar información necesaria como: Tamaño de muestra (n), Periodo que se grafica, responsable del gráfico, unidades de cada uno de los ejes, título del gráfico.
- 3) Construya varios tipos de gráficos de Pareto en función de distintos puntos de vista o unidades del eje "Y", por ejemplo si se grafican No. de defectos, analice también el costo que eso representa, los efectos de dichos defectos en otros procesos, etc.
- 4) Una vez detectado el problema o fenómeno prioritario, estratifique las veces que sea necesario, para llegar hasta las causas.
- 5) El gráfico de Pareto es la representación (estática) del comportamiento de un fenómeno en determinado periodo. En caso de tratarse de un periodo muy largo de tiempo (2 años por ejemplo), es recomendable utilizar una serie de tiempo como gráfica de todos los datos y paralelamente un gráfico de Pareto con los datos más recientes (1 o 2 últimos meses).
- 6) No utilizar directamente el gráfico de Pareto para problemas de reducción o incremento de una característica de calidad.
- 7) Hay que tener mucho cuidado cuando utilizamos los gráficos de Pareto para comparar la situación anterior y la mejorada (antes y después), ya que se puede cometer el error de comparar periodos de tamaño distinto.
- 8) Es importante que al comparar dos gráficos de Pareto, estos tengan las mismas escalas (figs. 3.2 y 3.3).

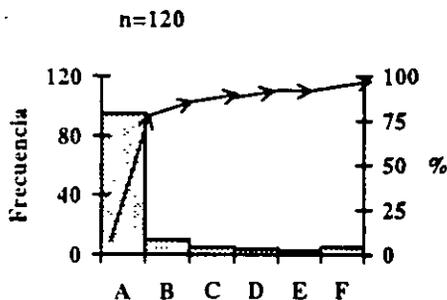


Fig. 3.2 Situación "ANTES" de la mejora.

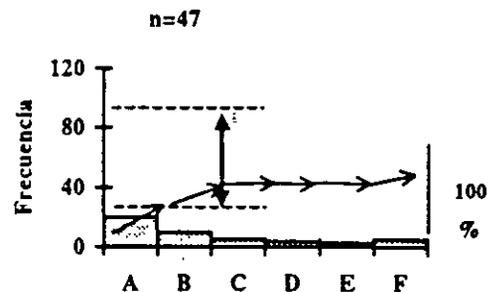


Fig. 3.3 Situación "DESPUES" de la mejora.

- 9) Nunca construir gráficos de Pareto en donde el rubro de "Otros" tenga un porcentaje elevado.
- 10) Elegir correctamente el problema a solucionar, pensando en el efecto que se tendrá y no solo en el orden que ocupa en la gráfica. Es recomendable, pensar que a veces es mejor elegir lo solucionable y no necesariamente lo que la gráfica nos sugiere como la de mayor importancia.
- 11) Para que ambas gráficas (la de barras y la de líneas) tengan las mismas escalas y puedan ser comparadas, es necesario que el valor máximo del eje Y de frecuencias (derecha) corresponda con el valor de 100% en el eje Y de porcentajes. (figs. 3.4 y 3.5).

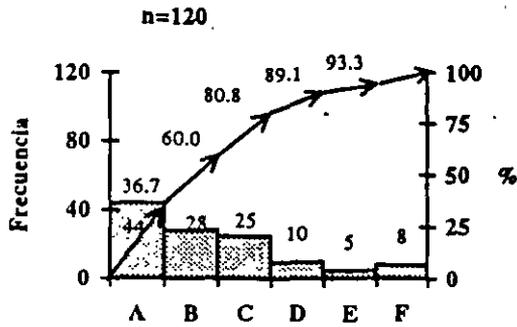


Fig. 3.4 Misma proporción

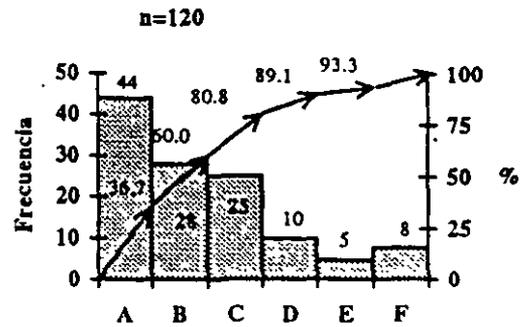


Fig. 3.5 Dos escalas diferentes sin proporción

12) En lo posible hay que tratar de que el Gráfico de Pareto sea lo más cuadrado posible, ya que así podemos deducir visualmente si se cumple la Ley del 80-20. (figs. 3.6 y 3.7).

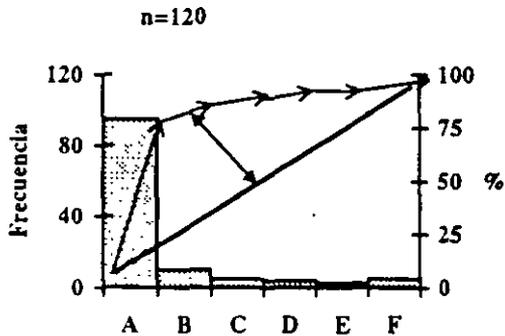


Fig. 3.6 Gran parte del efecto se soluciona con la eliminación de pocas causas.

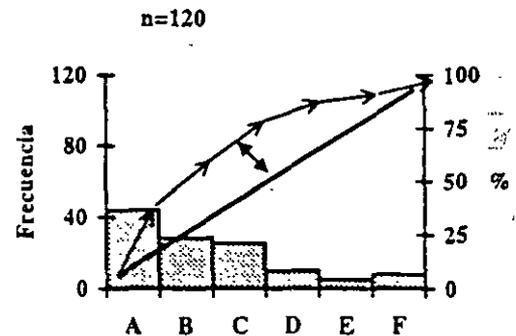


Fig. 3.7 Hay que eliminar varias causas para solucionar el efecto.

4.0 ESTRATIFICACIÓN.

Estratificar significa separar la toma de datos dependiendo del turno maquina, operador, materia prima, etc. Facilita el correcto entendimiento de la información, la toma precisa de una acción y un mejor conocimiento de los datos históricos de un producto.

Se puede estratificar por:

- PRODUCTO: Por tipo de producto o servicio.
- PROBLEMA: Por tipo de defecto, por tipo de falla, por su magnitud, por su alcance, etc.
- COSTO: Por el costo que genera, por la pérdida (real o potencial), etc.
- LOCALIZACIÓN: Por el lugar en donde se fabrica, el lugar donde se detecta, la zona de incidencia, etc.
- OPERADOR: Por cada operador, por cada área de trabajo, por edades, por sexo, por experiencia, por cargo, etc.
- MAQUINA o EQUIPO: Por tipo de maquina, por proceso, por trabajo, etc.
- MATERIA PRIMA: Por proveedor, por precio, por lote, por el tiempo en que entró a la planta, etc.
- MÉTODO: Por método de operación, por condiciones de operación, por lotes, por estándares de operación, etc.
- TIEMPO: Por turno, por a.m. y p.m., por estación del año, por su duración, etc.

5.0 HISTOGRAMA.

RELAC. - CAMPANA (CURVA GAUSS)
 PROMEDIO ES TENDENCIA

Gráfico muy utilizado cuando los datos de una característica de calidad presentan una variación y se quiere conocer la distribución de dicha variación con respecto al valor promedio.

5.1 Elaboración de la Tabla de Frecuencias y el Histograma.

Tabla 5.1.1 Grado plato en mosto (°P).

16.30	16.10	16.30	16.25	16.15	16.05	16.20	16.30	16.10	16.40		
16.10	16.35	16.30	16.20	16.15	16.00	16.30	15.85	16.35	16.30		
16.10	16.15	16.20	16.30	16.20	16.20	16.15	16.10	16.15	16.20		
16.20	16.25	16.15	16.30	16.20	16.20	16.20	16.20	16.25	16.10		
16.25	16.15	16.25	16.10	16.05	16.25	16.25	16.20	16.15	16.25		
16.20	16.20	16.15	16.15	16.15	16.10	16.10	16.25	16.25	16.00		
16.15	16.20	16.35	16.20	16.15	16.20	16.15	16.10	16.20	16.35		
16.10	16.25	16.15	16.35	16.10	16.10	16.35	16.15	16.25	16.15		
16.15	16.05	16.15	16.40	16.30	16.20	16.20	16.15	15.90	16.15		
16.15	16.15	16.25	16.25	16.35	16.10	16.05	16.05	16.15	16.20		
MAX	16.30	16.35	16.35	16.40	16.35	16.25	16.35	16.30	16.35	16.40	16.40
min	16.10	16.05	16.15	16.10	16.05	16.00	16.05	15.85	15.90	16.00	15.85

HISTOG. = FORMA DE DISTRIBUCION O
 = CONOCER CENTRO Y VARIACION

- a) Recopilar los datos. Cuando menos $n = 50$ datos. (aprox. 100 es lo deseable). Asimismo determinar la Unidad mínima de medición de los datos o la unidad mínima en que aumentan o disminuyen los datos. En este caso:

Unidad mínima de medición = 0.05.

- b) Encontrar el valor máximo (x_{max}) y mínimo (x_{min}) de los datos.

$x_{max} = 16.40$ y $x_{min} = 15.85$

- c) Calcular el "Intervalo de Clase (c)". "c" debe ser múltiplo de la unidad mínima de medición.

$$c = \frac{x_{max} - x_{min}}{k} = \frac{16.40 - 15.85}{10} = 0.055 \rightarrow 0.05$$

k = es el número de Clases (número de barras en la gráfica). Se calcula como:

$$k = \sqrt{n} \quad \text{siendo } n = \text{número de datos. (100)}$$

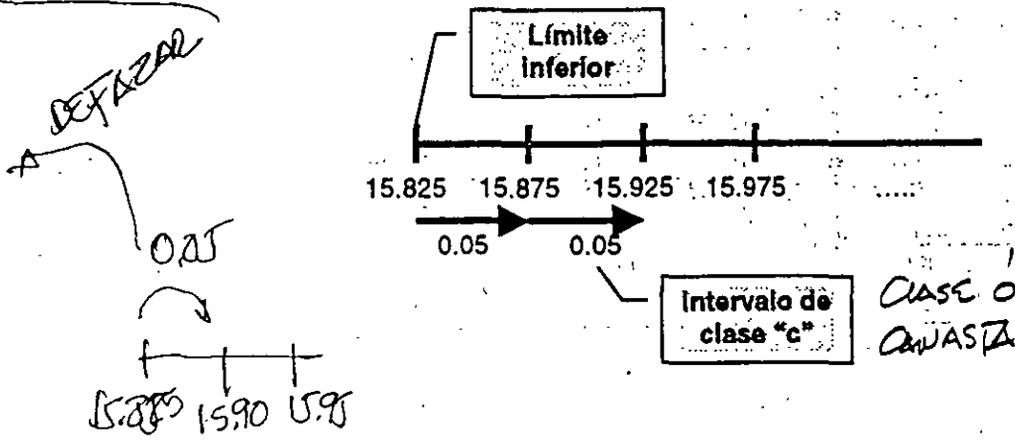
Si el cálculo no es sencillo se sugiere el uso de la siguiente tabla:

NUMERO DE DATOS	VALOR DE "k"
50 - 100	aprox. 6 - 10
100 - 250	7 - 12
más de 250	10 - 20

d) El límite inferior de la primera Clase se calcula: —

$$\text{Límite Inferior} = x_{\min} - \frac{\text{unidad mínima de medición}}{2} = 15.85 - \frac{0.05}{2} = 15.825$$

Una vez que se define el límite inferior de la primera Clase, se le suma el Intervalo de Clase para obtener los demás límites. El límite superior de la última Clase será aquel que por primera vez sobrepase el valor máximo de x.



e) Se calcula el punto medio de cada Intervalo de Clase:

$$\text{Punto Medio de cada Clase} = \frac{\text{Límite Superior de Clase} + \text{Límite Inferior de Clase}}{2}$$

f) Se llena la Tabla de Frecuencias como sigue:

Tabla 5.1.3 Formato para la Tabla de Frecuencias.

No.	CLASE	PUNTO. MEDIO	MARCAS	FRECUENCIA
1				
2				
3				
...				
Total				

g) Se llena la tabla y se va marcando la Clase donde corresponde cada dato.

h) Se suman las marcas y se determina la Frecuencia de cada Clase

i) Se hace una Gráfica de Barras, en donde el eje de "X" representa los valores de medición (las Clases), y el eje "Y" la frecuencia. Esta gráfica se llama **Histograma**.

Tabla 5.1.4 Tabla de Frecuencias de Tiempos para cambios de aceite.

No.	Clase	Punto Medio	Marcas	Frec.
1	15.825 a 15.875	15.85	1 + 0,05	1
2	15.875 a 15.925	15.90	1	1
3	15.925 a 15.975	15.95		
4	15.975 a 16.025	16.00	12	2
5	16.025 a 16.075	16.05	12345	5
6	16.075 a 16.125	16.10	12345678901234	14
7	16.125 a 16.175	16.15	123456789012345678901234	24
8	16.175 a 16.225	16.20	123456789012345678901	21
9	16.225 a 16.275	16.25	12345678901234	14
10	16.275 a 16.325	16.30	123456789	9
11	16.325 a 16.375	16.35	1234567	7
12	16.375 a 16.425	16.40	12	2
Total				100

PROBLEMA EL DATO SUPERIOR

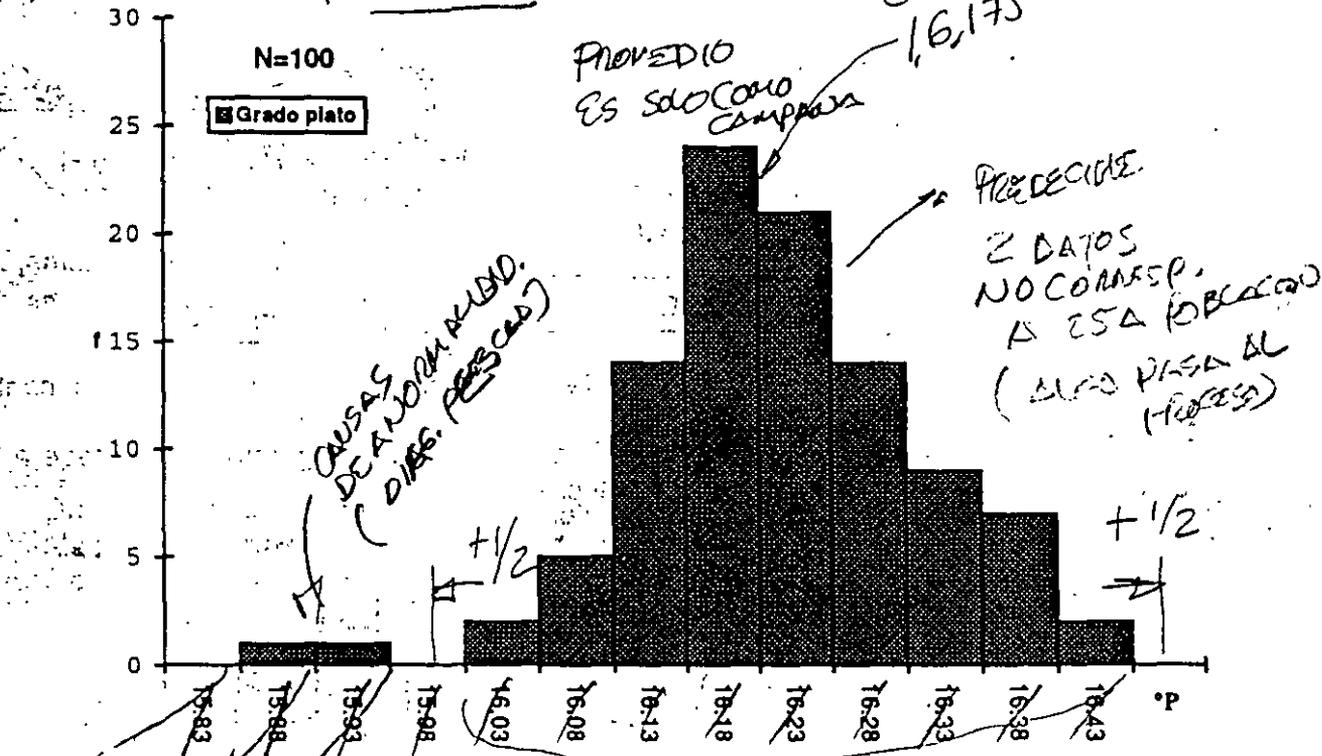


Fig. 5.1.1. Histograma de la Distribución.

5.2 Tipos de Histogramas.

Fig. 5.2 1: "General". El proceso está estable. Solo existe una sola "Campana" simétrica.

Fig. 5.2.2: "Chimuelo". Hay un problema con el aparato de medición o el calculo de las clases no es el correcto (sobre todo si el Intervalo de Clase es múltiplo de la unidad mínima de medición), o se han redondeado los datos con una tendencia particular

— A MAS DATOS MAYOR PRECISAO
 — EL ERROR ES MENOR
 0,45 = ANCHO HISTOGRAMA
 DESV. STD = 0,075

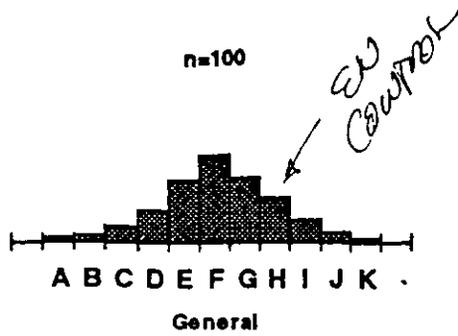


Fig. 5.2.1.

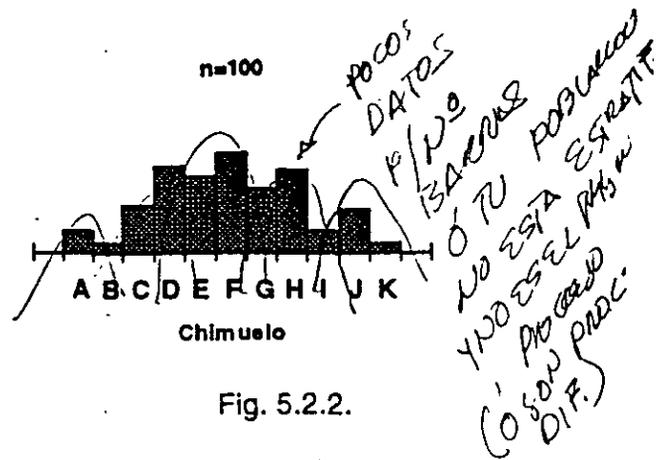


Fig. 5.2.2.

Fig. 5.2.3: "Sesgado". Cuando los datos recopilados están controlados por un limite o estándar de operación.

Fig. 5.2.4: "Precipicio". Generalmente se da cuando ante un proceso de baja productividad, la muestra se toma de productos que pasaron por una inspección al 100%.

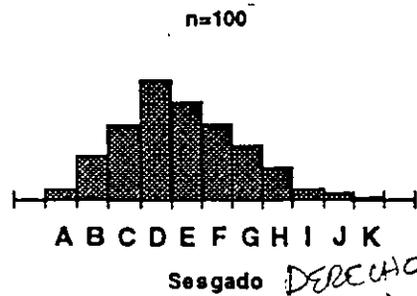


Fig. 5.2.3

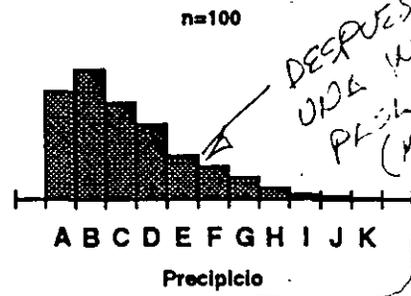


Fig. 5.2.4

AVISO PROCESO

Fig. 5.2.5: "Meseta". Existe una mezcla de varias distribuciones con tendencias centrales que varían.

Fig. 5.2.6: "Dos Picos". Necesidad de Estratificar, ya que seguramente se debe a la mezcla de dos poblaciones o distribuciones diferentes.

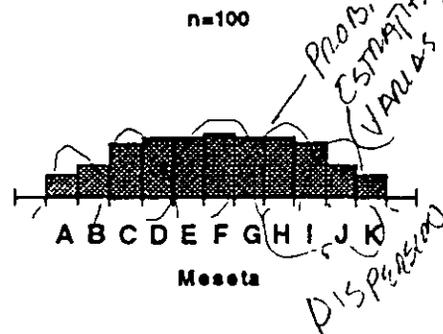


Fig. 5.2.5

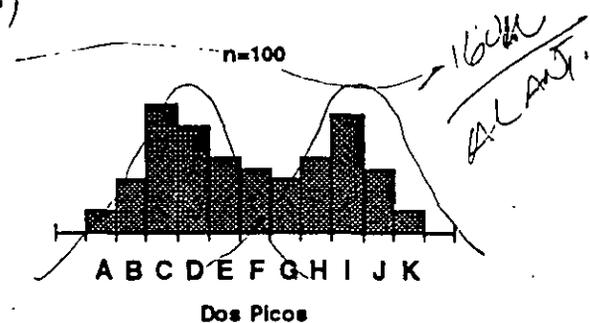


Fig. 5.2.6

Fig. 5.2.7: "Pico Aislado". Existe una anomalía en el proceso o en la materia prima, errores en la medición, o datos de un proceso diferente. Se nota una "Isla" separada del proceso principal.

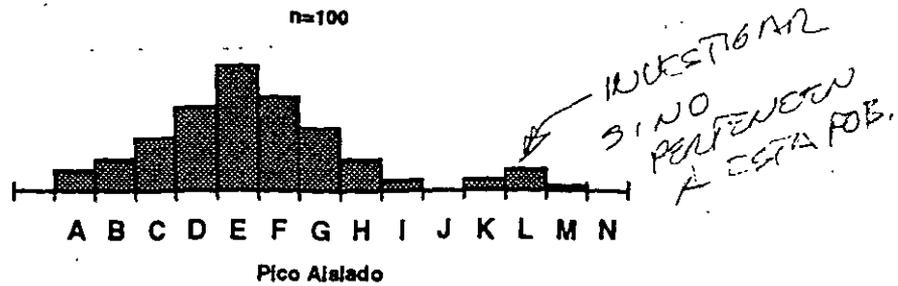


Fig. 5.2.7

5.3 Medidas de Tendencia Central.

Si quisieramos saber la tendencia central de los siguientes datos:

27.9 28.0 28.8 28.1 28.0 27.6 27.9 28.5 28.1 27.8

5.3.1 Media aritmética o promedio (\bar{x}).

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Ejemplo:

$$\bar{x} = \frac{(27.9 + 28.0 + 28.8 + 28.1 + 28.0 + 27.6 + 27.9 + 28.5 + 28.1 + 27.8)}{10} = 28.07$$

5.3.2 Mediana (\tilde{x}).

Ordenando todos los datos en orden (creciente o decreciente), se llama mediana al dato que queda justo a la mitad. Si el número de datos es par, quedarán dos datos en medio. La mediana será entonces, la media de esos dos datos.

Ejemplo:

27.6 27.8 27.9 27.9 (28.0 28.0) 28.1 28.1 28.5 28.8

La mediana es igual al dato de enmedio, pero como el número de datos es par, se calcula la media de los dos datos de enmedio:

$$\tilde{x} = \frac{(28.0 + 28.0)}{2} = 28.00$$

5.3.3 Moda.

Es el dato que más se repite dentro de un conjunto de datos.

Ejemplo:

Podría ser 27.90 , 28.0 , 28.10

5.4 Medidas de Dispersión.

Si quisieramos saber la dispersión de los siguientes datos:

27.9 28.0 28.8 28.1 28.0 27.6 27.9 28.5 28.1 27.8

5.4.1 Rango (R)

Es igual al valor máximo - valor mínimo

$$R = \text{valor máximo} - \text{valor mínimo} = 28.8 - 27.6 = 1.2$$

5.4.2 Desviación Cuadrada (Sum of Squares) (S)

Se calcula sumando el cuadrado de las distancias que cada dato tiene con respecto a su media aritmética.

$$S = (x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + (x_3 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2 =$$
$$= \sum_i^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_i^n x_i^2 - \frac{(\sum_i^n x_i)^2}{n}$$

Ejemplo:

$$S = \sum (27.9^2 + 28.0^2 + 28.8^2 + 28.1^2 + 28.0^2 + 27.6^2 + 27.9^2 + 28.5^2 + 28.1^2 + 27.8^2) -$$
$$\frac{\sum (27.9 + 28.0 + 28.8 + 28.1 + 28.0 + 27.6 + 27.9 + 28.5 + 28.1 + 27.8)^2}{10} =$$

$$S = 7880.33 - \frac{78792.49}{10} = 1.08$$

5.4.3 Varianza (V).

Es la Desviación Cuadrada dividida entre el grado de Libertad de los datos.

$$V = \frac{S}{n-1}$$

Ejemplo:

$$V = \frac{1.08}{9} = 0.12$$

5.4.4 Desviación Estándar (s).

$$s = \sqrt{V}$$

Ejemplo

$$s = \sqrt{0.12} = 0.346$$

Significado Práctico de la Desviación Estándar:

Una vez que se toma la muestra de los datos que representan una variable de un proceso y se puede estimar la tendencia central y la dispersión de la población de todo el proceso:

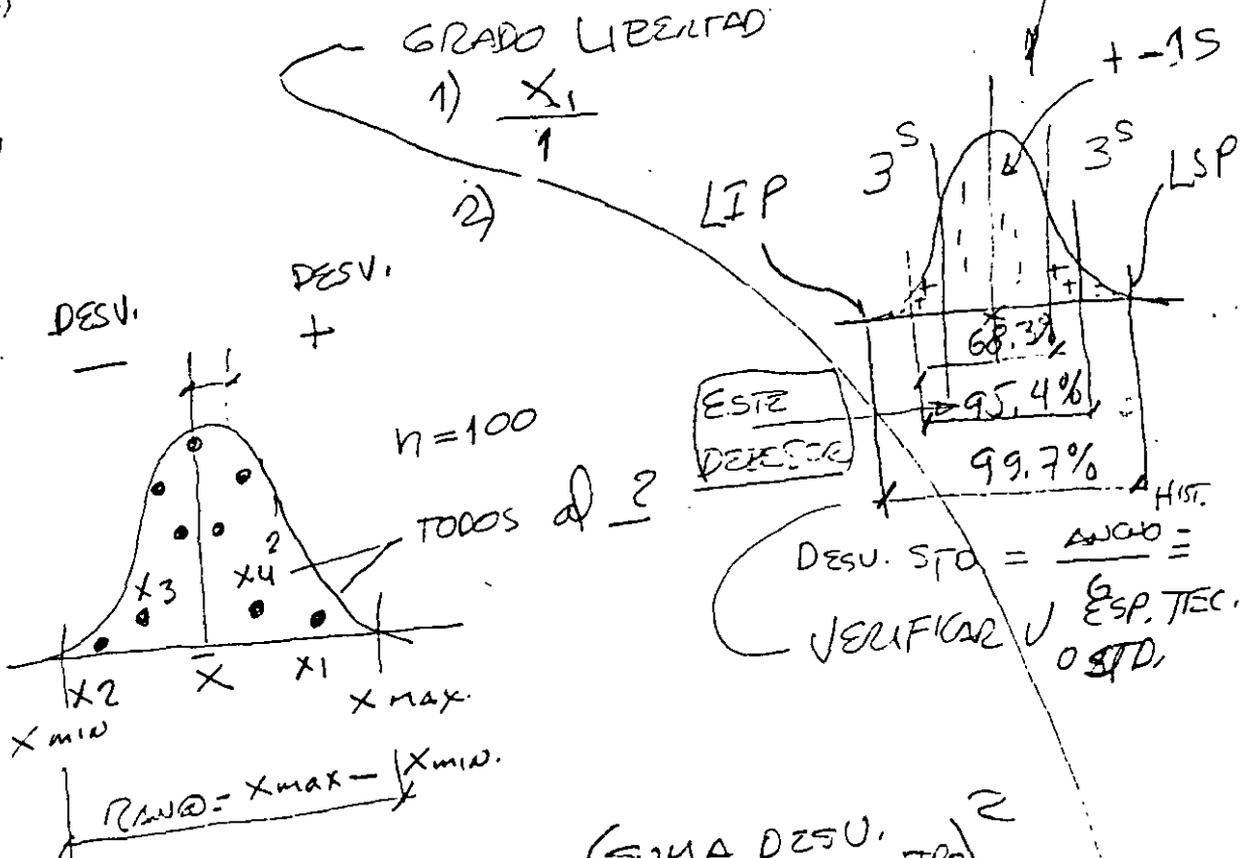
La Probabilidad de que el siguiente dato se encuentre en el rango comprendido entre:

Rango	Probabilidad
$\bar{x} \pm 1s$	68.3 %
$\bar{x} \pm 2s$	95.4 %
$\bar{x} \pm 3s$	99.7 %

DESVIACION STD = " de VARianza = \sqrt{V}

REVISAR

3) REVISAR ESP. TEC.



$$\text{DESU. CUADRADA} = \left(\frac{\text{SUMA DESU. C/RESP. AL CENTRO}}{\text{GRADO DE LIBERTAD}} \right)^2$$

$$= \sum (x_i - \bar{x})^2$$

VARIANZA: PROMEDIO DE DESU. C/RESP. AL CENTRO

$$= \text{PROMEDIO DE LA DESU. CUA UNDA} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

GRADO DE LIBERTAD

5.5 Cálculo de la Media y la Desviación Estándar a partir de una Tabla de Frecuencias.

- 1.- Una vez calculadas las clases, puntos medios y las frecuencias ("f"), hacer la siguiente tabla:
- 2- En la columna de "X" se asigna el "0" a la clase con la mayor frecuencia (el centro de la distribución) y al punto medio correspondiente se designa como "x₀".
- 3- Una vez designado el "0" en la columna "X" se colocan los números 1,2,3,..., si el número de clase aumenta y -1,-2,-3,..., si el número de clase disminuye.
- 4- Se multiplica el valor en la columna "f" con el valor en la columna "X" y se obtiene "fX" para cada clase.
- 5- Se eleva al cuadrado el valor en la columna "X" (se obtiene el valor "X²") y se multiplica por el valor en la columna "f" para obtener "fX²" para cada clase.
- 6- Se suman los valores en las columnas "fX" y "fX²" y se obtienen la correspondientes sumas "• fX" y "• fX²".

Tabla 5.5.1

No.	Punto medio	f	X	fX	f(X ²)=fXX
1	16.00	2	-3	-6	18
2	16.05	5	-2	-10	20
3	16.10	14	-1	-14	14
4	x ₀ = 16.15	24	0	0	0
5	16.20	21	1	21	21
6	16.25	14	2	28	56
7	16.30	9	3	27	81
8	16.35	7	4	28	112
9	16.40	2	5	10	50
suma		100		ΣfX = 84	ΣfX ² = 372

- 7- Hay que recordar que "c" es el intervalo de clase (ancho de las barras en el histograma).
- 8- Se calcula el valor de la media como sigue:

$$\bar{x} = x_0 + \frac{\sum fX}{n} (c)$$

Ancho BARRAS

Calculando tenemos:

$$\bar{x} = 16.15 + \frac{84}{100} * 0.05 = 16.15 + 0.0420 = 16.1920 \text{ (gp)}$$

0.0428 = 16.1928

9. Se calcula la Desviación Estándar como sigue:

$$s = c * \sqrt{\frac{\sum fX^2 - \frac{(\sum fX)^2}{n}}{n-1}}$$

Calculando tenemos:

$$s = 0.05 * \sqrt{\frac{372 - \frac{(84)^2}{100}}{100-1}} = 0.05 * \sqrt{\frac{301.44}{99}} = 0.05 * \sqrt{3.0448} = 0.0872 \text{ (gp)}$$

0.0879

MEDIA → No. de DECIMALES DE LOS VALORES ORIGINALES MAS 1 (+ 1 DECIMAL)
 DESV. STD. → No. de DECIMALES DE LA MEDIA + 1 (+ 1 DECIMAL)

5.6: -- Índice de Capacidad de Proceso.

Es el índice que nos indica la capacidad que tiene un proceso determinado de producción de satisfacer las especificaciones o estándares y se calcula de las siguientes formas, utilizando los indicadores:

\bar{x} = Media Aritmética obtenida del Histograma

s = Desviación Estándar obtenida del Histograma

S_U = Especificación o Límite Superior

S_L = Especificación o Límite Inferior

COMO ESTAMOS COMO DEBERIAMOS ESTAR

a) Cuando existen límites de ambos lados:

$$C_p = \frac{(S_U - S_L)}{6s}$$

b) Cuando hay un solo límite (superior o inferior):

$$C_p = \frac{(S_U - \bar{x})}{3s}$$

ó

$$C_p = \frac{(\bar{x} - S_L)}{3s}$$

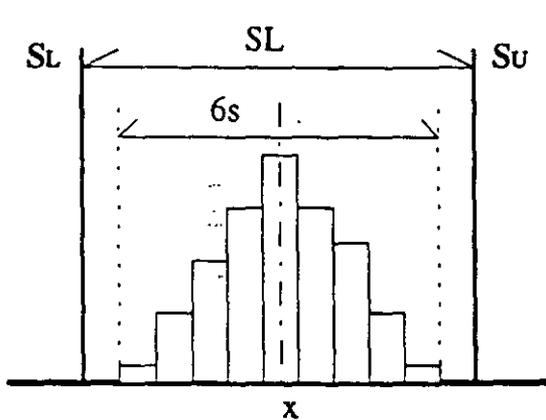


Fig. Ambos Límites

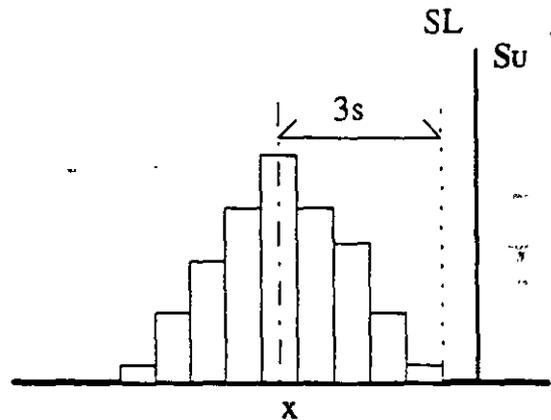


Fig. Un solo Límite

c) Cuando el centro de la distribución no corresponde al punto medio de las especificaciones

$$C_{pk} = (1 - K) (T / 6s)$$

pero K es la desviación entre la media de la distribución y el punto medio de los límites, por tanto Cpk se puede expresar:

Si:

$$K = \frac{|M - \bar{x}|}{T/2}$$

CAPACIDAD PROCESO
 MEJOR > 1 ES
 MEJORA

entonces:

$$Cpk = \frac{|S - \bar{x}|}{3s} \rightarrow S \text{ es la especificación o Limite más cercana } \checkmark$$

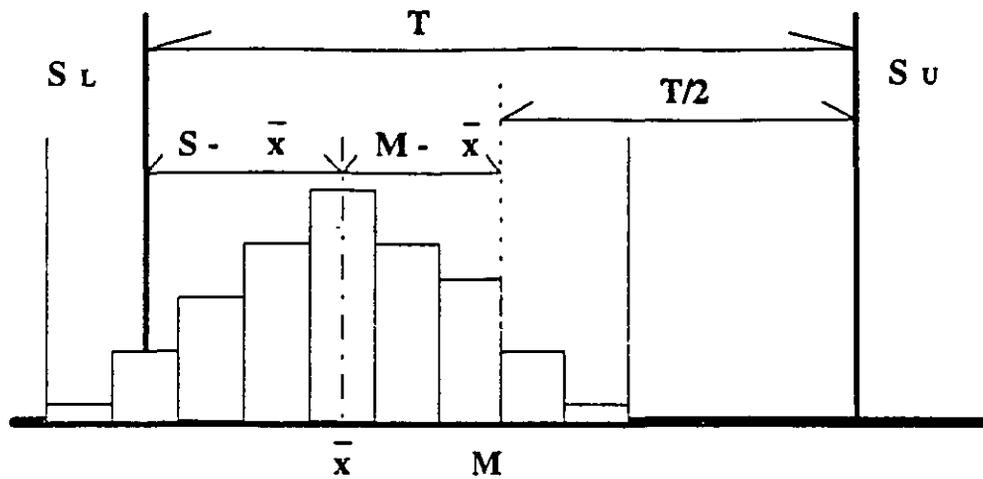


Fig. Cpk

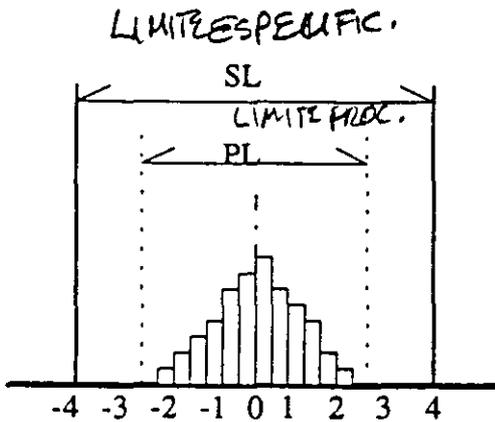
Y la decisión de si el proceso tiene o no la habilidad se determina en función de los siguientes criterios (de C_p o C_{pk}):

$C_p \geq 1.67$	Demasiada capacidad del proceso
$1.67 > C_p \geq 1.33$	Satisfactoria la capacidad del proceso
$1.33 > C_p \geq 1.00$	Adecuada capacidad del proceso
$1.00 > C_p \geq 0.67$	Inadecuada la capacidad del proceso
$0.67 > C_p$	Falta capacidad del proceso

5.7 Comparación de Histogramas con Límites de Especificaciones o Estándares.

Cuando se incluyen en el Histograma los límites de alguna especificación o estándar, es necesario analizar principalmente 3 aspectos:

- Si el centro de la distribución corresponde al centro de dicha especificación.
- Si no hay datos fuera de los límites de la especificación.
- Tendencias de la distribución dentro de los límites de la especificación



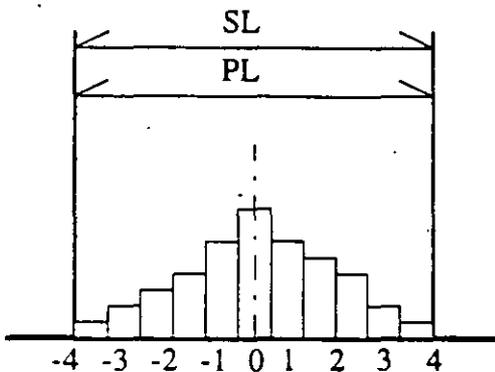
A) Suficiente capacidad de proceso.

Situación deseada de un proceso

Ejm. desv. est. = 1 y media = 0

$$Cp = 1.33$$

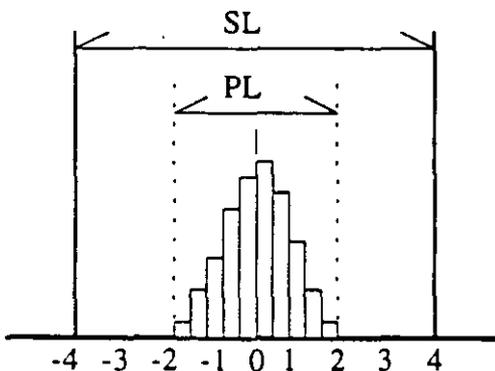
HALANA 1/3



B) PL es justo igual al SL. Cp no es suficiente.

Ejm. desv. est. = 1.33 y media = 0

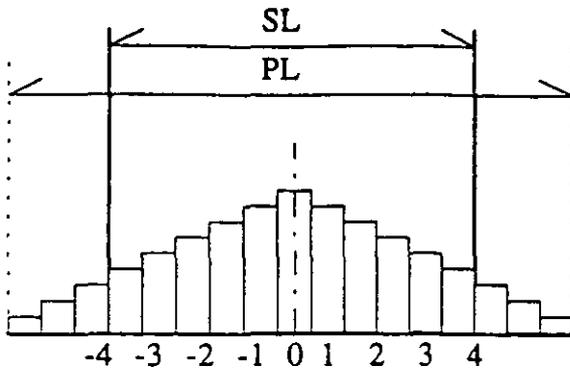
$$Cp = 1.0$$



C) Demasiada capacidad del proceso. Es mejor reconsiderara los SL y pensar en reducir los costos.

Ejm. desv. est. = 0.67 y media = 0

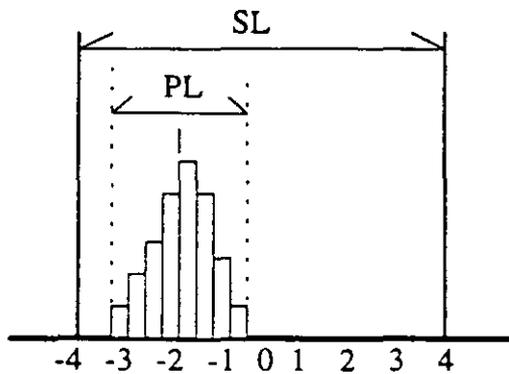
$$Cp = 2.0$$



D) PL más amplio que SL. Hay necesidad de corregir la situación. Problema de variación.

Ejm. desv.est.= 2 y media = 0

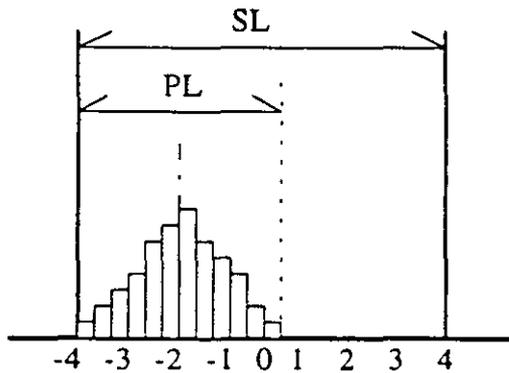
$$Cp = 0.66$$



E) El PL dentro de el SL pero deseable.

Ejm. desv. est. = 0.33 y media = -2

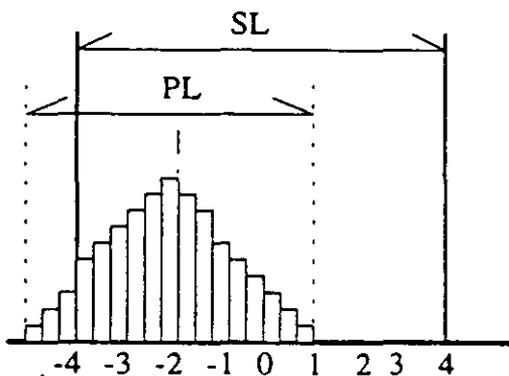
$$Cp(i) = 2.0$$



C) El PL dentro de el SL pero la media está cargada al límite inferior. Es necesario tomar acciones para corregir la situación.

Ejm. desv. est. = 0.67 y media = -2

$$Cp(i) = 1.0$$

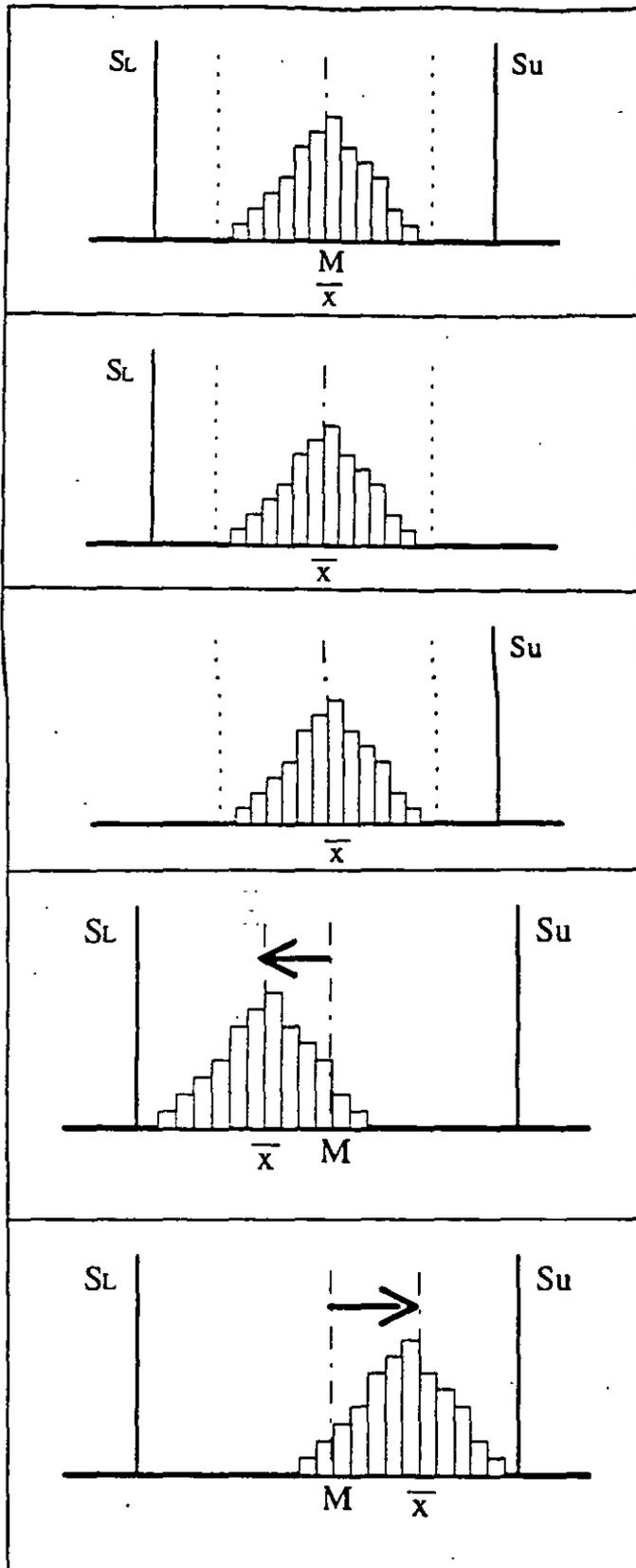


E) PL no satisface a SL. Hay necesidad de corregir la situación.

Ejm. desv.est.= 1 y media = -2

$$Cp = 0.66$$

5.8 Resumen para el cálculo de la capacidad de proceso.



I. Hay que satisfacer ambas especificaciones (inferior y superior) y la media o centro del proceso coincide con el punto medio de las especificaciones.

$$Cp = \frac{Su - SL}{6s}$$

II. Solamente se tiene que satisfacer la especificación inferior "SL".

$$Cp = \frac{\bar{x} - SL}{3s}$$

III. Solamente se tiene que satisfacer la especificación superior "Su".

$$Cp = \frac{Su - \bar{x}}{3s}$$

IV. Hay que satisfacer ambas especificaciones (inferior y superior) y la media o centro del proceso NO coincide con el punto medio de las especificaciones.

Si se acerca a la especificación inferior:

$$Cpk = \frac{|SL - \bar{x}|}{3s}$$

V. Hay que satisfacer ambas especificaciones (inferior y superior) y la media o centro del proceso NO coincide con el punto medio de las especificaciones.

Si se acerca a la especificación superior:

$$Cpk = \frac{|Su - \bar{x}|}{3s}$$

5.9 Caso de reflexión.

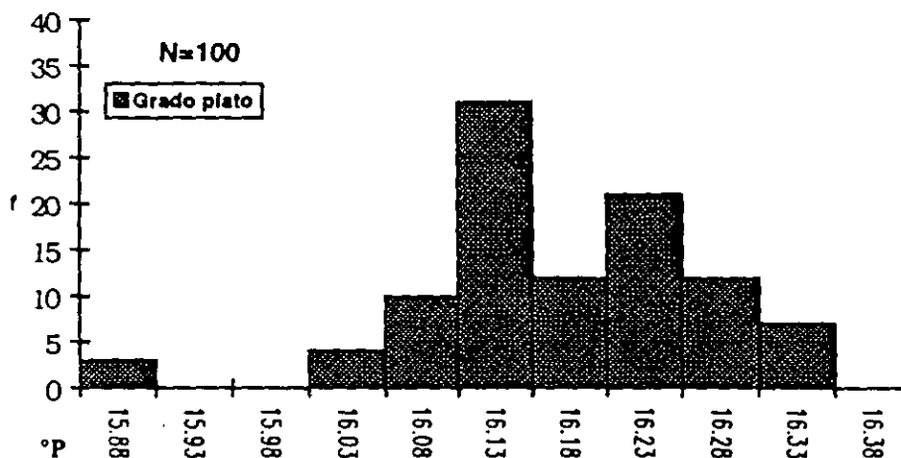
Si utilizamos los datos reales del grado plato en mosto obtenemos lo siguiente:

16.30	16.35	16.30	16.30	16.20	16.20	16.25	16.35	16.35	16.20		
16.10	16.15	16.20	16.30	16.20	16.25	16.25	16.15	16.15	16.20		
16.10	16.25	16.15	16.10	16.05	16.10	16.10	16.25	16.25	16.05		
16.25	16.15	16.25	16.15	16.15	16.20	16.15	16.15	16.15	16.15		
16.25	16.25	16.15	16.25	16.15	16.15	16.35	16.25	16.15	16.15		
16.15	16.25	16.35	16.35	16.10	16.20	16.20	16.35	16.30	16.10		
16.15	16.25	16.15	16.15	16.30	16.10	15.90	16.15	16.30	16.30		
16.15	15.90	16.15	16.25	16.05	16.20	16.25	16.15	16.10	16.05		
16.15	16.30	16.25	16.15	16.15	16.30	15.90	16.25	16.15	16.15		
16.10	16.30	16.25	16.15	16.20	16.15	16.30	16.25	16.25	16.20		
min	16.10	15.90	16.15	16.10	16.05	16.10	15.90	16.15	16.10	16.05	15.90
MAX	16.30	16.35	16.35	16.35	16.30	16.30	16.35	16.35	16.35	16.30	16.35

Datos:

- Unidad mínima de medición= 0.05
- $c = (16.35 - 15.90) / 10 = 0.045$ se redondea a 0.05

No.	Clase	Punto Medio	Marcas	Frec.
1	15.875 a 15.925	15.90	123	3
2	15.925 a 15.975	15.95		0
3	15.975 a 16.025	16.00		0
4	16.025 a 16.075	16.05	1234	4
5	16.075 a 16.125	16.10	1234567890	10
6	16.125 a 16.175	16.15	1234567890123456789012345678901	31
7	16.175 a 16.225	16.20	123456789012	12
8	16.225 a 16.275	16.25	123456789012345678901	21
9	16.275 a 16.325	16.30	123456789012	12
10	16.325 a 16.375	16.35	1234567	7
			Total	100



5.10 Otros parámetros

Sesgo (Skewness).

Es el grado de asimetría de una distribución. Si los valores extremos se dan hacia la derecha del centro de la curva de frecuencia de una distribución, entonces se dice que tiene un sesgo hacia la derecha o sesgo positivo. Si por el contrario los valores extremos se dan hacia la izquierda del centro de la distribución, entonces se dice que se tiene un sesgo hacia la izquierda o negativo.

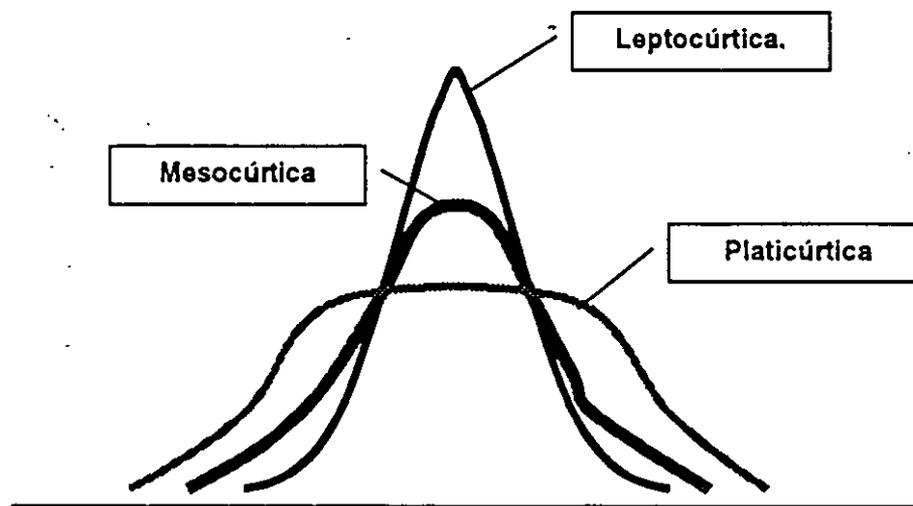
El sesgo se puede calcular empíricamente con la siguiente fórmula:

$$\text{Sesgo} = \frac{\text{Media} - \text{Moda}}{\text{Desviación Estandar}}$$

Curtosis (Kurtosis).

Es el grado de apuntalamiento de una distribución.

Para una curva normal es 0 (curva mesocúrtica), positiva para una curva leptocúrtica y negativa para una curva platicúrtica.



6.0 GRÁFICAS.

6.1 Gráficas Generales.

- Gráficas de Barras
- Gráficas de Líneas (Series de Tiempo)
- Gráficas de Pastel (Pay o Quesos)
- Otros

7.0 GRÁFICAS DE CONTROL.

La calidad de los productos manufacturados en un proceso varía, es decir, existe la dispersión. En general, la variación en la calidad se debe a múltiples causas pero podemos clasificarlas en 2: **Causas del Azar** (chance cause) y **Causas Asignables** o de Anormalidad (assignable cause).

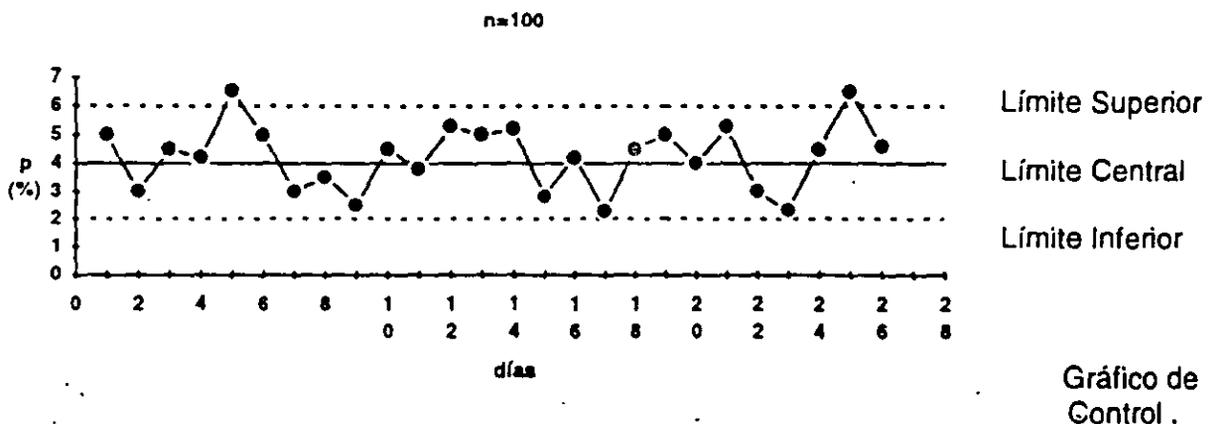
La variación debida a Causas del Azar se da a pesar seguir correctamente las operaciones y estándares, previamente investigados los materiales, métodos de trabajo y medios.

La variación debida a causas de anomalía se debe a una falla en los estándares o métodos de producción, al incumplimiento de los mismos, etc. Es una variación no aceptable y su causa se debe investigar para que la situación anormal se solucione y evite la reincidencia.

El Gráfico de Control es una herramienta para analizar el control de un proceso. Con el objetivo de detectar las anomalías en el proceso, este gráfico fue inventado por el Dr. W.A. Shewhart basado en la teoría de las Pruebas de Hipótesis y el Método de las 3 Sigmas (o 3 desviaciones estándar)

Un gráfico de control consta principalmente de 3 líneas:

- a) El valor esperado de la característica de calidad: **Línea Central (CL=Central limit)**
- b) Los límites que determinan la estabilidad y normalidad del proceso: **Límite Superior de Control (UCL=Upper control limit)** y **Límite Inferior de Control (LCL=Lower control limit)**.



Dependiendo del tipo de dato (Característica de Calidad que se mida) se aplica un Gráfico de Control diferente:

VALORES

ATRIBUTOS

Tabla 7.1 Tipos de Gráficos de Control.

DATOS CONTINUOS	DATOS DISCRETOS
Tipo R (del Rango)	Tipo p (del % de productos defectuosos)
Tipo \bar{x} (de la Media)	Tipo pn (del No. de productos defectuosos)
Tipo \tilde{x} (de la Mediana)	Tipo u (de No. de Defectos o fallas por unidad de medición)
Tipo x (de c/u de los datos)	Tipo c (de No. de Defectos o fallas)

7.1 Gráfico de Control R .

Para controlar y analizar la variación dentro de las muestras. El tamaño de la muestra es constante.

7.2 Gráfico de Control \bar{x} .

Para controlar y analizar la variación entre muestra y muestra, de la Media de la Característica de Calidad, en cuestión. Raramente se utiliza sola, generalmente va combinada con el Gráfico R. El tamaño de la muestra es constante.

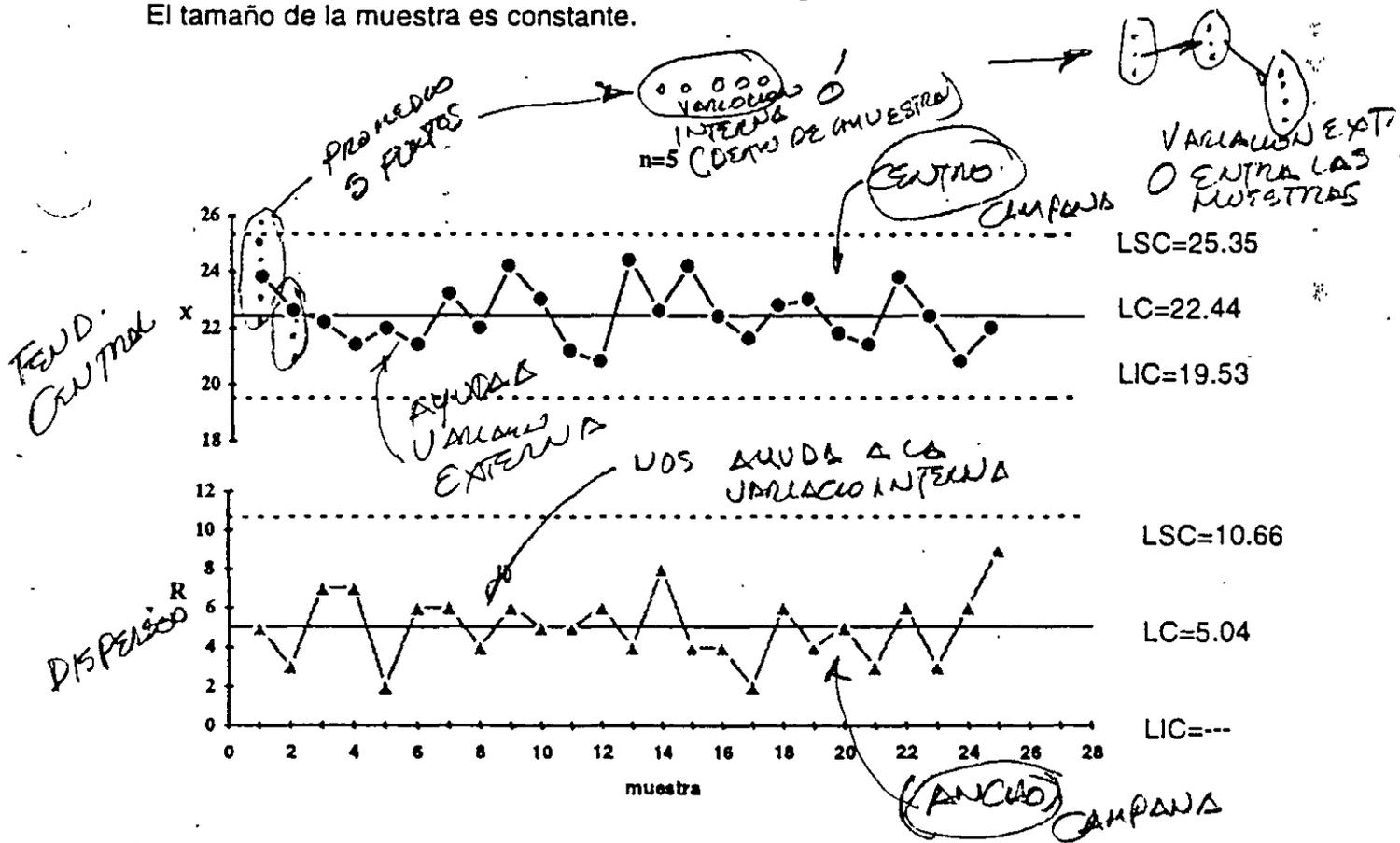


Gráfico de Control Medias y Rangos

Gráfico $\bar{x} - R$

$26 - 25 = \frac{1}{5}$

MUESTRAS

No.	x1	x2	x3	x4	x5	Sum x	\bar{x}	R
01	26	21	23	25	24	119	23.8	5
02	23	21	22	24	23	113	22.6	3
03	21	20	21	22	27	111	22.2	7
04	24	21	23	22	17	107	21.4	7
05	22	22	23	22	21	110	22.0	2
06	18	24	21	21	23	107	21.4	6
07	21	22	23	27	23	116	23.2	6
08	21	24	22	23	20	110	22.2	4
09	21	25	24	24	27	121	24.2	6
10	23	24	26	21	21	115	23.0	5
11	21	22	19	24	20	106	21.2	5
12	23	17	21	22	21	104	20.8	6
13	25	27	24	23	23	122	24.4	4
14	21	24	19	27	22	113	22.6	8
15	26	26	23	22	24	121	24.2	4
16	21	24	20	23	24	112	22.4	4
17	21	23	21	21	22	108	21.6	2
18	24	22	24	19	25	114	22.8	6
19	21	25	24	23	22	115	23.0	4
20	20	23	24	19	23	109	21.8	5
21	21	20	22	23	21	107	21.4	3
22	27	24	25	22	21	119	23.8	6
23	24	22	23	21	22	112	22.4	3
24	18	24	20	21	21	104	20.8	6
25	25	16	24	21	24	110	22.0	9
Límites						Total	561.0	126
\bar{x}	$A_2 \bar{R} = 0.577 \times 5.04 = 2.91$					Media	22.44	5.04
	$LSC = \bar{x} + A_2 \bar{R} = 25.35$					$\div 25$ (MUEST.)		
	$LC = \bar{x} = 22.44$							
	$LIC = \bar{x} - A_2 \bar{R} = 19.53$							
R	$LSC = D_4 \bar{R} = 2.115 \times 5.04 = 10.66$					$\div 25$ (MUEST.)		
	$LC = \bar{R} = 5.04$							
	$LIC = D_3 \bar{R} = \dots$							

7.3 Gráfico de Control \bar{x}

En lugar de la Media, se usa la Mediana, y sirve para analizar también la variación entre muestra y muestra. Se necesitan menos cálculos que el Gráfico de medianas, por lo que fácilmente se utiliza en las áreas productivas. El tamaño de la muestra es constante.

7.4 Gráfico de Control \bar{x} .

Cuando de un lote el tamaño de la muestra necesariamente es 1 (1 dato), cuando el intervalo de tiempo entre una medición y otra es muy largo o cuando se quieren tomar decisiones y no se puede esperar a obtener la media y el rango de un número "n" de datos, este gráfico es muy usado.

Es un gráfico de control en donde se grafican los datos en el orden en que se van tomando.

Existen dos métodos para calcular los límites de control de este tipo de Gráficos:

1.- Cuando se pueden agrupar los datos racionalmente:

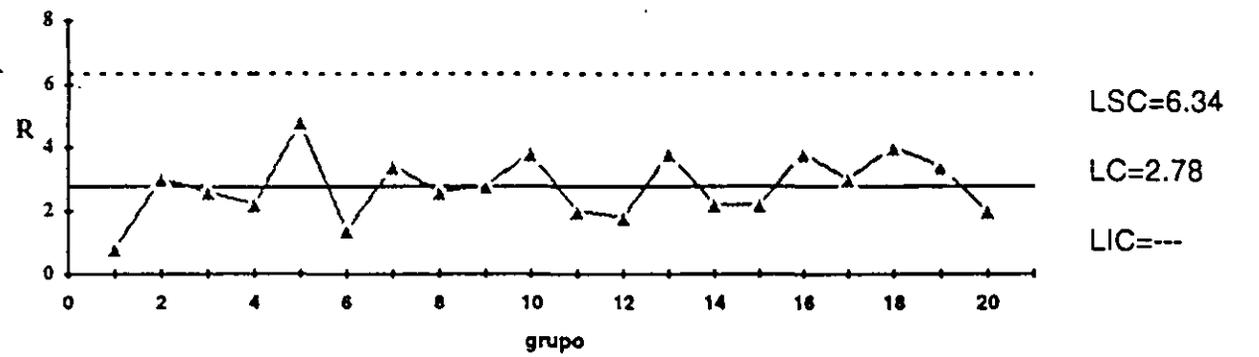
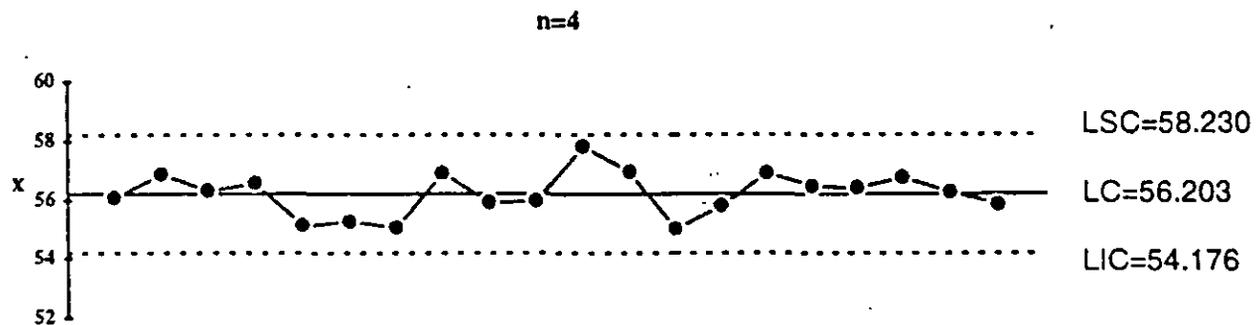
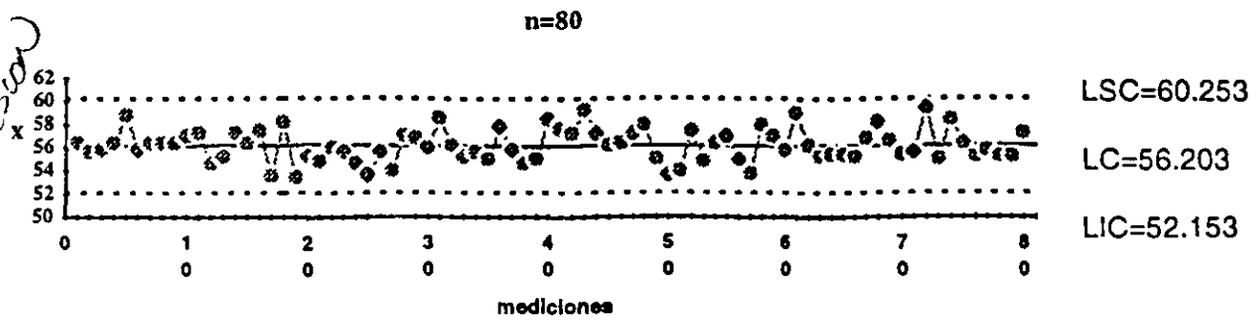
COMPLEMENTO WSP. DE 1 x 1

$x_1 - x_2 =$

Gráfico \bar{x} (Mediciones)							
No.	Muestra	x_1	x_2	x_3	x_4	\bar{x}	R
01	1-4	56.4	55.6	55.8	56.4	56.05	0.8
02	5-8	58.8	55.8	56.4	56.4	56.85	3.0
03	9-12	56.4	57.0	57.2	54.6	56.30	2.6
04	13-16	55.2	57.2	56.4	57.4	56.55	2.2
05	17-20	53.6	58.2	53.4	55.2	55.10	4.8
06	21-24	54.8	56.0	55.6	54.6	55.25	1.4
07	25-28	53.6	55.6	54.0	57.0	55.05	3.4
08	29-32	56.8	56.0	58.6	56.2	56.90	2.6
09	33-36	55.2	55.6	55.0	57.8	55.90	2.8
10	37-40	55.8	54.6	55.0	58.4	55.95	3.8
11	41-44	57.6	57.2	59.2	57.2	57.80	2.0
12	45-48	56.2	56.4	57.2	58.0	56.95	1.8
13	49-52	55.0	53.6	54.0	57.4	55.00	3.8
14	53-56	54.8	56.4	57.0	55.0	55.80	2.2
15	57-60	53.8	58.0	57.0	55.8	56.90	2.2
16	61-64	59.0	56.2	55.2	55.4	56.45	3.8
17	65-68	55.4	55.2	56.8	58.2	56.40	3.0
18	69-72	56.6	55.4	55.6	59.4	56.75	4.0
19	73-76	55.0	58.4	56.4	55.2	56.25	3.4
20	77-80	55.8	55.2	55.2	57.2	55.85	2.0
Media						56.203	2.78

Límites			
\bar{x}	$E_2 \bar{R} = 1.457 \times 2.78 = 4.050$		R
	$LSC = \bar{x} + E_2 \bar{R} = 60.253$		
	$LC = \bar{x} = 56.203$		
	$LIC = \bar{x} - E_2 \bar{R} = 52.153$		
\bar{x}	$A_2 \bar{R} = 0.729 \times 2.78 = 2.027$		Para la muestra tamaño 4: • $E_2 = 1.457$ • $A_2 = 0.729$
	$LSC = \bar{x} + A_2 \bar{R} = 58.230$		
	$LC = \bar{x} = 56.203$		
	$LIC = \bar{x} - A_2 \bar{R} = 54.176$		

DISPERSION



Gráfica 7.4.1 Gráfico de Control Mediciones comparando con Medias y Rangos

2.- Cuando no hay forma de agruparlos racionalmente:

RANGO SUCESSION
 DIF. DEL PUNTO DE PARTIDA CON ANTERIOR

GRATIS
 RANGO MOD. MED. DIRE.
 SEGUIMIENTO DE LOS PUNTOS

Gráfico x (Mediciones)

No.	x	R _s	No.	x	R _s	No.	x	R _s
1	56.4	-	29	56.8	0.2	57	56.8	1.8
2	55.6	0.8	30	56.0	0.8	58	58.0	1.2
3	55.8	0.2	31	58.0	2.0	59	57.0	1.0
4	56.4	0.6	32	56.2	1.8	60	55.8	1.2
5	58.8	2.4	33	55.2	1.0	61	59.0	3.2
6	55.8	3.0	34	55.6	0.4	62	56.2	2.8
7	56.4	0.6	35	55.0	0.6	63	55.2	1.0
8	56.4	0.0	36	57.8	2.8	64	55.4	0.2
9	56.4	0.0	37	55.8	2.0	65	55.4	0.0
10	57.0	0.6	38	54.6	1.2	66	55.2	0.2
11	57.2	0.2	39	55.0	0.4	67	56.8	1.6
12	54.6	2.6	40	58.4	3.4	68	58.2	1.4
13	55.2	0.6	41	57.6	0.8	69	56.6	1.6
14	57.2	2.0	42	57.2	0.4	70	55.4	1.2
15	56.4	0.8	43	59.2	2.0	71	55.6	0.2
16	57.4	1.0	44	57.2	2.0	72	59.4	3.8
17	53.6	3.8	45	56.2	1.0	73	55.0	4.4
18	58.2	4.6	46	56.4	0.2	74	58.4	3.4
19	53.4	4.8	47	57.2	0.8	75	56.4	2.0
20	55.2	1.8	48	58.0	0.8	76	55.2	1.2
21	54.8	0.4	49	55.0	3.0	77	55.8	0.6
22	56.0	1.2	50	53.6	1.4	78	55.2	0.6
23	55.6	0.4	51	54.0	0.4	79	55.2	0.0
24	54.6	1.0	52	57.4	3.4	80	57.2	2.0
25	53.6	1.0	53	54.8	2.6			
26	55.6	2.0	54	56.4	1.6			
27	54.0	1.6	55	57.0	0.6	Suma	4495.6	117.2
28	57.0	3.0	56	55.0	2.0	Media	56.20	1.484

<p>x</p> <p>LC = $\bar{x} = 56.20$</p> <p>LSC = $\bar{x} + E_2 \bar{R}_s =$ $= 56.20 + 2.66(1.484) = 60.15$</p> <p>LIC = $\bar{x} - E_2 \bar{R}_s =$ $= 56.20 - 2.66(1.484) = 52.25$</p>	<p>R_s</p> <p>LC = $\bar{R}_s = 1.484$</p> <p>LSC = $D_4 \bar{R}_s = 3.267(1.484) = 4.85$</p> <p>LIC = $D_3 \bar{R}_s = \dots$</p>
---	---

TAMAJO DE MUESTRA ES = 2

A diferencia de cuando se pueden agrupar las mediciones como en el caso 1, o como con el Gráfico de Medias y Rangos en donde el tamaño de muestra es mayor a 1 y se calcula un dispersión (rango) por cada muestra, ahora la medida de dispersión se establece con el Rango resultante entre la medición presente y la pasada. Es un Rango "móvil" llamado también Rango Sucesivo (Rs).

$$R_{si} = |x_i - x_{i-1}|$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{k} = \frac{4495.6}{80} = 56.20$$

$$\bar{R}_s = \frac{\sum R_{si}}{(k-1)} = \frac{117.2}{(80-1)} = 1.484$$

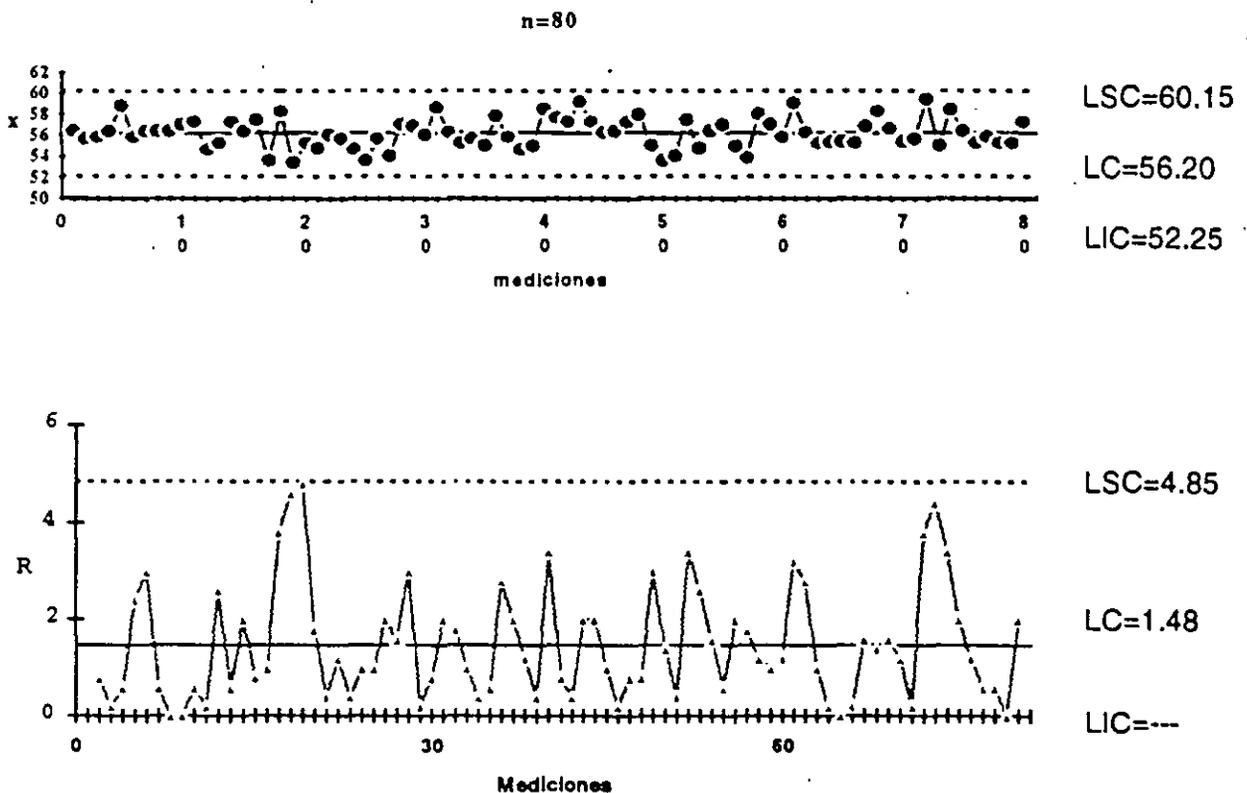


Fig. 7.4.2 Gráfico de Control de Mediciones y Rangos Secuenciales.

7.5 Gráfico de Control pn .

Muy utilizado para controlar y analizar directamente el número de productos defectuosos en la línea de producción. Es el mismo objetivo que el Gráfico p con la diferencia de que el tamaño de la muestra debe ser constante.

Gráfico pn (No. de Defectuosos/muestra).

k	n	pn	p = pn/n
01	500	12	0.024
02	500	16	0.032
03	500	22	0.044
04	500	12	0.024
05	500	25	0.050
06	500	15	0.030
07	500	19	0.038
08	500	16	0.032
09	500	14	0.028
10	500	18	0.036
11	500	15	0.030
12	500	18	0.036
13	500	24	0.048
14	500	17	0.034
15	500	12	0.024
16	500	18	0.036
17	500	13	0.026
18	500	13	0.026
19	500	21	0.042
k=20	500	17	0.034
Total	10 000	337	
Media		$\bar{pn} = 16,85$	$\bar{p} = 0.0337$

MUESTROS

porcentaje de defectuosos
Trabajos
PROD. DEF.

$$\bar{pn} = \sum pn / k = 337 / 20 = 16.85$$

$$\bar{p} = \sum (pn) / (n * k) = 337 / (20 * 500) = 0.0337$$

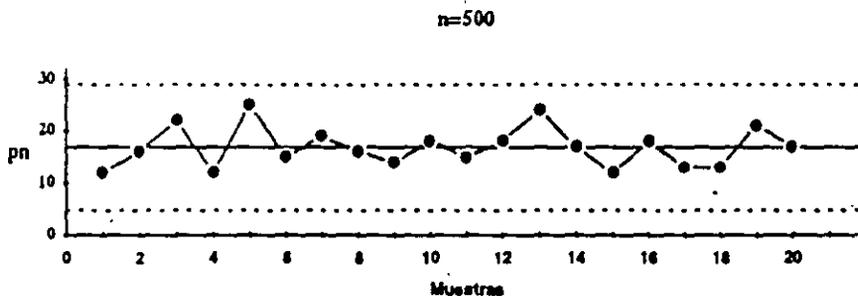
$$\bar{pn}(1 - \bar{p}) = 16.85(1 - 0.0337) = 16.28$$

$$LSC = \bar{pn} + 3\sqrt{\bar{pn}(1 - \bar{p})} = 28.95$$

$$LC = \bar{pn} = 16.85$$

$$LIC = \bar{pn} - 3\sqrt{\bar{pn}(1 - \bar{p})} = 4.75$$

PROD. RECHAZADO
PROD. RECHAZADO POR DIA



LSC=29.0
LC=16.8
LIC=4.7

Gráfico de Control pn

7.6 Gráfico de Control p.

Muy utilizado para controlar y analizar el Porcentaje de productos defectuosos en la línea de producción y la variación entre una y otra muestra, cuyo tamaño puede variar.

Gráfico p (% de Defectos/muestra).

No.	n	pn	$\bar{p} = pn/n$
01	250	21	0.084
02	250	7	0.028
03	250	10	0.040
04	200	6	0.030
05	250	7	0.028
06	250	15	0.060
07	200	0	0.0
08	250	8	0.032
09	250	2	0.008
10	200	4	0.020
11	250	26	0.104
12	250	5	0.020
13	200	3	0.015
14	200	5	0.025
15	250	8	0.032
16	250	19	0.076
17	200	8	0.040
18	200	11	0.055
19	250	9	0.036
20	200	9	0.045
21	200	12	0.060
22	200	16	0.080
23	250	7	0.028
24	250	13	0.052
Total	5500	231	
Media			$\bar{p} = 0.0420$

TAMAÑO MUESTRA

$$\bar{p} = \frac{\sum pn}{\sum n} = \frac{231}{5500} = 0.0420$$

$$\bar{p}(1 - \bar{p}) = 0.042(1 - 0.042) = 0.0402$$

$$LSC(200) = 0.042 + 3\sqrt{\frac{0.0402}{200}} = 0.0846$$

$$LSC(250) = 0.042 + 3\sqrt{\frac{0.0402}{250}} = 0.0801$$

$$LC = 0.0420$$

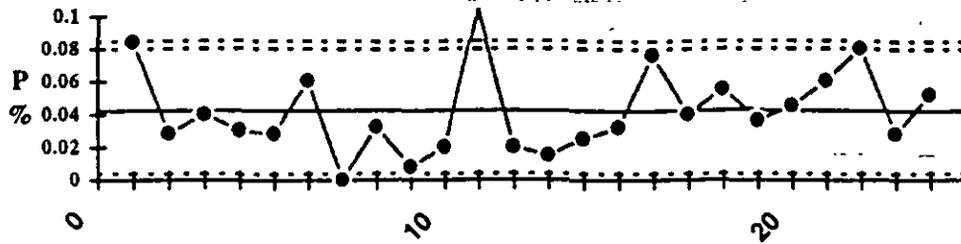
$$LIC(200) = 0.042 - 3\sqrt{\frac{0.0402}{200}} = -0.0005 = 0.0$$

$$LIC(250) = 0.042 - 3\sqrt{\frac{0.0402}{250}} = 0.0396$$

TAMAÑO DELO DEJASADO

DEBE VER EL MAS ESTRICTO
 LIMITES / PDOM. EL QUE MAS SE USA

n=200 y 250



LSC(200)=0.0846
LSC(250)=0.0801

LC=0.0420
LIC(250)=0.0039
LIC(200)=---

Gráfico p de
Porcentaje
Defectuoso.

7.7 Gráfico de Control c.

Se gráfica directamente el número de fallas o defectos y se utiliza para controlar y analizar directamente la variación en el número de fallas o defectos que aparecen en una unidad de producción constante (Ejm. no. de fisuras en un lote de lamina).. Tiene el mismo objetivo que el Gráfico u pero el tamaño de la muestra o unidad de producción debe ser constante.

Gráfico c (No. de fallas)

k	No. Lote	c
01	S1	4
02	D3	5
03	F2	7
04	A2	4
05	M2	3
06	B1	4
07	C8	5
08	C9	3
09	N6	4
10	N2	7
11	A3	5
12	H6	6
13	G5	4
14	I8	3
15	F5	4
16	Z2	2
17	X4	6
18	L9	7
19	J8	3
k=20	N7	4
Total		90
Media		4.5

$$\bar{c} = \sum c/k = 90/20 = 4.5$$

$$LSC = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} = 10.86,$$

$$LC = \bar{c} = 4.5,$$

$$LIC = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} = -1.86 = 0.0$$

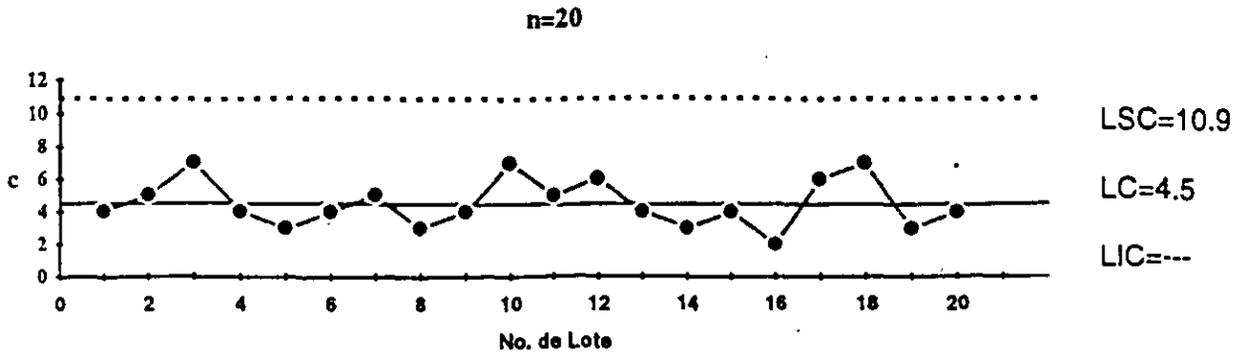


Gráfico de Control c de Número de Fallas o Defectos

7.8 Gráfico de Control u

Se utiliza para controlar y analizar la variación en el número de defectos que aparecen por unidad de producción (Ejm. no. de fisuras en 1 mt. de lamina, No. de errores por auto arreglado, No. de errores en cada formato W) y el tamaño de dicha muestra o unidad de producción puede variar.

UNIDAD DE PRODUCCIÓN
DE FISURAS
FALLAS

Gráfico u (No. de fallas/unidad de producción)

No.	n	c	u
01	15	36	2.40
02	15	42	2.80
03	15	33	2.20
04	10	21	2.10
05	10	35	3.50
06	20	40	2.00
07	20	34	1.70
08	20	46	2.30
09	20	50	2.50
10	10	10	1.00
11	10	25	2.50
12	10	32	3.20
13	15	43	2.87
14	15	36	2.40
15	15	52	3.47
Total	220	535	

$$\bar{u} = \frac{\sum c}{\sum n} = \frac{535}{220} = 2.432$$

$$CL = \bar{u} = 2.432$$

$$LSC = \bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}/n} =$$

$$LSC(10) = 3.911$$

$$LSC(15) = 3.640$$

$$LSC(20) = 3.478$$

$$LIC = \bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}/n} =$$

$$LIC(10) = 0.953$$

$$LIC(15) = 1.224$$

$$LIC(20) = 1.386$$

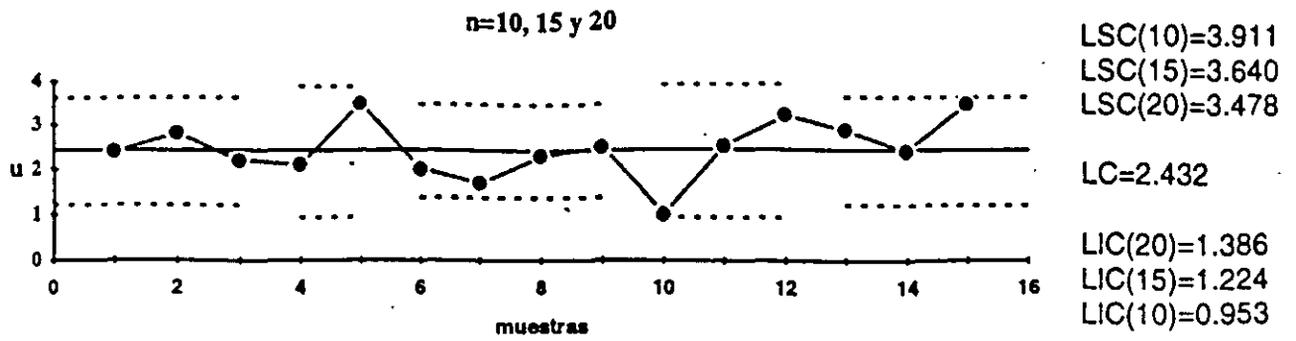


Gráfico de Control u de Número de Fallas o Defectos por Unidad de Producción

7.9 FORMULARIO

7.9.1 Constantes para los Gráficos de Control

Tabla de Constantes para Gráficos de Control						
n	A_2	$m_3 A_2$	D_4	D_3	d_2	E_2
2	1.880	1.880	3.267	-	1.128	2.659
3	1.023	1.187	2.575	-	1.693	1.772
4	0.729	0.796	2.282	-	2.059	1.457
5	0.577	0.691	2.115	-	2.326	1.290
6	0.483	0.549	2.004	-	2.534	1.184
7	0.419	0.509	1.924	0.076	2.704	1.109
8	0.373	0.432	1.864	0.136	2.847	1.054
9	0.337	0.412	1.816	0.184	2.970	1.010
10	0.308	0.363	1.777	0.223	3.078	0.975

7.9.2 Cálculos de los Límites de Control

*MONITOREO
REDUCIR
EL MONIT.*

Tabla Fórmulas para calcular los Límites de Control

DATOS	TIPO	LC	LSC y LIC
CONTINUOS	\bar{x}	$\bar{\bar{x}}$ <i>PROM. DE LOS PROM.</i>	$\bar{\bar{x}} \pm A_2 \bar{R}$ ← <i>TAJOS A B A D</i> <i>MUESTRA IDEAL A A S</i> TABLA 7.9.1
	R	\bar{R} <i>PROM. RANEO</i>	$D_4 \bar{R}$ $D_3 \bar{R}$ ← <i>TAJOS A B A D</i> TABLA
	\bar{x}	$\bar{\bar{x}}$	$\bar{\bar{x}} \pm E_2 \bar{R}$
		\bar{x}	$D_4 \bar{R}_s$, $D_3 \bar{R}_s$ $\bar{R}_s = \sum R_{si} / (k-1)$
	\bar{x}	$\bar{\bar{x}}$	$\bar{\bar{x}} \pm m_3 A_2 \bar{R}$
DISCRETOS	p	\bar{p}	$\bar{p} = \sum pr / \sum n$ $\bar{p} \pm 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$
	pn	\bar{pn}	$\bar{pn} = \sum pr / k$ $\bar{pn} \pm 3 \sqrt{(\bar{pn}(1-\bar{p}))}$
	u	\bar{u}	$\bar{u} = \sum c / \sum n$ $\bar{u} \pm 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$
	c	\bar{c}	$\bar{c} = \sum c / k$ $\bar{c} \pm 3\sqrt{\bar{c}}$

7.10 Construcción de los Gráficos de Control

- 1) Recordar que los Gráficos de Control son para ver las variaciones en el proceso en función del tiempo.
- 2) Hacer los gráficos de tal forma que sean fáciles de usar y fáciles de entender
- 3) Que puedan ser usados largo tiempo

Los Límites de Control, superior e inferior, se dibujan con dos tipos de líneas según la función del Gráfico:

- a) Línea Punteada (-----): Cuando el gráfico se utiliza para calcular los límites de control (Para Análisis)
- b) Línea y Punto (-----): Cuando se utilizan y extrapolan los límites calculados con datos anteriores, para ser utilizados con datos actuales (Para Control)

7.11 Estado de Control o Estabilidad. Estados de Normalidad

¿Cuándo se está en un estado de control o estable?

- a) Cuando los puntos están dentro de los límites de control.
- b) No hay vicios en la distribución y/o formación de los puntos
- c) Cuando más de 25 puntos consecutivos están dentro de los límites de control
- d) Cuando hay 1 punto ~~o~~ fuera de los límites de control en 35 puntos consecutivos.

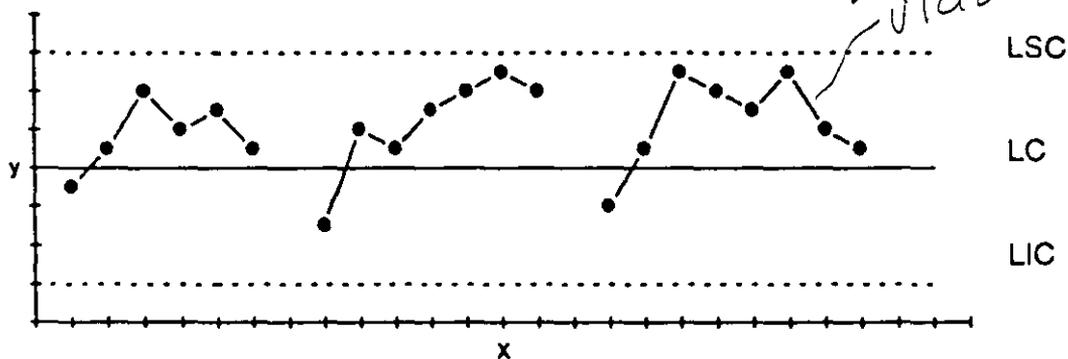
7.12 Vicios en la Formación o Distribución. Estados de Anormalidad

a) Puntos fuera de los límites de Control (INVESTIGAR)

b) Los puntos están de manera consecutiva de un lado del Límite Central (Corridas). Se considera una situación anormal cuando se tiene una corrida mayor o igual de 7 puntos. (Figura 7.12.1)

(INVESTIGAR A PARTIR DE 5)

SE CONSIDERA VICIO



Corridas (de 5, de 6 y de 7)

Fig. 7.12.1

c) Hay muchos puntos de un solo lado del Limite Central. (Figura 7.12.2)

- De 11 puntos consecutivos 10 están de un mismo lado
- De 14 puntos consecutivos 12 están de un mismo lado
- De 17 puntos consecutivos 14 están de un mismo lado
- De 20 puntos consecutivos 16 están de un mismo lado

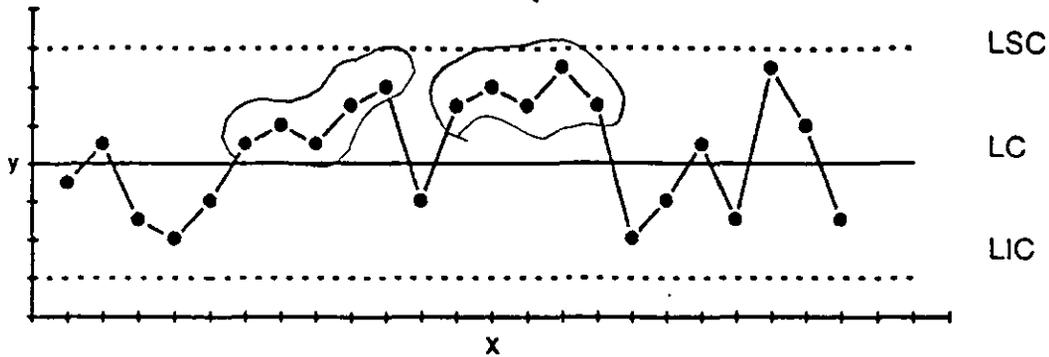


Fig. 7.12.2

Muchos puntos de un solo lado (10 de 11)

d) Tendencias crecientes o decrecientes en los puntos. (Figura 7.12.3).

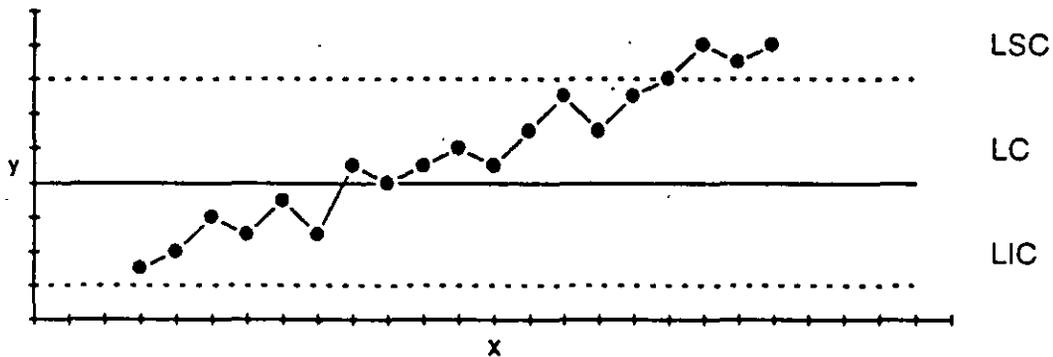


Fig. 7.12.3

Tendencias

e) Cuando los puntos tienden a acercarse a los Límites de Control Superior o Interior (sobrepasan el límite de 2 Sigma). Se considera anormal si, 2 de 3 puntos o 3 de 7 puntos presentan este síntoma. (Figura 7.12.4)

f) Cuando los puntos presentan una variación cíclica. (Figura 7.12.5)

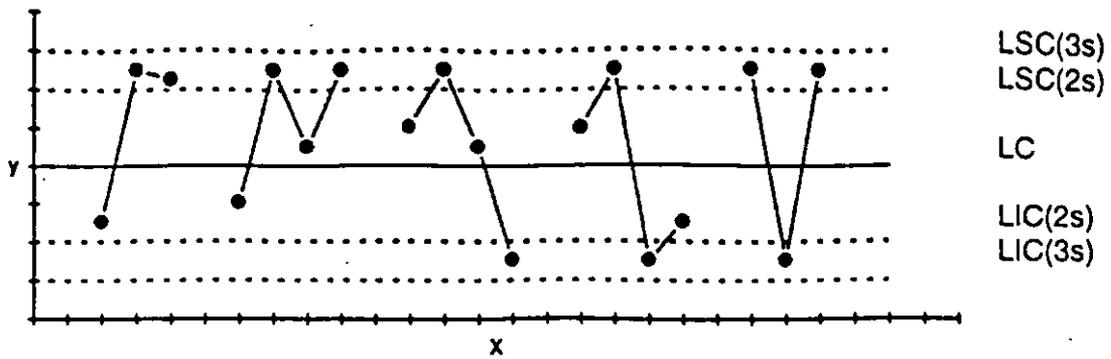


Fig. 7.12.4

Acercamiento a los Extremos (entre 2 y 3 sigma)

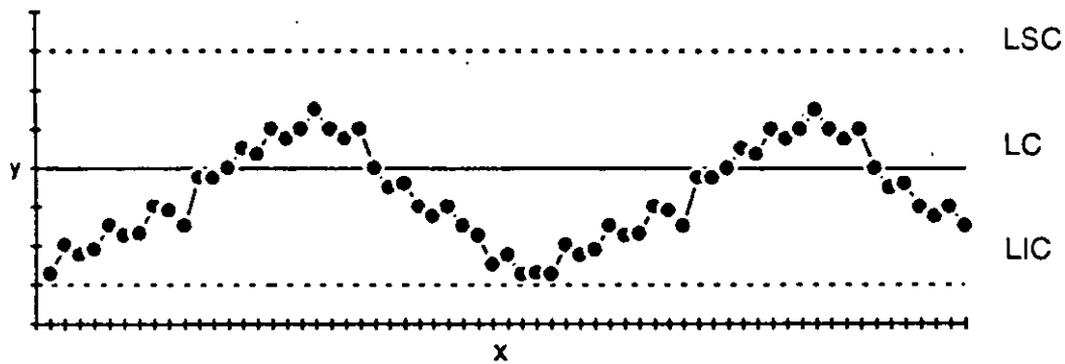
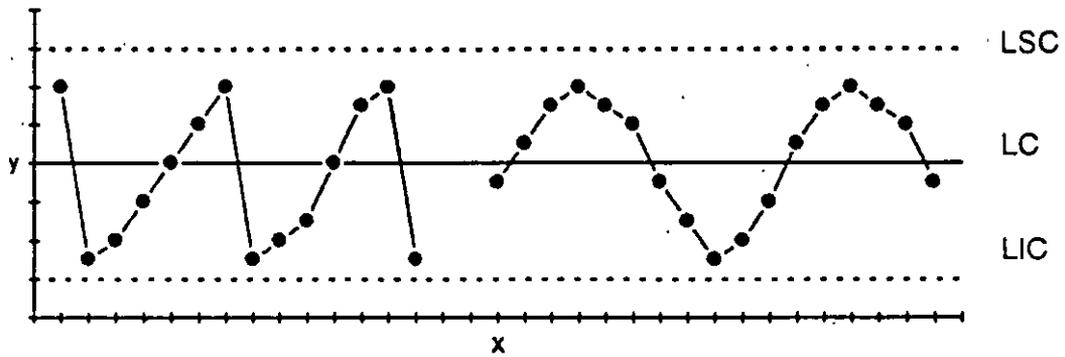


Fig. 7.12.5

Variaciones Cíclicas

g) Los puntos se concentran alrededor del Limite Central. Puede significar que se están mezclando varias poblaciones y es necesario estratificar. (Figura 7.12.6)

MUESTRA
 DE LA POBLACION
 DISTINTAS

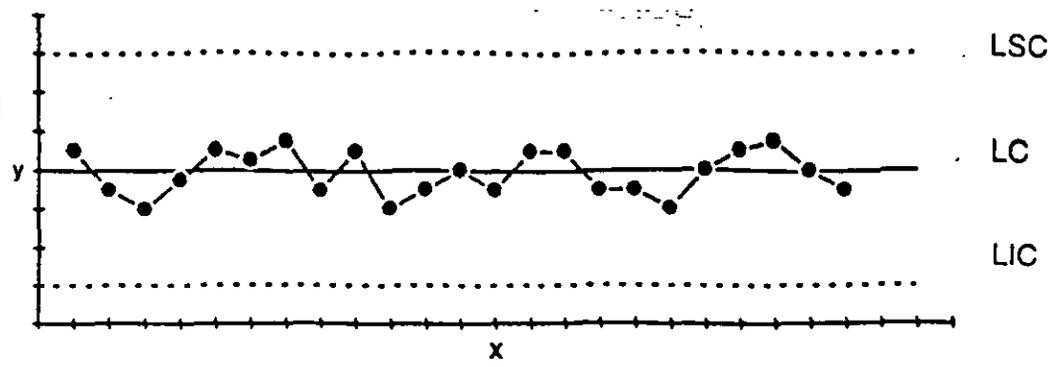


Fig. 7.12.6

Tendencia a Acercarse al Centro

7.13 Movimiento de los Puntos en un Gráfico de Control

El Gráfico de Control es de gran ayuda para diferenciar las variaciones del azar con las variaciones anormales, pero además, sirve para detectar problemas debidos a los cambios en las condiciones del proceso.

PRECAUCION

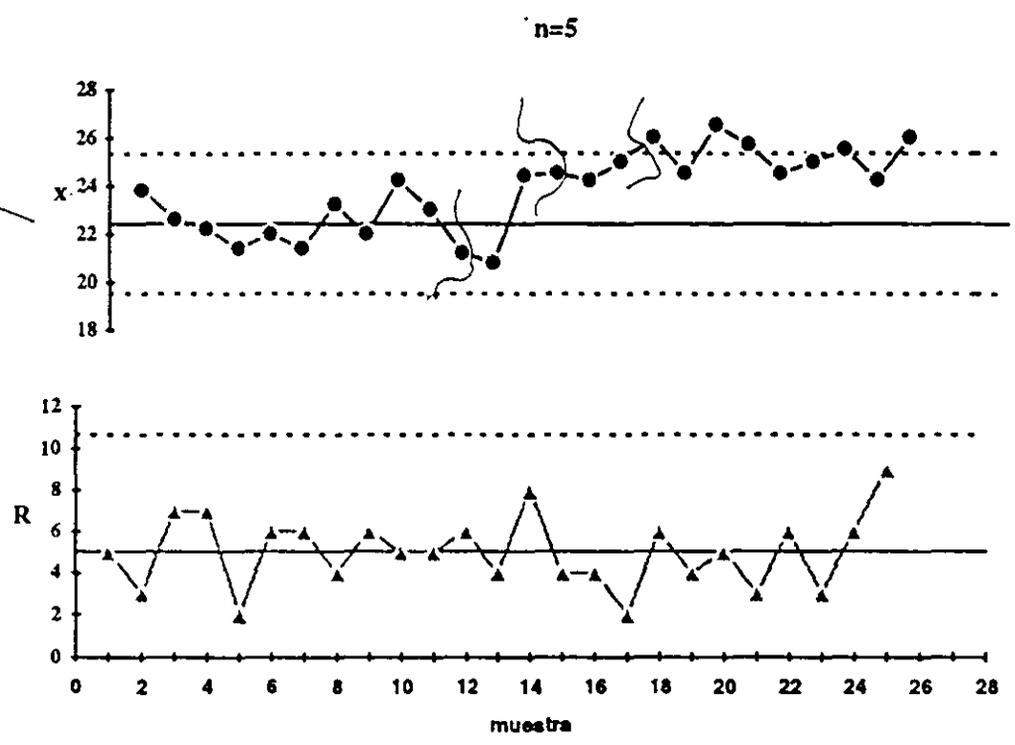


fig. 7.13.1 Cambios en la Media del Proceso, sin Cambios en la dispersión (Rango)

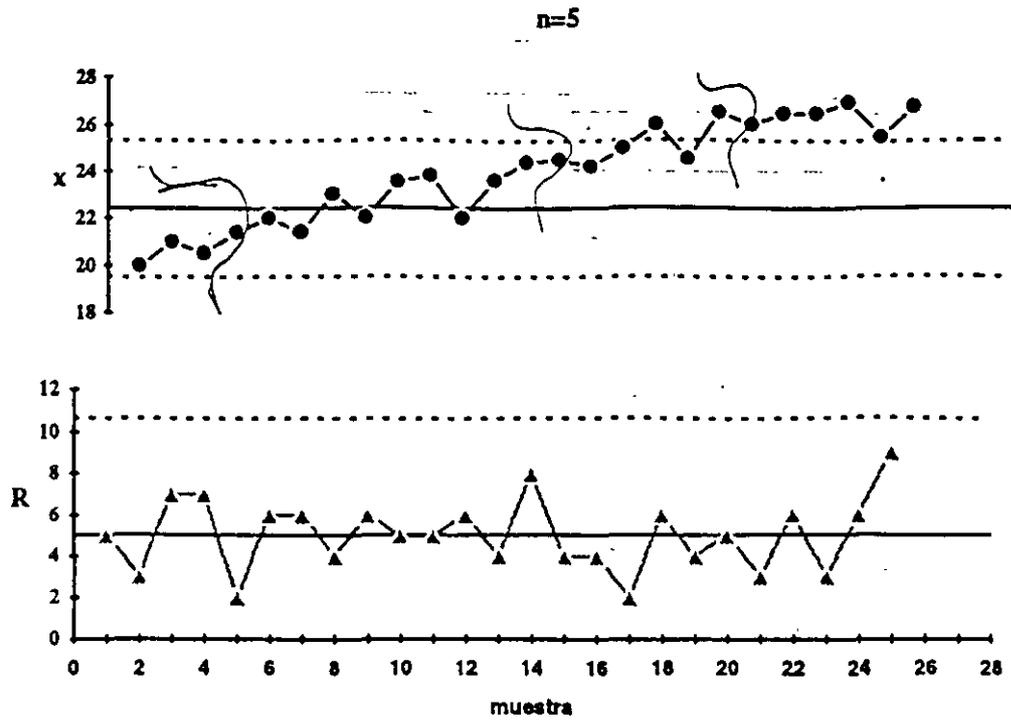


Figura 7.13.2: Cambio Creciente en la media del proceso sin cambio en la dispersión.

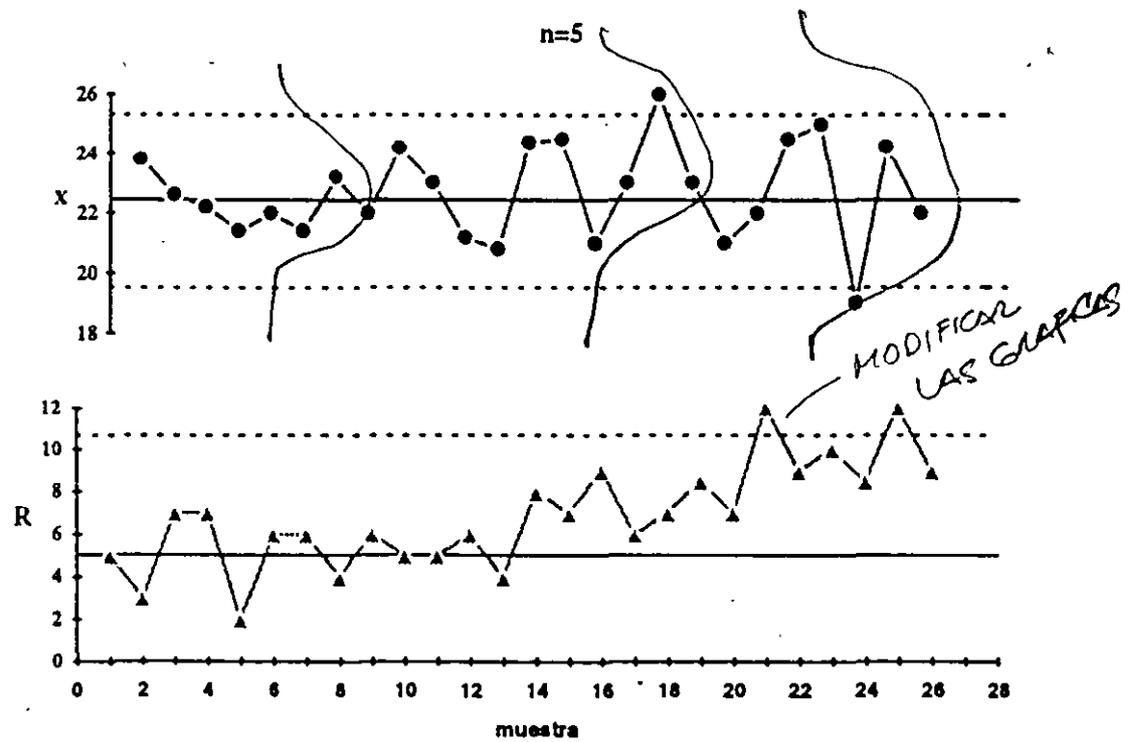


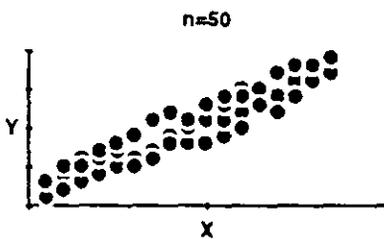
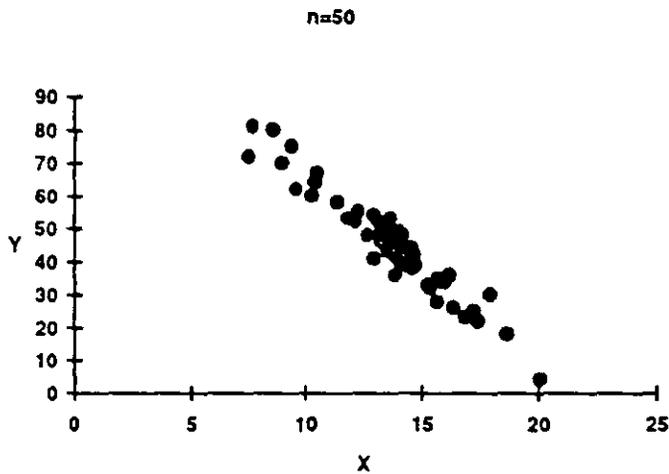
Figura 7.13.3: Cambios en la dispersión del proceso sin cambios en la media.

8.0 GRAFICOS DE DISPERSION

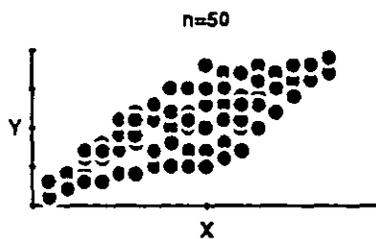
Gráfica que se utiliza para analizar la relación entre los datos de dos variables, las cuales tabulan en forma de pares ordenados (x,y) y se grafican en el Plano Cartesiano.

No.	x	y	No.	x	y	No.	x	y
1	12.3	55	18	16.0	34	35	14.2	39
2	14.0	49	19	14.8	39	36	9.0	70
3	10.4	64	20	7.5	72	37	18.0	30
4	14.6	44	21	18.7	18	38	14.2	48
5	15.3	33	22	13.7	53	39	7.7	81
6	13.3	46	23	11.9	53	40	13.0	41
7	15.7	35	24	8.6	80	41	12.2	52
8	14.1	40	25	13.0	54	42	17.5	22
9	9.6	62	26	13.2	48	43	9.4	75
10	15.7	28	27	14.2	43	44	17.3	25
11	14.6	38	28	13.2	52	45	15.4	32
12	13.6	43	29	16.9	23	46	10.3	60
13	13.8	46	30	13.9	47	47	20.1	4
14	11.4	58	31	14.7	42	48	12.7	48
15	13.7	51	32	13.8	48	49	13.6	49
16	14.0	41	33	16.2	36	50	10.5	67
17	13.9	36	34	16.4	26			

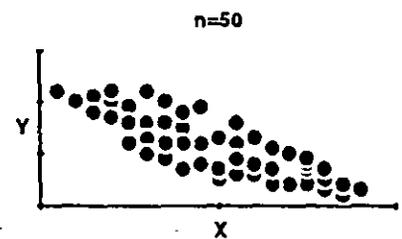
Y
↑
X
SE DEN. "X" A LA
VAR. INDEP. Y
"Y" VARIABLE.



(a)

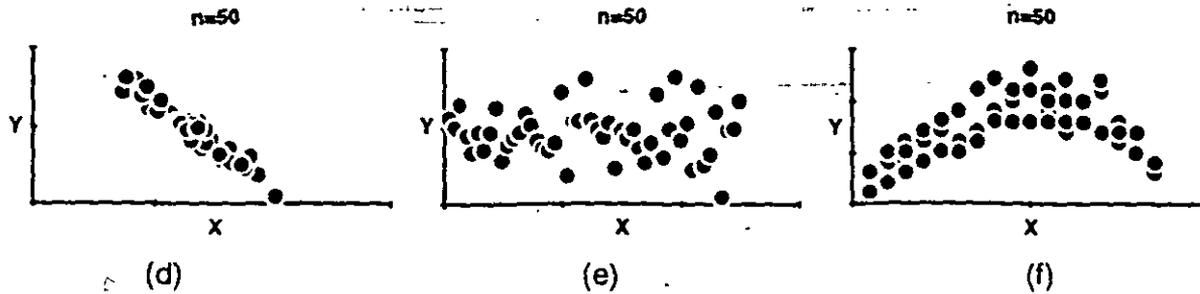


(b)



(c)

Corre. Rec.



8.1 Coeficiente de Correlación

Existe una manera analítica para analizar el grado de correlación entre las variables llamado **Coeficiente de Correlación**

$$r = \frac{S(xy)}{\sqrt{S(xx) \cdot S(yy)}}$$

Siendo necesario encontrar los valores de:

$$S(xx) = \sum (x - \bar{x})^2 = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}$$

$$S(yy) = \sum (y - \bar{y})^2 = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}$$

$$S(xy) = \sum (x - \bar{x})(y - \bar{y}) = \sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}$$

Según el ejemplo:

$\bar{x} = 13.64$	$\bar{y} = 45.72$	
$\sum x = 681.8$	$\sum y = 2286$	
$\sum x^2 = 9662.15$	$\sum y^2 = 116875.92$	$\sum xy = 29125.10$
$S(xx) = 365.12$	$S(yy) = 12360.10$	$S(xy) = -2046.80$

Si r se acerca a +1, se tendrá una correlación positiva. Si se acerca a -1 será negativa y si se acerca a +ó- 0.5 hay posibles correlaciones. Finalmente, si se acerca a 0 no existe la correlación.

$$r = \frac{-2046.80}{\sqrt{365.12 (12360.10)}} = -0.96$$

- a) EXIST. COR. POS.
- b) POS. COR. POS.
- c) POS. COR. NEG.
- d) EXIST. COR. NEG.
- e) NO HAY CORRELACION
- f) EXT. DE CORRE. NO LINEAL

8.2 Ecuación de Regresión Simple

Si existe una correlación entre las variables y queremos encontrar la relación matemática entre ellas, calculamos la **Ecuación de Regresión Lineal o Simple**,

La recta es la estimación del valor esperado de "y" dado una "x_i" y busca que la suma de los cuadrados de las diferencias entre el valor estimado de "y" y la ordenada "y_i", sea mínima. Este método se llama de **Mínimos Cuadrados**.

a) La recta será del tipo $y = a + bx$

b)
$$b = \frac{S(xy)}{S(xx)}$$

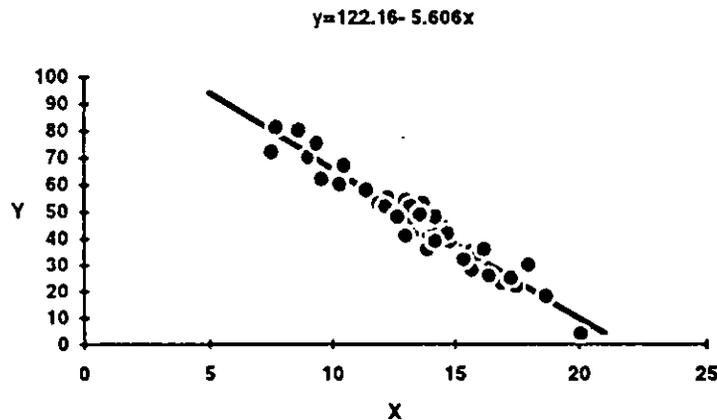
c)
$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

d) Si no se quiere calcular "a", se puede calcular la ecuación de la recta de regresión:

$$y = \bar{y} + b(x - \bar{x})$$

En el ejemplo seguido, la recta es: (ver Figura 8.3.1.)

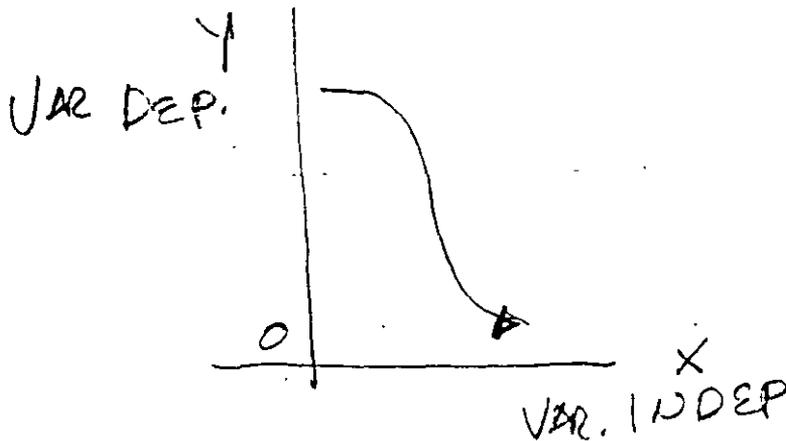
$$y = 12216 - 5.606x$$



Bibliografía:

- Grant, Eugene / Leavenworth, Richard, **Statistical Quality Control**, De. McGraw-Hill, 1985, EE.UU.
- Ishikawa, Kaoru, **Guía para el Control de la Calidad**, Ed. Unipub, EE.UU, 1985.
- Kume, Hitoshi, **Statistical Methods for Quality Improvement**, Ed. APO / 3A (Inglés), Japón, 1985; De. Norma (Español), Colombia.

fin - 1997-07-13 v.3.2, 1998



EJERCICIOS

0..0 Tipos de Datos

- 1- El número de envases que se rechazan en vacío es un dato: DISCRETO
- 2- El tiempo de recorrido en la pasteurizadora: CONTINUO
- 3- La hora de llegada al trabajo es un dato: CONTINUO
- 4- El número de cartones que se producen diariamente: DISCRETO
- 5- El número de personas en la fila o "cola": DISCRETO
- 6- El longitud de la fila o "cola": CONTINUO
- 7- Número de Accidentes al mes: DISCRETO
- 8- El Porcentaje de Retrabajos en la Línea: DISCRETO
- 9- El número de cambios de envases revisados diariamente: DISCRETO
- 10- El tiempo para revisar un lote de producción: CONTINUO
- 11- Número de veces que no hay la refacción disponible: DISCRETO
- 12- Número de errores en la reparación de una máquina: DISCRETO
- 13- Número de fallas al llenar un formato X: DISCRETO
- 14- El diámetro exterior de una botella: CONTINUO
- 15- Los distintos tipos de productos que se producen: DISCRETO
- 16- Los precios de la canasta básica: CONTINUO
- 17- El número de trailers que entran a la planta: DISCRETO
- 18- El grado plato: CONTINUO (MOSTO)
- 19- Las unidades de pasteurización: CONTINUO

1.0 CheckSheet y Checklist

1. - Diseñe una hoja de registro para recopilar los datos del grado plato en mosto, por cada cocimiento, por cada marca, el tiempo y fecha de la toma del dato (y otros).
2. - Elabore una lista de verificación que incluya todo lo necesario para realizar una medición del grado plato o de las unidades de medición.
3. - Diseñe una hoja de registro para conocer la localización y tipo de defecto que tiene un envase nuevo al inspeccionarlo en vacío.

2.0 Diagrama de Causa y Efecto

- 1) Algún problema propio (Por qué tengo el problema X).
- 2) Errores al registrar un dato.

3.0 Gráfico de Pareto

1. Realice gráficos de Pareto con lo siguientes datos y saque conclusiones.

Tipo de Defecto	Número de defectos	Costo unitario	Pérdida total
Decorado	13	8	\$ 104
Pintura exterior	55	1	\$ 55
Marca en cuerpo	23	20	\$ 460
Raya brillante	20	40	\$ 800
Estrellada cuerpo	29	50	\$ 1 450
Burbujas	41	10	\$ 410
Otros	7	10	\$ 70
Total	188		\$ 3 349

2. Realice el Gráfico de Pareto para conocer la problemática de los errores al llenar un formato ACB.

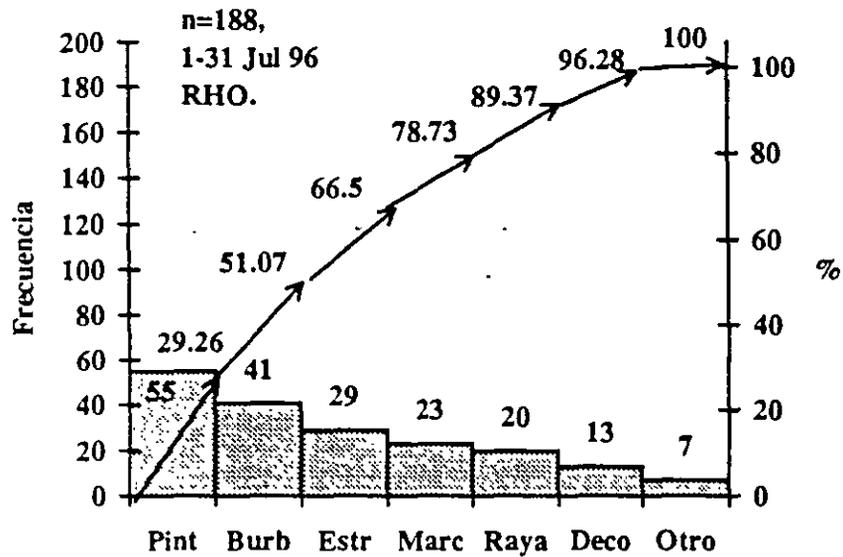
Tipo de Error	Número de defectos
Número de cliente	52
Fecha	23
Nombre	38
Código postal	18
Dirección	9
Teléfono	11
Cantidad a depositar	87
Firma	4
Otros	6
Total	248

3.0 Respuestas al Gráfico de Pareto

1. Realice gráficos de Pareto con lo siguientes datos y saque conclusiones.

- Por número de defectos:

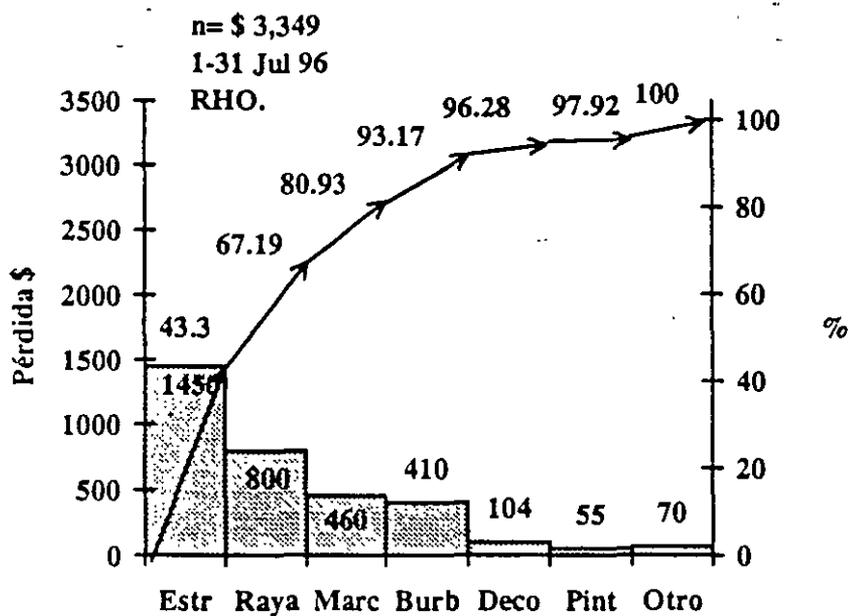
Tipo de Defecto	Frecuencia	Frec. acum.	%	% acum.
Pintura exterior	55	55	29.26	29.26
Burbujas	41	96	21.81	51.07
Estrellada cpo.	29	125	15.43	66.50
Marca en cuerpo	23	148	12.23	78.73
Raya brillante	20	168	10.64	89.37
Decorado	13	181	6.91	96.28
Otros	7	188	3.72	100.00
Total	188		100.00	



Conclusiones:

• Por pérdida económica:

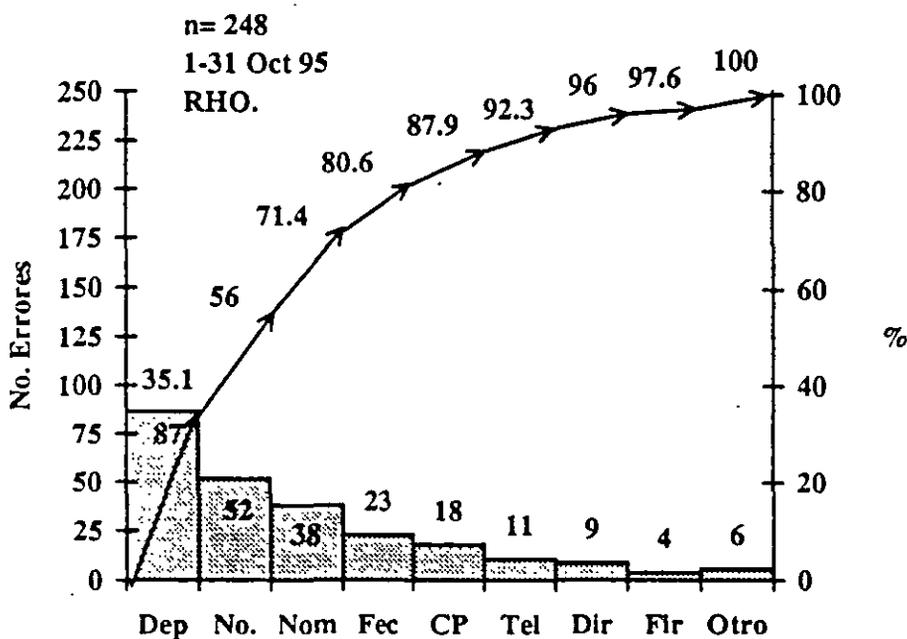
Tipo de Defecto	Pérdida total	Pérdida acum.	%	% acum.
Estrellada cpo.	\$ 1 450	1 450	43.30	43.30
Raya brillante	\$ 800	2 250	23.89	67.19
Marca en cpo.	\$ 460	2 710	13.74	80.93
Burbujas	\$ 410	3 120	12.24	93.17
Decorado	\$ 104	3 224	3.11	96.28
Pintura ext.	\$ 55	3 279	1.64	97.92
Otros	\$ 70	3 349	2.09	100.00
Total	\$ 3 349		100.00	



Conclusiones:

2. Realice el Gráfico de Pareto para conocer la problemática de los errores al llenar un formato ACB.

Tipo de Error	Frecuencia	Frec. acum.	%	% acum.
Cantidad a depositar	87	87	35.1	35.1
Número de cliente	52	139	20.9	56.0
Nombre	38	177	15.4	71.4
Fecha	23	200	9.2	80.6
Código postal	18	218	7.3	87.9
Teléfono	11	229	4.4	92.3
Dirección	9	238	3.7	96.0
Firma	4	242	1.6	97.6
Otros	6	248	2.4	100.0
Total	248		100.0	



Conclusiones:

4.0 Histograma

1. Elaborar el histograma de la distribución de los grados platos al finalizar reposo. Si usted conoce las especificaciones superior e inferior del proceso, ¿cual es la capacidad de proceso?

	4.05 ✓	3.80 ✓	4.25 ✓	4.15 ✓	3.70 ✓	3.95 ✓	4.50 ✓	4.10 ✓	3.85 ✓	4.15 ✓	
	3.90 ✓	3.95 ✓	4.20 ✓	4.15 ✓	3.90 ✓	3.95 ✓	4.15 ✓	4.10 ✓	4.05 ✓	4.25 ✓	
	4.10 ✓	4.05 ✓	4.15 ✓	4.20 ✓	3.80 ✓	4.20 ✓	4.35 ✓	4.00 ✓	3.90 ✓	4.45 ✓	
	4.10 ✓	4.00 ✓	4.35 ✓	4.35 ✓	4.15 ✓	4.45 ✓	4.35 ✓	4.05 ✓	4.00 ✓	4.35 ✓	
	4.00 ✓	3.90 ✓	4.25 ✓	3.85 ✓	4.05 ✓	4.25 ✓	4.15 ✓	3.70 ✓	4.15 ✓	4.15 ✓	
	4.05 ✓	4.00 ✓	4.35 ✓	4.10 ✓	4.15 ✓	4.20 ✓	4.15 ✓	4.10 ✓	4.15 ✓	4.15 ✓	
	3.70 ✓	3.95 ✓	4.50 ✓	4.10 ✓	3.85 ✓	4.15 ✓	4.20 ✓	4.05 ✓	4.20 ✓	4.25 ✓	
	4.10 ✓	3.95 ✓	4.50 ✓	3.90 ✓	3.95 ✓	4.35 ✓	4.25 ✓	3.95 ✓	4.45 ✓	4.25 ✓	
	3.80 ✓	4.20 ✓	4.35 ✓	4.00 ✓	4.10 ✓	4.45 ✓	3.85 ✓	4.05 ✓	4.45 ✓	4.15 ✓	
	4.00 ✓	4.45 ✓	4.35 ✓	4.05 ✓	4.00 ✓	4.35 ✓	4.10 ✓	3.95 ✓	4.20 ✓	4.15 ✓	
min	3.70	3.80	4.15	3.85	3.70	3.95	3.85	3.70	3.85	4.15	3.70
Max	4.10	4.45	4.50	4.35	4.15	4.45	4.50	4.10	4.45	4.45	4.50

2. Elaborar el histograma de la distribución de los grados platos al finalizar reposo. Si usted conoce las especificaciones superior e inferior del proceso, ¿cual es la capacidad de proceso?

No.	G. P. Reposo	No.	G. P. Reposo
1.	3.85	18.	3.95
2.	3.90	19.	4.20
3.	3.90	20.	4.45
4.	3.90	21.	4.45
5.	4.00	22.	4.20
6.	4.05	23.	4.15
7.	3.70	24.	4.35
8.	3.90	25.	4.45
9.	3.80	26.	4.35
10.	3.95	27.	4.50
11.	3.80	28.	4.50
12.	3.95	29.	4.35
13.	3.85	30.	4.35
14.	3.95	31.	4.15
15.	3.90	32.	4.15
16.	4.00	33.	4.20
17.	3.95	34.	4.35

SOLUCION A PROBLEMA 1.

unidad de medición = 0.05, Max = 4.50, Mín = 3.70, c = 0.08 a 0.1.

No.	Intervalo de clase	Punto medio	Frecuencia	Total
1	3.675 a 3.775	3.725	123	3
2	3.775 a 3.875	3.825	1234567	7
3	3.875 a 3.975	3.925	1234567890123	13
4	3.975 a 4.075	4.025	12345678901234567	17
5	4.075 a 4.175	4.125	12345678901234567890123456	26
6	4.175 a 4.275	4.225	123456789012345	15
7	4.275 a 4.375	4.325	1234567890	10
8	4.375 a 4.475	4.425	123456	6
9	4.475 a 4.575	4.525	123	3
			Total	100

SOLUCION A PROBLEMA 2.

unidad de medición = 0.05, Max = 4.50, Mín = 3.70, c = 0.08 a 0.1.

No.	Intervalo de clase	Punto medio	Frecuencia	Total
1	3.675 a 3.775	3.725	1	1
2	3.775 a 3.875	3.825	1234	4
3	3.875 a 3.975	3.925	1234567890	10
4	3.975 a 4.075	4.025	1234	4
5	4.075 a 4.175	4.125	123	3
6	4.175 a 4.275	4.225	12	2
7	4.275 a 4.375	4.325	12345	5
8	4.375 a 4.475	4.425	12345	5
9	4.475 a 4.575	4.525		
			Total	34

3.- Elaborar el histograma de la distribución de los grados platos en gobierno. Si usted conoce las especificaciones superior e inferior del proceso, ¿cual es la capacidad de proceso?

2.65	2.65	2.55	2.55	2.70	2.65	2.70
2.45	2.50	2.60	2.50	2.60	2.50	2.65
2.55	2.55	2.50	2.65	2.70	2.65	2.70
2.55	2.55	2.50	2.65	2.50	2.70	2.80
2.55	2.55	2.50	2.60	2.60	2.75	
2.60	2.55	2.55	2.70	2.70	2.80	
2.55	2.60	2.60	2.70	2.70	2.65	
2.55	2.60	2.50	2.80	2.70	2.80	
2.55	2.65	2.45	2.70	2.70	2.70	
2.60	2.60	2.55	2.65	2.65	2.70	
min						
Max						

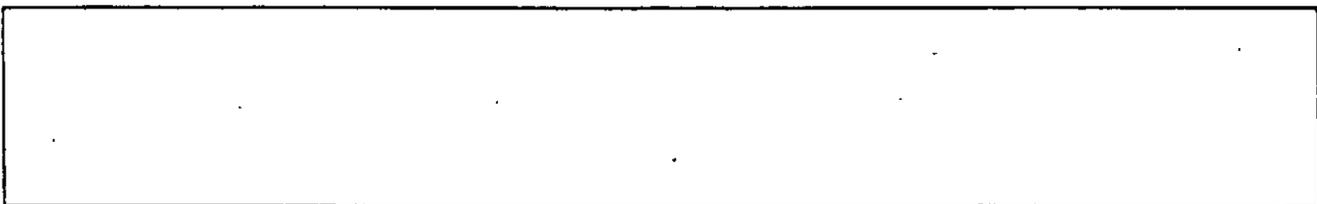
4.- Elaborar los histogramas de las unidades de pasteurización: Histograma total y luego histogramas por cada piso.

No.	Piso #1	Piso #2	No.	Piso #1	Piso #2
1.	10.7	12.8	25.	10.0	13.5
2.	11.4	13.8	26.	10.2	13.4
3.	9.6	14.2	27.	10.0	14.0
4.	10.7	14.7	28.	10.2	13.5
5.	14.5	14.1	29.	11.4	13.5
6.	12.4	11.5	30.	11.2	13.5
7.	10.3	11.2	31.	15.8	14.0
8.	12.7	14.9	32.	14.2	14.2
9.	13.2	14.5	33.	15.0	19.7
10.	9.1	16.0	34.	11.2	13.8
11.	12.2	20.3	35.	12.5	14.9
12.	12.5	13.7	36.	13.0	14.9
13.	12.3	23.6	37.	13.5	13.9
14.	13.5	14.7	38.	11.9	14.2
15.	12.1	14.5	39.	13.9	16.2
16.	10.4	13.6	40.	16.0	16.7
17.	12.1	13.3	41.	11.6	14.5
18.	13.0	13.8	42.	13.4	14.2
19.	11.9	13.5	43.	11.9	14.4
20.	12.0	13.4	44.	12.6	14.3
21.	11.2	14.4	45.	11.4	19.1
22.	9.5	12.8	46.	14.5	15.8
23.	11.3	18.6	47.	11.3	14.5
24.	11.0	13.5			

SOLUCION A PROBLEMA 3.

unidad de medición = 0.05, Max = 2.80, Mín = 2.45, c = 0.044 a 0.05.

No.	Intervalo de clase	Punto medio	Frecuencia	Total
1	2.375 a 2.425	2.40		
2	2.425 a 2.475	2.45	12	2
3	2.475 a 2.525	2.50	12345678	8
4	2.525 a 2.575	2.55	12345678901234	14
5	2.575 a 2.625	2.60	1234567890	10
6	2.625 a 2.675	2.65	123456789012	12
7	2.675 a 2.725	2.70	1234567890123	13
8	2.725 a 2.775	2.75	1	1
9	2.775 a 2.825	2.80	1234	4
10				
			Total	64



SOLUCION A PROBLEMA 4.

unidad de medición = 0.1, Max = 23.6, Mín = 9.1, c = 1.45 a 1.5

No.	Intervalo de clase	Punto medio	Frecuencia PISO 1 y 2	Total
1	9.05 a 10.55	9.8	123456789	9
2	10.55 a 12.05	11.3	123456789012345678	18
3	12.05 a 13.55	14.3	1234567890123456789012345678	28
4	13.55 a 15.05	15.8	1234567890123456789012345678	28
5	15.05 a 16.55	17.3	12345	5
6	16.55 a 18.05	18.8	1	1
7	18.05 a 19.55	20.3	123	3
8	19.55 a 21.05	21.8	1	1
9	21.05 a 22.55	23.3		0
10	22.55 a 24.05	24.8	1	1
Total				

No.	Intervalo de clase	Punto medio	Frecuencia PISO #1	Total
1	9.05 a 10.55	9.8	123456789	9
2	10.55 a 12.05	11.3	1234567890123456	16
3	12.05 a 13.55	14.3	1234567890123456	16
4	13.55 a 15.05	15.8	1234	4
5	15.05 a 16.55	17.3	12	2
6	16.55 a 18.05	18.8		
7	18.05 a 19.55	20.3		
8	19.55 a 21.05	21.8		
9	21.05 a 22.55	23.3		
10	22.55 a 24.05	24.8		
Total				47

No.	Intervalo de clase	Punto medio	Frecuencia PISO # 2	Total
1	9.05 a 10.55	9.8		
2	10.55 a 12.05	11.3	12	2
3	12.05 a 13.55	14.3	123456789012	12
4	13.55 a 15.05	15.8	123456789012345678901234	24
5	15.05 a 16.55	17.3	123	3
6	16.55 a 18.05	18.8	1	1
7	18.05 a 19.55	20.3	123	3
8	19.55 a 21.05	21.8	1	1
9	21.05 a 22.55	23.3		0
10	22.55 a 24.05	24.8	1	1
Total				

5.0 Gráficos de Control

- 1) Seleccione el tipo adecuado de gráfico de control según las siguientes necesidades:
- a) Volúmen envasado
 - b) Número de productos defectuosos en lotes de 1000 piezas
 - c) Número de defectos totales en los envases de una tarima.
 - d) Porcentaje defectuoso en lotes de tamaño variable
 - e) El promedio del grado plato de 6 cocimientos al día
 - f) Número de picaduras por metro cuadrado de plancha de acero.
 - g) Unidad de pasteurización..
 - h) No. de errores al llenar un formato
 - i) Número de botellas rotas en lotes constantes de producción.
 - j) El volúmen de sólidos que diariamente se deposita en la planta de tratamiento a las 3 pm.
 - k) El número de tubos defectuosos en paquetes de 50.
 - l) El número de raspones en una lamina de vidrio.
 - m) El tiempo que los clientes utilizan para comer en un restaurante.
 - n) Número de botellas de lotes de 1 200, que no se llenan bien en una fábrica de refrescos.
 - o) El peso de las bolsitas de papas en una línea de producción continua.
 - p) El número de llamadas equivocadas que se reciben diariamente en un teléfono dado.
 - q) El consumo mensual de energía eléctrica en un edificio corporativo.
 - r) El número de errores ortográficos de una revista de tamaño (no. de pags.) variable.
 - s) La humedad promedio diaria en una oficina (4 mediciones diarias).
 - t) El grado plato en gobierno.

R:

- a) Medias y rangos
- b) pn
- c) c
- d) p
- e) Medias y rangos
- f) u
- g) Medias y rangos, individuales
- h) c
- i) c
- j) Individuales
- k) pn
- l) c
- m) medias y rangos
- n) pn
- o) Medias y rangos
- p) c
- q) Individuales
- r) u
- s) Medias y rangos
- t) Individuales.

2. Para investigar el comportamiento del Grado plato en mosto (por cada cocimiento) se tomaron los siguientes datos. Analizarlos con gráficos de control.

No.	GP	No.	GP	No.	GP	No.	GP	No.	GP
1.	16.30	21.	16.30	41.	16.20	61.	16.25	81.	16.35
2.	16.10	22.	16.20	42.	16.20	62.	16.25	82.	16.15
3.	16.10	23.	16.15	43.	16.05	63.	16.10	83.	16.25
4.	16.25	24.	16.25	44.	16.15	64.	16.15	84.	16.15
5.	16.25	25.	16.15	45.	16.15	65.	16.35	85.	16.15
6.	16.15	26.	16.35	46.	16.10	66.	16.20	86.	16.30
7.	16.15	27.	16.15	47.	16.30	67.	15.90	87.	16.30
8.	16.15	28.	16.15	48.	16.05	68.	16.25	88.	16.10
9.	16.15	29.	16.25	49.	16.15	69.	15.90	89.	16.15
10.	16.10	30.	16.25	50.	16.20	70.	16.30	90.	16.25
11.	16.35	31.	16.30	51.	16.20	71.	16.35	91.	16.20
12.	16.15	32.	16.30	52.	16.25	72.	16.15	92.	16.20
13.	16.25	33.	16.10	53.	16.10	73.	16.25	93.	16.05
14.	16.15	34.	16.15	54.	16.20	74.	16.15	94.	16.15
15.	16.25	35.	16.25	55.	16.15	75.	16.25	95.	16.15
16.	16.25	36.	16.35	56.	16.20	76.	16.35	96.	16.10
17.	16.25	37.	16.15	57.	16.10	77.	16.15	97.	16.30
18.	15.90	38.	16.25	58.	16.20	78.	16.15	98.	16.05
19.	16.30	39.	16.15	59.	16.30	79.	16.25	99.	16.15
20.	16.30	40.	16.15	60.	16.15	80.	16.25	100.	16.20

R:

Sin agrupar los datos.

CL = 16.193

UCL = 16.475

LCL = 15.911

CL Rango = 0.160

UCL Rango = 0.347

LCL Rango = 0.0

Agrupando los datos.

CL = 16.193

UCL = 16.447

LCL = 15.938

CL medias = 16.193

UCL medias = 16.306

LCL = medias = 16.079

CL Rango = 0.198

UCL Rango = 0.418

LCL Rango = 0.0

2. Para investigar el comportamiento del Grado plato en reposo (al terminar) se tomaron los siguientes datos. Analizarlos con gráficos de control.

No.	G. P. Reposo
1.	3.85
2.	3.90
3.	3.90
4.	3.90
5.	4.00
6.	4.05
7.	3.70
8.	3.90
9.	3.80
10.	3.95
11.	3.80
12.	3.95
13.	3.85
14.	3.95
15.	3.90
16.	4.00
17.	3.95
18.	3.95
19.	4.20
20.	4.45
21.	4.45
22.	4.20
23.	4.15
24.	4.35
25.	4.45
26.	4.35
27.	4.50
28.	4.50
29.	4.35
30.	4.35
31.	4.15
32.	4.15
33.	4.20
34.	4.35

R: Medias: CL = 4.101 UCL = 4.392 LCL = 3.811
 Rango: CL = 0.109 UCL = 0.356

3.- Analice con gráficos de control los siguientes datos de mosto en gobierno.

Fecha	G.P.	Fecha	G.P.	Fecha	G.P.
04/24	2.65		2.55		2.70
	2.45		2.50		2.65
	2.55	04/30	2.65		2.70
	2.55		2.65		2.80
	2.55		2.60		
	2.60		2.70		
	2.55		2.70		
04/25	2.55		2.80		
	2.55		2.70		
	2.60	05/02	2.65		
	2.65		2.70		
	2.50		2.60		
	2.55		2.70		
	2.55		2.50		
2.60		2.60			
04/26	2.55		2.70		
	2.55		2.70		
	2.60		2.70		
	2.60		2.70		
	2.65		2.65		
2.60	05/03	2.65			
04/27	2.55		2.65		
04/28	2.60		2.50		
	2.50		2.65		
	2.50		2.70		
	2.50		2.75		
	2.55		2.80		
2.60	05/05	2.65			
04/29	2.50		2.80		
	2.45		2.70		
	2.55		2.70		

R:

CL = 2.616 UCL = 2.775 LCL = 2.458.

CL Rango: = 0.06 UCL = 0.194 LCL = 0.0

4.- Analice los siguientes datos con graficas de control.

No.	Piso #1	Piso #2	No.	Piso #1	Piso #2
1.	10.7	12.8	25.	10.0	13.5
2.	11.4	13.8	26.	10.2	13.4
3.	9.6	14.2	27.	10.0	14.0
4.	10.7	14.7	28.	10.2	13.5
5.	14.5	14.1	29.	11.4	13.5
6.	12.4	11.5	30.	11.2	13.5
7.	10.3	11.2	31.	15.8	14.0
8.	12.7	14.9	32.	14.2	14.2
9.	13.2	14.5	33.	15.0	19.7
10.	9.1	16.0	34.	11.2	14.9
11.	12.2	20.3	35.	12.5	14.9
12.	12.5	13.7	36.	13.0	14.9
13.	12.3	23.6	37.	13.5	13.9
14.	13.5	14.7	38.	11.9	14.2
15.	12.1	14.5	39.	13.9	16.2
16.	10.4	13.6	40.	16.0	16.7
17.	12.1	13.3	41.	11.6	14.5
18.	13.0	13.8	42.	13.4	14.2
19.	11.9	13.5	43.	11.9	14.4
20.	12.0	13.4	44.	12.6	14.3
21.	11.2	14.4	45.	11.4	19.1
22.	9.5	12.8	46.	14.5	15.8
23.	11.3	18.6	47.	11.3	14.5
24.	11.0	13.5			

R:

5.- Para investigar el comportamiento del Grado plato en reposo (al terminar) se tomaron los siguientes datos. Analizarlos con gráficos de control.

No.	G. P. Reposo
1.	4.05
2.	4.10
3.	4.15
4.	4.15
5.	4.00
6.	4.05
7.	4.00
8.	4.00
9.	3.95
10.	4.05
11.	4.00
12.	4.15
13.	4.15
14.	4.05
15.	4.10
16.	4.00
17.	4.00
18.	4.10

R: Medias: CL = 4.058 UCL = 4.232 LCL = 3.884
Rango: CL = 0.065 UCL = 0.214

6.-Cada una de las tres personas A, B, C, tienen que llenar continuamente un formato W. Al analizar los datos descubrimos que hay errores en el llenado de dicho formato W como sigue:

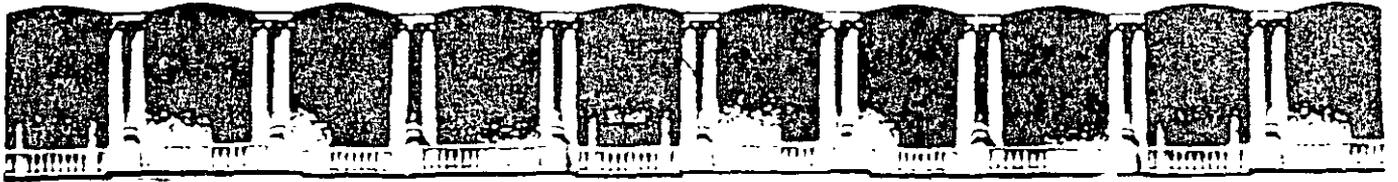
- Calcular los gráficos de control para los siguientes grupos de datos A, B y si el tamaño de lote es constante

No.	A	B	C
1	12	50	30
2	14	45	80
3	4	24	5
4	7	32	7
5	10	39	6
6	6	23	10
7	5	10	12
8	9	24	11
9	6	34	17
10	3	27	15
11	4	12	20
12	7	21	25
13	7	18	22
14	13	17	6
15	6	15	8
16	7	18	7
17	4	15	12
18	6	18	14
19	9	19	10
20	3	16	15
21	7	13	17
22	5	35	20
23	3	27	24
24	3	13	25

R:[Para A: CL= 6.7, UCL= 14.5, LCL= ----]

[Para B: CL= 23.5, UCL= 38.0, LCL= 9.0]

[Para C: CL= 17.4, UCL= 30.0, LCL= 4.9]



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

Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN INGENIERIA EN
PRODUCCION**

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

SISTEMAS DE CODIFICACION

**EXPOSITOR: M. EN I. SILVINA HERNANDEZ GARCIA
PALACIO DE MINERIA
MARZO DEL 2001**

“ SISTEMA TOYOTA” (Puntos Clave)

Mediante la puesta en práctica de conceptos clave se logra un flujo continuo de producción adaptado a las variaciones, en cantidad y variedad de la demanda.

- Just-in-time (JIT). Significa ante todo producir las unidades necesarias, en cantidad y en el tiempo preciso.
- Autocontrol (Jidoka en japonés). Debe interpretarse como autocontrol de los defectos y sirve de soporte al concepto de producción en el momento oportuno, al impedir la entrada en el flujo; como resultado de cada proceso, de unidades defectuosas que perturbarían el proceso siguiente.
- Flexibilidad en el trabajo (Shojinka en japonés). Que supone la variación del número de trabajadores en función e las variaciones de la demanda.
- Pensamiento creativo ó Ideas innovadoras(Soifuku). Mediante el aprovechamiento de las sugerencias del personal.

¿Cuál será entonces la técnica más adecuada para la administración de la manufactura?

-Debe buscar:

- Minimizar costos.
- Simplificar operaciones
- Cumplir con los requerimientos
- La eliminación de desperdicios
- Minimizar la inversión sin poner en peligro la operación.
- Buscar ahorros globales

¿Cuál será entonces la técnica más adecuada para la administración de la manufactura?

- Casi siempre es un híbrido.
- Puede cambiar a lo largo del tiempo
- Depende del producto, la demanda y del tipo de empresa

VENTAJAS DE LOS SISTEMAS PUSH Y PULL

CARACTERÍSTICAS DE LAS FUNCIONES	SISTEMA DE EMPUJE PUSH	SISTEMA DE JALÓN PULL
Utilización de la mano de obra	Especialización de actividades, segmentos, fijos de trabajo, puestos fijos	Orientación flexible del trabajo, producción libre de defectos, puestos variables.
Personal de apoyo.	Empleo de fuerte personal de apoyo, diseño de puestos.	Solución conjunta de problemas, grupos de trabajo, cambios rápidos
Orientación principal	Programas predeterminados e ininterrumpidos.	Flexibilidad y simplicidad en la respuesta rápida
Maquinaria	Máquinas individuales y especializadas.	Maquinaria más pequeña, más sencilla, más barata
Inventarios	Vastas existencias, grandes recorridas	Evitar el exceso de inventarios, producir sólo lo que se necesita
Proveedores	Contratos que ofrezcan ventajas competitivas.	Relaciones estrechas con los mismos, en forma de equipo

CÁLCULO DEL NÚMERO DE TARJETAS KANBAN A EMITIR

Una de las fórmulas empleadas para calcular el número de tarjetas Kanban entre dos operaciones sucesivas conectadas es la siguiente:

$$D = \frac{\text{Demanda promedio durante el tiempo principal} + \text{las existencias de seguridad}}{\text{No. de piezas transferidas en cada contenedor}}$$
$$N = \frac{D(TE + TP)(1 + \alpha)}{C}$$

Donde: N= Número de tarjetas.

D= Nivel de producción diario (demanda diaria en unidades)

TE= Tiempo de espera para el contenedor antes de empezar su procesamiento (decimales de día).

TP=Tiempo de procesamiento para contenedor (decimales de día).

C= Número de piezas transferidas en cada contenedor (no más de 10% de la demanda diaria).

α = Coeficiente de seguridad. Variable política no más de 10%, que refleja la eficiencia de las estaciones de trabajo.

-Un sistema *Kanban* no es para todo el mundo, funciona mejor cuando el flujo es uniforme y la mezcla de productos es estable.

-Las operaciones de preparación son cortas en todas las estaciones de trabajo, para cambiar la producción con la frecuencia que sea necesario.

-El *Kanban* no funciona bien en sistemas con muchos números de inventarios activos, por que si no, se aumentaría los inventarios y se complica el control.

Cambiando hacia un desempeño de clase mundial con producción esbelta.

- Elimina el desperdicio al enfocarse en la reducción del inventario.
- Utilizan técnicas JIT para reducir inventario y desperdicios.
- Construyen sistemas que ayudan a los empleados a producir una parte perfecta cada vez.
- Reducen los requerimientos de espacio.
- Desarrollan relaciones estrechas con los proveedores.
- Formación de proveedores.

JIT

La definición del JIT enfocada a producción es la siguiente: producir la cantidad que se necesita, utilizando el mínimo de recursos y eliminando los desperdicios en el proceso de producción.

JIT

Concretamente, el **JIT** se define como la reducción o eliminación absoluta de todo lo que signifique desperdicios en las actividades de compras, producción, distribución, y en aquellas actividades administrativas que le sirven de apoyo.

- Jit es un viaje interminable.
- Las definiciones que tienen los clientes respecto a calidad así como criterio para evaluar el producto, deben de guiar el diseño del producto y el sistema de producción.

El método JIT comprende lo siguiente:

A. Reducción de los tiempos de preparación para lograr menores lotes de producción.

B. Mayor uso de procesos de flujo secuencial tales como las líneas dedicadas al ensamble y celdas de Tecnología de Grupos.

C. Empleo incrementado de trabajadores multifuncionales.

D. Aumento en la flexibilidad del equipo y de la capacidad.

E. Incremento al mantenimiento preventivo.

F. Mayor estabilidad y consistencia en el programa.

G. Relaciones de más largo plazo con los proveedores

H. Entregas más frecuentes por parte de los proveedores.

I. Mayor apoyo técnico de los proveedores.

J. Programas que involucren a los trabajadores, tales como círculos de calidad.

K. Control estadístico de proceso.

L. La prerrogativa de parar la producción.

M. Análisis de causa y efecto.

JIT

También el JIT puede ser entendido a través de un conjunto de cambios que propone y que conllevan a una alteración radical de manera en que trabaja una empresa, estas modificaciones implican acciones encaminadas a resolver problemas, considerados estos como las causas reales de ineficiencia industrial, que se traducen como fuentes potenciales de desperdicios.

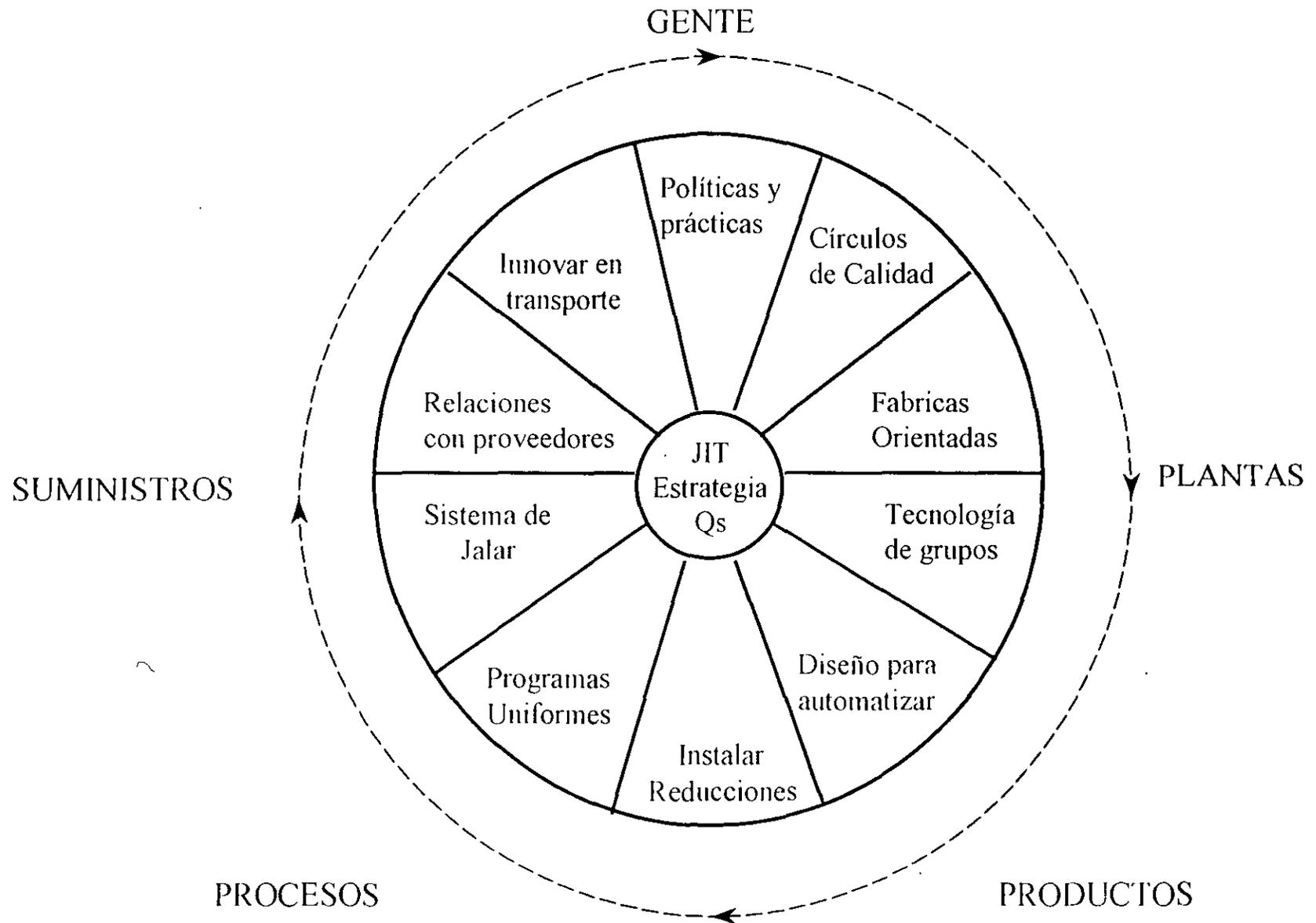
Estos cambios se denominarán como “cambios del JIT” y se en listan a continuación:

- Mejor suministro.
- Cambio en la configuración de la planta.
- La reducción de los tiempos de montaje
- El sistema de “jalar” la producción, denominado Kanban.
- El mantenimiento total.

Para lograr sus propósitos, el JIT exige calidad, y particularmente aquella que consiste en hacer hacer las cosas bien la primera vez, conocida como Calidad en el Origen.

SISTEMAS JUSTO A TIEMPO (JIT)

- Una filosofía de manufactura basada en la eliminación planeada de cualquier desperdicio y la mejora continua de la productividad. Abarca todas las actividades de manufactura, desde el diseño hasta la entrega y, enfatiza cero inventarios, cero defectos y reducción de tiempos de entrega.
- Todo desperdicio debe eliminarse.
- El inventario es un desperdicio.
- Flexibilidad en manufactura indispensable.
- Respeto y apoyo de todas las áreas.
- Integración con proveedores.
- Participación de todo el personal.
- Ejecución para identificar problemas.



Toyota ha establecido los sistemas y métodos siguientes:

- 1.- Sistema Kanban para conseguir la producción “Just in Time”.
- 2.- Método de nivelación de la producción para adaptarse a las modificaciones de la demanda.
- 3.- Reducción del tiempo de preparación para disminuir a su vez el plazo de fabricación.
- 4.- Estandarización de operaciones para conseguir el equilibrado de la cadena
- 5.- Disposición de maquinaria (distribución de planta) y polivalencia del personal según el concepto de flexibilidad del trabajo.
- 6.- Fomento de las actividades en grupos reducidos y del sistema de sugerencias para reducir la mano de obra y elevar la moral de los trabajadores (actividad de círculos de calidad).
- 7.- Sistema de control visual para la puesta en práctica del concepto de autocontrol.
- 8.- Sistema de “gestión de funciones” para promover la Calidad Total en la compañía, etc..

El sistema Kanban se apoya, en el marco del sistema Toyota de producción, en los elementos siguientes:

- Nivelado de la producción.
- Reducción del tiempo de producción.
- Distribución de planta de la maquinaria.
- Estandarización de tareas.
- Mejora de métodos.
- Autocontrol.

KANBAN

- Herramienta de información para la producción y transporte (movimiento) basada en identificadores (Kanbanes).
 - *Kanban de Transporte: especifica clase y cantidad de producto que ha sido retirada por el proceso subsecuente del proceso precedente.
 - *Kanban de Producción: especifica clase y cantidad de producto que el proceso precedente debe producir.
- No enviar productos defectuosos.
- Retirar solo lo que se necesita, y solo acompañado del Kanban.
- Producir solo la cantidad y secuencia requerida por la siguiente estación.
- Kanban es ajuste fino.
- Estabilizar y racionalizar toda la cadena.

KANBAN

En el JIT se propone una forma de operación que resulta ser totalmente contraria, la idea fue tomada de la manera como se desempeñan los supermercados americanos y consta de dos etapas.

La primera etapa, etapa de proceso, inicia cuando un cliente compra artículos, la información de la cantidad sustraída es controlada por una caja registradora.

En la segunda etapa del Kanban, el departamento de compras del supermercado utiliza los datos de la caja registradora para reponer las cantidades y las diferentes variedades de artículos vendidos. estos artículos de reposición se encuentran en los almacenes.

¿Qué es un KANBAN?

Un Kanban es una herramienta para conseguir la producción “Just in Time”. Se trata usualmente, de una tarjeta en una funda rectangular de plástico. Se utilizan principalmente 2 tipos: el Kanban de transporte y el Kanban de producción. El primero especifica el tipo y la cantidad de producto a retirar por el proceso posterior, mientras el Kanban de producción indica el tipo y la cantidad a fabricar por el proceso anterior, denominándose con frecuencia Kanban de proceso.

Kanban de Transporte

Almacén								
Estante No.	Código Artículo	Procesor Anterior						
Artículo No.								
Id Nombre								
Tipo de coche		Proceso Siguiente						
<table border="1"><tr><td>Capac. Caja</td><td>Tipo Caja</td><td>Salida No.</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>			Capac. Caja	Tipo Caja	Salida No.			
Capac. Caja	Tipo Caja	Salida No.						

Kanban de Producción

Almacén Estante No.	Código Artículo	Proceso
Artículo No.		
Id Nombre		
Tipo de coche.		

REGLAS DEL KANBAN

Regla I.- El proceso posterior recogerá del interior los productos necesarios en las cantidades precisas del lugar y el momento oportuno.

Regla II.- El proceso precedente deberá fabricar sus productos en las cantidades recogidas por el proceso siguiente.

Regla III.- Los productos defectuosos nunca deben pasar al proceso siguiente.

Regla IV.- En número de Kanban debe minimizarse.

Regla V.- El Kanban habrá de utilizarse para lograr la adaptación a pequeñas fluctuaciones de la demanda (Ajuste de la producción mediante Kanban).

Una *restricción* es cualquier elemento que impida al sistema alcanzar la meta de ganar más dinero.

Cada empresa tiene cuando menos una restricción de lo contrario, podría ganar cantidades ilimitadas de dinero.

TIPOS DE RESTRICCIONES

- *De mercado*
- *De materiales*
- *De capacidad*
- *Logísticas*
- *Administrativas*
- *Conductuales*

TIPOS DE RESTRICCIONES

- *Restricciones de mercados:* El Factor crítico que impulsa a cualquier planta manufacturera es la demanda del mercado, que determina los límites del rendimiento específico dentro de los cuales debería funcionar la empresa.

TIPOS DE RESTRICCIONES

- *Restricciones de Materiales:* Si no se cuenta con los insumos necesarios, se debe cerrar el proceso de manufactura. Los administradores han conocido este axioma desde que empezaron los trabajos de producción.

TIPOS DE RESTRICCIONES

- *Restricciones de capacidad:* Existen dos factores muy importantes que influyen directamente en la capacidad de una planta para mantener el flujo de producción deseado en una forma uniforme y oportuna.

TIPOS DE RESTRICCIONES

- *Restricciones lógicas:* Cualquier restricción inherente al sistema de planeación y control de la manufactura utilizando en la empresa, se cataloga como una restricción logística. El efecto primario de este tipo de restricción es que actúa como un lastre para el flujo uniforme de los artículos a través del sistema.

TIPOS DE RESTRICCIONES

- *Restricciones administrativas:* Son las estrategias y políticas de la empresa implantadas por la dirección, y que perjudican todas las decisiones relacionadas con la manufactura.

TIPOS DE RESTRICCIONES

- *Restricciones conductuales:* Hasta cierto grado, las empresas se pueden caracterizar por las actitudes y conducta de su fuerza de trabajo. En el momento en el cual se ejerciten conductas que vayan en contra de los principios de la manufactura sincrónica, estas conductas se vuelven una restricción para el sistema.

Recurso restrictivo de la capacidad

- Cualquier recurso que, si no se programa o maneja en la forma correcta, probablemente ocasione que el flujo real del producto planeado a través de la planta se desvíe del flujo del producto.

EL CONCEPTO DEL SISTEMA TAMBOR-AMORTIGUADOR-CUERDA PARA LA SINCRONIZACIÓN. (TAC)

- A fin de que en una planta manufacturera se puedan lograr los beneficios de una operación sincrónica, se necesita un control logístico que sea manejable y que produzca un comportamiento predecible.

Definición de los elementos de TAC

- Desde el punto de vista del desarrollo de planes de producción buenos y manejables, las restricciones críticas en una planta manufacturera son: demanda del mercado, y capacidad y limitaciones de los materiales.

RESTRICCIONES CRITICAS
PARA ESTABLECER UN
PLAN BÁSICO DE
PRODUCCIÓN

PRIMERA

- Las cantidades propuestas del plan de producción, no deberán exceder la demanda del mercado proyectada.

SEGUNDA

- Debe haber suficiente suministro de materiales para apoyar el plan de producción.

TERCERA

- El flujo propuesto del producto requerido para apoyar el plan de producción no debe sobrecargar las capacidades procesadoras de los recursos.

La estrategia TAC

1. Establecer el PMP de modo que sea congruente con las restricciones del sistema. (Tambor.)
2. Proteger el rendimiento específico del sistema contra las inevitables pequeñas fluctuaciones, con el empleo de amortiguadores de tiempo en algunos de los pocos puntos más o menos críticos del sistema.(Amortiguador.)
3. Ligar la producción en cada recurso con el toque de tambor. (Cuerda.)

Principio 1 de la manufactura sincrónica

No concentrarse en balancear las capacidades, sino en
sincronizar el flujo

- ***Recurso que es cuello de botella:*** Cualquier recurso cuya capacidad es igual o menor que la demanda que se le impone.
- ***Recurso que no es cuello de botella:*** Cualquier recurso cuya capacidad es mayor que la demanda que se le impone.

Tiempo de producción: Tiempo empleado para procesar un producto.

Tiempo de preparación: Tiempo empleado en la preparación para procesar un producto.

Tiempo ocioso de espera: Tiempo no empleado en la preparación o en el procesamiento.

Tiempo desperdiciado: El empleado en la transformación de materiales que no se puede convertir en rendimiento específico. Puede incluir productos de calidad inaceptable, materiales de producción en proceso que no se necesita, o producto terminado para el cual no hay demanda.

Principio 2 de la manufactura sincrónica: El valor marginal del tiempo en un recurso de cuello de botella, es igual a la tasa de rendimiento específico de los productos trabajados en ese recurso.

Principio 3 de la manufactura sincrónica: El valor marginal del tiempo en un recurso que no es cuello de botella es insignificante.

Poner en acción (en funcionamiento): Se refiere al empleo de un recurso o centro de trabajo para procesar materiales o productos.

Utilización: Se refiere a poner en acción un recurso que haga una aportación positiva al desempeño (rendimiento específico) de la empresa.

Principio 4 de la manufactura sincrónica:

La magnitud de la utilización de un recurso que no es cuello de botella, se controla por las otras restricciones internas del sistema.

Principio 5 de la manufactura sincrónica.

Los recursos se deben utilizar, no basta con ponerlos en funcionamiento.

Una *restricción* es cualquier elemento que impida al sistema alcanzar la meta de ganar más dinero.

Cada empresa tiene cuando menos una restricción de lo contrario, podría ganar cantidades ilimitadas de dinero.

TIPOS DE RESTRICCIONES

- *De mercado*
- *De materiales*
- *De capacidad*
- *Logísticas*
- *Administrativas*
- *Conductuales*

TIPOS DE RESTRICCIONES

- *Restricciones de mercados:* El Factor crítico que impulsa a cualquier planta manufacturera es la demanda del mercado, que determina los límites del rendimiento específico dentro de los cuales debería funcionar la empresa.

TIPOS DE RESTRICCIONES

- *Restricciones de Materiales:* Si no se cuenta con los insumos necesarios, se debe cerrar el proceso de manufactura. Los administradores han conocido este axioma desde que empezaron los trabajos de producción.

TIPOS DE RESTRICCIONES

- *Restricciones de capacidad:* Existen dos factores muy importantes que influyen directamente en la capacidad de una planta para mantener el flujo de producción deseado en una forma uniforme y oportuna.

TIPOS DE RESTRICCIONES

- *Restricciones logísticas:* Cualquier restricción inherente al sistema de planeación y control de la manufactura utilizando en la empresa, se cataloga como una restricción logística. El efecto primario de este tipo de restricción es que actúa como un lastre para el flujo uniforme de los artículos a través del sistema.

TIPOS DE RESTRICCIONES

- *Restricciones administrativas:* Son las estrategias y políticas de la empresa implantadas por la dirección, y que perjudican todas las decisiones relacionadas con la manufactura.

TIPOS DE RESTRICCIONES

- *Restricciones conductuales:* Hasta cierto grado, las empresas se pueden caracterizar por las actitudes y conducta de su fuerza de trabajo. En el momento en el cual se ejerciten conductas que vayan en contra de los principios de la manufactura sincrónica, estas conductas se vuelven una restricción para el sistema.

Recurso restrictivo de la capacidad

- Cualquier recurso que, si no se programa o maneja en la forma correcta, probablemente ocasione que el flujo real del producto planeado a través de la planta se desvíe del flujo del producto.

EL CONCEPTO DEL SISTEMA TAMBOR-AMORTIGUADOR-CUERDA PARA LA SINCRONIZACIÓN. (TAC)

- A fin de que en una planta manufacturera se puedan lograr los beneficios de una operación sincrónica, se necesita un control logístico que sea manejable y que produzca un comportamiento predecible.

Definición de los elementos de TAC

- Desde el punto de vista del desarrollo de planes de producción buenos y manejables, las restricciones críticas en una planta manufacturera son: demanda del mercado, y capacidad y limitaciones de los materiales.

RESTRICCIONES CRITICAS
PARA ESTABLECER UN
PLAN BÁSICO DE
PRODUCCIÓN

PRIMERA

- Las cantidades propuestas del plan de producción, no deberán exceder la demanda del mercado proyectada.

SEGUNDA

- Debe haber suficiente suministro de materiales para apoyar el plan de producción.

TERCERA

- El flujo propuesto del producto requerido para apoyar el plan de producción no debe sobrecargar las capacidades procesadoras de los recursos.

La estrategia TAC

1. Establecer el PMP de modo que sea congruente con las restricciones del sistema. (Tambor.)
2. Proteger el rendimiento específico del sistema contra las inevitables pequeñas fluctuaciones, con el empleo de amortiguadores de tiempo en algunos de los pocos puntos más o menos críticos del sistema.(Amortiguador.)
3. Ligar la producción en cada recurso con el toque de tambor. (Cuerda.)

Principio 6 de la manufactura sincrónica:

El lote de transferencia no tiene que ser ni debería ser igual al lote de proceso.

Principio 7 de la manufactura sincrónica:

El tamaño de un lote de proceso
puede ser variable tanto con el
paso del tiempo como en su
movimiento en la planta.

Lote de proceso:

La cantidad e un producto trabajado (procesado) en un recurso antes de cambiar ese recurso para producir un producto diferente.

Lote de transferencia:

La cantidad de unidades que se mueven al mismo tiempo de un recurso al siguiente.

La meta no es que el flujo real del producto sea exactamente igual que el del flujo planeado, sino hacer que el flujo real sea suficiente para cumplir con la demanda del mercado. Es decir, el flujo planeado del producto se debe establecer de modo que, a pesar de la presencia de discontinuidades, el flujo real abastezca la demanda.

Los razonamientos para distribuir los amortiguadores de tiempo en el proceso se caracterizan por lo siguiente:

1. Cada operación está amortiguada o protegida hasta cierto grado.
2. El sistema tiene, en general, más amortiguación que cualquier operación individual.
3. La cantidad de amortiguación disponible depende de la ubicación de la anomalía en el proceso. Cuanto más adelante del proceso ocurra la discontinuidad, menor protección habrá. Cabe señalar que el método de amortiguación tiene en su efecto cierta semejanza con el sistema Kanban.

Es de máxima importancia recordar que no es necesario proteger todas las operaciones de manufactura de la planta. Sólo es necesario proteger el flujo total del producto en el sistema y, en particular, en los embarques.

Esta configuración, en la cual toda la amortiguación se ubica antes del embarque, tiene las siguientes características:

1. Las operaciones individuales separadas no están protegidas contra las discontinuidades. Dado que estas siempre ocurrirán, la mayor parte de las operaciones estarán atrasadas respecto al plan.
2. El sistema total tiene el beneficio de la amortiguación completa, sin que importe en dónde ocurra la discontinuidad.
3. Una amortiguación bien definida y ubicada con precisión, sirve para concentrar la atención en ella. Siempre se tiene presente el que haya esa amortiguación. Los numerosos problemas que surgen para hacer llegar a tiempo el material al amortiguador se hacen presentes con claridad.

Los amortiguadores de tiempo deben suministrarse en el proceso antes de las operaciones RRC.

Se necesitarán por lo general amortiguadores de tiempo en, cuando menos, dos lugares: (1) al final del proceso, antes del embarque y, (2) frente a los RRC durante el proceso.

El tamaño de los amortiguadores de tiempo. El siguiente aspecto clave a estudiar, es cómo la administración debería escoger el tamaño de los amortiguadores de tiempo que se deben establecer en el sistema. La respuesta puede resumirse de forma muy general. Si un amortiguador de tiempo determinado no es lo bastante grande para proteger el sistema, entonces hay que aumentar el tamaño del amortiguador.

La experiencia de los autores indica que, para una empresa que trata de implantar un sistema TAC, un punto de partida conveniente para dimensión de la amortiguación total del tiempo es más o menos el 50% del tiempo de producción actual de la empresa. Esto tiene dos ventajas importantes:

1. Suministra suficiente amortiguación para poder cumplir con las promesas de entrega.
2. Cumple con la necesidad competitiva de una gran reducción en los tiempos de elaboración.

Establecimiento del tambor.

Primero, se determinan en forma específica todos los recursos (RRC), cuya capacidad sea problemática. Los diversos pedidos que se van a procesar en los RRC determinan la cantidad y oportunidad del rendimiento específico del sistema, el último paso es emplear el flujo programado del producto por los RRC, a fin de determinar cuál debería ser el PMP del sistema. Ahora ya se establece el toque del tambor para el sistema.

Lote de Transferencia

¿Cuántas unidades se deberían mover cada vez?
Los lotes de transferencia pequeños deberían producir un flujo más veloz del material y existencias menores, pero pueden incluir mayor manejo de materiales. Los lotes de transferencia grandes requieren menos movimientos de materiales, pero por lo general producen un flujo más lento de materiales y mayores inventarios.

Los lotes de proceso grandes hacen que se emplee menos tiempo en las preparaciones, por tanto, es posible una mayor producción en los RRC.

Un lote de proceso grande implica que se ha combinado cierto número de pedidos en una sola corrida de producción más larga, al grado de no cumplir con las fechas prometidas.

Si el plan no es bueno para la planta, entonces es necesario analizar el flujo del producto para reconocer y corregir el problema. ¿ Es incorrecta la secuencia del producción? ¿ Se efectúan demasiadas preparaciones o se efectúan muy pocas? ¿ Son los lotes de transferencia muy grandes o muy pequeños?

El *tambor* suministra el programa maestro de producción (PMP), congruente con los requisitos y capacidades de la planta. Los amortiguadores de tiempo aseguran, a mínimo costo, que se cumplirá con lo prometido a los clientes, con gran confiabilidad.

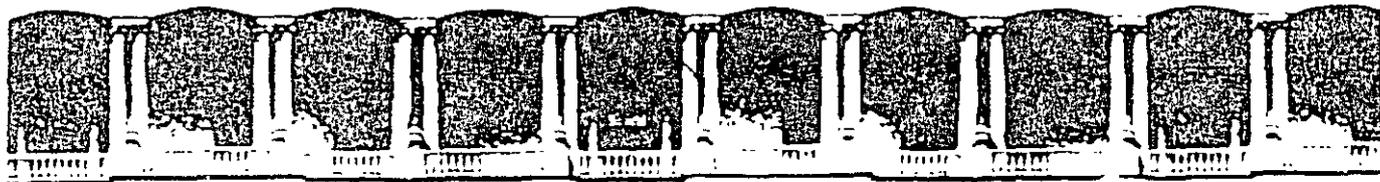
Todas las estaciones de trabajo deben estar sincronizadas con los requisitos del PMP, a fin de poder ejecutar el plan con eficiencia. Ésta es la función de la *cuerda*.

Consideraciones importantes para establecer la cuerda.

Se deben tener en cuenta dos factores importantes al establecer la cuerda para un sistema logístico:

1. La información que se transmite debe tener un significado, para lo cual debe ser pertinente, válida y desconocida para los receptores. Además, la información debe dar a los receptores la oportunidad de aplicar con eficacia sus conocimientos y experiencia.

2. El control del programa no debería depender de la administración ni el manejo detallado de todos los recursos.



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

Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN INGENIERIA EN
PRODUCCION**

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION.

TEMA

TECNOLOGÍA DE GRUPOS

**EXPOSITOR: M. EN I. SILVINA HERNANDEZ GARCIA
PALACIO DE MINERIA
MARZO DEL 2001**

Capítulo #1

Formación de Familias de Partes.

La característica esencial del sistema de Grupos Tecnológicos es la estandarización de los procesos de producción mediante la integración de partes de trabajo en familias. Cada familia se forma con base en ciertas características similares de las partes.

Cada nueva parte se asigna a su familia apropiada. Por ejemplo, una familia pueden ser todas las flechas desde 1 a 3 pulgadas de diámetro, de 6 a 8 de longitud y con no más de seis diámetros. Se prepara un seguimiento óptimo especificando las operaciones de máquinas y herramientas para cualquier parte en una familia.

El seguimiento incluye operaciones para desviaciones permitidas como extremos buscados, agujeros cruzados, diferencias de material, etc., en una familia de flechas. Estos pasos adicionales se eliminan para seguir cualquier flecha que no lo requiera.

La principal dificultad que se tiene durante la iniciación de un Grupo Tecnológico es que todos los métodos de agrupación no son eficientes y generalmente son inadecuados para hacer cada tipo de integración.

En este capítulo se comentan algunos métodos y se supone que para las metas específicas de una planta, podría surgir la necesidad de preparar un método nuevo ó adaptar uno ya existente a las necesidades de la empresa.

El paso inicial en la manufactura, una vez que se han terminado las especificaciones de diseño, es planear los procesos. Las especificaciones de proceso incluyen una lista de las operaciones, máquinas, herramientas, etc., requeridas para hacer una parte en forma eficiente.

Estas especificaciones junto con las especificaciones de diseño se pasan para la obtención de material, estimación de costos, programación de la producción y control, inspección, etc.

Antes todas estas funciones de la manufactura se hacían en forma manual, pero en tiempos recientes algunas ó todas se han automatizado en sistemas conocidos como *manufactura auxiliada por computadora (CAM)*.

Se informa que hay más de 2.500 instalaciones CAD / CAM en todo el mundo. El paso inicial de un sistema completo CAM es la *planeación de procesos auxiliada por computadora (CAPP)*.

Cuando se va a procesar una parte, el programa CAPP identifica a su familia mediante su codificación, recupera el seguimiento apropiado y los programas de control numérico y los inserta en las dimensiones necesarias para calcular y seleccionar velocidades y alimentaciones de corte, requisitos de potencia, etc.

Al término la computadora emite rutas para control de producción y otras funciones y programas de control numérico en cinta, discos ó directamente en el almacenamiento de control del CN.

En general, es muy difícil agrupar en familias todas las partes producidas en la empresa. Por ello, es importante clasificarlas inicialmente, antes de formar familias. Esto se puede hacer basándose en:

- Inversión anual de la parte.
- Complejidad geométrica

Independientemente del metodo que se use, deben de considerarse las ventajas fundamentales de dicho agrupamiento, las cuales se podran evidenciar si se observa el proceso de producción

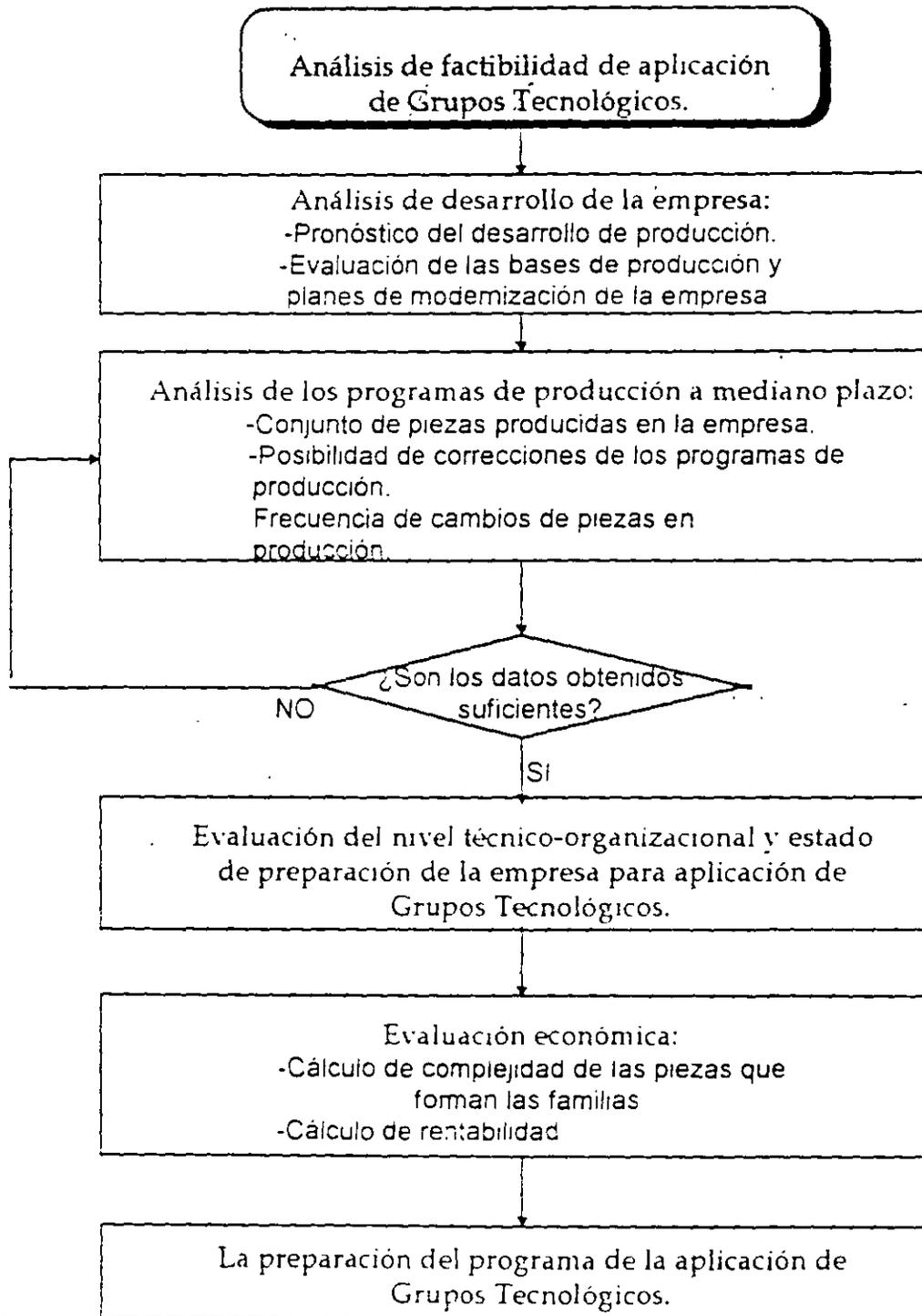
Las ventajas del agrupamiento son las siguientes

- Reducción del tiempo de cambio.
- Reducción de los costos de materia prima.
- Reducción de los costos de herramienta y dispositivos.
- Simplificación del diseño de partes.

Se debe de tener especial cuidado, antes de seguir, más adelante en realizar un análisis de factibilidad para formar familias de partes. Si tales familias existen, y es posible implantarlas en un organismo viable dentro de la empresa, entonces se considera a los Grupos Tecnológicos como una solución factible

De otra manera se debe de escoger otro tipo de sistema de producción

El análisis de factibilidad se puede realizar a través del siguiente diagrama de flujo:



Clasificación de partes para la formación de familias.-

Antecedentes:

Las clasificaciones y procedimiento de los códigos son tan antiguos como el hombre. Debe mencionarse que entre los primeros exploradores de esta área están: *Mitrofanov* (Rusia), *Gombinski* y *Brisch* (Inglaterra), *Opitz* (Alemania) y muchos otros

Ellos establecieron los principios, adaptaron los resultados y desarrollaron sistemas. Como ejemplo se puede mencionar que se han reportado 100 diferentes sistemas creados para diferentes áreas, por ejemplo:

- Proceso de maquinado.
- Proceso de fundición
- Proceso de forja.

Mitrofanov creó un sistema para diseñar celdas donde se pueden maquinar piezas de diferentes familias y formar entre ellas un grupo (aumento de magnitudes de lote)
Opitz elaboró su sistema para apoyar el diseño adecuado del equipo de producción. Finalmente, el sistema Brisch está orientado al diseño reintegrado.

En la actualidad, los sistemas desarrollados están orientados al área de producción; generalmente se puede constatar que las características principales son:

- Proliferación
- Relaciones.
- Atributos escogidos

También hay que mencionar que los sistemas dependen básicamente de la gente, la cual encontró una solución dada. La mayoría de los sistemas tienen un carácter jerárquico, vienen desde las generalidades hasta los pequeños detalles y para sus clasificaciones cuentan con un código de 6 dígitos, otros más complicados con un código de hasta 32 dígitos. Para su uso se aplican los códigos numéricos o alfanuméricos

Uso de un sistema lógico de codificación.

Es necesario poder identificar los componentes semejantes rápidamente, y todo parece indicar que las características de un sistema satisfactorio son:

- 1.- Cualquier "nombre de código" debe indicar un solo concepto.
- 2.- Cualquier artículo debe tener un solo nombre de código.
- 3.- La cobertura debe ser apropiada y completa.
- 4.- Debe ser totalmente numérico (aunque existen algunas excepciones a este respecto).
- 5.- El nombre de código debe tener una longitud constante.
- 6.- El nombre de código no debe ser excesivamente largo.
- 7.- Mientras más simple sea el artículo más simple deberá ser el nombre de código.
- 8.- La clasificación debe basarse en características permanentes.

Uno de estos sistemas de numeración es el método de *Apellido-nombre propio*, en el cual se toma en cuenta la variedad completa de componentes en uso ó con probabilidades de usarse; los componentes se agrupan en familias, teniendo todas ellas marcadas semejanzas en alguna característica importante.

Cada familia recibe entonces un número (el apellido), y a cada componente de esa familia se le da un segundo número (el nombre propio) que lo distingue de sus semejantes.

Luego, si aparentemente se requiere de un nuevo componente, se examinan los dibujos de la familia a la que pertenece y se seleccionan los componentes adecuados. Esta técnica es muy flexible porque permite una expansión considerable, y al archivar los dibujos ayuda a que los de tamaño similar queden juntos.

Se origina un problema inicial en las definiciones originales de las familias. esta labor hay que hacerla con todo cuidado. deben escribirse las definiciones para formar un diccionario

Una vez hecho lo anterior el funcionamiento del sistema es sumamente simple, y sus resultados se sienten no sólo en la oficina de diseño y dibujo sino en toda la fábrica, donde otros departamentos se acostumbrarán rápidamente a reconocer los números y relacionarlos con ciertos componentes

Aplicaciones.-

La identificación de los objetivos de aplicar la clasificación tiene importancia primordial para la selección y futura implantación del sistema. Es muy raro que un sistema disponible en el mercado satisfaga todas las necesidades del usuario, entonces, se supone que los ingenieros de la planta lo modificarán ó lo perfeccionarán hasta satisfacer sus necesidades.

Desde el punto de vista teórico, la creación del sistema para usos múltiples es posible, pero esto se considera como muy laborioso y costoso, por eso, en la mayoría de los casos se han creado clasificaciones dedicadas a diferentes objetivos.

Generalmente la clasificación de las familias de partes se puede utilizar para las áreas de: Diseño, Planeación del flujo de material y administración de la empresa.

Tomando en cuenta que lo antes señalado tiene diferentes aplicaciones en la siguiente figura (fig 1.1), se muestran las principales áreas del uso de clasificación y atributos que debe contener cada sistema, dependiendo de su implantación:

APLICACIONES	Características de pieza de trabajo										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Diseño generativo	*	*	*	*	*						
Diseño reintegrado	*	*		*	*						
Planeación generativa del proceso	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*
Selección del equipo	*	*	*		*	*	*	*	*		*
Diseño de las herramientas	*	*	*		*	*	*	*	*		
Estimación del tiempo y/o costo	*	*	*		*	*	*	*	*		*
Planeación del montaje	*	*			*	*	*	*	*	*	
Flujo de producción	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*
Diseño paramétrico	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*

fig. 1.1 Matriz de selección de atributos (tomada de Tecnología de Grupos Bednarek).

Donde	1	Contorno.
	2	Características de forma
	3	Tratamiento
	4	Funciones.
	5	Dimensiones.
	6	Tolerancias
	7	Tipo de acabado
	8	Tipo de material
	9	Magnitud de la producción
	10	Orden del montaje
	11	Material prima=Tipo

A continuación se describen brevemente algunas aplicaciones:

Diseño integrado.

Antes de diseñar un producto nuevo es conveniente verificar si en el archivo no existen construcciones similares. El ahorro posible será el resultado de:

- Adaptación del diseño del producto existente.
- Adaptación del diseño de los componentes.

Ambos elementos son de gran importancia porque debe tomarse en cuenta que aproximadamente entre el 10 y 20% de la geometría de la pieza depende de los parámetros del producto. Luego entonces del 80 al 90% dependen del punto de vista del diseñador

Obsérvese que la estandarización en esta área reduce costos, aumenta la infalibilidad y ofrece otro tipo de beneficios para la planta

Planeación generativa del proceso

Una de las características más importantes de la estandarización es que el código de familia ó pieza garantice recabar los datos necesarios para la planeación lógica y conveniente del proceso de manufactura

Aquí debe señalarse que la clasificación de las familias ó partes debe ser acompañada por la estandarización de los procesos, donde diferentes atributos se pueden utilizar como palabra clave

Esto facilita el diseño por computadora; por ejemplo, después de la selección y según el costo de fabricación, los códigos del tratamiento térmico, revestimiento y características especiales de la pieza, etcétera, pueden gobernar la selección computanzada de la secuencia de las operaciones, lo cual se puede considerar como el diseño generativo.

Estimación de tiempo y costo.

La estimación de costos y tiempos es laboriosa, muy frecuentemente los resultados obtenidos son incorrectos por falta de datos, variaciones de las condiciones de producción, etcétera; Sin embargo, la estandarización de las familias puede servir de ayuda, especialmente su código, ya que puede incluir una clave de acceso para saber los actuales costos ó tiempos de producción de cada lote

Después de simples métodos matemáticos, se puede utilizar para la predicción, con el fin de obtener los costos ó tiempos aclarados de los nuevos lotes. Esta solución exige, por supuesto, un sistema computarizado, el cual dispone también de un módulo de planeación e inventarios de producción.

Estandarización de diseño de herramental.

La clasificación de las familias de partes influye en el diseño de las herramientas y dispositivos, especialmente en:

- Reducción de las variaciones de formas básicas de partes.
- Reducción de las variaciones de las características especiales.

En este caso, el problema fundamental es la capacidad del sistema de clasificación para modificar los componentes de unidades ó productos mediante el código de la parte.

Selección inicial de partes.-

Para determinar el tipo de las partes y estudiar su agrupamiento en familias se puede tomar en cuenta la inversión anual en la parte y su complejidad.

Criterio de inversión.

Para clasificar las partes con base en su inversión se consideran los siguientes factores:

- Costo unitario de fabricación.
- Consumo anual.

Ambas en función del número (clave) ó nombre de la parte debido a que en las tablas se debe de indicar lo siguiente:

- Clave.
- Costo unitario.
- Magnitud de producción (ó consumo)
- Inversión anual (producto entre costo unitario y magnitud de producción).

En dichas tablas se pueden dividir las partes, objetivo de nuestra investigación, en diferentes grupos, dependiendo de su participación porcentual en la inversión acumulada. Al respecto, algunos autores sugieren la división en tres grupos, por ejemplo:

1. Las partes que representan 80% de la inversión acumulada.
2. Las partes que representan 15% de la inversión acumulada.
3. Las partes que representan 5% de la inversión acumulada.

Tal división es subjetiva y queda a cargo de los responsables de producción, (se aplica también al criterio de complejidad), de ahí que el criterio, según la inversión, sirve para determinar las áreas de factibilidad de aplicar el sistema de Grupos Tecnológicos.

Criterio de complejidad.-

Se utiliza para clasificar las partes tomando en cuenta su importancia para la producción final, por ejemplo: las metas de ensamble, la reducción del ciclo de producción, problemas de exportación, etc.

En cada una de estas fases es vital la atención para resolver el problema, la cual se relaciona en el producto final, es decir deben considerarse sus componentes (partes, piezas de trabajo, etc.) y su importancia en cuanto a. precisión y largos tiempos unitarios.

Normalmente se puede suponer, sin duda, que hay partes con mayor grado de complejidad que otras. Dicha complejidad de la pieza es el parámetro de la pieza maquinada e influyen en su complejidad el número de las superficies maquinadas, las formas y la exactitud del maquinado, que en el conjunto máquina/pieza responde al cambio en los parámetros de corte, en los movimientos de las herramientas y en los cambios de sujeción.

La complejidad de la pieza se calcula con ayuda de unas tablas especiales, (como la que se muestra en la figura 1.2), con las cuales se obtienen los coeficientes necesarios para cada grupo de piezas, por ejemplo: piezas cónicas, cilíndricas, cuyo cálculo consiste en determinar el número de pasadas y operaciones de las herramientas que fueron necesarias para todas las superficies de la pieza.

Por lo cual, se puede deducir que el grado de complejidad dependerá del número de superficies por maquinar, así como de la forma y exactitud del maquinado que es necesario obtener en cada superficie

Con base en lo anterior, el cálculo del grado de complejidad se realiza en función de la tolerancia que se especifique para cada superficie y en cada pieza por evaluar. Dicho cálculo se efectúa de la siguiente manera:

- 1 - Como el cálculo se hace tomando en cuenta la base de cada superficie por maquinar, se procede a escoger superficie para su evaluación
- 2 - Se calcula el número de "pasadas" de la herramienta (I_p) sobre la superficie analizada, todas las necesarias para obtener la tolerancia especificada
- 3 - Se obtendrá el valor del coeficiente de la complejidad de la superficie analizada (Z_i), el cual está en función de la tolerancia y de la forma de la superficie.
- 4 - Se multiplica el valor del coeficiente Z_i por el número de "pasadas" de la herramienta (I_p)

5.- Los pasos anteriores (1,2,3,4) se realizarán para cada superficie que se maquina en la pieza analizada.

6.- Todos los valores obtenidos del inciso 4) se suman y dan un valor total que representa el grado de complejidad geométrica de la pieza analizada (Z).

Con lo anterior, se puede representar el grado de complejidad (Z) en términos matemáticos de la manera siguiente:

$$Z = \sum_{i=1..n} Z_i * I_{pi}$$

donde.

Z= Grado de complejidad geométrica de la pieza.

Z_i= Coeficiente de la complejidad de la superficie analizada.

I_{pi} = Número de pasadas de la herramienta sobre la superficie analizada

i= Superficie analizada.

En la siguiente figura (fig 1.2) se indican los valores del coeficiente de la complejidad de la superficie analizada (Z_i), para las piezas tipo flecha, disco y buje

Forma de superficie	Tolerancias (micras)	Coeficiente Z _i
Cilindrica o plana	Libre 0 ≥ 170 μm	1
Cono		2
Cilindrica interior		2
Curvada		2
Cilindrica o plana	De μm 51 a 170	2
Cono		4
Cilindrica interior		4
Curvada		6
Cilindrica o plana	≥ 50 μm	3
Cono		8
Cilindrica interior		8
Curvada		10

figura 1.2 Valores del coeficiente de la complejidad de la superficie analizada (Z_i) para distintas superficies (Tecnología de Grupos Bednarek)

El calculo de la complejidad de las piezas puede servir en caso dado como criterio económico. Se pueden obtener los tres grupos según el valor de complejidad, es decir: máxima, mediana y mínima

En este momento se puede formar un tipo de matriz de columnas ó grupos según la complejidad y líneas ó grupos según la inversión es muy sencillo escoger el primer grupo de partes para la investigación, ya que inicia en las piezas más importantes.

Sistemas para codificar partes.-

Estos sistemas asignan un número a cada pieza ó parte de acuerdo con sus características. esta codificación permite clasificar piezas con características (números) comunes. Para ello se usa una computadora que determine el conjunto de piezas similares.

A continuación se presentan algunos de los sistemas de codificación más conocidos

Sistema Bnsch (Reino Unido) -

Este sistema requiere un código primario ó monocódigo de ocho dígitos, que define en forma eficaz las características de diseño de la pieza, seguido por un código de fabricación, generalmente el primer dígito del código primario se toma de la serie.

0	Organización y operaciones
1	Materiales primarios
2	Mercancías compradas.
3	Componentes
4	Subensambles y productos
5	Herramientas y equipo portátil
6	Planta y maquinaria
7	Edificios, servicios, instalaciones
8	Desperdicios
9	Reservado

fig. 1.3

Todos los demás dígitos se adaptan a la organización del cliente. El policódigo requiere consultar un "libro de código", el cual también se adapta a las necesidades del usuario.

El sistema Mitrofanov (URSS).-

Este sistema fue creado por S. P. Mitrofanov, uno de los primeros investigadores conocidos en Tecnología de Grupos, el cual concibió por primera vez la idea del componente compuesto. En esencia es un código de siete dígitos orientado a la producción, como se ve en el siguiente cuadro:

Primer dígito (0-9).	Sección	
Segundo dígito (0-9).	Clase.	Piezas caracterizadas por una función y una forma estructural comunes.
Tercer dígito (0-9)	Subclase.	Piezas caracterizadas por formas comunes y métodos de procesamiento comunes
Cuarto dígito (0-9).	Grupo.	caracterizado por formas y número de operaciones de manufactura similares
Quinto dígito (0-9)	Tipo.	Tipo de operación
Sexto, séptimo dígito (0-99)	Tamaño	

fig. 1.4 Sistema Mitrofanov (URSS)

No se ha encontrado referencia alguna en cuanto a la aplicación de este código fuera de la URSS (Nota Mitrofanov concentró su trabajo en grupos de una sola máquina, por ejemplo tornos revólver)

El sistema Vuoso (Checoslovaquia) -

Este sistema se desarrolló en el Vuoso Research Institute for Machine Tools & Metal Cutting de Checoslovaquia en 1959. Es un código simple de cuatro dígitos, cuyos detalles caben en una sola hoja de papel.

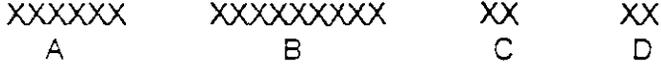
Inevitablemente carece de la minuciosidad de los sistemas Brisch u Opitz, pero su sencillez es tanta que merece una cuidadosa consideración.

Antes de asignar un componente a una familia es necesario consultar el dibujo apropiado, lo cual es innecesario en el sistema Brisch.

Sistema H. Opitz (Alemania Occidental) -

Este sistema de clasificación y codificación fue creado por el profesor H. Opitz en el Laboratorio de máquinas-herramientas en la Technical University de Aachen, Alemania.

A cada pieza se le asigna un número de identificación (6 dígitos), un número de clasificación (9 dígitos) y un número de información (4 dígitos) y se representa así:



donde.

- A. Es el número de la identificación de la pieza, asignado en secuencia y posiblemente asociado con el número de plano ó dibujo
- B Es el número de clasificación dentro de este número los primeros cinco dígitos representan la codificación de forma y geometría de la pieza y los últimos cuatro dígitos representan la codificación suplementaria para especificar materia prima, precisión, etc
- C Es el número para especificar el tipo de dibujo.
- D. Es el número para especificar el tipo de calidad necesaria

El sistema Opitz define solamente el número asociado aquí con B A continuación se explica brevemente la codificación de forma (cinco dígitos) ver siguiente figura (fig 1.3):

1er Dígito	2o Dígito	3er Dígito	4o Dígito	5o Dígito
Clase de componente	Formas externas Elementos de las formas externas	Formas internas Elementos de las formas internas	Máquinado de caras planas	Taladrado auxiliar Fresado de dientes para engranes
0	Liso, sin elementos de forma	0 Sin agujeros pasante, agujero ciego	0 Sin maquinado de caras	0 Sin agujeros auxiliares
1	Sin elementos de forma	1 Sin elementos de forma	1 Superficie plana externa y/o superficie curva en una dirección	1 Agujeros axiales sin relación con guía de taladrar
2	Con rosca para tornillo	2 Con rosca para tornillo	2 Superficies planas externas relacionadas por graduación alrededor de un	2 Agujeros axiales relacionados con guía de taladrar
3	Con ranura de funcionamiento	3 Con ranura de funcionamiento	3 Ranura externa y/o cuñero	3 Agujeros radiales sin relación con guía taladrar
4	Sin elementos de forma	4 Sin elementos de forma	4 Estrías externas y/o polígono	4 Agujeros radiales y/o axiales en otras direcciones no relacionadas
5	Con rosca para tornillo	5 Con rosca para tornillo	5 Superficie plana externa y/o cuñero y/o ranura, estrías	5 Agujeros radiales y/o axiales en otras direcciones relacionadas por otra guía de taladros
6	Ranura de funcionamiento	6 Con ranura	6 Superficie plana interna y/o ranura	6 Dientes de engrane recto
7	Cono de funcionamiento	7 Cono de funcionamiento	7 Estrías internas y/o polígono	7 Dientes de engrane cónico
8	Rosca para operación	8 Rosca para operación	8 Estrías interna y externa y/o cuñero y/o ranura	8 Otros dientes de engranes
9	Otros (>10 diámetro funcional)	9 Otros (>10 diámetro funcional)	9 Otros	9 Otros

-Primer dígito.-

Clasifica las piezas en rotatorias, no rotatorias y subclase, de acuerdo con el coeficiente largo/diámetro ó largo/ancho. Las partes rotatorias se clasifican en: discos, bujes, flechas ó especiales. Las piezas no rotatorias se caracterizan por ser planas, largas ó cúbicas. El significado del primer dígito es el siguiente:

Partes rotatorias	0		$L/D \leq 0.5$
	1		$0.5 \leq L/D \leq 3$
	2		$L/D \geq 3$
	3	Variaciones	$L/D \leq 2$
	4	Vanaciones	$L/D \geq 2$
	5	Partes especiales	
Partes no rotatorias	6		$A/B \leq 3, A/C4$
	7		$A/B > 3$
	8		$A/B \leq 3; A/C < 4$
	9	Partes especiales	

fig. 1.6

(Nota. A, B y C son dimensiones de la pieza, donde $A \geq B \geq C$).

-Segundo dígito.

Define la forma principal de la pieza. Existen cinco tablas que definen la forma, esto depende del primer dígito

Primer dígito	Segundo dígito
0, 1, 6, 2	Tabla 1
3, 4	Tabla 2
6	Tabla 3
7	Tabla 4
8	Tabla 5

fig. 1.7 (ver la figura 1.5 dividida en 5 tablas)

-- Tercer dígito

Especifica la forma interna de las partes rotatorias y la forma y posición de los principales agujeros de las partes no rotatorias además, describe en general, superficies internas generadas por herramientas para barrenos. existen tres tablas para explicar este dígito

Primer dígito	Tercer dígito
0, 1, 6, 2	Tabla 6
3 o 4	Tabla 7
6, 7 ó 8	Tabla 8

fig. 1.8

Por ejemplo, el número 102 indica:

- 1 $0.5 \leq L / D \leq 3$
- 0 Forma exterior uniforme.
- 2 Rosca interna en un extremo.

-- Cuarto dígito.

Especifica las características de las superficies planas. Existen tres tablas con la misma distribución que la anterior, respecto al primer dígito. Si el cuarto dígito en el ejemplo anterior es "0", indica que no existe maquinado en la superficie plana

-- Quinto dígito.

Describe agujeros auxiliares, engranes y formas especiales.

En el código suplementario (cuatro dígitos), el primer dígito define el tamaño general de la pieza, por ejemplo, si el dígito es 2, indica que el diámetro ó la dimensión A es mayor que 50 mm. y menor que 100 mm.

El segundo dígito se usa para especificar el tipo de material, por ejemplo, si es igual a 6, indica que es un acero de aleación y con tratamiento térmico. El tercer dígito indica la forma inicial de la materia prima, por ejemplo, si es 2, indica que es barra triangular, hexagonal ó de otra forma no circular (ver siguiente figura).

El cuarto dígito especifica la exactitud.

Fig. 1/9 Los dígitos complementarios del código Opitz.

1er Dígito		2o Dígito		3er Dígito		4o Dígito		
Diámetro "D" o Longitud de la arista "A"		Material		Forma inicial		Dígito indicativo de la precisión		
	mm	Pulgadas						
0	≤ 20	≤ 0.8	0	Hierro gris	0	Barro redondo, negro	0	No se especifica precisión
1	> 20 ≤ 50	> 0.8 ≤ 2.0	1	Hierro modular y Hierro maleable	1	Barro redondo, estirado brillante	1	2
2	> 50 ≤ 100	> 2.0 ≤ 4.0	2	Acero ≤ 26.5 ton/pulg ² sin tratamiento térmico	2	Barro triangular, cuadrado, hexagonal, otros	2	3
3	> 100 ≤ 150	> 4.0 ≤ 6.5	3	Acero > 26.5 ton/pulg ² acero para tratamiento térmico bajo carbono, endurecido superfi- cial sin tratamiento térmico	3	Tubo	3	4
4	> 160 ≤ 250	> 6.5 ≤ 10.0	4	Aceros 2 y 3 con tratamiento térmico	4	Angulo U, T y de perfiles similares	4	5
5	> 250 ≤ 400	> 10.0 ≤ 15.0	5	Aceros aleados sin tratamiento térmico	5	Hojalata	5	2 y 3
6	> 400 ≤ 600	> 15.0 ≤ 25.0	6	Aceros aleados con tratamiento térmico	6	Solera y placas	6	2 y 4
7	> 600 ≤ 1000	> 25.0 ≤ 40.0	7	Metales no ferrosos	7	Componentes vacuados o forjados	7	2 y 5
8	> 1000 ≤ 2000	> 40.0 ≤ 80.0	8	Aleación ligera	8	Montaje mediante soldadura	8	3 y 4
9	> 2000	> 80.0	9	Otros materiales	9	Componentes premaquinados	9	(2 + 3 + 4 + 5)

Mitre menciona que este sistema se ha probado con más de 100,000 piezas y sus resultados han sido muy satisfactorios.

Una ventaja del sistema de codificación Opitz es su flexibilidad y la facilidad con que se puede modificar, con el fin de introducir ó considerar las circunstancias específicas de una fábrica.

Cualquiera que sea el sistema de clasificación que se utilice, es importante que sea definido claramente y que los números tengan sólo un significado, es decir, que sean inconfundibles.

En una fábrica pequeña, ó en una en la que sea pequeño el número de artículos por clasificar, probablemente no convenga hacer muy extenso el número de código; sin embargo, los beneficios que se obtienen al pasar de una codificación aleatoria a otra lógica son tan grandes que deben aceptarse las dificultades de cambiar los números de código, aún con todos los trastornos inherentes a la remuneración en los almacenes, en el departamento de diseño y en la oficina de costos, e implantarse el sistema lógico.

¿ Deberá basarse la codificación en el diseño ó en la manufactura?

Los sistemas de codificación pueden satisfacer las necesidades de:

- El diseñador.
- El jefe de producción
- Ambos.

Es de esperarse que los beneficios de un sistema de codificación onentado al diseño son enormes y se difunden por toda la organización.

Por tanto, primero debe crearse un sistema de codificación que satisfaga las necesidades del diseñador. A este código fundamental se le puede agregar un código onentado a la producción, si se estima que esto es necesario y posible.

Sin embargo, podría suceder que el intento por satisfacer ambas necesidades conduzca a un sistema de codificación de tal complejidad que se vuelva difícil de manejar, con la subsecuente pérdida de todos los beneficios posibles. Primero deben de satisfacerse las necesidades del diseñador.

Aplicación de los métodos taxonómicos a la agrupación de familias.

La taxonomía numérica es un método de análisis con el cual se pueden crear familias. Consta de tres etapas.

- a) Preparación de matriz de datos.
- b) Cálculos adecuados.
- c) Agrupamiento de partes

El análisis de las partes producidas en la planta se obtiene del conjunto $\{X\}$ de las piezas caracterizadas por un número de las variables x_{ik} .

En este caso, primero debe establecerse la matriz del estado de variables:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & & \vdots \\ x_{w1} & \dots & x_{wn} \end{bmatrix} \dots \dots \dots (1)$$

Después, se determina x_{ik} , que es igual al valor de la variable k de la pieza " i " y que a su vez, debe determinarse de manera cualitativa y cuantitativa.

Por otra parte, las variables que integran la matriz no son uniformes porque cada una describe diferentes características de la pieza y, por lo tanto, tienen diferentes unidades de medida. Este inconveniente se puede eliminar si se estandarizan las variables mediante el uso de las siguientes relaciones:

$$z_{ik} = \frac{x_{ik} - \bar{x}_k}{s_k} \dots \dots \dots (2)$$

$$\bar{x}_k = \frac{1}{n} \sum_{w=1}^n x_{wk} \dots \dots \dots (3)$$

$$s_k = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{w=1}^n (x_{wk} - \bar{x}_k)^2} \dots \dots \dots (4)$$

y se obtiene entonces la matriz Z , la de los datos estandarizados.

donde

\bar{x}_k es la media aritmética de la variable k

s_k es la desviación estándar de esta variable.

Como se puede ver, el método taxonómico permite realizar las diferentes operaciones y estimaciones, pero para nuestros fines lo más interesante es determinar la correlación entre variables porque permite dividir diferentes objetos, según la matriz (1), son las diferentes partes por producir en la empresa, se puede constatar que mediante la determinación de la correlación entre variables, se logra dividir las partes en grupos con las variables aproximadamente iguales, lo que significará la agrupación de las partes en familias.

~~División de los objetos en grupos uniformes, los cuales tienen los valores de las variables aproximadamente iguales.~~

El método utilizado para separar ó dividir los objetos en grupos unitarios se conoce como Método de las Esferas. De tal manera que, despues de haber fijado los componentes de la matriz "X", según la relación (1), la cual se estandariza por las relaciones (2), (3) y (4), se obtiene la matriz "Z".

Tomando como base la matriz "Z" se calcula la matriz de las distancias "C", la cual queda definida por:

$$C = [C_{rs}] \quad r, s = 1, 2, 3, \dots n$$

donde:

$$C = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (Z_{rk} - Z_{sk})^2} \dots \dots \dots (5)$$

La matriz "C" es una matriz simétrica con los elementos de su diagonal iguales a cero. Los siguientes pasos del procedimiento son

1) El cálculo de g según $g = \max_{1 \leq i \leq w} \min_{1 \leq j \leq w} C_{ij} \dots \dots \dots (6)$
siendo "g" un valor máximo de los elementos iniciales de las líneas de la matriz "C".

2) Para $i=1, 2, 3, \dots w$ se define Ω_i de acuerdo con:

$$\Omega_i = \{ j \cdot C_{ij} < g \} \dots \dots \dots (7)$$

que significa que Ω_i es el conjunto de números de la matriz "C" para los cuales

$$C_{ij} < g$$

3) Ω_1 es el que contiene el mayor número de elementos y es el primer grupo de objetos similares que es separado de la matriz "C"

4) De la matriz C son retirados de rengiones y columnas los elementos que forman el conjunto Ω_1 . El procedimiento debe ser repetido para obtener el grupo número dos (Ω_2)

5) Debera continuarse hasta extraer de la matriz "C" todos los elementos del conjunto Ω_i

El diagrama de flujo para este procedimiento se muestra en la siguiente figura (fig 1 ~~10~~).

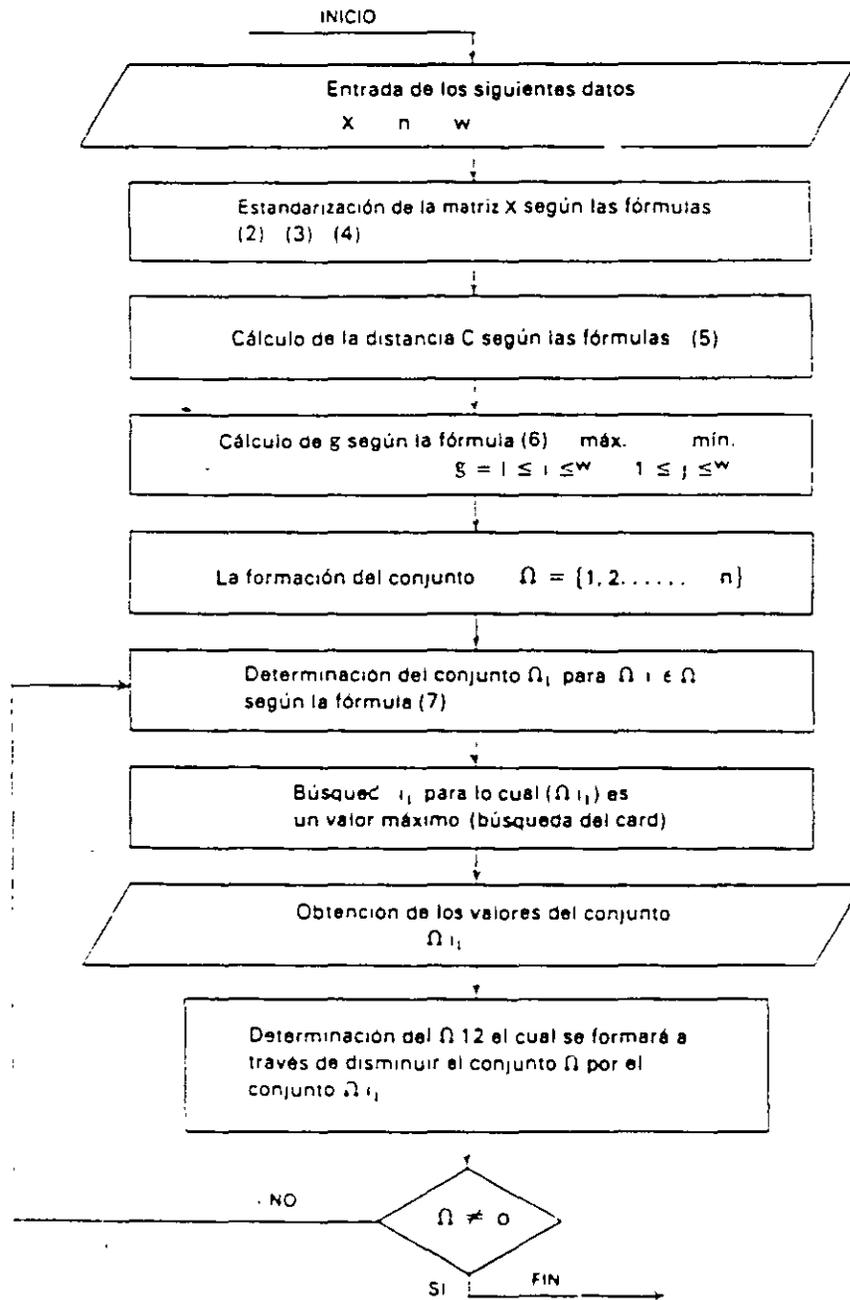


fig. 1.10 Diagrama de flujo del método de las esferas (tomado de Maximum ex minimo E.G.Bnsch).

Análisis del flujo de producción.

Según la proposición de J. L. Burbidge, se pueden utilizar los métodos del análisis del flujo de producción para crear:

- Familias de partes.
- Grupos de máquinas-herramientas.

Este propósito se muestra en la siguiente figura (fig. 1.¹⁷ y 1.¹⁸), la cual presenta la matriz máquina (líneas) en función de piezas de trabajo (columnas)

MAQUINA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
K	✓																																			
D																																				
O																																				
L																																				
K																																				
I																																				
J																																				
O																																				
T																																				
B																																				
I																																				
A																																				

fig. 1.¹⁷ Matriz original máquina-componente, producida en el análisis de flujo de la producción

Debe ordenarse esta matriz para encontrar los grupos de máquinas ó piezas.

MAQUINA	2	12	13	24	27	31	7	10	18	1	3	5	15	17	20	23	25	29	4	6	9	11	21	28	35	30	32	33	8	14	11	22	26	16	34	
K	✓																																			
D																																				
O																																				
L																																				
K																																				
I																																				
J																																				
O																																				
T																																				
B																																				
I																																				
A																																				

Fig 1.¹⁸

Codificación de familias de partes.

Uno de los sistemas más modernos para codificar familias es el DCLASS, ideado en el laboratorio del CAD / CAM de la Birgham University y cuenta, además del módulo de estandarización de familias de partes con:

- ⇒ Módulo de estandarización de procesos.
- ⇒ Módulo de estandarización de las herramientas.

También cuenta con un paquete de software, el cual aparte de clasificar las familias se utiliza para los siguientes casos:

Estandarizar tiempos
Calcular costos
Diseño integrado.

DCLASS no es el único paquete aplicable para los Grupos Tecnológicos que existe, y es conveniente mencionarlo, el Multiclass/Multicapp/Multigroup/Multicats de Digital Equipment Co., pero se sabe que DCLASS tiene mayor nivel en lo referente a aplicaciones prácticas.

La concepción fundamental del DCLASS está basada en:

- Árbol en E. 11 12
- Árbol en N (ver figuras 1.13 y 1.1A):

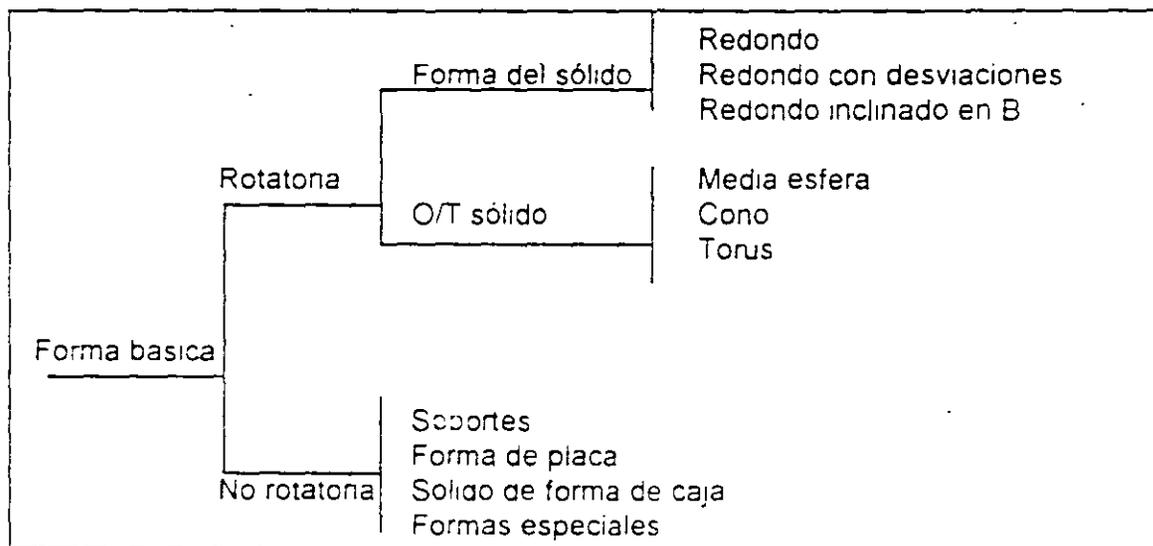


fig. 1.13 Concepción del árbol E aplicado para clasificar la forma básica de la pieza de trabajo

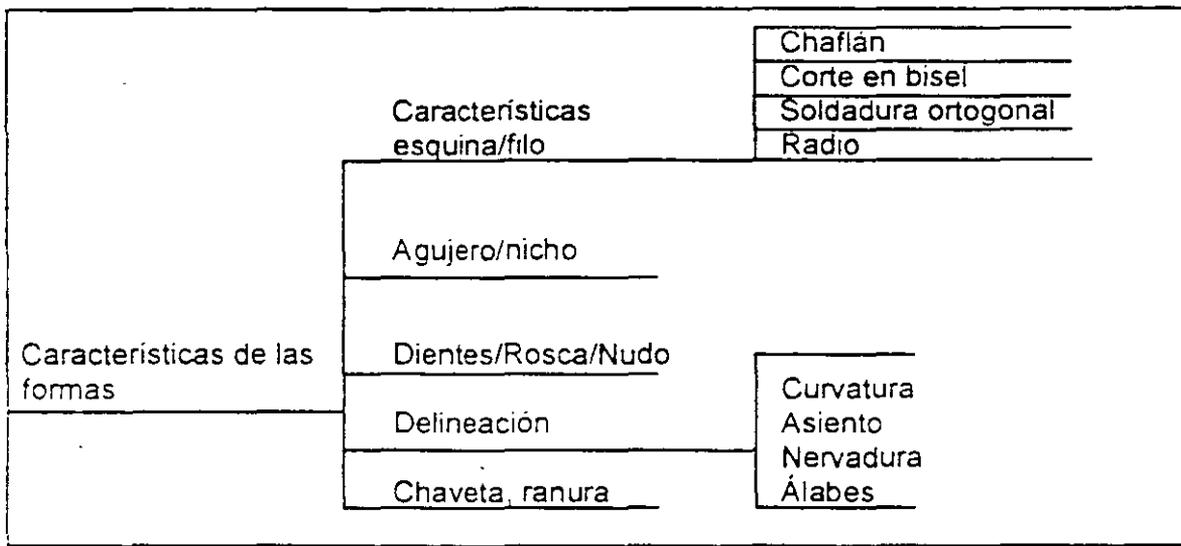


fig. 1. ~~14~~ Árbol N aplicado para clasificar las características de las formas.

12

La diferencia básica entre ambos conceptos es la siguiente:

- Árbol en E tiene los datos que se rechazan de manera mutua.
- Árbol en E tiene carácter binario, entonces es muy probable encontrar una ramificación con más de tres ramas.
- Árbol en N tiene los datos que no se rechazan de una manera mutua. Esto significa que se pueden escoger las ramas simultáneamente. Además, no es de carácter binario.

El árbol en E se utiliza para clasificar las formas básicas y el árbol en N para los atributos, por ejemplo, características especiales.

Código de familia

El código que se muestra en la siguiente figura es alfanumérico y contiene 8 dígitos, ordenados de la siguiente manera:

- Los tres primeros, la forma básica.
- El cuarto, características especiales.
- El quinto, dimensión.

- ⇒ El sexto, precisión.
- ⇒ El séptimo y octavo, tipo de material

fig. 1.1#3

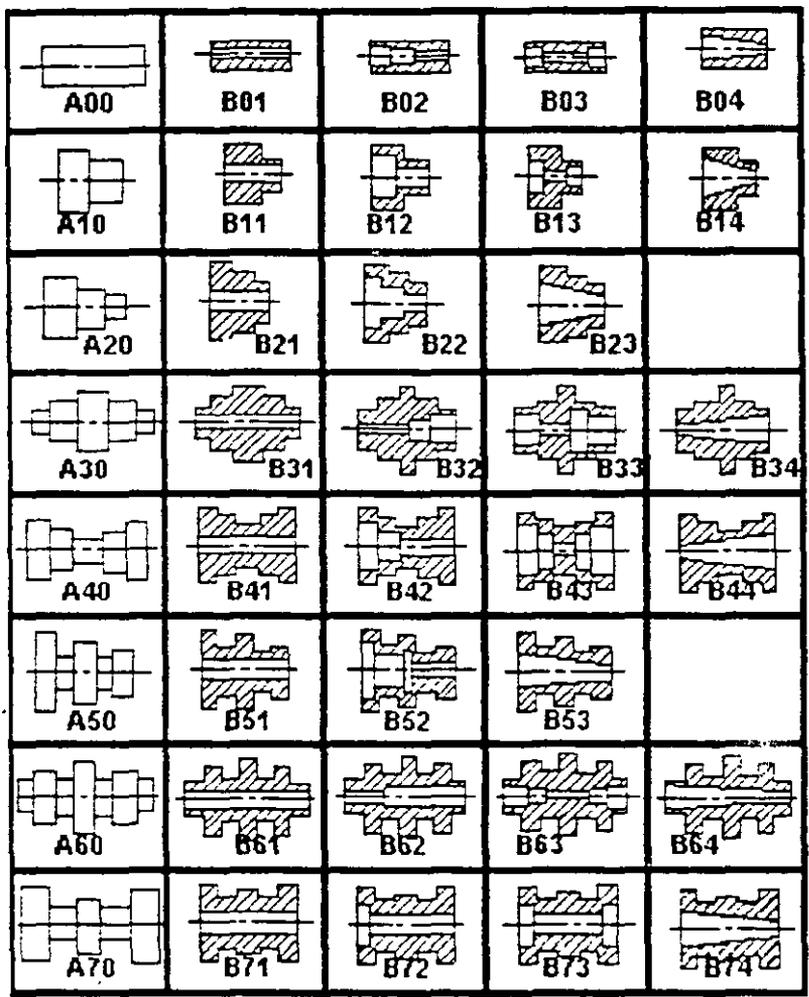
Código de la familia de partes										
Forma básica		Características de la forma			Tamaño		Precisión		Material	
B	1	1	-	2	-	3	-	4	-	A 1

Este código asegura $2.5 \cdot 10^{11}$ diferentes combinaciones de clasificación.

Por lo general, las formas básicas de las partes se consideran como rotatorios y no rotatorios, ya que suponemos que todas se crearon en la base de los sólidos primitivos y sus variaciones

Las formas básicas se dividen tomando en cuenta sus características geométricas, en internas y externas. Los ejemplos de las formas básicas se presentan en la siguiente figura (fig 1.1#):

u)



Formas básicas

Fig. 1.16

Las características especiales incluyen:

- Formas especiales de las superficies (ver figura 1.17).
- Tratamiento térmico.
- Tipo del acabado de superficies

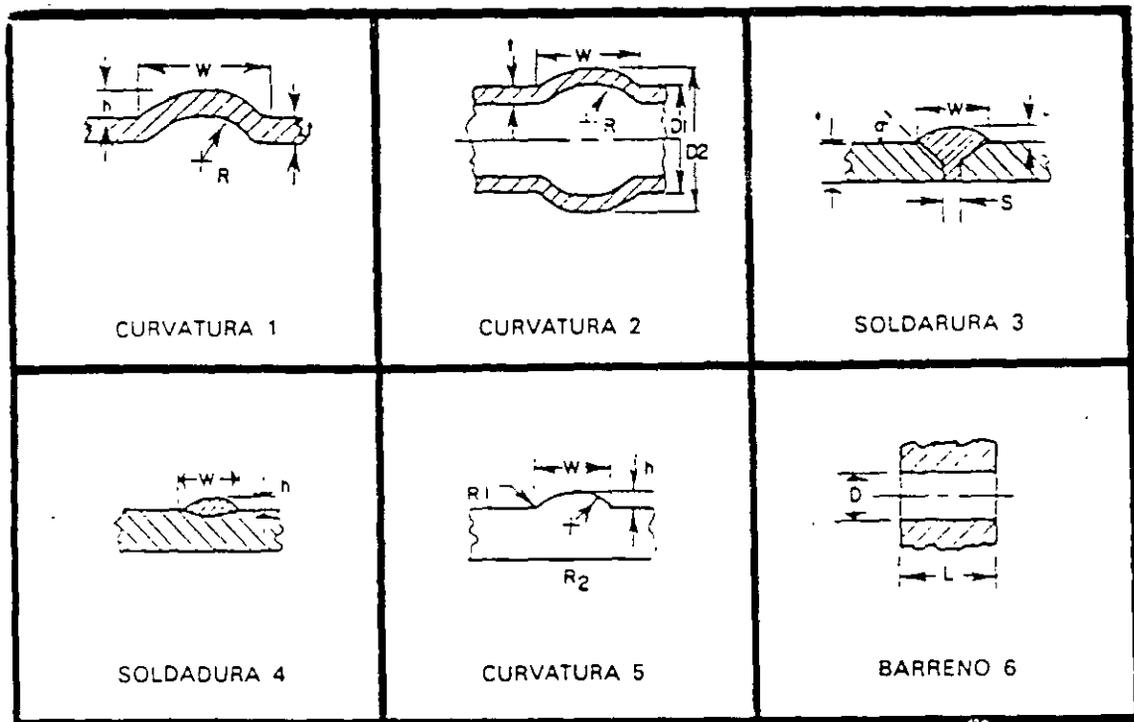


fig. 1.17 Formas especiales

Las características especiales forman el árbol en N, lo que permite, mediante el código de la complejidad de característica (siguiente figura 1.18), determinar las propiedades adicionales de la pieza y mantener al mismo tiempo, simplicidad de código.

Código de complejidad de características	Número de características especiales
1	1
2	2
3	3
4	5
5	8
6	13
7	21
8	34
9	34

Fig. 1.18

Código de dimensión

Este código forma la tercera sección de la descripción de la familia. Los diferentes tamaños de la pieza se pueden diferenciar mediante nueve distintos números (siguiente figura 1.17):

7

Código	Inglés	Métrico	Descripción	Ejemplo
1	5"	10 mm.	Sub-miniatura	Capsulas
2	2"	50 mm	Miniatura	Caja de clips
3	4"	100 mm.	Pequeño	Caja grande de cerillos
4	10"	250 mm	Medio-pequeño	Caja de zapatos
5	20"	500 mm	Medio	Caja de pan
6	40"	1000 mm	Medio-grande	Lavadora
7	100	2500 mm	Grande	Pick-up
8	400"	10000 mm	Extra-grande	Camioneta
9	1000	25000 mm.	Gigante	Carro ferrocarril

Fig. 1.17 Clasificación de la dimensión de la familia.

7

Código de tolerancia

Este código se determina mediante 5 diferentes números (clases de precisión). Los rangos de la rugosidad y tolerancia, correspondientes a los distintos códigos, se indican en la siguiente figura:

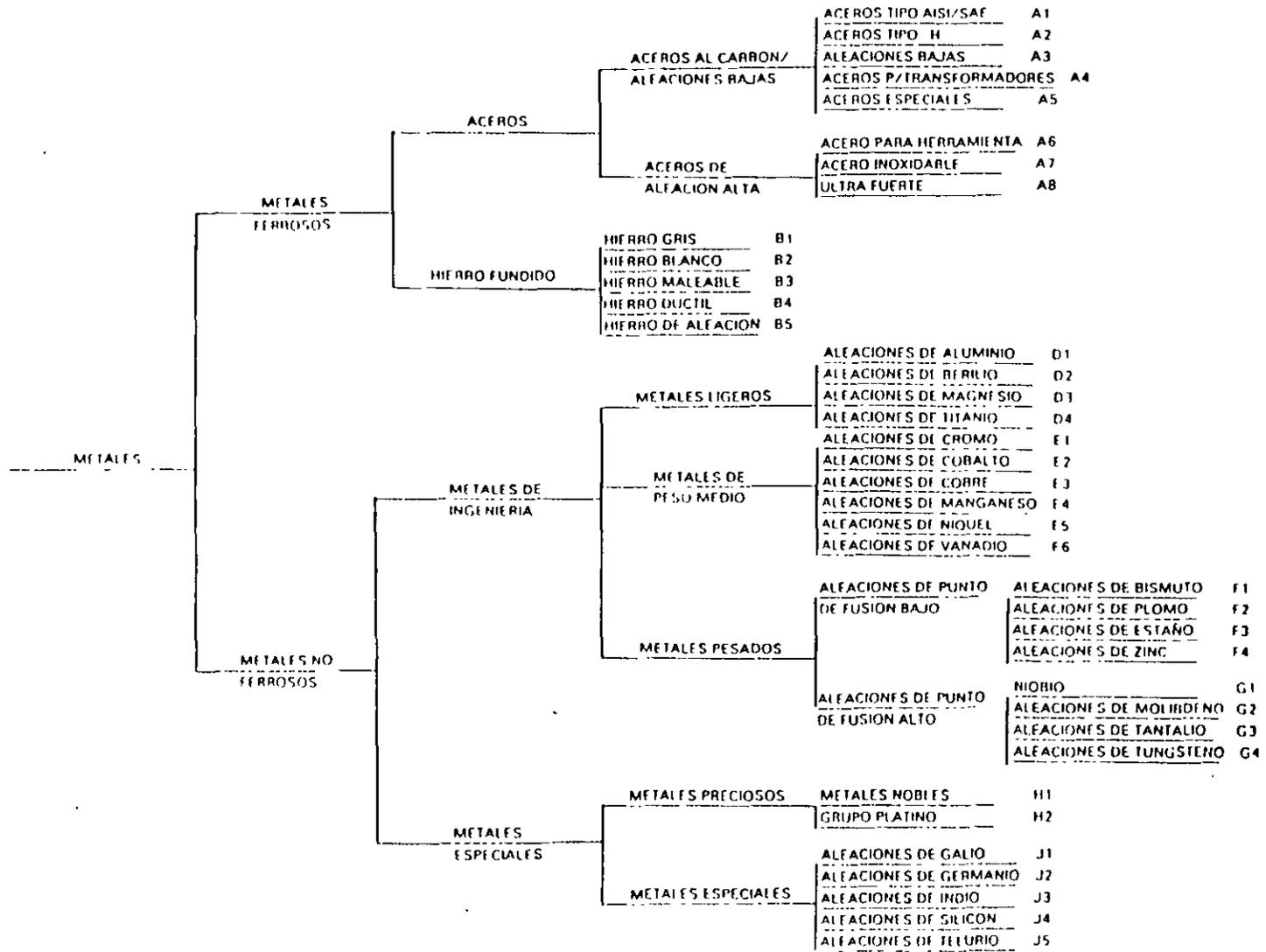
Código	Tolerancia	Rugosidad
1	LE 0.0005"	LE 4 RMS
2	0.0005" - 0.002"	4 - 32 RMS
3	0.002" - 0.010	32 - 125 RMS
4	0.010" - 0.30	125 - 500 RMS
5	GT 0.030'	GT - 500 RMS

Fig. 1.18

Los últimos dos dígitos del código total se reservan para determinación de material. La descripción es alfa numérica (como se muestra en la siguiente tabla fig 1.19) y tiene posibilidades para anexar a los códigos originales un sistema de clasificación interna, correspondiente a las condiciones de cualquier planta

11

Fig. 1. Clasificación del material



Diseño tecnológico.

Gran parte del costo de fabricación depende del diseño del producto. El problema de adaptar los diseños a los requisitos del proceso de manufactura y organización de la planta y cumplir al mismo tiempo con las necesidades del mercado y los consumidores es ahora, y de manera muy especial, un tema de gran importancia debido a que para la producción especializada, cada minuto innecesario por falta de diseño adecuado, multiplicado por la magnitud de producción causa pérdidas muy grandes

Esta situación provoca que el proceso de diseño ya no esté dominado por separado por el constructor y el ingeniero de manufactura, lo cual hay que impedir porque el enlace entre ellos tiene como objetivo principal obtener un diseño tecnológico.

Dicho diseño podemos definirlo así: el diseño tecnológico es aquel, que al mismo tiempo, cumple las normas de calidad y exactitud conforme al uso y asegura, para una magnitud dada de producción, un menor costo de la misma.

Por supuesto que el diseño tecnológico está determinado por el volumen de producción

Esto se debe a que cada escala de producción tiene su conjunto de técnicas de fabricación, aspecto que influye en las características del diseño. Este problema es muy importante, especialmente en cuanto a la automatización de la producción.

Por lo tanto, la implantación de Tecnología de Grupos puede ser una buena oportunidad para revisar el contenido de los diseños existentes y si se necesita, mejorarlos

Los Grupos Tecnológicos por su naturaleza, generan dos aspectos benéficos para la planta.

- Estandarización
- Normalización

Con su aplicación también se logrará mejorar el diseño, mediante la verificación de su carácter tecnológico, los efectos debidos a ellos aumentarán, y los Grupos Tecnológicos podrían influir prácticamente de manera muy positiva en la mayoría de los aspectos del funcionamiento de la planta.

Por otra parte, el diseño tecnológico se puede lograr si se consideran los siguientes factores

- ☉ Selección adecuada de materia prima.
- ☉ Simplificación del maquinado, considerando las características de máquina / herramienta.
- ☉ Selección de la precisión adecuada.
- ☉ Reducción del tiempo de maquinado.

➤ Reducción del tiempo auxiliar ²⁰

A continuación se incluyen figuras (fig. 1.22) con base en las cuales se podrían explicar, de manera práctica, algunos de los factores mencionados.

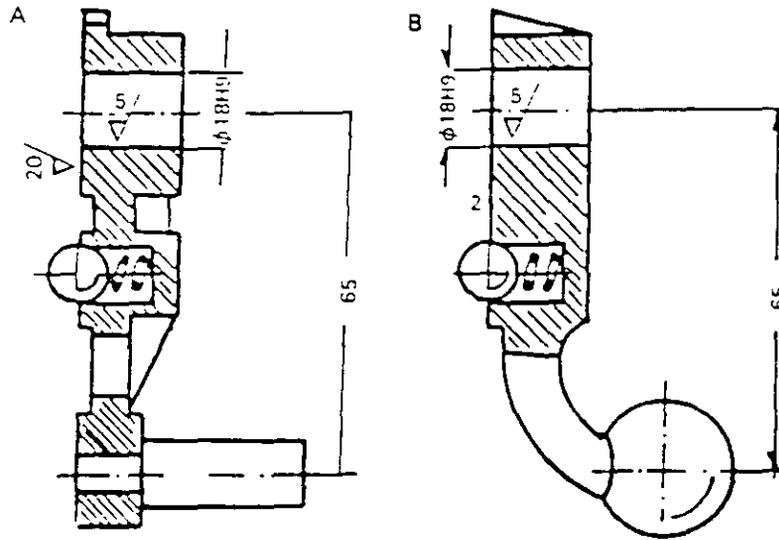


Fig. 1.22 ¹⁰ diferente diseño de manivela de transmisión del torno

En la figura anterior (fig. 1.22) se presentan dos diseños de la misma pieza, el "B" se recomienda como el diseño tecnológico. El cambio de diseño es con el fin de obtener una pieza fundida en molde que permite

- Reducir el tiempo de maquinado
- Aumentar la rigidez del puño

La siguiente figura (fig. 1.23) ²¹ presenta dos diseños de diferentes flechas, el "B" se recomienda como el diseño tecnológico. El cambio del diseño permite:

- Reducir el tiempo de maquinado
- Ahorrar la materia prima

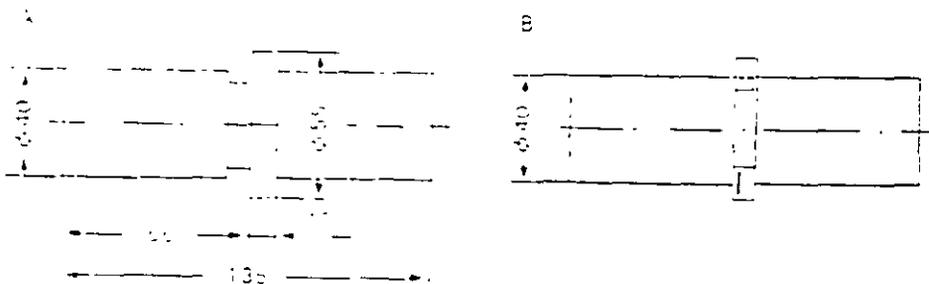


Fig. 1.23 ²¹ Aplicación de la barra estirada con anillo

A continuación se muestra igualmente otra figura (fig 1.2²) en la que se presentan dos casos de diseños, en el primero el diseño "B" se recomienda como tecnológico, lo mismo se refiere al segundo.

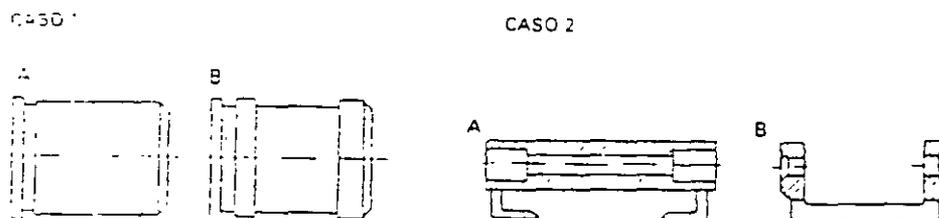


Fig. 1.2² Reducción de la superficie al maquinar

El cambio de diseño permite

- Reducir el tiempo de maquinado
- Reducir el tiempo auxiliar.

Capítulo #2

Formación de células de manufactura

Dentro de cualquier fábrica es inevitable la variedad. Existirá en los productos que se hagan, en los métodos que se apliquen, en los materiales que se utilicen y en las técnicas de organización y manufactura.

Si bien es deseable que haya cierta variedad, conforme se incrementa aumentarán también los problemas organizacionales y los costos. Así, por ejemplo, al aumentar el número de componentes almacenados aumentarán las necesidades de espacio de almacenamiento, las dificultades para registrar las existencias, el número de solicitudes al almacén, y así sucesivamente. Al aumentar la variedad disminuye la "controlabilidad".

El control de la variedad es esencial, y la tarea de reducir la variedad con el consiguiente control de la variedad remanente es una de las tareas más fructíferas que pueden emprender cualquier organización.

Control de la variedad, responsabilidad de la gerencia.

El incremento de la variedad es difícil, ya que constantemente se introducen nuevas partes, plantas, métodos y materiales por razones que sólo son válidas durante un corto tiempo.

El control de la variedad es un asunto de toda la gerencia, y debe convertirse en parte de la tradición de la compañía. Esto no significa que nunca debe haber cambios, sino que se debe tener el enfoque más amplio posible de todos ellos y considerar el efecto total que tendrán en la organización. Como se ha dicho con propiedad, el cambio no es necesariamente el progreso. Igualmente cierto es que el trabajo del gerente de operaciones es lograr el máximo de resultados con el mínimo de esfuerzos.

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 1.- Variedad mínima de productos 2.- Variedad mínima de partes 3.- Variedad mínima de materiales 4.- Variedad mínima de procesos 5.- Variedad mínima de personal |
|--|

Metas de un programa de control de variedad.

Fig. 2.1

Programa de control de variedad.

El control de la variedad puede emprenderse en tres formas.

- a) *Simplificación* "reducción de la variedad innecesaria" (Brisch).
- b) *Estandarización* "control de la variedad necesaria" (Brisch).

c) *Especialización*, concentración del esfuerzo en las actividades donde se disponga de conocimiento especializado.

Todas las cuales se combinan para reducir y controlar la variedad. El programa puede iniciarse en cualquier lugar de la organización, ó bien puede avanzar en varios frentes simultáneamente.

Es un proceso continuo, y aunque mediante ciertas técnicas se puede evitar que se extienda la variedad en algunos campos, debe haber en todos una conciencia permanente de los peligros de la diversidad incontrolada deben adquirirse hábitos con los que se creen salvaguardas.

Control de variedad en el producto final.

Al considerar el control de la variedad en el producto final, deben investigarse en forma simultánea dos aspectos de la gama de productos:

- ¿qué ingreso produce cada artículo?
- ¿qué contribución genera cada artículo?

entendiéndose que:

$$\text{contribución} = (\text{precio de venta}) - (\text{costos directos}).$$

Para ilustrar la necesidad de investigar ambos aspectos, considérese el siguiente ejemplo simplificado y un tanto exagerado

Artículo.	Ingreso producido	Contribución
A	6,210	700
B	2,415	607
C	8,895	513
D	778	350
E	585	233
F	346	117
G	97	-23
H	391	-47
J	204	-59
K	1,142	-82
	<u>21,063</u>	<u>2,520 -211</u>
		= 2,309

Si se clasifican estos artículos en orden de ingreso (figura 2.2) y contribución (figura 2.3), se obtendrán los siguientes resultados.

a) Clasificación por ingreso.

Clase.	Producto.	Ingreso	
		Unitario.	% del total
1	C	8,895	42.2
2	A	6,210	29.5
3	B	2,415	11.4
4	K	1,142	5.4
5	D	778	3.7
6	E	585	2.8
7	H	391	1.9
8	F	346	1.6
9	J	204	1.0
10	G	97	0.5
		<u>21,063</u>	<u>100.0</u>

Fig. 2.2 Clasificación por ingreso.

b) Clasificación por contribución.

Clase	Producto	Contribución	
		Unitaria.	% del total.
1	A	700	30.3
2	B	607	26.3
3	C	513	22.2
4	D	350	15.2
5	E	233	10.0
6	F	117	5.0
7	G	- 23	- 1.0
8	H	- 47	- 2.0
9	J	- 59	- 2.5
10	K	- 82	- 3.5
		<u>2,520</u>	<u>100.0</u>
		= 2,309	

Fig. 2.3 Clasificación por contribución

Si se considera cualquiera de estas dos tabulaciones aisladamente, se puede llegar fácilmente a conclusiones incorrectas: por ejemplo, el producto "K" que se clasifica como el cuarto por ingreso, produce en realidad una pérdida, y el producto "A", que da origen a la contribución más importante, no produce la mayor parte del ingreso. Es frecuente encontrar que es sumamente fácil vender el producto de precio más bajo

Un enfoque común del control de variedad en esta etapa consiste en considerar primero los productos clasificados por ingreso, y someter todos los artículos de bajo ingreso a un escrutinio muy minucioso.

Puede suceder que algunos de los artículos no hayan alcanzado todavía "madurez" de venta, ó bien, pueden tener valor por su prestigio. A falta de razones comerciales, como esas, estos artículos de bajo ingreso deben considerarse como primeros candidatos al abandono.

El segundo análisis (el de la contribución de cada artículo) es más útil después de haber examinado el ingreso que produce cada artículo.

De los conceptos restantes después de haber llevado a cabo la "poda" que se sugiere, podría encontrarse que la contribución aportada por algunos productos es baja ó negativa, y los artículos F, G, H, J, K deberían someterse de nuevo a un escrutinio riguroso para determinar si se pueden incrementar las ventas ó si debería iniciarse un programa de reducción de costos.

Gráfica de ingreso-contribución.

Otro enfoque, que prácticamente permite combinar los dos pasos anteriores, consiste en trazar una gráfica de ingreso-contribución. En ésta, las abscisas son las clases de ingreso y las ordenadas las clases de contribución. Así, el producto "A" tiene una clasificación de ingreso de 2 y una clasificación de contribución de 1, representándose al producto A por el punto (2, 1) como se muestra en la figura 2.4.

Producto	Clasificación por	
	Ingreso.	Contribución
A	2	1
B	3	2
C	1	3
D	5	4
E	6	5
F	8	6
G	10	7
H	7	8
J	9	9
K	4	10

fig. 2.4

Se marcan todos los puntos en la gráfica de ingreso-contribución. Teóricamente, las clases de volumen y contribución deberían de corresponder, dando una recta de 45° respecto a cualquiera de los ejes (ver figura 2.5)

Los puntos situados *arriba* de dicha línea deberían probarse como sigue:

¿ Pueden reducirse los costos?

¿ Pueden incrementarse los precios?

mientras que los puntos situados *abajo* de la línea deberían probarse con la interrogante:

¿ Puede incrementarse el volumen de ventas?

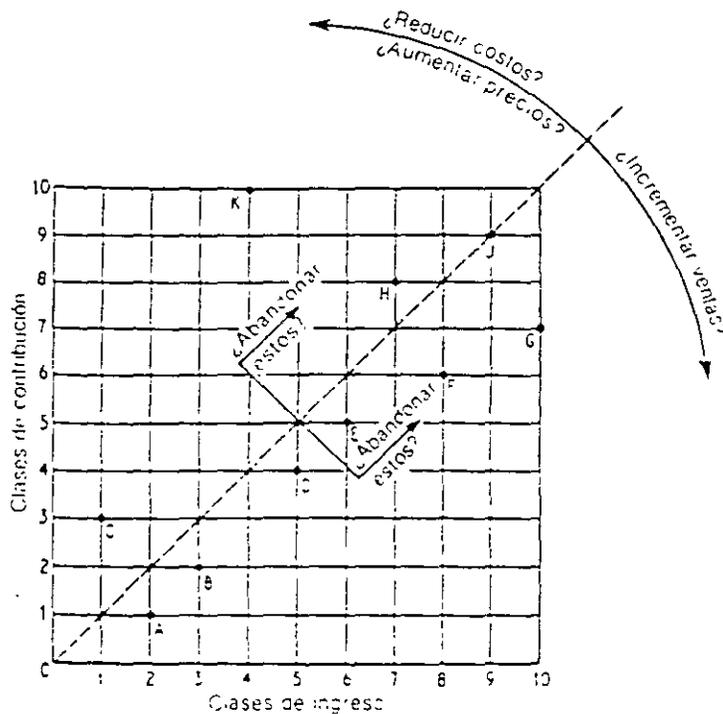


Fig. 2.5 Tomado de La producción industrial su administración. K. Lockyer

Ninguno de los dos enfoques anteriores puede determinar por sí mismo la acción que deba tomarse, pero pueden resultar una excelente guía. Por supuesto ambos requieren buenos procedimientos de registro y de costo.

Cuando hay un gran número de artículos en la gama de productos, el procedimiento descrito puede resultar complicado y costoso. En esta clase de situación, se recomienda considerar inicialmente sólo los artículos de alto ingreso y alta contribución (los artículos "A" de ambas clasificaciones).

Una gran compañía fabricante de productos químicos redujo su variedad de productos de 1,500 a 221. Esto se hizo

- Eliminando todos los productos cuyas ventas fueran menores del 0.01% del volumen total anual.
- Examinando todos los productos cuya utilidad bruta estuviera por abajo de cierto nivel.

- 24
-
- c) Estudiando detalladamente las tendencias de venta de cada uno de los productos restantes.

Para ayudar a sus clientes cuyo prestigio pudiera quedar comprometido por el abandono de ciertos productos, negociaron la transferencia de pedidos de las líneas descontinuadas a otras compañías del mismo ramo que todavía manejaban esas líneas.

Esta reducción drástica de productos estuvo acompañada de una reducción en el número total de pedidos recibidos, pero la magnitud de éstos aumentó y se produjo, en efecto, un incremento en el volumen total de ventas.

La fabricación conforme a las especificaciones del cliente es una tarea mucho más difícil, ya que cada cliente requiere un producto diferente. En este caso, el departamento de ventas puede proceder en dos formas:

- a) Establecer una gama de artículos que puedan ser ofrecidos a los clientes a cambio del diseño propio de cada uno. Si puede ofrecerse un ahorro sustancial ó un plazo de entrega muy breve, el cliente estará dispuesto frecuentemente a ceder una parte de su individualidad.
- b) Si no es posible lo anterior, hay que tratar de guiar al cliente en la preparación de diseños que utilicen componentes ya diseñados y para los cuales existan equipo y procedimientos. Si estos componentes no afectan el aspecto ni la utilidad del producto al que se incorporan, hay una buena probabilidad de que el cliente los acepte, particularmente si se acumulan otras ventajas.

Control de variedad en la producción.

En toda organización inevitablemente habrá varios procesos similares, o aunque no sean similares, que produzcan los mismos resultados

Es posible modificar algunos ó todos estos procesos y crear uno solo que efectue todo lo que se requiere a un nivel aceptable de eficiencia. Esto puede incrementar aparentemente el costo *unitario* de algunos procesos, pero reducirá los costos *totales* de la organización

La reducción en la variedad de métodos dará por resultado una mayor flexibilidad de la mano de obra, una mayor utilización de la planta y una simplificación en la tarea de control de producción. Así, si se fabrican dos productos diferentes de la misma manera, a menudo podrá reducirse sustancialmente el tiempo de preparación de las máquinas. De modo semejante, si puede usarse un equipo en lugar de dos, se reducirá el problema del mantenimiento en forma considerable.

Las ganancias en este campo tienen probabilidades de ser mayores en la producción de cantidades pequeñas que en la producción masiva.

Al igual que un análisis de artículos terminados probablemente demostraría que casi todo el ingreso proviene de una parte relativamente pequeña de la gama de productos, así un análisis de procesos de maquinado seguramente mostraría que, de la capacidad total de maquinado, una parte en extremo pequeña produce la mayor parte de la carga de trabajo.

El Dr. Opitz, en una investigación de manufactura que hizo en veinticinco compañías alemanas, encontró que el 80% de todos los trabajos de torneado tenían diámetros menores de 200 mm., a pesar del hecho de que los diámetros admisibles de torneado de las máquinas herramienta excedían por mucho los 200 mm.

De modo semejante, aunque casi todos los tomos tienen herramientas para roscar, sólo el 25% de los trabajos examinados las utilizaban.

Un trabajo posterior desarrollado por la PERA (Production Engineering Research Association) de Gran Bretaña produjo resultados similares, y estas estadísticas de componentes indican que pueden lograrse ahorros considerables tanto reduciendo la variedad y complejidad de las máquinas-herramienta como agrupando los componentes que tengan las mismas necesidades tecnológicas, de manera que los grupos de componentes puedan producirse en un lote, y no en vanos lotes separados.

- 1.- Usar normas aprobadas por la industria en lo posible.
- 2.- Usar los estándares adoptados por la compañía en lo posible
- 3 - Estandarizar las materias primas.
- 4 - Estandarizar los componentes
- 5 - Simplificar la identificación de materias primas y componentes
- 6 - Estandarizar métodos
- 7 - Estandarizar rutas
- 8 - Estandarizar la planta y los equipos

Fig. 2.6
Pasos hacia
un programa
de control de
variedad.

Tecnología de Grupos.

La Tecnología de Grupos es un principio organizacional que ha proporcionado grandes beneficios a los fabricantes de productos en lotes pequeños y medianos. Existen numerosos modos de aplicación a este importante concepto. Un método es el análisis de los flujos de material y los requerimientos de maquinado de los componentes que forman los productos de una planta.

Las familias de componentes se identifican basándose en requerimientos similares de máquinas. Estas máquinas se agrupan y después se equipan con otros tipos de

máquinas compatibles, necesarias para restringir el flujo de esas familias de partes de las células.

Enfoque técnico.-

Drurie informa que en el primer seminario internacional sobre Tecnología de Grupos, el profesor V.B. Solaja de Belgrado, dijo:

"La Tecnología de Grupos es la comprensión de que muchos problemas son similares y de que al agruparlos se puede encontrar una solución única para un grupo de problemas, con lo cual se ahorra tiempo y esfuerzo"



En esencia, la Tecnología de Grupos busca primero similitudes y no diferencias. Luego las partes similares se agrupan en "familias", y estas familias se fabrican en grupos de máquinas relacionadas. La figura 2.7 ilustra una familia:

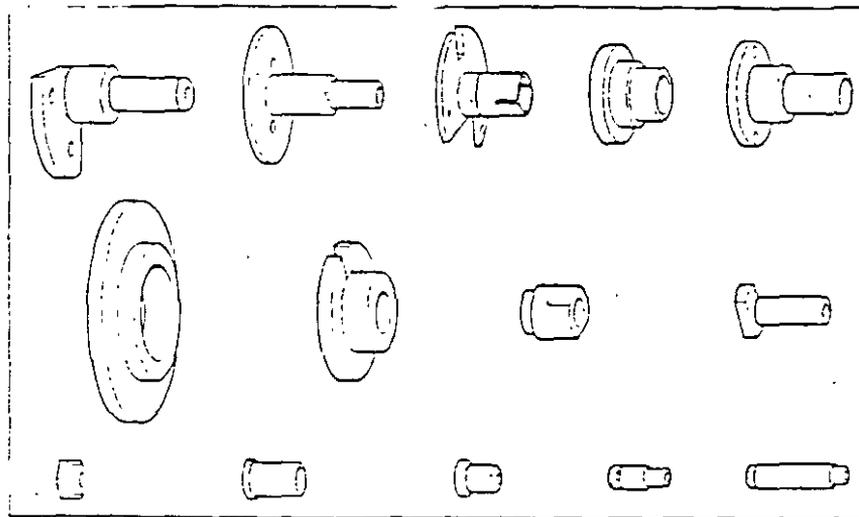


Fig. 2.7 Una familia típica de T G (The production Engineer, febrero 1970)

Una vez que se ha identificado una familia, se puede contemplar un *componente compuesto*, siendo tal componente uno que contenga todas las características de todos los miembros de la familia ver figura 2.8

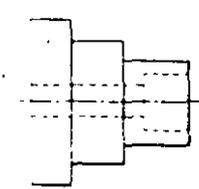


Fig. 2.8 Componente compuesto deducido de la familia

Aunque este componente no tenga ni forma ni expresión física, se encuentra que este concepto habrá de ser bastante útil en el trabajo posterior. Después se estudian las máquinas disponibles para determinar cuál grupo de máquinas puede ser el mejor para producir la familia, y este grupo se agrupa después físicamente para formar una "celda" ó "grupo".

El grupo se prepara para fabricar la familia, produciéndose en él las partes reales, dejando fuera las operaciones que no sean apropiadas para la parte en particular que se esté fabricando, siendo el efecto de este agrupamiento reducir el tiempo total de preparación de la máquina.

Enfoque social.

Mientras los ingenieros consideraban los problemas que implicaba la reducción del tiempo de preparación, los sociólogos sugerían que muchos de los problemas comunes de la industria eran atribuibles a la "deshumanización" del trabajo. Estos resultaban del hecho de trabajar en medios altamente estructurados, como los que existen en los talleres de producción por lotes con distribución funcional, en los que es esencial planear y controlar el día total de trabajo de cada individuo, ó de trabajar en largas líneas de producción continua en ciclo de tiempo corto, en el que los operarios repiten la misma tarea muchísimas veces durante el día de labores.

Se sugirió, y se adujeron pruebas experimentales para apoyar la sugerencia que debería tener lugar una "humanización" del trabajo, en la que se "enriquecieran" los trabajos y se diera mucha libertad a los trabajadores para elegir sus propios métodos y ritmo de trabajo.

Tales sugerencias requieren claramente una alteración en la magnitud del grupo de trabajo. Por tanto, el trabajo realizado con grupos pequeños y con considerable autonomía del operario parecía ser el siguiente paso necesario para el avance en la eficacia industrial.

Esta sugerencia "sociológica" coincide con las necesidades de la Tecnología de Grupos y las dos corrientes de pensamiento se complementan entre sí. Las necesidades de la Tecnología de Grupos, desde el punto de vista técnico, coinciden con las necesidades de los pequeños grupos de trabajo en el sentido "sociológico".

Enfoque gerencial.-

A pesar del advenimiento de la computadora, con su capacidad para manejar enormes cantidades de datos, la función de la producción puede requerir de más información de la que se pueda manejar si la organización procede de manera convencional.

Muchos administradores han intentado crear grandes sistemas de "control" en los que se preparan informes detallados de las ocurrencias día a día, y a veces de hora a hora, en el trabajo de cada operario, y para el sitio de cada trabajo.

Estos sistemas han fracasado invariablemente, no sólo por la enorme información, sino también por la dificultad de obtener información actualizada de los puntos de operación.

Contando con que se haya logrado un balance sensible entre la carga y la capacidad en un periodo de planeación, la Tecnología de Grupos reduce este problema en dos formas:

- ❶ La planeación del flujo de trabajo sólo requiere se planee el movimiento de las piezas de trabajo hacia adentro y hacia afuera de una celda (grupo). No es necesario planear el movimiento de las piezas de trabajo en su paso por cada operación comprendida dentro de la celda.
- ❷ El seguimiento de los resultados de la celda servirá para seguir en forma eficaz los resultados de todo el personal comprendido dentro de la celda.

Esta delegación de autoridad "al frente de trabajo" es un paso difícil, a veces traumático, para algunos gerentes que lo toman. Requiere dejar la autoridad del trabajo detallado en el punto del trabajo mismo y muchos gerentes ven a esto como inaceptable.

Sin embargo, si se hace el intento de operar con un sistema de Tecnología de Grupos, mientras se planea a su vez el trabajo en detalle para cada máquina de cada celda, se originaran conflictos de organización que habrán de destruir la eficacia de la celda y del esfuerzo de producción mismo.

Características de un Grupo ó Celda.-

John Burbidge, quien tiene amplia experiencia en el campo de la Tecnología de Grupos, sugiere que un grupo eficaz tiene las siguientes siete características.

1.- *El equipo humano* Los grupos están constituidos por un equipo específico de operarios que trabajan única y generalmente en el grupo.

2 - *Productos* Los grupos producen una "familia" específica ó conjunto de productos. En un departamento de ensamble estos productos serán ensambles ó conjuntos. En un taller mecánico los productos serán partes mecánicas, etc.

3 - *Facilidades*. Los grupos son provistos de un conjunto específico de máquinas y/ó otros equipos de producción, los cuales se utilizan ya sea solos ó en conjunto dentro del grupo.

4.- *Distribución por grupos.* Las instalaciones se ubican juntas en un área reservada para el grupo.

5.- *Meta.* Los trabajadores que forman el grupo comparten una meta común de producción. Esta meta u "orden por lista" se da al comienzo de cada periodo de producción para ser terminada al final del mismo.

6 - *Independencia.* En lo posible, los grupos deben ser independientes entre sí. Deben poder cambiar su ritmo de trabajo, si así lo desean, durante un periodo. Una vez que han recibido materiales, la producción no debe depender de la de otros grupos de producción.

7 - *Tamaño.* Los grupos se deben limitar a manera de restringir los números de trabajadores por grupo. Se ha recomendado en muchos casos que los grupos sean de entre 6 y 15 trabajadores. En algunos casos se pueden requerir grupos más numerosos, hasta de 35 trabajadores, por razones tecnológicas; observándose que tales grupos trabajan eficientemente en la práctica.

La organización en "familia" y en "grupos" no sólo ofrece la posibilidad de reducir los tiempos auxiliares, sino también simplifica el flujo de material, aumentando la rapidez de movimiento a través del sistema en comparación con la producción por lotes bajo distribución funcional.

La distribución funcional puede crear líneas de espera de las piezas de trabajo al competir los trabajos por los recursos, así como problemas de control al ser necesario seguir cada pieza de trabajo en su paso por cada procesador.

En la Tecnología de Grupos se reducen las líneas de espera, ya que las celdas están balanceadas para manejar la demanda previsible del mercado, y se da el control siguiendo la *entrada* y *salida* de cada celda.

Por ejemplo, un producto tiene seis operaciones y una ruta técnica como sigue

Operacion	Procesador
1	A
2	B
3	A
4	C
5	D
6	B

Si éste es un miembro de una familia, los otros miembros tendrán rutas técnicas muy semejantes. La demanda de la familia completa puede justificar que el grupo comprenda los procesadores siguientes:

Procesadores	Número
A	2
B	2
C	1
D	1

Entonces la celda podría establecerse de acuerdo a las necesidades técnicas de la familia

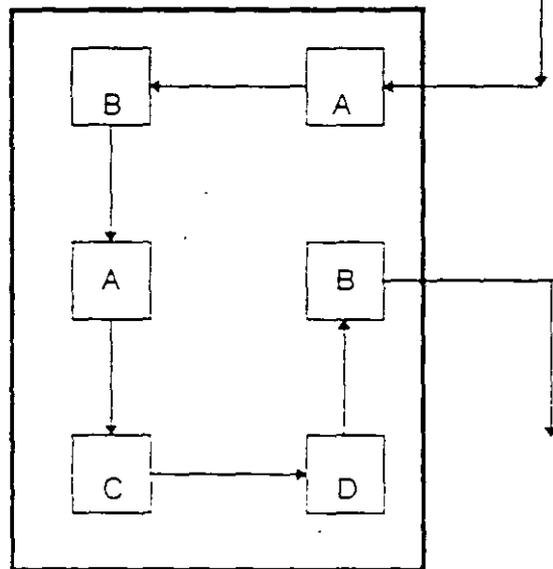


Fig. 2.9 Ruta para un componente de una familia. (tomado del libro "La Producción Industrial", de Keith Lockyer).

Entonces el material para el producto entra a la celda, fluye a través de esta, sin que los miembros de la familia tomen necesariamente la misma ruta, y sale

El único seguimiento necesario desde fuera de la celda es observar las horas de entrada y de salida. El control del movimiento dentro de la celda se provee internamente, por parte del encargado del grupo o del grupo mismo

Familias de partes.

Por lo anteriormente expuesto es claro que la clave para usar la Tecnología de Grupos con éxito radica en la habilidad para identificar rápidamente los conceptos que están dentro de la misma familia. En una organización sumamente pequeña, es posible que esto se pueda hacer "a ojo", pero resulta peligroso y difícil, por lo que es deseable utilizar una técnica sistemática

Análisis del Flujo de Producción (AFP).

Mientras los sistemas de codificación utilizan las características físicas de los productos para formar familias, el AFP utiliza el *método de manufactura* como punto de partida para la clasificación

Las tarjetas de ruta se examinan y clasifican progresivamente por grupos, siendo el factor común de cada grupo el procesador en el que se efectúan las operaciones sucesivas. Así, el grupo completo de tarjetas de ruta se clasifica primero en *grupos de primera operación* (grupos ó conjuntos A, B, C ...) uno de los cuales (el conjunto A) será el conjunto de rutas sobre las cuales se habrá de efectuar la primera operación en el procesador A.

El conjunto A se clasifica de nuevo en otros grupos, los cuales son determinados por la segunda operación (grupos AB, AC, AD ...). El grupo A, B, o sea el que pasa a su primera operación en el procesador A y a su segunda operación en el procesador B, se clasifica de nuevo para la *tercera operación* (grupos ABC, ABD, ABE, ...) luego para la cuarta operación (grupos ABCD, ABCE, ... , ABDE, ABDF, ... ABEF, ABEG ..) y así sucesivamente.

A partir de esta clasificación surgirán grupos con características comunes de procesamiento. Se examinan los grupos muy pequeños para ver si se pueden cambiar las rutas, con el fin de cambiar estos trabajos de pequeños grupos a otros grupos más grandes.

Estos se examinan para ver si ofrecen cargas adecuadas para los procesadores que hay dentro del grupo, y nuevamente se hacen modificaciones a las rutas para balancear las cargas en lo necesario. También puede ser deseable combinar ó dividir los grupos para lograr la carga apropiada.

Este sistema parece tedioso, pero se encontrará que resulta más simple en la práctica que en concepto.

Cuando interviene un número muy grande de tarjetas de ruta, puede tomarse una muestra para formar las familias y Burbidge sugiere que es posible hacer el análisis manual fácilmente con 2.000 tarjetas de ruta, por lo que sería bastante factible tomar una muestra de 2.000 de un grupo de 10.000 tarjetas. Por supuesto, la muestra debe de ser de carácter aleatorio.

Selección de familia.

La composición de la familia de partes que han de "alojarse" en un grupo la determina en gran parte el equipo disponible dentro de la organización; una familia demasiado grande habrá de requerir un gran número de máquinas en el grupo de maquinado; una familia demasiado pequeña puede resultar en una duplicación de la planta. Se deben examinar cuatro aspectos del grupo a los que puede originar una familia:

- 1 - ¿Qué carga habrá de generar la familia?
- 2 - ¿Qué capacidades y habilidades serían necesarias?
- 3 - ¿Es posible establecer el grupo para la familia?
- 4.- ¿Están disponibles ó son obtenibles las máquinas necesarias?

Se debe observar que:

a) Un grupo puede de hecho constar de una sola máquina (por ejemplo, un torno revólver). En general, tal era el caso con los agrupamientos Mitrofanov descritos en el capítulo anterior.

b) Es poco probable que todas las máquinas de un grupo sean cargadas igualmente, con probabilidad es inevitable cierto grado de infrautilización.

Idealmente la familia debe escogerse de tal manera que sea económico establecer al grupo una vez, para posteriormente establecerlo indefinidamente

Esto no siempre es practicable, y en un grupo se pueden acomodar dos ó más familias relacionadas cuyos acomodos difieran entre si

En estos casos se puede considerar deseable codificar los acomodos mismos, de manera que el orden de producción no solo dirija el material hacia un grupo, sino que también indique que acomodo deba usarse

Notese que el grupo debe efectuar el maquinado completo de una familia para poder alcanzar los beneficios del manejo reducido y de la pérdida por sincronización reducida

Metodologías para la formación de familias y células.

Primer método.

Cada uno de los diferentes atributos de diseño de un componente, por ejemplo, las dimensiones, la forma total, características de la materia prima, exactitud, acabado superficial, tipo de forma interna y externa, etc., se presentan por un número de código como se describe en el capítulo anterior.

Las familias de componentes poseerían códigos numéricos idénticos. Las máquinas herramienta se seleccionan analizando las cartas de ruta de esos componentes. Este método prevalece aún cuando es indirecto, para la creación de células de manufactura.

Demasiado tiempo y esfuerzo se dedica a la creación y codificación de una base de datos elaborada, que proporciona una débil conexión entre características de componentes y el agrupamiento de máquinas-herramienta.

Segundo método.

Con el uso indirecto de las hojas de proceso, este método es rápido y suficientemente exacto para indicar a la compañía el alcance de la distribución de la planta en células de manufactura independientes. Los datos básicos de entrada es la lista exacta de esas máquinas. Este método no es solución de un sólo paso para la formación de las células. Es una parte de una herramienta sistemática de diseño, llamada Análisis del flujo de Producción.

El uso de la hoja de procesos sirve para preparar la formación de la matriz máquina-componente, en la cual los renglones representan máquinas y las columnas representan componentes ó viceversa. Si una celda de $A_{ij} = 1$, esto indica que la máquina "i" hace el componente "j", ó si $A_{ij} = 0$, quiere decir que no existe relación entre los dos. De manera que la matriz completa es un arreglo de 0 y 1 aleatorios

Los algoritmos de agrupamiento descansan sobre las suposiciones esenciales de que las máquinas y componentes pueden separarse en grupos similares de máquinas y componentes.

Esto estará representado en grupos a lo largo de la matriz diagonal'

Esta representación visual de la posible constitución de las células es la clave de estos métodos. Alguna medida de requerimientos comunes de máquinas entre grupos se indicarán directamente por la dispersión relativa de entradas a lo largo de la diagonal de la matriz

Metodologías existentes para el análisis matricial en la formación de grupos.

En la literatura sobre el tema se presentan varios métodos para la formación de células de Manufactura como son:

- ⇒ Algoritmo de Kusiak.
- ⇒ Algoritmo de máquinas en cadena.
- ⇒ Algoritmo de valor de utilización.
- ⇒ Algoritmo de escala multidimensional.

Para nuestro caso en concreto, se describirá el algoritmo de posición ordenada y posteriormente se presentará la codificación y la "comida" de un programa desarrollado en Visual Basic© de Microsoft basado en el algoritmo citado.

Algoritmo de posición ordenada (Rangos).

El algoritmo de orden de rangos representa los datos como una matriz binaria. Usando una técnica de ponderación posicional para las entradas 1 en la matriz, las filas y las columnas se reorganizan alternativamente en orden de rango decreciente.

El resultado es la diagonalización de los "1" en varios grupos. Si los grupos máquina-componente independientes existen en los datos muestra, cada máquina estará presente en un solo grupo. Los componentes se asignarán desigualmente a cualquiera de los grupos.

Este algoritmo está diseñado para generar un modelo específico en el cual, si las filas y columnas son leídas como números binarios, aparecerán en la matriz en rango decreciente.

La base del sistema binario es el 2 y posiciones digitales sucesivas de izquierda a derecha tienen respectivamente los pesos:

$$2^0, 2^1, 2^2, 2^3, \dots, 2^n$$

Estos pesos se usan para convertir los números binarios en el sistema decimal común.

Entonces, a manera de ilustración se verá que la fila "D" en la matriz anexa, tiene la siguiente forma equivalente decimal de la forma binaria:

2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
X	X	X	X	X	X
1	1	1	0	0	0
=32	=16	=8	=0	=0	=0

		COMPONENTES							
		3	5	6	2	1	4		
		2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	Dec. equiv.	Orden.rango
láminas	2^4	D	1	1	1	0	0	56	1
	2^3	B	1	1	0	0	0	48	2
	2^2	E	0	0	0	1	1	7	3
	2^1	C	0	0	0	1	1	7	4
	2^0	A	0	0	0	1	1	6	5
	Decimal equivalente		24	24	16	7	7	6	
Orden rango		1	2	3	4	5	6		

Descripción:

El algoritmo de agrupamiento "lee" cada una de las celdas de entradas en forma binaria, clasifica las filas en orden decreciente del valor binario. Las filas con el mismo valor debe de clasificarse arbitrariamente en el mismo orden en el que aparecen en su matriz actual.

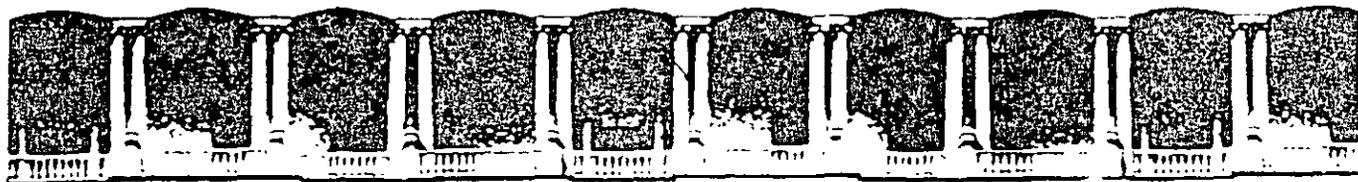
Establece una comparación para saber si son iguales el orden de filas de la matriz (numerando de arriba hacia abajo) y el orden de clasificación calculado. Si no son iguales se reforma la matriz máquina-componente comenzando en la primera fila, reorganizando las filas en orden decreciente, si son iguales se detiene.

Aparece una nueva disyuntiva ¿son iguales el orden de la matriz actual (numerando de izquierda a derecha) y la clasificación calculada?, si son iguales, se detiene en caso contrario se reforma la matriz inicial máquina-componente comenzando con la primera columna reorganizando las columnas en orden clasificado decreciente

El algoritmo convergirá en un número finito de iteraciones. Tiene la facilidad de que, aunque se pretende como un programa de computo, si se puede realizar con cálculos manuales para tamaños moderados. El algoritmo producirá

- 1 - Grupos máquina-componente mutuamente independientes, en cuyo caso el problema queda resuelto, o bien.
- 2.- Grupos máquina-componente algunos o todos de los cuales puede que no sean mutuamente excluyentes

Si ocurre el segundo caso entonces los casos excepcionales serán indicados en la matriz de la solución final. El procedimiento entonces es simplemente volver a hacer el algoritmo con los elementos excepcionales suprimidos, estos elementos son las máquinas críticas o cuellos de botella. Esta es una limitante de este algoritmo



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

Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN INGENIERIA EN
PRODUCCION**

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

**TECNOLOGÍA DE GRUPOS
(ANEXO)**

**EXPOSITOR: M. EN I. SILVINA HERNANDEZ GARCIA
PALACIO DE MINERIA
MARZO DEL 2001**



• Historia de la Tecnología de Grupos

> Nacimiento:

- ◊ A principios de siglo.

> Pretensiones:

- ◊ Hacer extensivas a la fabricación por lotes las ventajas de la fabricación en grandes series (líneas específicas), mediante la creación de células para mecanizar piezas similares.

> Organización clásica de un Taller Mecánico:

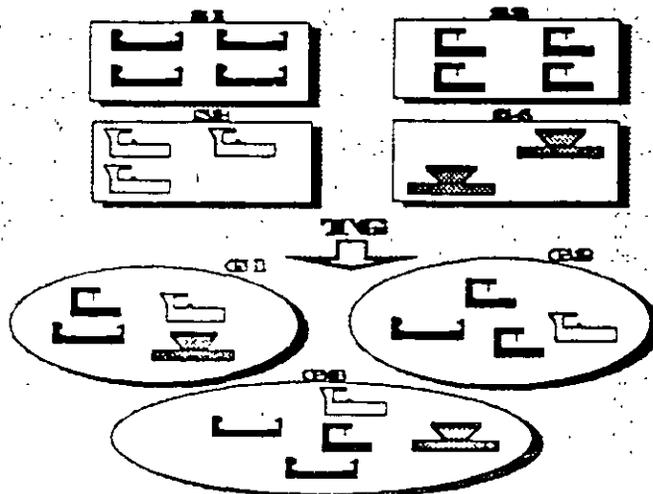
- ◊ Agrupación de máquinas similares en secciones (tornos, fresas, taladros, rectificadores, etc.) en donde las piezas a mecanizar se mueven de una sección a otra.

> Organización según TG:

- ◊ Agrupación de máquinas en células que mecanizan siempre la misma familia de piezas.

Investigación para la aplicación de la TG

CICT/UTAL/1985-8605



Investigación para la aplicación de la TG

CICT/UTAL/1985-8605



• Introducción

- > Objetivo 1: Producción por lotes
- > Objetivo 2: Integración de las Funciones de Diseño y Fabricación de la empresa
- > Respuesta: **TECNOLOGÍA DE GRUPOS (TG)**
 - ◆ "La Tecnología de Grupos es una filosofía de fabricación en que se identifican y agrupan partes (componentes o piezas) similares en Familias de partes y equipos de producción en Grupos de máquinas, o Células."
 - Cada Familia posee características similares, con lo que el procesamiento (o mecanizado) de cada miembro de la familia es similar.
 - Las Células facilitan el flujo de trabajo.



> Ventajas:

◆ Reducción del ciclo	30-70%
◆ Reducción del trabajo en curso	20-60%
◆ Reducción de tiempos de preparación	40-80%
◆ Reducción en recuperaciones y bajas	15-30%
◆ Reducción gasto en herramientas	10-20%
◆ Reducción de planos de diseño	5-10%





* Las funciones son universales, pero las TAREAS a llevar a cabo en cada función son diferentes para cada empresa.

* Cada empresa necesita un sistema UNICO de producción. Se necesitan:

- Sistemas echos a medida
- No sistemas "prefabricados"

* Esto es cada vez más posible debido a:

- Los sistemas de producción estan más estandarizados
- Los ordenadores tienen más prestaciones



* Familias de Partes o Piezas

> ¿Cómo definir las Familias de piezas?

> Familias de diseño:

◊ Piezas con similares características en su Diseño.

- Físicos: forma, tamaño, material.
- Funcionales: atendiendo a la función que desempeñan (ejes, engranajes cónicos, etc.).

◊ Ventajas:

- Reducción de variedades y la estandarización o normalización.

◊ Inconvenientes:

- Las piezas de una misma familia pueden NO fabricarse de forma eficiente en un solo grupo de máquinas.

> Familias de producción:

◊ Piezas con similares características en los procedimientos de Fabricación



> Familias de Producción:

- ◊ **Familias de Línea:** piezas que podrán fabricarse en un mismo grupo de máquinas en la misma secuencia.
- ◊ **Familias de Grupos:** piezas que podrán fabricarse en un mismo grupo de máquinas, sin importar el orden o secuencia de paso.
 - Una Familia de Grupo podrá convertirse en una o varias Familias de Línea
- ◊ **Familias por Utilaje:** piezas que podrán fabricarse todas ellas en un mismo puesto de trabajo y con el mismo utilaje.
 - Pueden existir tanto en familias de líneas como en las de grupo.
- ◊ **Piezas compuestas:** son piezas que incorporan a un tiempo todas las características de una familia de diseño y las de una familia de producción.



Es un conjunto de "elementos" con todas sus facilidades, incluso recayentes en su area reservada, que mantienen una "relación" entre ellos, llegando a compartir incluso recursos y procedimientos.



* Grupos de Máquinas Celulas

> Máquinas únicas o monogrupos

- ◆ Se utilizan para familias de piezas que pueden mecanizarse completamente en un solo tipo de máquinas estándar.

> Grupos mixtos o grupos de máquinas

- ◆ En sentido amplio, un grupo de máquinas abarca a un conjunto de máquinas asociadas a una determinada Familia de piezas.

> Líneas de lote

- ◆ Son grupos de máquinas asociadas a la fabricación de Familias de Línea.

> Núcleos de mecanizado o máquinas múltiples

- ◆ Son máquinas especialmente compuestas, diseñadas para llevar a cabo una serie de procesos diferentes sobre una pieza o Familia de piezas.



* Metodologías para la Identificación de Familias de Partes y Grupos de Máquinas

> La inspección visual

- ◆ Clasificación ocular de las piezas o de sus fotografías.

> La clasificación y codificación

- ◆ Mediante el examen de los atributos individuales de diseño y/o fabricación de cada parte.

- ◆ Código numérico que identifica los atributos de las partes.

> El Análisis del Flujo de Producción (PFA)

- ◆ A partir de las Hojas de Ruta. Las piezas a mecanizar con rutas similares o idénticas se clasifican en familias de partes.

> La metodología TGIP

- ◆ A partir de las Hojas de Ruta, Especificaciones Técnicas y Económicas de las máquinas, y otros datos

- ◆ Considera la demanda de cada uno de los ítems a fabricar como un parámetro fundamental.



• Clasificación y codificación

> Codificación en Diseño

- ◆ Un simple cambio en alguna pieza ya existente exige mucho menos tiempo que el diseño desde el principio.

> Codificación en Fabricación

- ◆ En fabricación, el Esquema de Codificación puede formar parte del Sistema Automatizado de Planificación de Procesos (C.A.P.P.).

> Beneficios:

- 1.- Facilita la formación de familias de partes y células de maquinaria.
- 2.- Rápida recuperación de diseños, dibujos y planos de fabricación.
- 3.- Reduce la duplicación del diseño.
- 4.- Suministra estadísticas fiables de las piezas trabajadas.
- 5.- Facilita estimaciones precisas sobre cargas de máquinas.
- 6.- Permite la racionalización de cambios de herramientas, reduce los tiempos de cambio de partida, y los tiempos totales de fabricación.
- 7.- Conduce a la racionalización y mejora del diseño de herramientas.



> Beneficios:

- 8.- Ayuda a la planificación de la producción y a la programación de procesos.
- 9.- Mejora la estimación de costes y facilita los procedimientos de contabilidad de costes.
- 10.- Suministra una mejor utilización de la maquinaria-herramienta y un mejor uso de las herramientas, instalaciones y recursos.
- 11.- Facilita la programación de las máquinas de control numérico que han de mecanizar las partes.

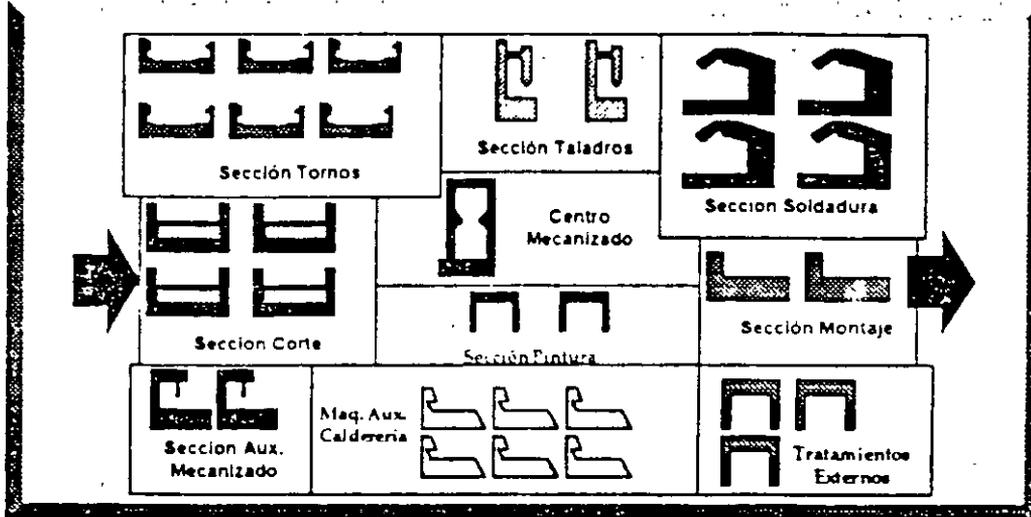
Atributos del diseño de partes:

- Forma externa básica.
- Forma interna básica.
- Ratio longitud/diámetro.
- Función de la parte.
- Dimensión mayor.
- Dimensión menor.
- Tolerancias.
- Acabado de las superficies.

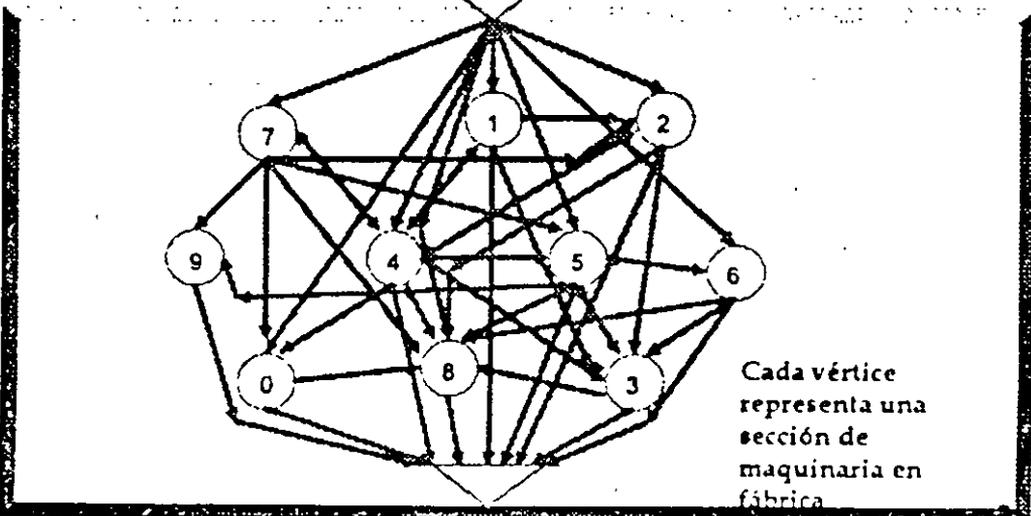
Atributos de la fabricación de partes:

- Proceso principal.
- Operaciones menores.
- Operaciones mayores.
- Ratio longitud/diámetro.
- Acabado de superficies.
- Máquina herramienta.
- Secuencia de operaciones.
- Tiempo de producción.
- Tamaño de lote.
- Producción anual.
- Instalaciones exigidas.
- Herramientas de corte.

P50067CD5204AB



Modelo de Planificación Jerárquica basado en TG y utilización de Simulación CICYTTAP92-0543



Cada vértice representa una sección de maquinaria en fábrica

Modelo de Planificación Jerárquica basado en TG y utilización de Simulación CICYTTAP92-0543

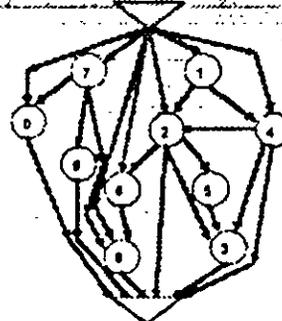
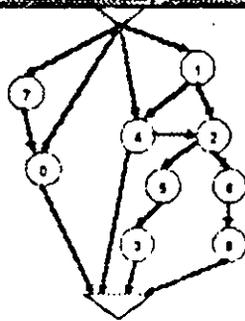


• La modelización debe ser útil para:

- > Diseño de la distribución en planta
- > Diseño y gestión del sistema de planificación y control de operaciones

• Obteniendo para cada nivel de información:

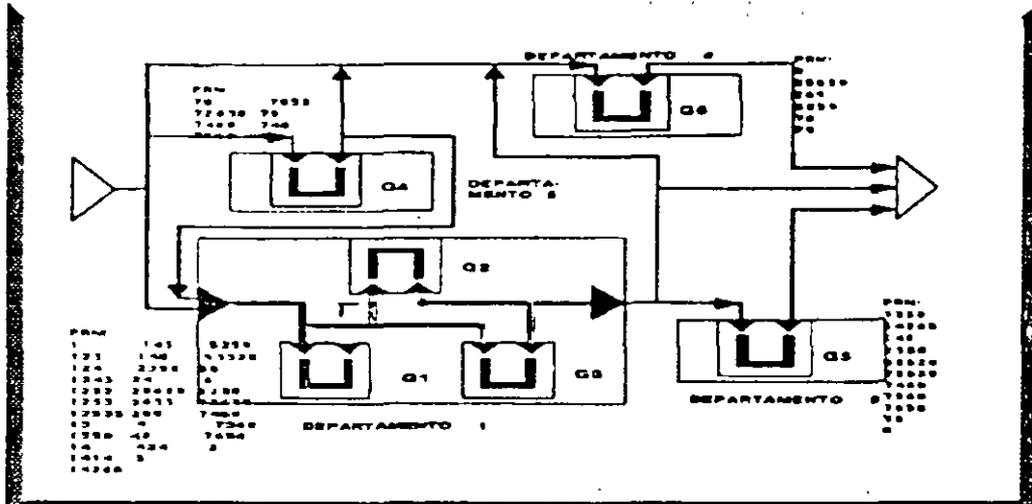
- > Lista de piezas o partes que se realizan
- > Lista de máquinas instaladas



PRN	CTD	PRN	CTD	PRN	CTD	PRN	CTD	PRN	CTD	PRN	CTD
0	7	1257	3	143	7	240	1	33725	1	7484	1
06	1	1257	1	148	1	4	5	3446	1	748	2
1	2	13	1	2	2	42	1	6	2	7340	1
123	1	1358	1	23585	1	434	1	6236	1	78	2
124	1	14	11	24	1	479	1	70	4	79	2
1243	1	1414	1	25459	1	5	2	724638	1	8	1
125	1	1426A	1	2475	1	5259	1	7458	1		

GIP

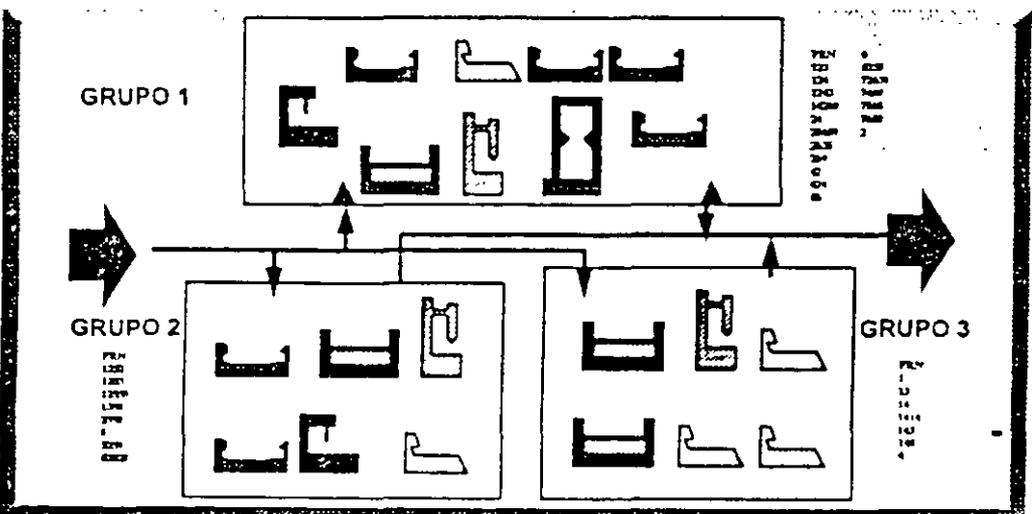
REPRESENTACIÓN DEL FLUJO DE PLANTA



Modelo de Planificación Jerárquica basado en TG y utilización de Simulación CICYTAP92-0543

GIP

REPRESENTACIÓN DEL DEPARTAMENTO 1



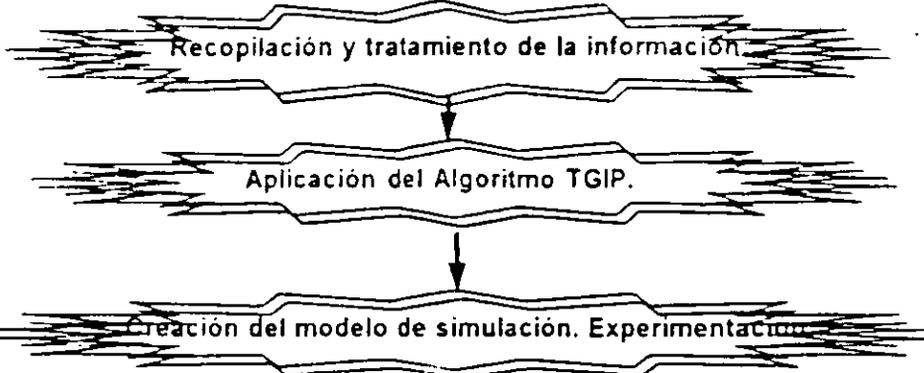
Modelo de Planificación Jerárquica basado en TG y utilización de Simulación CICYTAP92-0543

GIP

Visión general del algoritmo TGIP.



¿Como aplicar la metodología TGIP?



GIP

Recopilación y tratamiento de la información.



- * Captación y recopilación de los datos de entrada.
- * Tratamiento de la información.
- * Filtrado de los datos.





• La metodología TGIP

> La metodología TGIP , plantea unos Algoritmos de Clasificación implementados en programas informáticos, con el fin de conseguir la agrupación de piezas en Familias de Piezas y de las máquinas en Grupos de máquinas, siguiendo unos objetivos de optimización.

> FASE 1:

- ◊ Concepto: Algoritmo de Clasificación de las n-piezas a producir
- ◊ Objetivo: Subdivisión de las n-piezas en p-conjuntos (Familias de Piezas)
- ◊ Minimizar: la distancia pesada de las p-familias, así se logrará la agrupación de piezas cuyo proceso de fabricación sea similar.



> FASE 2:

- ◊ Concepto: Agrupación de las m-operaciones en p-conjuntos, (Grupos de Operaciones)
- ◊ Objetivo: obtención de p-Grupos independientes de piezas y operaciones.
- ◊ Minimizar: el número de operaciones necesarias para el acabado de una pieza fuera de su grupo.
- ◊ Datos de partida: las p-Familias de Piezas obtenidas mediante el algoritmo de la primera fase.

> FASE 3:

- ◊ Concepto: cada operación básica puede ser ejecutada por una o varias máquinas (no existe relación biunívoca entre operaciones y máquinas).
- ◊ Objetivo: asignar las operaciones a las máquinas.
- ◊ Optimizando: la asignación desde el punto de vista de la eficiencia y la rentabilidad de las máquinas.

GIP

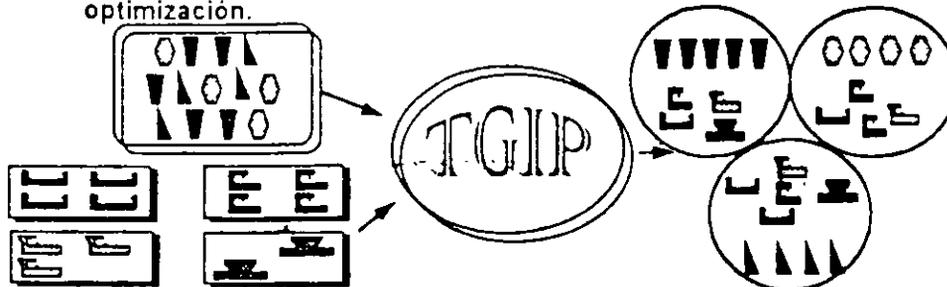
TGIP

Metodología para la aplicación de la TG



• La metodología TGIP

➤ La metodología TGIP , plantea unos Algoritmos de Clasificación implementados en programas informáticos, con el fin de conseguir la agrupación de piezas en Familias de Piezas y de las máquinas en Grupos de máquinas, siguiendo unos objetivos de optimización.

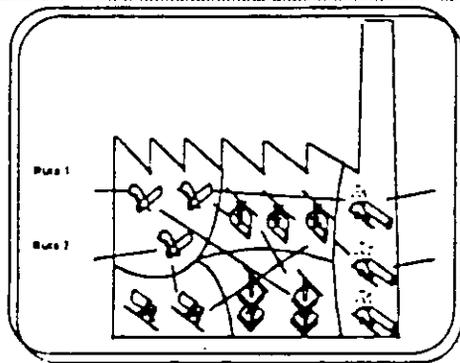


Metodología TGIP

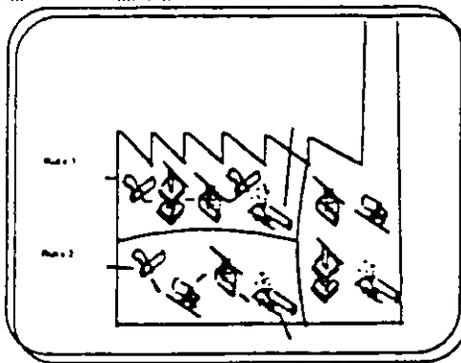
CICYTAP82-0343

GIP

Tecnología de Grupos (TG)



Distribución funcional

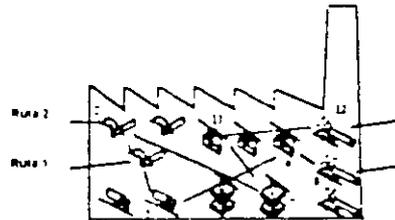


Distribución mediante TG

Metodología TGIP

CICYTAP82-0343

Necesidad del algoritmo TGIP (I)



> Elevada cantidad de datos que hay que localizar, estudiar y sistematizar.

- Codificación. Identificación de gran cantidad de piezas similares.
- Planteamiento de muchas agrupaciones de máquinas en células.
- Comparación de miles de planos de piezas, utillajes, herramientas
- Realización de centenares de diagramas de recorrido y tanteo de saturaciones.

Comp	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
Oper	O1 O5 O6 O8	O2 O7 O11 O12	O13 O15	O4 O6 O8 O13 O14	O2 O11 O12 O11	O3 O5 O14	O4 O9 O11 O13	O1 O11 O15	O4 O18	O3 O5	O1 O15	O1 O13 O15	O9 O16	O4 O10	O7 O11 O12



Necesidad del algoritmo TGIP (II)



Diagram illustrating a large matrix (15x15) and a stick figure thinking. The matrix is divided into two sections. The stick figure is looking at the matrix with a question mark above its head. A speech bubble contains the text: 'Matriz básica de Operaciones (O) y componentes (C) 15 O x 15 C'. A jagged speech bubble contains the question: '¿Cuántas veces se han de repetir estos pasos?'.



1ª SIMPLIFICACIÓN

Máquina con Asignación Única y Pieza Simple



2ª SIMPLIFICACIÓN

Máquinas con Asignación Única y Piezas Complejas



3ª SIMPLIFICACIÓN

Máquinas con Múltiples Asignaciones y Pieza Simple



- Coeficiente de agrupación

- Definición: es la forma de controlar la composición de los grupos.
- Coeficiente de agrupación elevado implica grupos compactos
- Coeficiente de agrupación bajo implica grupos dispersos
- Hay que establecer el valor del coeficiente de agrupación para:
 - ◊ Asegurar la convergencia del algoritmo.
 - ◊ Minimizar el transporte de piezas fuera del grupo al cual está asignada.

- Número de grupos deseado.

- Establece el número máximo de grupos que deseamos.

- Tiempo disponible para ejecutar el Plan.

GIP

Captación y recopilación de los datos de entrada.



¿Qué necesitamos?



- Hoja de ruta:
 - Tiempos de preparación
 - Tiempos de ciclo
 - Secuencia de operaciones
- Lista de materiales
 - Características técnicas de las máquinas
- Máquinas múltiples
 - Características técnicas de las máquinas
- Demanda
- Tiempo disponible

Metodología TGIP

CICYT-APB-0443

GIP

Tratamiento de la información



o Bases de datos relacionales utilizados por SITG

- Lista de Materiales
- Hojas de ruta
- Características de máquinas
- Plan Maestro

PIEZAS
PIEZA-COD.
HIJO-COD.
CANTIDAD
PLAN MAESTRO
PIEZA-COD.
LOTE
EXPLOSION

H. RUTA
PIEZA-COD.
MAQ-COD.
T. SETUP
T. PROCESO

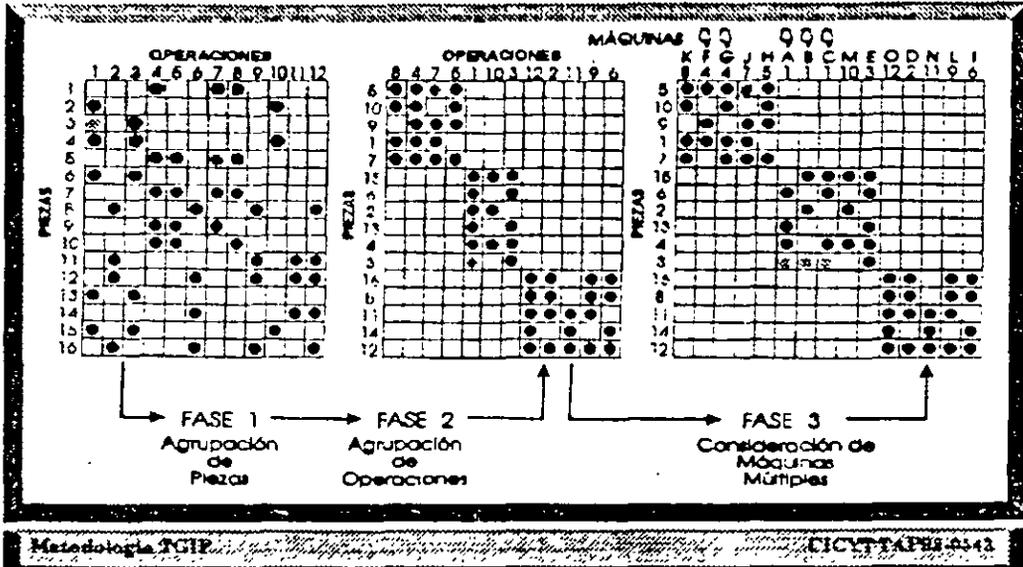
MAQUINAS
MAQ-COD.
EFICIENCIA
COEF ECON
MAQ-CANT.
PENDIENTES



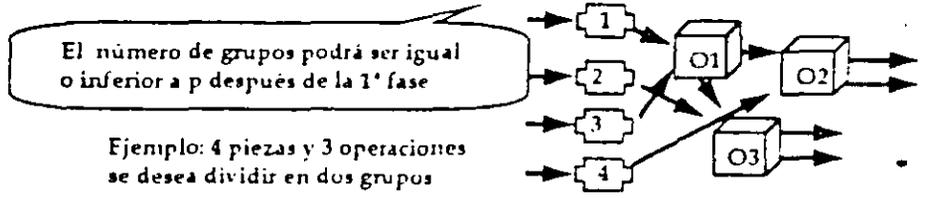
Es necesario organizar todo esto

Metodología TGIP

CICYT-APB-0443

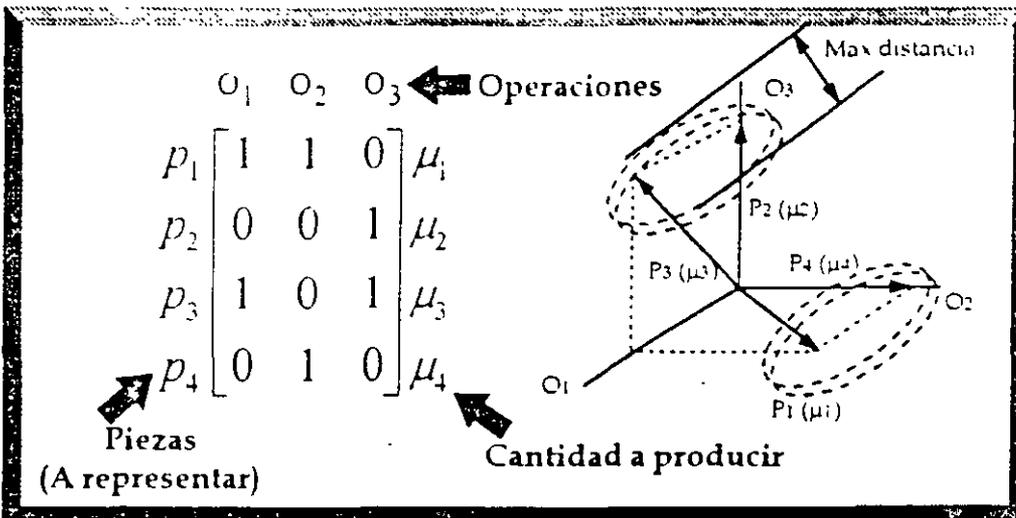


- Objetivo: Obtener agrupación inicial de piezas en familias.
- Información necesaria:
 - > Tamaño de lote a producir para cada pieza: μ_i
 - > Proceso u hojas de ruta.
 - > Número de grupos aproximado que se pretende obtener (p).



GIP

Algoritmo TGIP Fase 1ª (II)

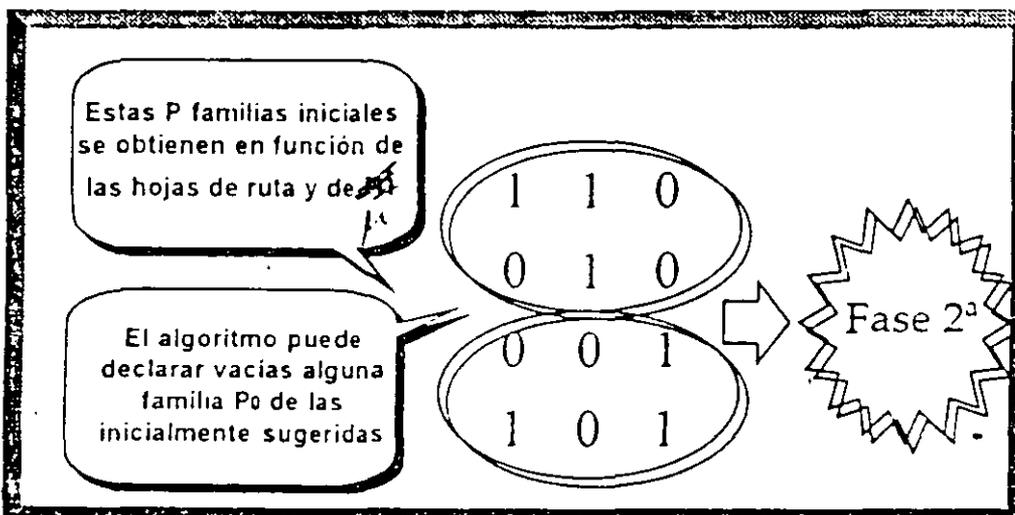


Metodología TGIP

CICYTAP92-0443

GIP

Algoritmo TGIP Fase 1ª (y III)



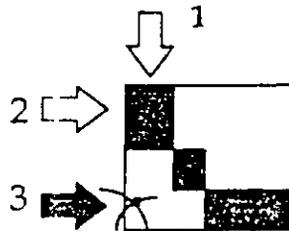
Metodología TGIP

CICYTAP92-0443



• Objetivo: Agrupar las m operaciones en P conjuntos

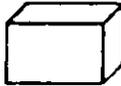
- A cada grupo de operaciones le corresponde una única familia de piezas(1)
- A cada familia de piezas le corresponde un único grupo de operaciones(2)
- Minimizar las operaciones que recibe una pieza fuera de su grupo (3)



El número de grupos en los que se dividen las máquinas coinciden con los obtenidos de la fase 1



Minimizar las operaciones que recibe una pieza fuera de su grupo



Las sub-matrices deben de contener al máximo de 1 en su interior



Fuera de las sub-matrices deben de haber el máximo de 0

Atención,
no son criterios equivalentes

GIP

Algoritmo TGIP

Fase 2ª (III)

1	0	0	0	0
1	1	0	0	0
0	0	1	1	1
0	0	1	1	1

Las sub-matrices deben de contener el máximo de 1 en su interior

1	0	0	0	0
1	1	0	0	0
0	0	1	1	1
0	0	1	1	1

Fuera de las sub-matrices deben de haber el máximo de 0

Solucion: Criterio δ Maximizar δ $+(1-\delta)$

Metodología TGIP
CICITTAPE-0543

GIP

Algoritmo TGIP

Fase 2ª (y IV)

1	1	0
0	1	0
0	0	1
1	0	1

• El algoritmo identifica las operaciones que maximizan el criterio y se la signa al grupo

• Este proceso se repite alternadamente tanto para las columnas como para las filas

Agrupación final piezas-operaciones

δ $+(1-\delta)$

δ $+(1-\delta)$

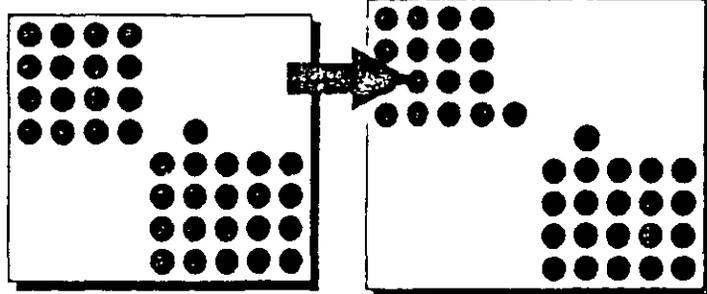
Metodología TGIP
CICITTAPE-0543

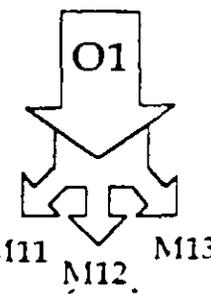
GIP

Algoritmo TGIP

Fase 3ª (I)







Una operación puede ser realizada por varias máquinas

- Tiempo de operación
- Eficiencia
- Periodo de trabajo
- Umbral mínimo de ocupación

Metodología TGIP CICYT TAPES 043

GIP

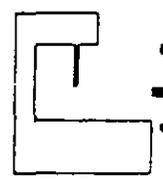
Algoritmo TGIP

Fase 3ª (y II)



Periodo de trabajo: Restricción a la utilización de máquinas que signifiquen un incumplimiento del mismo

Maq Referencia



Tiempo de Operación



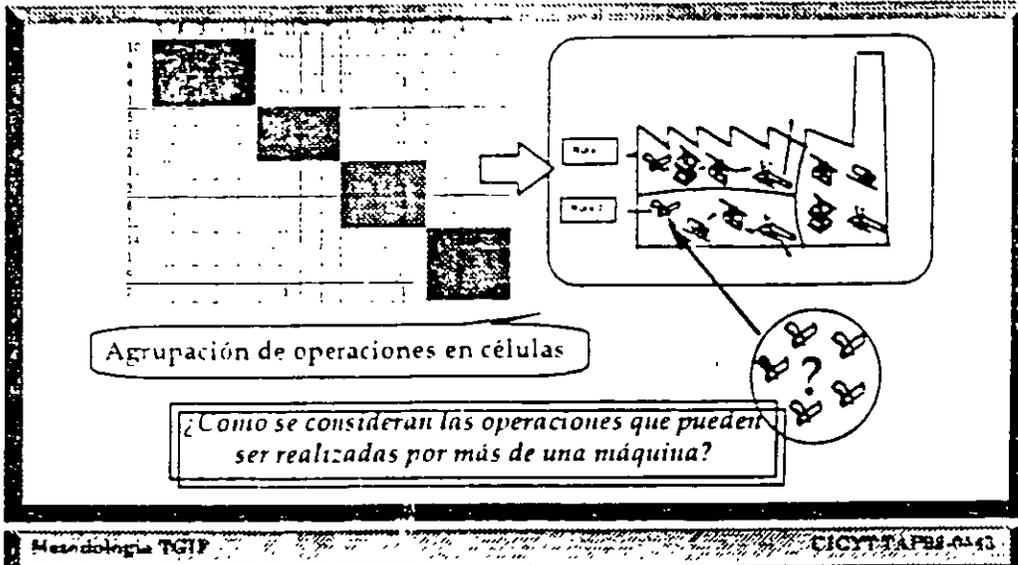
Para cada máquina se determina su eficiencia respecto a la máquina de referencia y su umbral de rentabilidad

El algoritmo asigna primero las máquinas más eficientes y que sobrepasen su umbral de rentabilidad

Metodología TGIP CICYT TAPES 043

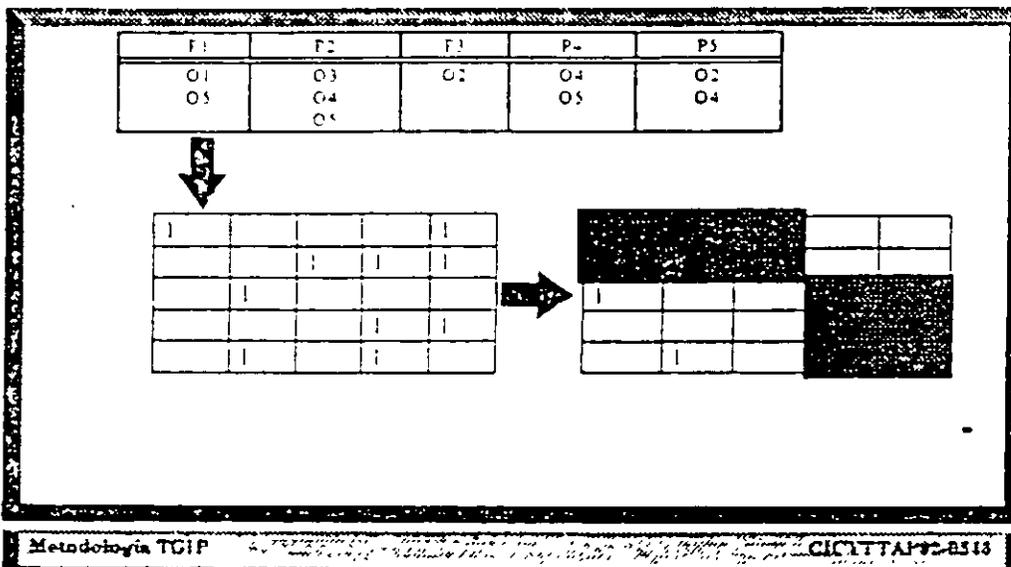
GIP

Necesidad del algoritmo TGIP (y III)



GIP

Ejemplo de diseño de un sistema mediante TG



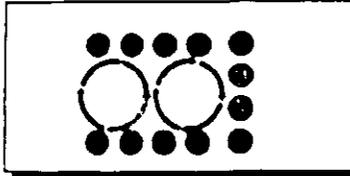


- Generación automática de código WITNESS.

- Simulación.

- Diseño intercelular.

- ◊ Células de máquinas con manejo manual.



- ◊ Células de máquinas con manejo semi integrado
 - ◊ Sistemas de Fabricación Flexible

- Diseño de experiencias con el modelo.

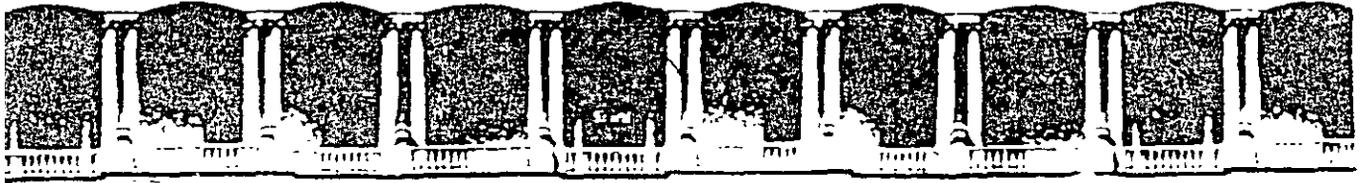


- Implantación en la empresa.

- Implantación parcial. Probar la distribución celular. (Muchas excepciones).
 - Células piloto.
 - ◊ Pruebas.
 - ◊ Células automatizadas
 - Nivel de implantación total.

- Gestión del sistema diseñado mediante TGIP.

- Es posible utilizar el paquete TGIP para realizar un seguimiento y control de un sistema diseñado mediante TG.



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

Tres décadas de orgullosa excelencia” 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN INGENIERIA EN
PRODUCCION**

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

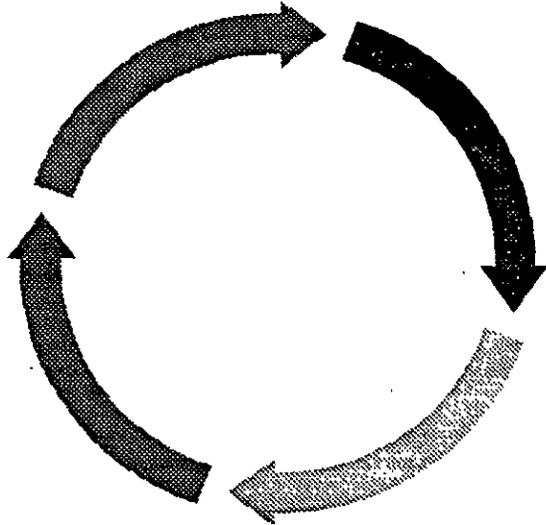
DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

**EXPOSITOR: ING. DANIEL RODRÍGUEZ RESENDIZ
PALACIO DE MINERIA
MARZO DEL 2001**

Distribución de planta.

El término "Distribución de Planta" significa unas veces la disposición existente, otras veces el nuevo plan de distribución propuesto, y, a menudo, el área en estudio o el trabajo para realizar una distribución en planta. Por lo tanto, la distribución de planta puede ser una instalación existente, un proyecto o un trabajo.

La distribución de planta comprende la disposición física de las posibilidades industriales. Esta disposición ya sea instalada o en proyecto, incluye tanto los espacios necesarios para movimiento de material, almacenamiento, mano de obra indirecta y otras actividades auxiliares o servicios como el que utiliza el personal y equipo de trabajo



OBJETIVOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.

El principal objetivo de la distribución de la planta es optimar el arreglo de máquinas, hombres, materiales y servicios auxiliares, para maximizar el valor creado.

Además la distribución debe satisfacer las necesidades del personal asociado con el sistema de producción.

Una buena distribución de planta aspira a lograr una disposición productiva de personal, materiales, maquinaria y servicios auxiliares, que llegue a fabricar un producto a costo suficientemente bajo para poder venderlo con beneficio en un mercado de competencia

Si vemos mas específicamente los objetivos básicos de la labor de hacer una distribución de planta incluye:

- Minimizar distancias en el movimiento de los materiales.

Una buena distribución debe minimizar tanto los costos como el tiempo, como las distancias para mover los materiales a través de los procesos de producción. En algunas compañías en uso de máquinas de transferencia solo requiere que se alimenten las máquinas con materia prima por un extremo del sistema de producción y que los productos sean retirados por el otro extremo. La industria cervecera es un buen

ejemplo, ya que los procesos están arreglados de tal manera que la cerveza va de la primera preparación al envase sin ser tocadas por mano humanas.

- Circulación del trabajo a través de la planta.

Distribuyendo el número de máquinas adecuadas en la posición correcta en una planta, el ingeniero industrial puede lograr el equilibrio en el proceso de producción y se pueden evitar cuellos de botella. Las interferencias de las máquinas se presentan en varias formas dentro de las operaciones de producción, incluyendo ruido excesivo, polvo, vibraciones, emanaciones y calor, y estas interferencias afectan el buen desempeño del trabajo del personal, por lo tanto el analista tratará de minimizarlas, y si esto no es posible aislará las máquinas que sean causa del problema.

- Utilización efectiva de todo el espacio.

Los edificios de la planta representan una gran inversión, así pues, debe usarse en su totalidad todo el espacio disponible para que el rendimiento sobre esa inversión sea el máximo. El espacio representa un gasto fijo, sea que se use o no, de todas maneras, tiene que pagarse los costos del espacio, por lo tanto, al diseñar los arreglos de la planta se deben intentar reducir al mínimo la cantidad del espacio de piso y de espacio superior que no se utilice.

- Satisfacción y seguridad para los obreros.

Una buena distribución de planta debe proporcionar una efectiva utilización de la mano de obra. Los trabajadores no deberán tener exceso de tiempo ocioso, o tener que recorrer grandes distancias por sus herramientas, plantillas u otros suministros. El personal de mantenimiento debe tener fácil acceso a las máquinas para repararlos, operarlos y limpiarlos. Una buena distribución de la planta debe crear un ambiente favorable por la formación de una moral elevada, en ocasiones con movimientos sencillos en la distribución puede lograrse.

En términos de salud una buena distribución debe comprender el adecuado suministro de aire, de ductos adecuados para la eliminación de polvo, rocío de pintura, y otras partículas de aire. Deben dejarse espacios entre los trabajadores y las máquinas en movimiento, protección para las herramientas de corte y sierras y otras provisiones.

- Disposición flexible

Si se diseña el arreglo de una planta teniendo en mente la flexibilidad, cualquier cambio en el futuro no representará un gran problema, ya que una redistribución puede presentarse con el cambio de algún producto o línea.

El ingeniero industrial debe buscar la máxima flexibilidad para la conjugación de máquinas, hombres, materiales, procesos, productos, espacio de piso y muchos otros factores.

TIPOS BÁSICOS DE DISTRIBUCIÓN.

- Distribución por posición fija.

En que el material, que se debe elaborar no se desplaza en la fábrica, sino que permanece en un sólo lugar, y por lo tanto toda la maquinaria y demás equipo necesarios se llevan hacia él. Se emplea cuando el producto es voluminoso y pesado, y solo se producen pocas unidades al mismo tiempo. Ejemplo buques, motores diesel, aviones, etc.

- Distribución por proceso o función.

Es que todas las operaciones de la misma naturaleza están agrupadas. En la industria de la confección, el corte de la tela se hace en una zona, el cosido en otra, el acabado en una tercera, etc. Este sistema de distribución se utiliza generalmente cuando se fabrica una amplia gama de productos que requieren la misma maquinaria. Ejemplo: talleres de mantenimiento, fábrica de hilados.

- Producto o línea denominada producción en cadena

En este caso, toda la maquinaria y equipo necesario para fabricar determinado producto se agrupa en una misma zona y se ordenan de acuerdo al proceso de fabricación. Se emplea principalmente en los casos en que existe una elevada demanda de uno o varios productos más o menos normalizados. Ejemplos: embotelladora de refrescos, montaje de automóviles, enlatado de cervezas, etc.

Aún cuando todos los sistemas de producción difieren en algo, existen dos tipos básicos de sistemas de producción, uno de ellos está basado en la producción intermitente y el otro en la producción continua, Aunque algunas compañías no pueden clasificarse estrictamente como dedicadas exclusivamente a alguno de los dos tipos.

En términos generales, el sistema de producción continua utiliza equipo para propósitos especiales, en tanto que el sistema de producción intermitente usa maquinaria de propósito general. ejemplo de maquinaria de uso general que puede ejecutar trabajos similares en un sistema de producción intermitente son los taladros, las fresadoras, los tornos, y las esmeriladoras

La producción intermitente por lo general representa costos de almacenamiento más elevados que en la producción continua, normalmente el producto se mueve más rápidamente a través de la planta en la producción continua.

El sistema de producción intermitente por lo general se presta al uso de distribución por proceso, tanto los hombres, como los materiales, las máquinas y los servicios de apoyo están agrupados sobre la base de las funciones o procesos que están ejecutando, por lo que en ocasiones se le llama la distribución funcional.

El sistema de producción continua generalmente utiliza una distribución por producto. Este arreglo agrupa a los trabajadores, materiales, máquinas y servicios de apoyo sobre la base de la secuencia.

VENTAJAS DE LA DISTRIBUCIÓN POR PROCESO.

- Se tiene mayor flexibilidad en la producción de productos diferentes, en la distribución de máquinas y en la asignación de empleados, y la distribución está adaptada a una demanda intermitente.
- Se puede usar máquinas de propósito general, que cuestan menos que las máquinas especializadas, no se deprecian tan rápido y no se convierten rápidamente en obsoletas.
- Las distribuciones por proceso son menos vulnerables a las interrupciones. Si una máquina sufre algún deterioro las otras pueden seguir trabajando y el trabajo puede pasarse a otras máquinas similares.
- Por lo general existe una inversión financiera menor en las máquinas y en el equipo de apoyo.
- En la distribución por proceso, las máquinas, pueden ubicarse en áreas separadas, y no dependen de una secuencia dada, por lo que es posible aislar las máquinas que producen ruido excesivo, polvo, vibraciones, emanaciones, o calor.
- Se pueden utilizar sistemas de incentivos, puesto que el ritmo de trabajo por lo general se fija por lo obreros y no por las máquinas, tampoco por las líneas transportadoras que suelen encontrarse en las distribuciones por producto.

DESVENTAJAS DE LAS DISTRIBUCIONES POR PROCESO

- El manejo de materiales es lento y difícil, como hay variedad de trabajos que se hacen al mismo tiempo, los materiales se transportan por muchas rutas que implica generalmente acarreos y reacarreos de un lugar a otro.
- La programación y ruta de las ordenes de producción resulta difícil, ya que para cada producto se requiere de una ruta especial, y en ocasiones se forman cuellos de botella por el retraso de ordenes y por lo general no es fácil mantener equilibrada una línea de producción
- La inversión en inventario es generalmente mayor, ya que debe haber suficientes existencias de materia prima y una existencia muy grande en artículos de proceso

VENTAJAS DE LA DISTRIBUCIÓN POR PRODUCTO

- El costo de producción en línea por lo general es más barato.

- Los productos se mueven a través de la planta con mayor rapidez debido a que gran parte del equipo es mecanizado y de trayectoria fija.
- El costo por manejo de materiales suele ser más barato por unidad producida.
- El balanceo de la línea es mucho más sencillo de conservar al igual que la ruta y la programación cronológica.
- Los requisitos de inventarios suelen ser menores que en la distribución por proceso. Se requiere un suministro de materiales continuo, pero el ritmo de su utilización es uniforme pudiendo utilizar planeación "justo a tiempo".

DESVENTAJAS DE LA DISTRIBUCIÓN POR PRODUCTO.

- La interrupción en una máquina por descompostura o ausentismo del personal puede provocar el cierre o paro de la línea de producción, como las máquinas están puestas en secuencia de principio a fin, si se sufre cualquier interrupción en algún paso del proceso afecta a toda la operación.
- Como la distribución por producto es relativamente rígida, las partes deben ser uniformes, el diseño del producto debe ser estable y debe mantenerse intercambiabilidad en las partes (autos).
- Debe mantenerse un volumen elevado de producción para asegurar un retorno sobre la gran inversión en las máquinas de propósito particular.
- Es difícil de aislar las máquinas que producen ruido excesivo, polvo, vibraciones, emanaciones o calor.
- Los planes de incentivos son difíciles de aplicar y sostener ya que el ritmo de trabajo lo imponen las máquinas, aunque existen alternativas para compensar esta desventaja.

Los tipos de arreglo más comunes encontrados en la industria son las distribuciones por proceso y por producto, pero la mayoría de las plantas utilizan una combinación por proceso y por producto.

Existe un tipo de distribución menos común pero básica que es la distribución por posición fija. Esta distribución tiene varias ventajas.

VENTAJAS DE LA DISTRIBUCIÓN POR POSICIÓN FIJA

- Se reduce manipulación de la unidad principal de montaje

- Los obreros especializados pueden completar su trabajo en un punto y la responsabilidad de la calidad queda fijada en una persona o grupo del montaje.
- Es posible hacer cambios frecuentes en los productos o en el diseño del producto y en la secuencia de operaciones.
- La distribución está adaptada a variedades del producto y a una demanda intermitente.
- Es más flexible, no requiere una técnica de distribución costosa y muy organizada.
- Las interrupciones es una parte del proyecto, no detiene necesariamente a toda la operación de producción, y en muchos casos es posible cambiar la secuencia de las operaciones

DESVENTAJAS DE LA DISTRIBUCIÓN POR POSICIÓN FIJA.

- Se requieren de trabajadores muy especializados.
- Se incrementa la manipulación de materiales y herramientas en el lugar del montaje.
- Sólo sirve para pocas unidades producidas al mes o al año.

FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

- El factor material, incluye diseños, variedades, cantidad, operaciones necesarias y secuencia de las mismas
- El factor maquinaria, incluyendo el equipo de producción y las herramientas con su utilización
- El factor humano, que incluye supervisión, servicios auxiliares, mano de obra tanto directa como indirecta
- El factor movimiento incluyendo el transporte externo e interno e interdepartamental, manipulación en las diferentes operaciones, almacenajes e inspecciones
- El factor espera, incluyendo almacenajes temporales y permanentes y demoras necesarias.
- El factor servicios, que incluye mantenimiento, inspección, desperdicios, programación y expedición.

- El factor edificios, que incluye aspectos exteriores, e interiores del edificio y aprovechamiento del equipo y distribución.
- El factor cambio, incluyendo versatilidad, flexibilidad y expansión.

CRITERIOS PARA UNA BUENA DISTRIBUCIÓN.

Las técnicas empleadas para determinar una buena distribución son las que se usan normalmente en ergonomía, sin embargo existen otros criterios que pueden satisfacer una buena distribución.

- Flexibilidad máxima. una buena distribución se puede modificar rápidamente para afrontar las circunstancias cambiantes. los puntos de abastecimiento deben ser amplios y de fácil acceso.
- Coordinación máxima. La recepción y envíos en cualquier departamento debe plantearse de la manera más conveniente para ambos departamentos. La distribución debe considerarse como un conjunto y no por áreas aisladas.
- Utilización máxima del espacio. Una planta debe considerarse como un cubo, ya que hay espacio arriba del piso, se pueden instalar transportadores a una altura superior a la de la cabeza o usarse como almacenes móviles para trabajos en proceso o pueden suspenderse herramientas y equipo del techo.
- Visibilidad máxima. Todos los hombres y materiales deben ser fácilmente observables en todo momento, no debe haber rincones en los que puedan extraviarse los objetos. Todo cancel o pared divisoria debe pasar por un cuidadoso estudio ya que reduce el espacio disponible y además origina una separación en ocasiones indeseable.
- Accesibilidad máxima. Todos los puntos de servicio y mantenimiento deben tener acceso fácil sobre todo para evitar riesgos y peligros.
- Distancia mínima. Los movimientos deben ser necesarios y directos. El manejo de los materiales y productos durante el proceso incrementa el costo del producto y no su valor, por lo que deben evitarse en lo posible los anaqueles para almacenamientos temporales (Compañía San Cristóbal Papelera)
- Manejo mínimo. El manejo óptimo es el manejo nulo, pero cuando es inevitable debe reducirse al mínimo usando transportadores, montacargas, toboganes, rampas, carretillas. El material con el que se está trabajando debe mantenerse a la altura de la mesa de trabajo y no colocarse en el piso si ha de tenerse que levantar después.
- Incomodidad mínima. Las corrientes de aire, la iluminación deficiente, la luz solar excesiva, el calor, el ruido, las vibraciones y los olores deben reducirse al mínimo, y si es posible contrarrestar.

- **Seguridad.** Toda distribución debe ser inherentemente segura y ninguna persona deberá estar expuesta a peligros. Debe tenerse cuidado no sólo de las personas que operan el equipo sino también de las que pasen cerca (fábrica de tornillos). Deben incluirse salvaguardas contra fuego, humedad, robo y deterioro general.
- **Flujo unidireccional.** No deben cruzarse las rutas de trabajo con las de transporte. Todo el material en una fábrica debe fluir en una dirección solamente, y una distribución que no se ajuste a esto ocasionará dificultades sino es que un verdadero caos.
- **Rutas visibles e identificación.** Deben proveerse rutas definidas de recorrido y de ser posible deben marcarse claramente. ningún pasillo debe usarse nunca para fines de almacenamiento ni aún en forma temporal. Siempre que sea posible debe otorgarse a los grupos de trabajadores su propio espacio de trabajo. La necesidad de un territorio definido parece ser básica en el ser humano (Fábrica de muebles)

PASOS PARA LOGRAR UNA BUENA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

- **Establecer el problema.**

En la distribución de planta intervienen tantas consideraciones, escondidas tras la disposición física del material, maquinaria, hombres y funciones auxiliares, que deben definirse claramente desde el principio la naturaleza y extensión de la labor a realizar: por lo que debe establecerse claramente el problema.

Debe hacerse un plan y un programa de trabajo tomando en cuenta las cuatro fases de la distribución: Situación de la superficie disponible, Distribución general de conjunto, Plan detallado de la distribución, Instalación, está programando el tiempo de cada una y los interfaces si es que existen

- **Conseguir datos reales**

Como en cualquier problema de ingeniería, si conseguimos los datos reales, la solución se obtiene con sencillez en muchos casos. Sin datos habrá de basarse en opiniones o supuestos. Se deben reunir datos obre el material y los productos terminados, la maquinaria, el equipo, el personal y los demás factores que intervienen. Estar convencidos que son datos reales, reunidos por medidas actuales, cifras aprobadas. No debemos basarnos en ideas, registros o dibujos inexactos, dudosos o atrasados. (Utilizar diagramas vistos en estudio del trabajo).

- **Volver a establecer o aclarar el problema a la luz de los datos reales.**

Este es el momento para señalar las contradicciones o los conceptos equivocados. Los datos reunidos pueden mostrar que el establecimiento original o alcance del problema debe cambiarse. Debe lograrse que, en éste momento, queda aclarada cualquier duda o decisión y las aclaraciones indicarán que nuevos hechos o datos deben ser tomados en consideración

- **Analizar y decidir la mejor solución**

El análisis de los datos reales en paralelo con los objetivos de una buena distribución es el principal problema del trabajo de distribución de planta. Se reúnen y evalúan los datos, se comparan las disposiciones alternativas, se ensayan y comprueban los planes, el análisis termina cuando se toma la decisión en cuanto a la mejor solución del problema.

- Ejecutar acción para la aprobación e instalación de la fase siguiente.

Cuando se ha decidido ya la solución, es necesario lograr su aprobación (vender la idea) por parte del jefe de departamento como de la dirección así como de las personas involucradas en los cambios para darles ocasión de señalar a tiempo cualquier deficiencia o error (caso de las cafeteras).

- Continuación.

Es importante considerar una continuidad, pues aunque la fase anterior sea por lo general aprobada, es posible y probable que surjan ajustes al llevar a cabo el desarrollo del proyecto y aún cuando una distribución este realizada físicamente surgirán preguntas y necesidad de recomodar o estudiar algunos otros pormenores.

Se ha señalado ya, que hay varios requerimientos diferentes y a veces conflictos que deben satisfacerse al preparar una buena distribución y para la toma de decisiones se tienen modelos matemáticos sobre la distribución de las instalaciones físicas que son de gran ayuda.

La decisión sobre la distribución de planta de flujos intermitentes o de distribución por proceso determina la localización relativa de los departamentos con el fin de alcanzar un criterio de decisión establecido dentro de ciertas restricciones de la distribución. En las decisiones de distribución de planta, algunos ejemplos de criterios son: minimización de los costos de manejo de materiales, minimización de la distancia que recorren los clientes, minimización de tiempos de viajes de los empleados y la máxima cercanía entre departamentos interrelacionados. Entre las restricciones más comunes están, las limitaciones de espacio, la necesidad de mantener una ubicación fija para ciertos departamentos, la capacidad limitada en cuanto al soporte de peso de ciertas áreas del piso, las disposiciones de seguridad industrial, las disposiciones de prevención de incendios y los requerimientos de áreas libres y pasillos. El problema consiste en encontrar la mejor distribución que cumpla con todas las restricciones del caso.

Los problemas de distribución o al menos una satisfactoria que cumpla con todas las restricciones del caso.

Los problemas de distribución de planta para procesos intermitentes caen dentro de dos categorías. Los que involucran criterios cuantitativos de decisión y los que involucran criterios cualitativos. Los problemas que implican criterios cuantitativos requieren decisiones que pueden ser expresadas en términos medibles, tales como el costo de manejo de materiales, tiempo de viajes de clientes o distancias. En las decisiones de distribución de planta que implican criterios cualitativos deben establecerse las cualidades que cada operación debe cumplir o las cualidades de cada departamento o lugar de trabajo. Por ejemplo, puede ser muy conveniente aislar los departamentos de pintura y soldadura por razones de seguridad y prevención de incendios. Estas relaciones, son de naturaleza cualitativa; por lo que se tienen métodos para resolver problemas cualitativos o otros para problemas cuantitativos.

CRITERIOS CUANTITATIVOS

Es posible formular varios tipos de problemas de distribución de planta de procesos basándose en criterios cuantitativos. Entre éstos están la minimización de los costos de manejo de materiales en las

fábricas y almacenes, y la minimización del tiempo de viaje de los empleados o clientes en las operaciones de servicios.

$$c = \sum_{i,j} T_{ij} C_{ij} D_{ij}$$

donde:

T_{ij} = Viajes entre el departamento i y el departamento j .

C_{ij} = Costo por unidad de distancia por viaje recorrido de i a j .

D_{ij} = Distancia de i a j .

C = Costo total.

N = Número de departamentos.

En ésta encuesta el costo puede considerarse en pesos (dólares) o en unidades de tiempo. para dar cabida ya sea al criterio de manejo de materiales o al tiempo de viaje. considerando el costo como un recurso escaso que debe conservarse o minimizarse por medio de la decisión de distribución de planta.

Para poder ilustrar el modelo de minimización del costo lo ejemplificaremos con el siguiente problema:

Considérese una planta que produce miniautos de juguete y que para ello usa los departamentos siguientes:

Depto. Número.	Nombre del departamento.	Área (m ²)
1	Pintura	500
2	Corte de materiales	350
3	Soldadura	600
4	Motores pequeños	225
5	Trabajos de metales	600

Depto Número	Nombre del departamento	Área (m ²)
6	Controles	275
7	Ruedas y llantas	500
8	Ensamble final	600

Suponga que en éste problema, el objetivo consiste en minimizar el costo para transportar los materiales de un departamento al siguiente

El paso número 1 para la solución del problema consiste en determinar el número de viajes que ocurren entre cada par de documentos. Para poder obtener el número de viajes se toman como base las hojas de ruta (diagramas de proceso) de cada uno de los productos y los volúmenes futuros estimados de los productos.

Matriz de viajes T_{ij} semanal.

Donde los elementos de la matriz se interpretan como el número total de viajes por semana entre el departamento i y el departamento j en "ambas direcciones".

En este problema fue elegido el volumen semanal de producción, pero puede usarse cualquier periodo, tal como diario, mensual o anual

El paso número 2 consiste en determinar el costo del manejo de materiales por unidad de distancia recorrida en cada viaje. Este costo puede variar entre cada par de departamentos en atención a que se usen distintos métodos de manejo de materiales (Carretillas, carritos manuales o montacargas, etc.)

Matriz de costos C_{ij}

El paso número 3 consiste en determinar las distancias que existen entre cada par de departamentos, las cuales dependerán de la distribución de planta que se haya elegido.

Pintura	Motores pequeños	Trabajo de metales y llantas	Ruedas recepción	Muelle de
1	3	5	7	
Corte de metales	Soldadura	Controles final	Ensamble embarque	Muelle de
2	4	6	8	

Con ésta distribución se han calculado las distancias entre cada par de departamentos.

Se ha especificado ya la matriz de número de viajes (T_{ij}) la matriz de costos (C_{ij}) y la matriz de distancias (D_{ij}) para la distribución de planta particular. Con estos datos es posible calcular el costo total del manejo de materiales para cada par de departamentos. La matriz de costos total se calculó multiplicando los elementos T_{ij} , C_{ij} , D_{ij} , correspondiente a las tres matrices anteriores por ejemplo para el departamento 1 a 2 el costo de manejo de materiales es $(75)(0.5)(0.30) = \$ 112.50$ y el costo total de todos éstos nos da un costo total de $C = \$ 3,668.50$ por semana.

Con esto se contempla la evaluación de la ecuación inicial para un plano específico de planta

La idea de obtener el costo es el preguntarse si es posible hacer algunas mejoras, para reducir C la iniciamos realizando intercambios entre los pares de departamentos

Por ejemplo si cambiamos el departamento 4 por el 5, el costo es de $\$ 3,144.50$ y la matriz de costos ajustada debido al intercambio se muestra en la figura siguiente. Se podrían considerar otros intercambios que podrían reducir aún más los costos sin embargo no se puede así llegar a una solución óptima por éste método manual, a menos de que se evaluarán todas las alternativas de cambios de departamento que en éste caso serían 8. Son embargo, existen algunos métodos de computadora para la solución de problemas a gran escala

El problema cuantitativo de la distribución de planta por procesos intermitentes, puede a menudo expresarse como una función lineal de las distancias entre los distintos departamentos. Existen varios métodos de programación lineal. Uno de ellos es el método gráfico, que implica la construcción de una gráfica que describe las relaciones de las variables y de los parámetros comprendidos en el problema. mediante el análisis de la función objetivo relacionada con las variables y los parámetros, es posible encontrar el punto, línea o plano que proporcionen la solución óptima para el problema

Otro método de programación lineal es el método simple. El método implica establecer relaciones entre las variables, parámetros y la función objetivo en términos de ecuaciones. Estas ecuaciones se manipulan matemáticamente en una serie de operaciones repetitivas de manera que la función objetivo sea minimizada o maximizada. Es un método tanto tedioso y tardado cuando se hace manualmente, sin embargo se dispone de programas de computadora para el método simplex.

El método de transporte de programación lineal se refiere al análisis de cierto número de variables y parámetros en forma de una rejilla. Este método como los otros proporciona la solución óptima en términos de minimizar o maximizar la función objetivo. Al igual que el método simplex, también implica varios ciclos de análisis repetitivos o interacciones, antes de que se llegue a la solución óptima. También existen programas de computadora para el método de transporte que reduce el tiempo para llegar a una solución.

La programación entera, la programación lineal y la programación dinámica son otros tipos de técnicas de programación que son útiles.

CRITEROS CUALITATIVOS.

Los problemas de distribución de planta que involucran criterios cualitativos surge cuando las relaciones que existen entre los departamentos de una instalación se especifican en términos cualitativos. (La conveniencia de colocar un departamento cerca del otro).

De acuerdo con el enfoque de Muther la conveniencia de colocar un departamento determinado adyacente a cualquier otro puede evaluarse mediante una de las siguientes categorías "Absolutamente necesario", "especialmente importante", "importante", "cercanía común correcta", "poco importante", e "inconveniente". esta jerarquización puede basarse en consideraciones de seguridad industrial, conveniencia del cliente, o flujos aproximados entre distintos departamentos

Para poder ilustrar mejor éste método lo haremos a través de un ejemplo, haremos una redistribución de un supermercado típico.

Se tienen en el supermercado los departamentos siguientes con sus respectivas necesidades de espacio:

	Departamento	Área (m ²)
1	Frutas, verduras y carne	1.900
2	Alimentos congelados	1.700
3	Abarrotes secos	2.800
4	Recepción	1.000
5	Alimentos enlatados	1.500
6	Área de salida	1.100
7	Panes y bocadillos	900
8	Productos no alimenticios	800

El paso número 1 consiste en establecer la jerarquización que regirá dentro del supermercado y cuales son los límites y el código con el que se va a distinguir

Jerarquización	Definición de la relaciones	Símbolo
A	Absolutamente necesaria	
E	Especialmente importante	
I	Importante	
O	Cercanía común correcta	
U	Poco importante	
X	Inconveniente	

El paso número 2 consiste en obtener las razones para la relación e identificación con un código de esta razón o justificación.

Código	Razón
a	Manejo de materiales
b	Facilidad de supervisión
c	Personal común
d	Convivencia del cliente
e	Mejoras en la venta
f	Apariencia

* Pueden añadirse otras.

El paso número 3 consiste en realizar una matriz muy parecida al del problema cuantitativo en donde son arregladas la relación y la razón de cada departamento.

El paso número 4 consiste en que una vez especificadas las relaciones cualitativas, es necesario encontrar la forma de resolver el problema: Cuando se trata de problemas pequeños, éstos pueden hacerse por inspección visual. En éste caso sólo se tratará de colocar cerca los departamentos que sean absolutamente necesarios y las relaciones departamentales queden satisfechas colocando los departamentos lo más separado posible.

El paso número 5 consiste en que una vez que se ha decidido sobre la relación, el problema de distribución no ha quedado resuelto aún ya que toda distribución debe por lo general encajar en una forma geométrica o de la forma del terreno con que se cuente, y por ello hacemos plantillas a escala para cada departamento y se colocan sobre un plano también a escala, no olvidando especificar muros, puertas, sólidos, etc. y sobre el plano que juega hasta encontrar la solución "óptima".

Cuando se trata de problemas más grandes, la solución no puede obtenerse mediante inspección, sino que deben usarse métodos computarizados por medio de los cuales se intente considerar todas las relaciones específicas y llegar a una solución óptima (ó satisfactoria) Estos métodos requieren que las relaciones cualitativas se conviertan en una escala numérica y se pueda resolver mediante un algoritmo.

Los criterios de distribución de planta se pueden aplicar a muchos tipos de situaciones entre las que se incluyen fábricas, almacenes, oficinas, y operaciones de servicios. Este método es posible aplicarse porque siempre es posible especificar relaciones cualitativas entre departamentos.

La planeación computarizada de la distribución de planta para procesos intermitentes ha evolucionado desde 1963 cuando se desarrolló el programa CRAFT para criterios cuantitativos, y el CORELAP y ALDEP para criterios cualitativos.

DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA PROCESOS EN LÍNEA.

La distribución de planta para los procesos en línea difieren notablemente de la distribución de planta para los procesos intermitentes, en los procesos en línea el producto se elabora en forma secuencial

realizando un paso y luego el siguiente a lo largo de la línea de flujo, por lo que la distribución no afecta la dirección del flujo del producto, pero sí afecta la eficiencia de la línea, y los trabajos que se asignen a los trabajadores individuales.

Cuando se usa una línea tradicional de ensamble de naturaleza móvil se considera el problema de asignación de tareas a los trabajadores de tal forma que el trabajo se divida por igual entre todos los empleados y esto es el problema clásico de balanceo de líneas.

Existen varias maneras según el caso que se trate para balancear las líneas de producción, vamos a ver y ejemplificar a continuación las más clásicas y frecuentes que se presentan.

El balanceo de líneas más clásico que existe es el de resolver el problema comenzando por el final de la línea, y de acuerdo con los datos necesarios para balancear, como son los volúmenes de producción, lista de operaciones, secuencias de éstos tiempos requeridos, se va programando en el balanceo hacia el principio de la línea.

Veamos el siguiente ejemplo:

Se trata de balancear una línea de producción para obtener 10.000 Kg. diarios de hilo de algodón. El proceso es el siguiente.

Limpieza de algodón	Cardado	Estirado	Torcido	Hilado
---------------------	---------	----------	---------	--------

* Apuntes del Ing. Juan José D' Matteo C.
Fac. de Ing. UNAM. Diseño de sistemas productivos

Sabiendo que al final debe salir 10.000 Kg/día y con la producción de cada hiladora (supongamos 100 Kg/día), determinamos que se requieren $1000/100 = 100$ máquinas, conociendo a través del departamento de Ing. Industrial que un operario puede atender 13 máquinas determinaremos que necesitamos $100/13 = 7.6$ operarios, por lo que se tomarán 8 y el operario que tenga menos carga de trabajo se le podrán asignar algunas tareas extras como pudieran ser lubricaciones, movimiento de materiales, limpiezas, etc.

Pasamos a torcido donde el porcentaje estándar de defectuoso de hiladoras es (5%), por lo que se determina que deberán salir 10.500 Kg/día. Repitiendo el razonamiento, se determinan máquinas y operarios necesarios.

De ésta manera se avanza hacia el principio de la línea hasta completar el balanceo. Es de notar que el ejemplo se sacó de la realidad industrial, buscando un caso que es un híbrido de disposición de equipos, pues éstos se encuentran en una disposición por proceso alineado.

* Otro caso sencillo, y a la vez el más frecuente, es aquel en el cual varios operarios, cada uno llevando a cabo operaciones consecutivas, trabajan como una sola unidad.

Por ejemplo, tenemos una línea de 8 operaciones

Operación No.	Tiempo estándar (min/pza.)
1	1.25
2	1.38
3	2.58
4	3.84
5	1.23
6	1.24
7	2.28
8	1.26

Se necesitan fabricar 700 pzas/día en un turno de 8 hrs. en consecuencia cada pieza deberá fabricarse en:

$$480/700 = 0.685 \text{ min/pza.}$$

Por lo tanto el número de operarios requeridos en cada puesto se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Tiempo estándar} / \text{Tiempo de fabricación por pieza} = \text{No. de operarios por operación}$$

* "Ingeniería Industrial". Niebel. Serv y Rep. de Ing.

No. de oper.	Tiempo est.	Tiempo est. / 0.685	No. de operarios
1	1.25	1.82	2
2	1.38	2.01	2
3	2.58	3.77	4
4	3.84	5.60	6
5	1.23	1.80	2
6	1.29	1.88	2
7	2.28	3.32	3
8	1.26	1.84	2

Ahora bien, ocurre normalmente que los tiempos estándar no son cumplidos por algún puesto de la línea, o por toda la línea. Aparece entonces lo que se llama Eficiencia (E) de la línea que es el cociente formado por:

$$E = \text{Minutos estándar} / \text{Minutos reales}$$

Si por ejemplo determinamos que la eficiencia $E = 80\%$, entonces, debemos balancear la línea de acuerdo a los nuevos tiempos.

No. de oper.	Tiempo est.	Tiempo real= T. Est. / E	Min. reales/0.685	Operarios
1	1.25	1.56	2.28	2
2	1.38	1.72	2.52	3
3	2.58	3.225	4.7	5
4	3.84	4.8	7.0	7
5	1.27	1.59	2.25	2
6	1.29	1.61	2.35	2
7	2.28	2.85	4.16	4
8	1.26	1.58	2.31	2

Para saber cual es la operación más lenta, dividimos el tiempo real de cada operación entre el número estimado de operaciones para cada una de las 8 operaciones.

Operación	Tiempo real / No. de operadores
1	$1.56 / 2 = 0.78 \text{ min}$
2	$1.72 / 3 = 0.57 \text{ min}$
3	$3.225 / 5 = 0.64 \text{ min}$
4	$4.80 / 7 = 0.68 \text{ min.}$
5	$1.54 / 2 = 0.77 \text{ min.}$
6	$1.61 / 2 = 8.805 \text{ min.}$
7	$2.85 / 4 = 0.71 \text{ min}$
8	$1.58 / 2 = 0.79 \text{ min.}$

En consecuencia la operación 6 determinará la velocidad de la línea que en este caso será:

$$\text{Velocidad de la línea} = 480 / 0.805 = 596 \text{ pzas.}$$

Por lo que determinaremos que faltan $700 - 596 = 104$ pzas

Como ésta velocidad no resulta adecuada tenemos que aumentar la velocidad de producción de la operación número 6. Ello puede lograrse de las siguientes maneras

- Haciendo que uno de los operarios trabaje horas extras $104 \times 0.805 = 83.7 \text{ min}$ de tiempo extra
- Utilizando los servicios de un tercer hombre (a medio tiempo) en el puesto número 6.
- Mejorando el método de la operación número 6 para disminuir su ciclo de trabajo

El problema de la asignación a la línea de producción puede ser también del de minimizar el número de estaciones de trabajo, dado que el tiempo de ciclo deseado, o bien, dado el número de estaciones de trabajo, asignar tareas o elementos de trabajo a las estaciones, dentro de las restricciones establecidas para minimizar el tiempo ciclo

El siguiente procedimiento de ayuda a la resolución del problema de equilibrio de líneas y se basa en la publicación de la General Electric acerca de equilibrio de líneas de ensamble. Los ingenieros de ésta

empresa han elaborado un programa para computadora que tiene por objeto asignar elementos de trabajo a una línea de ensamble.

Paso 1. El primer paso para la resolución del problema es la determinación de la secuencia de los elementos de trabajo. Para determinar la secuencia de los elementos, el analista debe preguntar y responder a la pregunta:

¿Qué otros elementos de trabajo o tarea, si hubiera, deben quedar terminados antes de que se pueda iniciar éste elemento de trabajo?. Se recomienda hacer un diagrama para la línea de producción

Para poder ejemplificar cada uno de los pasos se hará como los otros métodos por medio de un ejercicio:

Considérese que se requiere una producción de 300 unidades / día de un determinado producto, se calcula un margen de error del 15 % de productos, y una eficiencia del 10 % con las operaciones siguientes y su tiempo estándar para cada unidad.

Unidad de trabajo (tarea)	Tiempo estándar para dada unidad (min.)
00	0.46
01	0.35
02	0.25
03	0.22
04	1.10
05	0.87
06	0.28
07	0.72
08	1.32
09	0.49
10	0.55

El diagrama de precedencias es éste.

(00)-----(02)-----(05)-----(06)-----(08)-----(09)----- (10)----- (01)----- (03)----- (04)----- (07)

Se ve en éste diagrama que la unidad de trabajo (00) se debe terminar antes que (02), (03), (05), (06), (04), (07), (08), (09) y (10). La unidad (00) o la (01) pueden ser la primera o realizarse simultáneamente, la unidad de trabajo (03) no se puede iniciar hasta que las unidades (00) y (01) están terminadas y así sucesivamente

Paso 2. Para describir éstas relaciones se utiliza una matriz de procedencia, en éste caso marcamos con el número 1 la relación que "debe preceder a", por ejemplo la unidad de trabajo (00) debe proceder a las unidades (02), (03), (04), (05), (06), (07), (08), (09), y (10) asimismo la unidad de trabajo (09) debe proceder sólo a la (10).

Paso 3. Ahora debe calcularse el peso posicional para cada unidad. Esto se realiza calculando la suma de cada unidad de trabajo que deben seguirla, por lo tanto el peso posicional corresponde a la unidad de trabajo (00) será:

$$(00,02,03, 04,05, 06, 07, 08, 09, 10) = 0.46 + 0.25 + 0.22 + 1.10 + 0.87 + 0.28 + 0.72 + 1.32 + 0.49 + 0.55) = 6.26$$

Elemento de trabajo (tarea)	Peso posicional
00	6.26
01	4.75
02	3.76
03	4.40
04	4.18
05	3.56
06	2.64
07	1.76
08	2.36
09	1.04
10	0.55

Paso 4. Se reordenan los elementos de trabajo en orden decreciente y se determinan los antecesores inmediatos

Elementos de trabajo ordenados	Peso posicional	Antecesores inmediatos
00	6.26	----
01	4.75	----
03	4.40	(00), (01)
04	4.18	(03)
02	3.76	(03)
05	3.56	(00)
06	2.64	(05)
08	2.36	(04), (06)
07	1.76	(04)
09	1.04	(07), (08)
10	0.55	(09)

Paso 5. Los elementos de trabajo se asignan ahora a las diversas estaciones a los pesos posicionales (las tareas o elementos de trabajo con mayor peso posicional se asignarán primero) y el tiempo de ciclo del sistema. Por tanto, el elemento de trabajo con mayor peso posicional se asigna a la primera estación de trabajo. El tiempo no asignado se determina restando la suma de los tiempos de los elementos asignados el tiempo de ciclo estimado. Si hubiera un tiempo no asignado adecuado, entonces se puede asignar el elemento de trabajo con el siguiente peso posicional mayor, siempre que los elementos de trabajo en la columna de antecesores inmediatos hayan sido asignados

El procedimiento continúa hasta haber asignado todos los elementos de trabajo

$$\text{ciclo del sistema} = \frac{(\text{min de trabajo} - \text{margen de error}) \times (\text{eficiencia})}{\text{Unidades a producir al día.}} \quad \text{Tiempo}$$

$$\text{Tiempo ciclo del sistema} = (480 - 72) \times (1.10) / 300 = 1.50 \text{ min / unidad}$$

El primer elemento de trabajo que se contempla es la (00) por su peso posicional de 6.26 y su tiempo de elemento de trabajo es de 0.46. Si su ciclo es de $1.50 - 0.4 = 1.04$ que es el tiempo de estación no asignado; por lo que se introduce en ésta estación de trabajo (1). La siguiente tarea a asignar es la que le sigue en peso posicional que será la (01) que tiene peso posicional de 4.75 y tiempo de elemento de trabajo de 0.35; si se tienen 1.04 min. de tiempo no asignado tendremos $(1.04) - (0.35) = 0.69$ min. y así sucesivamente $(0.69 - 0.22) = 0.47$ min. disponibles para la siguiente tarea y así hasta asignar cada tarea a cada estación de trabajo.

Según la disposición que se ilustra con 6 estaciones de trabajo se tiene un tiempo ciclo de 1.32 min. (estación de trabajo número 4), la cual cumplirá con el requisito de 300 unidades y producirá:

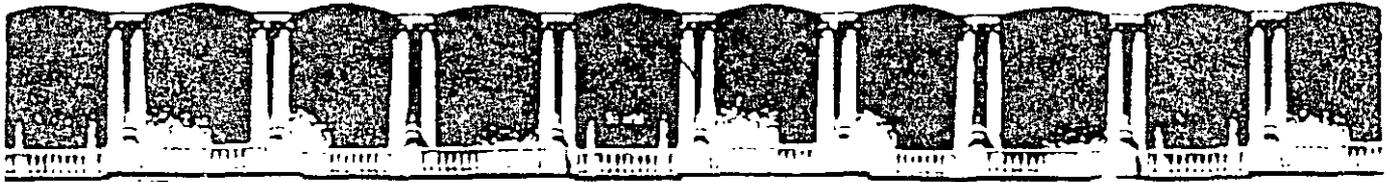
$$(480 - 72) \times (1.10) / (1.32) = 341 \text{ unidades}$$

Sin embargo con las estaciones de trabajo se tiene un tiempo de inactividad considerable, el tiempo muerto por ciclo es

$$\begin{aligned} &= (1.32 - 1.28) + (1.32 - 1.10) + (1.32 - 1.15) + (1.32 - 1.32) + (1.32 - 1.21) + \\ &\quad (1.22 - 0.55) \\ &= 0.04 + 0.22 + 0.17 + 0 + 0.11 + 0.77 = 1.31 \text{ minutos} \end{aligned}$$

Para un equilibrio más favorable el problema se puede resolver para ciclos menores de 1.50 min., con esto aumenta el número de operario y la producción diaria que hay que almacenar, otra alternativa sería la de reducir las horas de trabajo del día

Se han visto entonces que las decisiones sobre la distribución de planta va ligado en gran parte de las decisiones sobre la selección de procesos productivos, de ésta manera la distribución de planta estudia el arreglo de las instalaciones físicas de procesamiento para un tipo determinado de proceso



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

Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN INGENIERIA EN
PRODUCCION**

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

CERTIFICACIÓN ISO 9000

**EXPOSITOR: ING. DANIEL RODRÍGUEZ RESENDIZ
PALACIO DE MINERIA
MARZO DEL 2001**

Las certificaciones ISO 9000 se están difundiendo como reguero de pólvora y, aparte de sus ventajas para las empresas, sobre todo las de vocación exportadora, esta tendencia obliga a serias reflexiones. De otro modo se corre el riesgo de involucrarse en una moda, según la cual obtener una certificación es un desafío frívolo y no una propuesta seria de aseguramiento de la calidad.

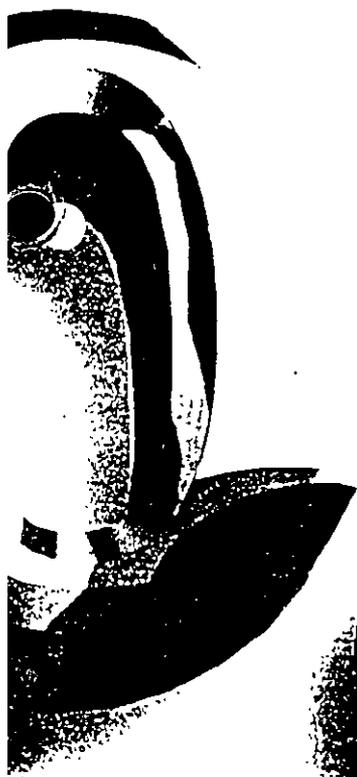
En estos tiempos de *multi-sourcing* y mercados globales, a muchas empresas mexicanas ya no les basta prometer que cumplirán con los requerimientos de sus clientes en el país y el extranjero. Ahora, y en forma creciente, la confianza se mide con la vara de las normas ISO 9000, relativas a la operatividad de sistemas de aseguramiento de la calidad.

Es por esto que, como ocurrió hace unos años con los códigos de barras en los productos de consumo masivo, muchos fabricantes han debido salir en busca de su certificado para poder aspirar a los mercados extranjeros, donde este requisito va camino de convertirse en una herramienta imprescindible.

Sin embargo, la adquisición del certifica-

do no sólo tiene sus dificultades, sino que ha generado más de una confusión. Para comenzar hay que decir muy claramente que, más que a la calidad intrínseca de los productos, las normas ISO 9000 se refieren a la capacidad del fabricante para producirlos en forma ordenada y confiable, según las necesidades y especificaciones del comprador. Esto es, que puede manufacturar los productos solicitados en el tiempo pactado y con las características prometidas.

El concepto vale para la fabricación de relojes de 10 pesos, televisores de 5,000 y motores de 50,000, porque dichas normas no discriminan sobre la calidad propia de los productos, sino sobre los sistemas de aseguramiento de calidad de los procesos de diseño, producción, almacenamiento, comercialización y servicios. Por eso no hay «productos ISO 9000», ni está permitido utilizar el símbolo o la mención de la certificación en los artículos destinados al



**No está
permitido
utilizar el
símbolo o la
mención de
la certificación
en los artículos
destinados
al consumidor
final.**

**Muchos fabricantes han debido salir
en busca de su certificado para aspirar
a los mercados extranjeros, donde este
requisito va camino de convertirse en
una herramienta imprescindible.**

ISO 9000 en Internet

Para quienes estén interesados en obtener más información respecto de las normas ISO 9000, así como contactar proveedores de software, consultoría y otros servicios, existe en Internet una gran variedad de empresas y servidores. A continuación se incluye una lista con las direcciones de algunos sitios básicos. Para obtener una mayor variedad, se recomienda ordenar una búsqueda a través de alguno de los *engine searches*, como Yahoo o Excite.

- Consultora TÜV America: <http://www.tuvam.com/>
- Underwriters Laboratories: <http://www.ul.com/>
- Welcome ISO Easy: <http://www.exit109.com/~leebee/>
- Normas ISO: <http://www.iso.ch/welcome.html/>
<http://www.iso.ch/>
<http://www.iso.ch/9000e/forum.html/>
- Web ISO Interactivo: <http://www.iso9000directory.com/>

4.2. QUE SON LAS NORMAS ISO-9000

La normativa ISO-9000 es una serie de seis normas aplicadas a la administración de Sistemas de Calidad, estas normas son:

ISO-8402 Sistemas de calidad.- Vocabulario.

ISO-9000 Gestión de calidad.- Guía para la selección y el uso de normas de Aseguramiento de Calidad.

ISO-9001 Sistemas de Calidad.- Modelo para el Aseguramiento de la Calidad aplicable al proyecto/diseño, la fabricación, la instalación y el servicio.

ISO-9002 Sistemas de Calidad.- Modelo para el Aseguramiento de la Calidad aplicable a la fabricación e instalación.

ISO-9003 Sistemas de Calidad.- Modelo para el Aseguramiento de la Calidad aplicable a la inspección y pruebas finales.

ISO-9004 Sistemas de Calidad.- Gestión de la Calidad y elementos de un Sistemas de Calidad. Directrices.

4.3. EXPLICACION Y USO DE LAS NORMAS ISO-9000

ISO-8402 / NMX-CC-1. VOCABULARIO.

Esta norma establece los términos y las definiciones empleadas en el campo de Aseguramiento de la Calidad.

Las definiciones contenidas en esta norma tienen como finalidad facilitar la comunicación entre el personal involucrado en el Aseguramiento de la Calidad; y la comprensión de los términos generales que se emplean en el campo del aseguramiento de la calidad y de los usados específicamente en la normativa nacional de Sistemas de Calidad.

Los términos y definiciones en esta norma tienen aplicación directa en las normas ISO-9000 / NMX-CC-2, ISO-9001 / NMX-CC-3, ISO-9002 / NMX-CC-4, ISO-9003 / NMX-CC-5, ISO-9004 / NMX-CC-6.

ISO-9000 / NMX-CC-2. GESTION DE CALIDAD. GUÍA PARA LA SELECCIÓN Y EL USO DE NORMAS DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD.

Esta norma tiene los siguientes objetivos:

- Establecer claramente las diferencias e interrelaciones entre los principales conceptos de Calidad.
- Proporcionar la guía para la selección y el uso de la normas de Sistemas de Calidad que puedan ser empleadas para propósitos de la gestión interna de Calidad (ISO-9004 / NMX-CC-6), y para propósitos externos de Aseguramiento de Calidad (ISO-9001 / NMX-CC-3, ISO-9002 / NMX-CC-4, ISO-9003 / NMX-CC-5).

ISO-9001 / NMX-CC-3. SISTEMAS DE CALIDAD. MODELO PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD APLICABLE AL PROYECTO / DISEÑO, LA FABRICACIÓN, LA INSTALACIÓN Y EL SERVICIO.

Esta norma establece los requisitos mínimos que debe cumplir el sistema de Aseguramiento de Calidad de un proveedor, cuya responsabilidad abarca desde el proyecto / diseño, hasta la fabricación e instalación de un producto, así como proporcionar el servicio correspondiente al mismo.

Esta norma es aplicable cuando los requisitos del producto, proceso o servicio se establecen principalmente en función del servicio a prestar, y por consecuencia, el proveedor se responsabiliza de la gestión de la Calidad en las distintas etapas, desde el proyecto y/o diseño, hasta el servicio al cliente.

Los requisitos establecidos en esta norma tienen el objetivo de evitar productos no conformes en todas sus etapas, desde el producto y/o diseño hasta el final de la vida útil del producto, incluyendo los servicios al cliente.

Esta norma forma parte de un conjunto de tres normas referidas a los sistemas que pueden utilizarse para el Aseguramiento de la Calidad. Los modelos descritos en las tres normas representan modelos distintos de capacidad funcional y organizativa que pueden ser utilizados para regular las relaciones contractuales entre las partes (proveedor y cliente), así como para la evaluación de dichos sistemas. Las dos normas restantes son:

- ISO-9002 / NMX-CC-4.
- ISO-9003 / NMX-CC-5.

ISO-9002 / NMX-CC-4. SISTEMAS DE CALIDAD. MODELO PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD APLICABLE A LA FABRICACIÓN E INSTALACIÓN.

Esta norma establece los requisitos mínimos que debe cumplir el Sistema de Aseguramiento de Calidad de un proveedor que tiene la responsabilidad de fabricar e instalar un producto.

La norma es aplicable cuando los requisitos del funcionamiento del producto y/o servicio ya han sido establecidos, y consecuentemente el proveedor se responsabiliza de la gestión de la Calidad en las etapas de fabricación e instalación.

ISO-9003 / NMX-CC-5. SISTEMAS DE CALIDAD. MODELO PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD APLICABLE A LA INSPECCIÓN Y PRUEBAS FINALES.

Esta norma establece los requisitos mínimos que debe cumplir el Sistema de Aseguramiento de calidad de un proveedor que tiene la responsabilidad de inspeccionar y efectuar las pruebas finales correspondientes para la aceptación del producto.

Este documento se aplica cuando los requisitos del producto y/o servicio ya se encuentran establecidos con referencia a un proyecto y/o diseño o a una especificación, y consecuentemente, el proveedor se responsabiliza de la gestión de la Calidad en las etapas de inspección y pruebas finales.

La guía para evaluar la aplicación de esta norma es la norma ISO-10011, cuya norma equivalente en México es la norma NMX-CC-7 SISTEMAS DE CALIDAD. AUDITORIAS DE CALIDAD.

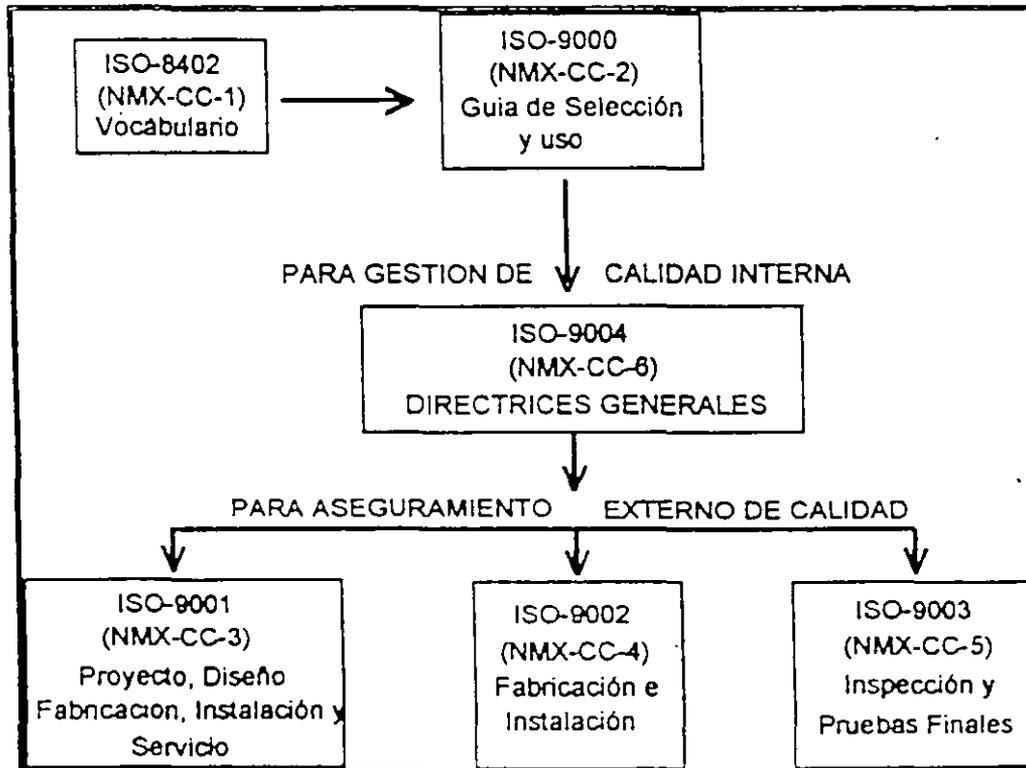
ISO-9004 / NMX-CC-6. SISTEMAS DE CALIDAD. GESTIÓN DE LA CALIDAD Y ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE CALIDAD. DIRECTRICES GENERALES.

Esta norma describe los elementos básicos por medio de los cuales un Sistema de Calidad puede ser desarrollado e implantado.

La selección de los elementos apropiados contenidos en esta norma y la extensión en que son adoptados y aplicados por una empresa dependerá de factores tales como mercado, naturaleza del producto, proceso de producción y necesidades del consumidor.

La presente norma no pretende ser una lista de verificación del cumplimiento de requisitos de un Sistema de Calidad, sólo presenta las directrices generales del Sistema de Calidad.

Apoyándonos en la explicación anterior, se sugiere que las normas se estudien (para su mejor comprensión) en el siguiente orden:



ANEXO 1

CERTIFICACIÓN DE SISTEMAS DE CALIDAD

PANORAMA GENERAL DE LA CERTIFICACIÓN

CERTIFICACIÓN es la acción llevada a cabo por una entidad reconocida como independiente de las partes interesadas, manifestando que se dispone de la confianza adecuada de que un producto, proceso o servicio, debidamente identificado, está conforme con una norma u otro documento normativo.(Definición de ISO/IEC Guide 2 "General terms and their definitions concerning standardization and related activities").

OBJETIVOS DE LA CERTIFICACIÓN

Los principales objetivos de la certificación son:

- Estimular al fabricante a elevar la Calidad del producto y/o servicio.
- Demostrar que la empresa tiene en correcta operación un Sistema de Calidad.
- Mejorar el Sistema de Calidad en la empresa.
- Proteger al consumidor.
- Proporcionar a los clientes confianza en la seguridad y bondad de los productos y/o servicios adquiridos.

BENEFICIOS DE LA CERTIFICACIÓN

- Fomenta el desarrollo de la normalización.
- Es una actividad avalada por organismos reconocidos.
- Incrementa el nivel de confiabilidad y Calidad de la industria.
- Facilita la incursión en los mercados internacionales.
- Propicia el incremento de infraestructura para la certificación.

TIPOS DE CERTIFICACIÓN

Actualmente podemos hablar de tres tipos de certificación:

Certificación de primera parte

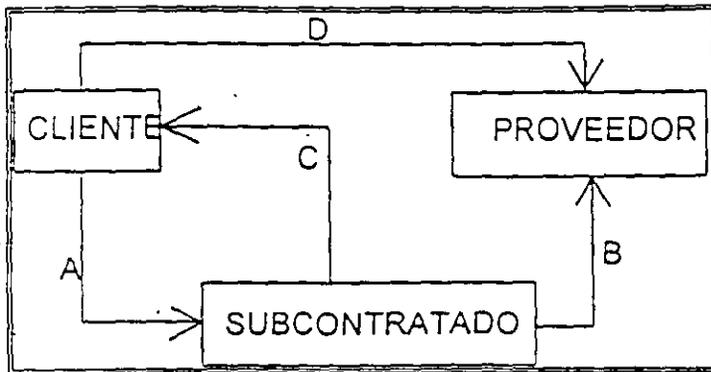
Esta certificación es efectuada por la empresa misma es decir, cuando ésta se verifica a si misma o a su personal; por ejemplo, ella puede emitir un certificado en el que exprese que su personal está capacitado para realizar ciertas funciones dentro de la misma.

Certificación de segunda parte

Esta certificación es la que efectúa el cliente a su proveedor. Es decir, un proveedor puede solicitar a su cliente que éste lo certifique para verificar que su sistema, producto o servicio es el convenido entre ambos, por lo tanto, el certificado que otorgue este cliente será válido únicamente para éste y su proveedor.

La certificación de segunda parte también puede hacerse por subcontratación, por ejemplo, si el cliente no tiene personal o recursos para hacer las evaluaciones a su proveedor y certificarlo, entonces puede contratar a un tercero para que realice esta función.

Lo anterior se ilustra con la siguiente figura:



- A. El CLIENTE pide al subcontratado que evalúe al PROVEEDOR.
- B. El SUBCONTRATADO evalúa al PROVEEDOR.
- C. El SUBCONTRATADO entrega los resultados al CLIENTE.
- D. El CLIENTE emite el CERTIFICADO a su PROVEEDOR.

Certificación de Tercera Parte

Es la que efectúa un organismo de CERTIFICACIÓN RECONOCIDA, por ejemplo BVQI, UL, BSI, etc.

En este tipo de certificación, la empresa puede dirigirse directamente al organismo RECONOCIDO.

Carácter de la Certificación

En general, la certificación se aplica a:

- **Sistemas de Calidad.**
- **Productos y servicios.**
- **Personal (auditores, soldadores, ensayos no destructivos).**
- **Organismos certificadores (acreditamiento).**

La certificación puede ser de carácter:

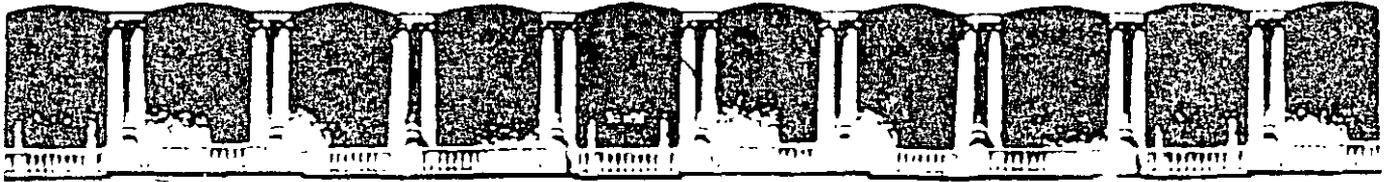
- **Obligatoria.**
- **Voluntaria.**

Certificación Obligatoria

Se presenta cuando se producen o comercializan productos y/o servicios que pueden afectar la **SEGURIDAD** y **SANIDAD** de los ciudadanos, así como al **MEDIO AMBIENTE**.

Certificación Voluntaria

Se presenta cuando se buscan beneficios propios como nuevos mercados y asegurar los ya existentes. La certificación voluntaria puede adquirir carácter de obligatoria por medio de una relación contractual.



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

Tres décadas de orgullosa excelencia™ 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN INGENIERIA EN
PRODUCCION**

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

BALANCEO DE LINEA

**EXPOSITOR: ING. DANIEL RODRÍGUEZ RESENDIZ
PALACIO DE MINERIA
MARZO DEL 2001**

BALANCEO DE LÍNEA.

SE SUELE HABLAR DE DOS TIPOS FUNDAMENTALES SEGÚN SE TRATE: **BALANCEO DE UNA LÍNEA DE ENSAMBLE O DEL BALANCEO DE UNA LÍNEA DE FABRICACIÓN**, SI BIEN EN LA PRÁCTICA MUCHAS VECES ES DIFÍCIL DISTINGUIR ENTRE UNA Y OTRA.

PARA RESOLVER ESTE TIPO DE PROBLEMAS SE NECESITA COMO MÍNIMO INFORMACIÓN SOBRE:

- a) VOLUMENES DE PRODUCCIÓN.
- b) LISTA DE OPERACIONES, SU SECUENCIA Y PORCENTAJE ESTANDAR DE PRODUCCIÓN DEFECTUOSA.
- c) TIEMPOS REQUERIDOS POR CADA OPERACIÓN.

EJERCICIOS:

BALANCEO DE UNA LÍNEA DE ENSAMBLE:

SE NECESITAN FABRICAR 700 PIEZAS AL DÍA EN UN TURNO DE 8 HRS.

NO. DE OPERACIÓN (1)	TIEMPO ESTANDAR (2)
1	1.25
2	1.38
3	2.58
4	3.84
5	1.23
6	1.24
7	2.28
8	1.26

LA FRECUENCIA DE PRODUCCIÓN, SE EMPLEA PARA EL CALCULO DE LA COLUMNA (3) Y SE OBTIENE CON LA SIGUIENTE FORMULA:

$$\frac{480 \text{ MIN}}{700 \text{ PZAS}} = 0.685 \text{ MIN. POR PZA.}$$

EL VALOR ANTERIOR SE EMPLEA EN LA FORMULA:

$$\frac{\text{TIEMPO ESTANDAR}}{\text{FRECUENCIA DE PRODUCCION}} = \text{NÚM. DE OPERARIOS (O NUM. DE ESTACIONES)}$$

ENTONCES:

NO. DE OPERACIÓN (1)	TIEMPO ESTANDAR (2)	NO. DE OPERARIOS (3)	NO. DE OPERARIOS (REDONDEADO) (4)
1	1.25	1.82	2
2	1.38	2.01	2
3	2.58	3.77	4
4	3.84	5.61	6
5	1.23	1.80	2
6	1.24	1.81	2
7	2.28	3.33	3
8	1.26	1.84	2
			23

AHORA BIEN, OCURRE NORMALMENTE QUE LOS TIEMPOS ESTANDAR NO SON CUMPLIDOS POR ALGÚN PUESTO DE LA LÍNEA, O POR TODA LA LÍNEA. APARECE ENTONCES LO QUE SE LLAMA EFICIENCIA (ϵ) DE LA LÍNEA, QUE ES EL COCIENTE FORMADO POR:

$$\epsilon = \frac{\text{TIEMPO ESTANDAR}}{\text{TIEMPO REAL}}$$

SI POR EJEMPLO, DETERMINAMOS QUE LA EFICIENCIA $\epsilon = 80\%$, ENTONCES, DEBEMOS BALANCEAR LA LÍNEA DE ACUERDO A LOS NUEVOS TIEMPOS.

PARA EL CALCULO DE LA COLUMNA (5) SE EMPLEA LA SIGUIENTE FORMULA:

$$\text{TIEMPO REAL} = \text{TIEMPO ESTANDAR} / \text{EFICIENCIA}$$

LA COLUMNA (6) RESULTA SER LA FRECUENCIA REAL DE PRODUCCION, ES DECIR:

$$\text{TIEMPO REAL} / 0.685$$

NO. DE OPERACIÓN (1)	TIEMPO ESTÁNDAR (2)	TIEMPO REAL (5)	NO. DE OPERARIOS (6)	NO. DE OPERARIOS (REDONDEADO) (7)
1	1.25	1.56	2.28	2
2	1.38	1.73	2.53	3
3	2.58	3.23	4.72	5
4	3.84	4.80	7.01	7
5	1.23	1.54	2.25	2
6	1.24	1.55	2.26	2
7	2.28	2.85	4.16	4
8	1.26	1.58	2.31	2
				27

PARA SABER CUAL ES LA OPERACIÓN MÁS LENTA, DIVIDIMOS EL TIEMPO REAL DE CADA OPERACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE OPERARIOS PARA CADA UNA DE LAS OPERACIONES.

CON LA SIGUIENTE FORMULA, SE OBTIENE LA COLUMNA(8)

TIEMPO REAL / No. DE OPERARIOS

NO. DE OPERACIÓN (1)	TIEMPO DE OBTENCIÓN DE UN PRODUCTO (MIN.) (8)
1	0.78
2	0.58
3	0.65
4	0.69
5	0.77
6	0.78
7	0.71
8	0.79

OPERACIÓN MÁS LENTA

EN CONSECUENCIA LA OPERACIÓN 8 DETERMINARÁ LA VELOCIDAD DE LA LÍNEA QUE EN ESTE CASO SERÁ:

$$\frac{480}{0.79} = 607.59 \text{ PIEZAS.}$$

POR LO QUE DETERMINAMOS QUE FALTAN:

$$700 - 607.59 = 92.41 \text{ PIEZAS}$$

COMO ESTA VELOCIDAD NO RESULTA ADECUADA, TENEMOS QUE AUMENTAR LA VELOCIDAD DE PRODUCCIÓN DE LA OPERACIÓN NÚMERO 8. ESTO PUEDE LOGRARSE DE LAS SIGUIENTES MANERAS:

- * HACIENDO QUE UNO DE LOS DOS OPERARIOS DE LA ESTACIÓN, TRABAJE HORAS EXTRAS.

$$92.41 \times 0.79 = 73 \text{ MIN.}$$

- * UTILIZANDO LOS SERVICIOS DE UN **TERCER HOMBRE** (MEDIO TIEMPO) EN LA ESTACIÓN NO. 8
- * **MEJORANDO EL MÉTODO** DEL PUESTO No 8 PARA DISMINUIR EL TIEMPO DEL CICLO.
- * PROVOCANDO QUE LA LÍNEA TRABAJE CON UNA **MAYOR EFICIENCIA**.

BALANCEO DE UNA LÍNEA DE FABRICACIÓN:

OBTENER 10 TONELADAS DE HILO AL DÍA.

LIMPIEZA	CARDADO	ESTIRADO	TORCIDO	HILADO
3.0% DEFECTOS → 10,737KG/D	1.7% DEFECTOS → 10,424KG/D		2.5% DEFECTOS → 10,250KG/D	
1 MAQ. → 1,500KG/D	1 MAQ. → 750KG/D	1 ESTIRADOR A → 185KG/D	1 TORCEDOR A → 210KG/D	1 HILADORA → 100KG/D
7.16 MAQ. ≈ 8 MAQ.	13.9 MAQ. ≈ 14 MAQ.	55.4 MAQ. ≈ 56 MAQ.	48.8 MAQ. ≈ 49 MAQ.	100 HILADORAS
1 OPERARIO ATIENDE 4 MÁQUINAS.	1 OPERARIO ATIENDE 4 MÁQUINAS.	1 OPERARIO ATIENDE 12 MÁQUINAS.	1 OPERARIO ATIENDE 17 MÁQUINAS.	1 OPERARIO ATIENDE 18 MÁQUINAS.
2 OPERARIOS	3.5 OPERARIOS ≈ 4 OPERARIOS	4.66 OPERARIOS ≈ 5 OPERARIOS	2.88 OPERARIOS ≈ 3 OPERARIOS	5.5 OPERARIOS ≈ 6 OPERARIOS

→
10,000 KG

20
OPERARIOS

EJERCICIO DE DIAGRAMA DE BLOQUES

CONSIDEREMOS LA FABRICACIÓN DE TRES PRODUCTOS:

PRODUCTO / ACTIVIDAD	A	B	C
1	TORNEADO	ENMETALADO	TORNEADO
2	ENMETALADO	FRESADO	ENMETALADO
3	FRESADO	TALADRADO	TALADRADO
4	RECTIFICADO	FRESADO	ENMETALADO
5	TALADRADO	ENMETALADO	RECTIFICADO
6	TORNEADO	TORNEADO	CONTROL DE CALIDAD
7	CONTROL DE CALIDAD	CONTROL DE CALIDAD	

LOS TRES PRODUCTOS SALEN DEL ALMACÉN DE MATERIA PRIMA Y LUEGO DEL CONTROL DE CALIDAD, SE ENVÍAN AL ALMACÉN DE PRODUCTO TERMINADO.

1

) ALMACÉN DE MATERIA PRIMA

2) TORNOS

3) FRESAS

4) RECTIFICADORAS

5) TALADROS

6) ENMETALADORAS

7) CONTROL DE CALIDAD

8) ALMACÉN DE PRODUCTO TERMINADO.

EL CUADRO DE SECUENCIAS QUEDA DE LA SIGUIENTE MANERA:

PROD	S	E	C	U	E	N	C	I	A	VOL. UNID EQUIV
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
A	1	2	6	3	4	5	2	7	8	2
B	1	6	3	5	3	6	2	7	8	1
C	1	2	6	5	6	4	7	8		3

EL CUADRO SUMARIO QUEDA ASI:

DE/A	1	2	3	4	5	6	7	8
1	XXX							
2	5	XXX			2	1		
3			XXX		1	3		
4			2	XXX		3		
5			1	2	XXX	3		
6	1	5	1		3	XXX		
7		3		3			XXX	
8							6	XXX

SE DIBUJAN LOS BLOQUES.

SE LES NUMERA AL AZAR.

SE INDICA EL TRÁFICO ENTRE SECCIONES.

SE BUSCA ENTONCES, UBICAR LOS BLOQUES TRATANDO DE MINIMIZAR LOS MOVIMIENTOS.

RECORDAR QUE LOS DEPARTAMENTOS 1 Y 3 DEBERÁN TENER FACIL COMUNICACIÓN CON EL EXTERIOR.

DIAGRAMA PROGRESIVO O MÉTODO SLP (SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING).

EL MÉTODO UTILIZA UNA TÉCNICA CUALITATIVA AL PROPONER DISTRIBUCIONES CON BASE EN LA CONVENIENCIA DE CERCANÍA ENTRE DIFERENTES ÁREAS DE TRABAJO. EMPLEA LA SIGUIENTE SIMBOLOGÍA INTERNACIONAL:

LETRA	ORDEN DE PROXIMIDAD
*A	ABSOLUTAMENTE NECESARIA
E	ESPECIALMENTE IMPORTANTE
I	IMPORTANTE
O	ORDINARIA O NORMAL
U	SIN IMPORTANCIA
*X	INDESEABLE

* SON RELACIONES CRÍTICAS. SE DEBERÁ EXPLICAR POR SEPARADO EL MOTIVO POR EL CUÁL SE LES CONSIDERÓ ASÍ.

EL MÉTODO CONSISTE EN LOS SIGUIENTES PASOS:

1. SE ANOTAN AL AZAR TODOS LOS DEPARTAMENTOS QUE COMPONEN LA INSTALACIÓN, ASIGNÁNDOLE UN NÚMERO A CADA UNO DE ELLOS.
2. SE DEFINE EL PROCESO.
3. A CONTINUACIÓN LLENAMOS UN CUADRO DE RELACIONES INTERDEPARTAMENTALES.
4. LUEGO, UBICAMOS CIRCULOS AL AZAR (UNO REPRESENTANDO CADA SECCIÓN), E INTRODUCIMOS RELACIONES TIPO "A".
5. REORDENAR SEGÚN "A".
6. INTRODUCIR EN LA FIGURA ANTERIOR LAS RELACIONES TIPO "X".
7. REORDENAMOS SEGÚN "X".
8. INTRODUCIMOS RELACIONES TIPO "E".
9. REORDENAMOS SEGÚN "E", PERO MANTENIENDO LAS RESTRICCIONES DE LAS RELACIONES "A" Y "X".
10. LUEGO SEGUIMOS CON LAS RELACIONES TIPO "I", "O", Y "U", QUE EN GENERAL NO SE HACEN, PUES NO PERMITEN MEJORAR DEBIDO A LAS RESTRICCIONES YA IMPUESTAS.
11. POSTERIORMENTE, SE UBICAN GRÁFICAMENTE LOS SECTORES, CON SUS DIMENSIONES REALES Y DE ACUERDO CON EL ÚLTIMO DIAGRAMA OBTENIDO. SE DEBERÁ SIMULAR EL RECORRIDO DE MATERIA PRIMA PARA CONSTATAR QUE NO EXISTAN INCONGRUENCIAS.

COMO TODO ESTO ES MUY SUBJETIVO, SE RECOMIENDA HACER UN ANÁLISIS DE TODAS LAS ALTERNATIVAS OBTENIDAS.

PRINCIPIOS GENERALES.

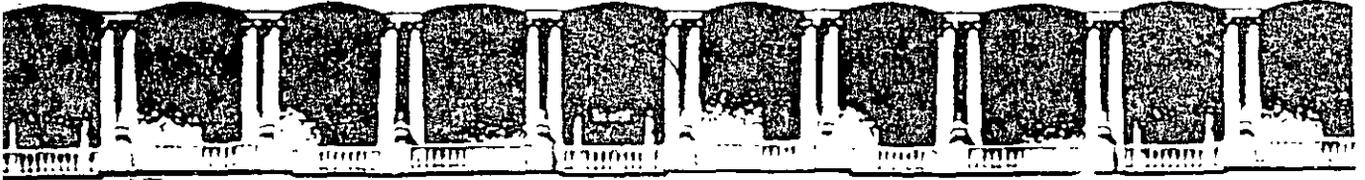
1.-PLANTEAMIENTO	PLANEAR LAS ACTIVIDADES DE MANEJO Y ALMACENAJE DE MATERIALES PARA OBTENER LA MÁXIMA EFICIENCIA OPERATIVA GLOBAL
2.-SISTEMAS	INTEGRAR TANTAS ACTIVIDADES DE MANIPULEO COMO SEA POSIBLE EN UN SISTEMA QUE CUBRA PROVEEDORES, RECEPCIÓN, PRODUCCIÓN, INSPECCIÓN, EMBALAJE, DEPÓSITOS, EXPEDICIÓN, TRANSPORTE, Y SERVICIO.
3.- GRAVEDAD	UTILIZAR LA FUERZA DE GRAVEDAD SIEMPRE QUE SEA POSIBLE
4.- ESPACIOS	APROVECHAR EN FORMA OPTIMA EL ESPACIO EN TRES DIMENSIONES:
5.-TAMAÑO UNITARIO	AUMENTAR LA CANTIDAD, TAMAÑO O PESO DE LAS CARGAS UNITARIAS.
6.- MECANIZACIÓN	SIEMPRE QUE SEA ECONÓMICAMENTE FACTIBLE, SE DEBERÁN MECANIZAR LAS OPERACIONES DE MANIPULEO.
7.-NORMALIZACIÓN	NORMALIZAR MÉTODOS DE MANIPULEO ASÍ COMO TAMBIÉN TAMAÑOS Y TIPOS EMPLEADOS.
8.- ADAPTABILIDAD	UTILIZAR MÉTODOS Y EQUIPOS QUE PUEDAN REALIZAR UNA VARIEDAD DE TAREAS Y APLICACIONES, DONDE NO SE JUSTIFIQUEN EQUIPOS ESPECIALES.
9.-PESO PROPIO	REDUCIR LA PROPORCIÓN DE PESO PROPIO DEL EQUIPO DE TRANSPORTE CON RELACIÓN A LA CARGA TRANSPORTADA.
10.-UTILIZACIÓN	LOGRAR LA MÁXIMA CARGA DE TRABAJO PARA EQUIPOS Y LA MANO DE OBRA.
11.-MANTENIMIENTO	PLANEAR EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE TODOS LOS EQUIPOS DE MANIPULEO..

12.- CONTROL	UTILIZAR ACTIVIDADES DE MANIPULEO DE MATERIAL PARA MEJORAR EL CONTROL DE LA PRODUCCIÓN E INVENTARIOS.
13.- SEGURIDAD	PROVEER METODOS Y EQUIPOS ADECUADOS PARA UN MANIPULEO SEGURO.
14.-CAPACIDAD	LOS EQUIPOS DE MANIPULEO DEBEN AYUDAR A LOGRAR LA PRODUCCIÓN DESEADA Y AÚN A CUBRIR PICOS.

DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS

LOS MANUALES DE EQUIPO DE MANEJO DE MATERIALES PRESENTAN MÁS DE 430 CLASES DE EQUIPOS. NOSOTROS AGRUPAREMOS LOS TIPOS DE EQUIPOS EN 8 CATEGORIAS PRINCIPALES:

- 1.- TRANSPORTADORES CONTÍNUOS.
- 2 - GRUAS, MALACATES Y ELEVADORES.
- 3.- VEHICULOS INDUSTRIALES.
- 4.-VEHICULOS AUTOMOTORES.
- 5.- VAGONES FERROVIARIOS.
- 6.- TRANSPORTES MARITIMOS.
- 7.- TRANSPORTES AEREOS.
- 8.- CAJAS DE TRANSPORTE Y EQUIPOS AUXILIARES.



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

Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN INGENIERIA EN
PRODUCCION**

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

**GRAFICOS DE CONTROL E IMPLANTACIÓN DEL
CONTROL ESTADISTICO**

**EXPOSITOR: ING. DANIEL RODRÍGUEZ RESENDIZ
PALACIO DE MINERIA
MARZO DEL 2001**

INTRODUCCIÓN

1. CONCEPTOS BASICOS

Fitness for use

Para satisfacer las necesidades humanas, los individuos requieren de *productos* (satisfactores materiales o intangibles). Por productos se entienden *bienes y servicios*.

Calidad se define como la propiedad inherente de un producto de ser adecuado para su uso (*fitness for use*).

El término *fitness for use* es relativo a un cierto individuo (o grupo de individuos).

Características de calidad

Un producto posee múltiples elementos que definen la adecuación de su uso. Cada uno de estos elementos representa una característica de calidad. El concepto de característica de calidad es el *building block* a partir del cual se define la calidad.

La característica de calidad representa el medio a través del cual el concepto de *fitness for use* puede ser interpretado por el ingeniero.

Las características de calidad se pueden agrupar en diferentes especies, como:

Estructural: longitud, peso, voltaje, frecuencia, viscosidad.

Sensorial: sabor, presentación, color, olor.

Dependientes del tiempo: confiabilidad, mantenimiento.

Comerciales: garantía.

Éticas: cortesía, honestidad.

Facetas de la calidad

La calidad de un producto presenta dos facetas:

1. *Calidad del diseño*: indica el nivel de las diferentes características de calidad que se desea "imprimir" sobre el producto. Generalmente se traduce en especificaciones y tolerancias.
2. *Calidad de conformidad*: indica qué tan bien cumple el producto las especificaciones y tolerancias requeridas por el diseño.

Control y control de calidad

Control es el proceso empleado para satisfacer estándares o normas. Consiste en: (1) observar el comportamiento real de un sistema, (2) comparar dicho comportamiento con

Experimentos diseñados

Experimento diseñado: procedimiento en el que se varían sistemáticamente los factores controlables de entrada, y se estudia el efecto que tienen dichos factores en los parámetros de salida del producto. Los experimentos diseñados estadísticamente son esenciales para:

1. Reducir la variabilidad en las características de la calidad, y
2. Determinar los niveles de las variables controlables que optimizan el rendimiento del proceso.

Los experimentos diseñados son herramientas de calidad "fuera de línea" (*offline*). Se usan a menudo durante las actividades de desarrollo y en las primeras etapas de fabricación, en vez de un procedimiento de control rutinario *en línea* o *en proceso*.

Control estadístico del proceso

El control estadístico del proceso incluye una serie de técnicas *on-line* cuyo objetivo es la *reducción sistemática de la variabilidad* en las características de calidad clave del producto.

Muestreo para la aceptación

Conjunto de técnicas de inspección (basadas en la estadística) para evitar que productos que no están conforme a las especificaciones lleguen al usuario.

Evolución típica de industrias en la aplicación de tecnologías de AC

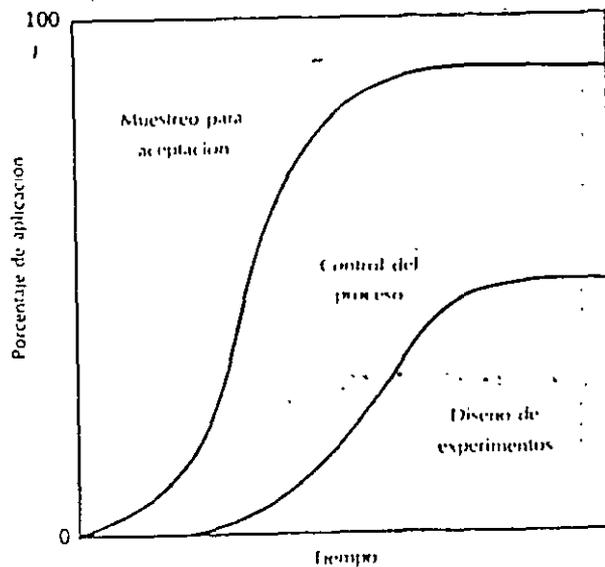


Figura 1-2. Diagrama de fases del uso de los métodos de aseguramiento de la calidad.

algún estándar, y (3) efectuar alguna acción si el comportamiento observado difiere del estándar.

Control de calidad: proceso mediante el cual se mide el comportamiento real de un producto en términos de calidad, se compara con algún estándar, y se actúa sobre la diferencia.

La función de calidad

Para alcanzar un determinado nivel de calidad, se requiere de una amplia gama de actividades identificables, o *tareas* de calidad (*quality tasks*). Por ejemplo, mercadotecnia, producción, servicio, etc.

La *función de calidad* es el conjunto de actividades a través de las cuales se alcanza el *fitness for use*, sin importar dónde se efectúen dichas actividades.

La función de calidad involucra a *toda* la organización e incluye a proveedores.

Métodos de aseguramiento de la calidad

Las tecnologías para el aseguramiento de la calidad se centran principalmente en tres grandes áreas: (1) diseño de experimentos, (2) control estadístico del proceso, y (3) muestreo para aceptación.

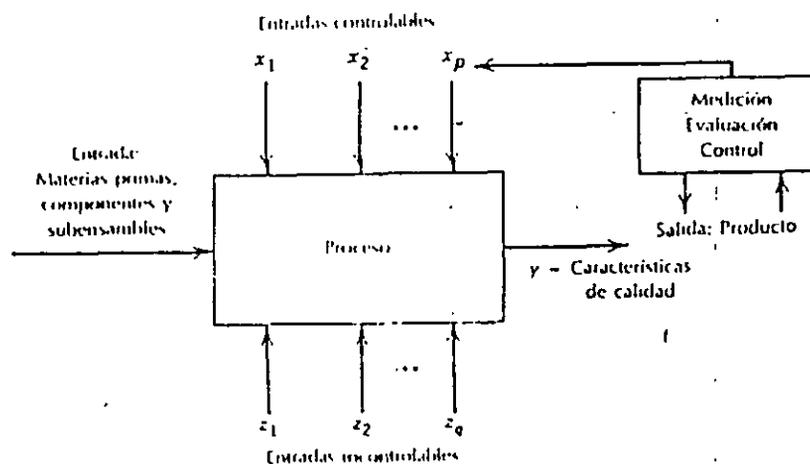


Figura 1-1. Entradas y salidas de un proceso de producción.

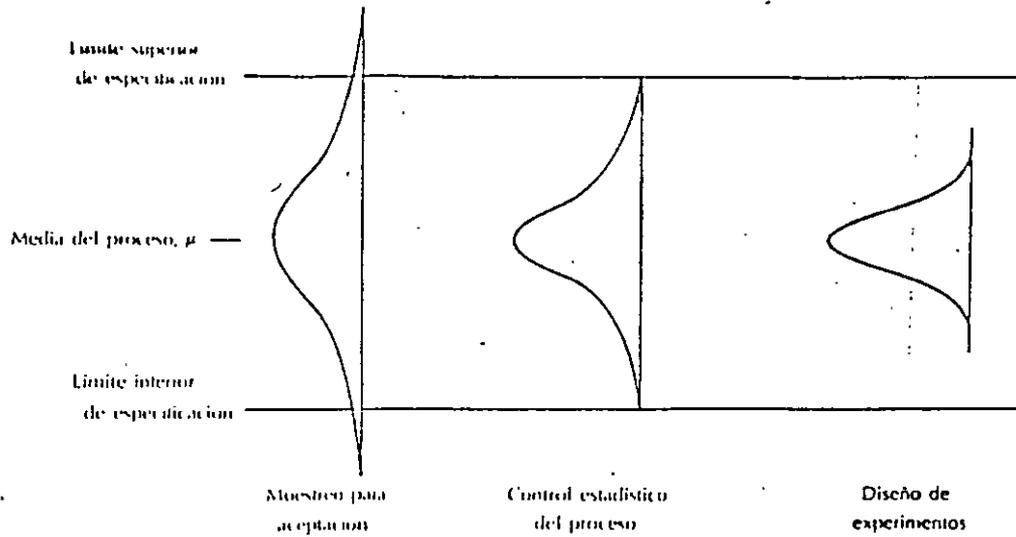


Figura 1-3. Aplicación de las técnicas de aseguramiento de calidad y la reducción sistemática de la variabilidad del proceso.

Bibliografía

Juran, J.M., and F. M. Gryna, Jr., *Quality Planning and Analysis*, 2/e, McGraw-Hill, New York, 1980.

Montgomery, D.C., *Introducción al control estadístico de la calidad*, Grupo Editorial Iberoamérica, México, 1991.

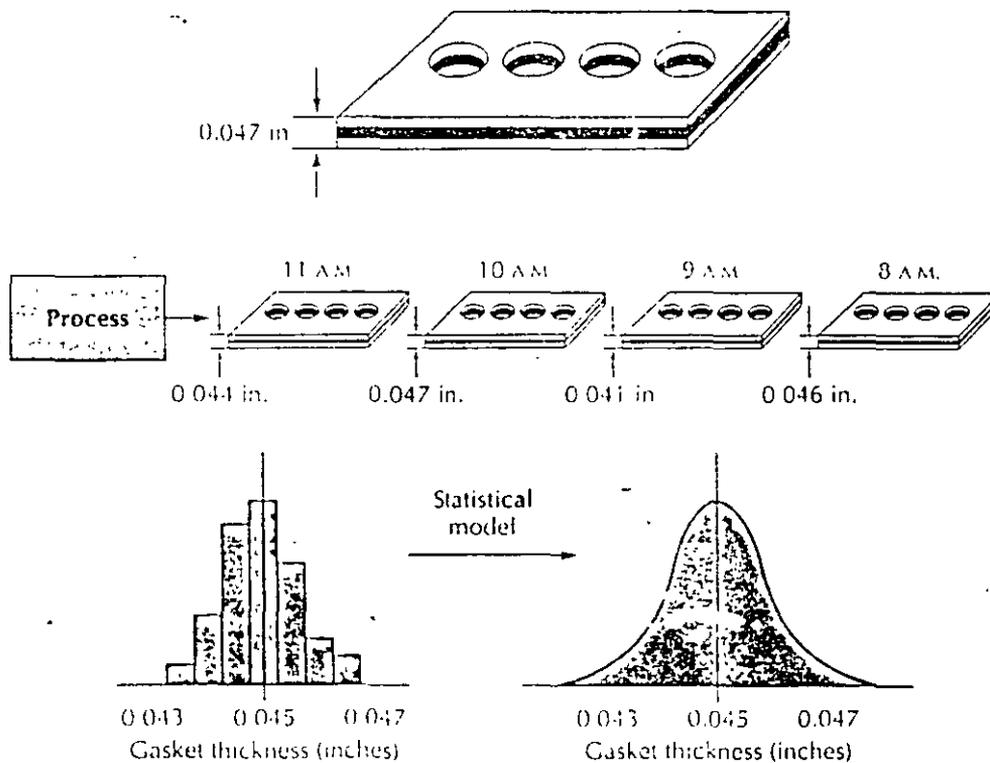
VARIABILIDAD Y ESTIMACIÓN

EVOLUCION DE UN PROCESO EN EL TIEMPO

LOS DATOS PARA ANALIZAR Y CONTROLAR UN PROCESO, ASI COMO PREDECIR EL COMPORTAMIENTO DEL MISMO, SE VAN GENERANDO A LO LARGO DEL TIEMPO

EJEMPLO

SE DESEA CONTROLAR ESTADISTICAMENTE EL PROCESO DE PRODUCCION DE UNA PIEZA. LA VARIABLE DE INTERES ES SU ESPESOR. PARA ELLO, SE TOMARAN MEDICIONES CADA HORA



¡EL PROCESO MAS PERFECTO PRESENTA VARIACION!

VARIACION COMUN

VARIACION INHERENTE A UN PROCESO. ES PRECISO CONSIDERARLA PARA ANALIZAR, CONTROLAR Y PREDECIR EL COMPORTAMIENTO DE UN PROCESO

EJEMPLO

SE DESEA CONTROLAR UN PROCESO. SE EFECTUAN MEDICIONES DE LA CARACTERISTICA DE CALIDAD CADA HORA PARA ANALIZAR SU LOCALIZACION Y SU DISPERSION. LOS DATOS DE LAS TRES PRIMERAS HORAS SON:

HO RA	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
7:00	4	5	5	4	8	4	3	7
8:00	0	2	1	5	3	2	0	3
9:00	6	9	9	7	8	7	9	9

LA MEDIA DEL PROCESO ES:

LA VARIANZA Y LA DESVIACION ESTANDAR SON:

EJEMPLO

ANALICE EL EJEMPLO ANTERIOR COMPARANDO LOS DIAGRAMAS DE CAJA PARA CADA UNA DE LAS HORAS

LA VARIABILIDAD DE TODO EL CONJUNTO DE DATOS DEPENDE DE:

VARIACION DENTRO DE LOS SUBGRUPOS (*WITHIN VARIABILITY*):

ATRIBUIBLE A CAUSAS COMUNES

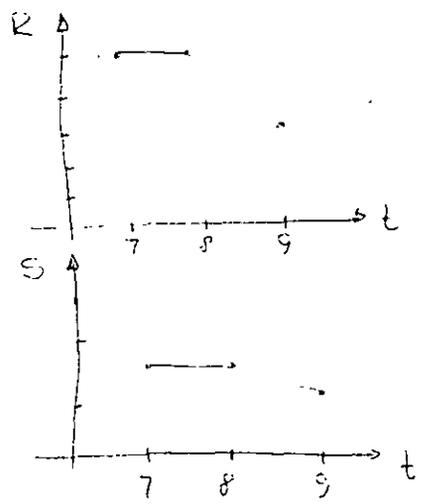
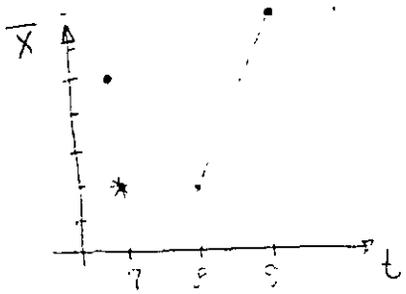
VARIACION ENTRE LOS SUBGRUPOS (*BETWEEN VARIABILITY*):

ATRIBUIBLE A CAUSAS ESPECIALES

EJEMPLO

DETERMINE Y GRAFIQUE (EN EL TIEMPO) LA MEDIA, EL RANGO Y LA DESVIACION ESTANDAR PARA CADA UNA DE LAS HORAS DEL EJEMPLO ANTERIOR

HORA	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	\bar{X}	R	s
7:00	4	5	5	4	8	4	3	7	5	5	1.69
8:00	0	2	1	5	3	2	0	3	2	3	1.69
9:00	6	9	9	7	8	7	9	9	8	3	1.19



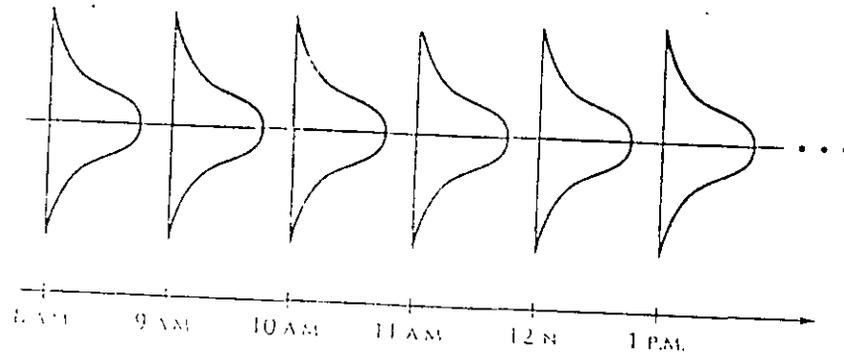
Como medida de dispersion tenemos rango y dispersion.

PROCESO ESTABLE (O BAJO CONTROL)

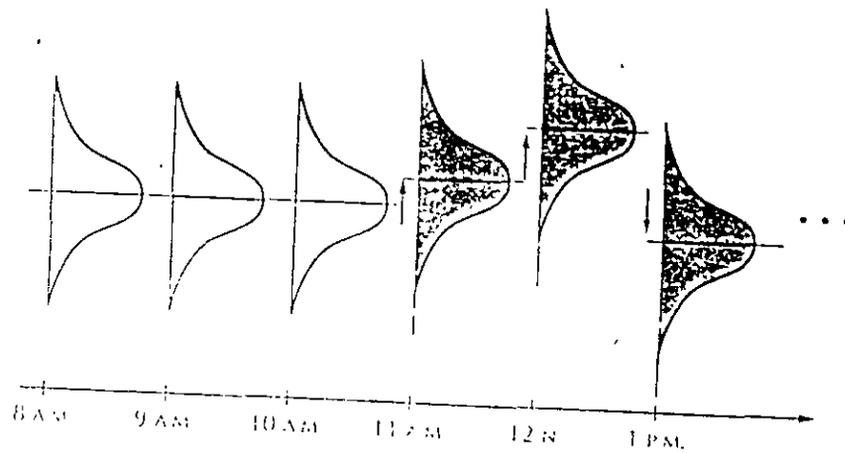
PROCESO SUJETO SOLO A VARIACION COMUN. PERMITE PREDECIR EL COMPORTAMIENTO DE UN PROCESO

PROCESO INESTABLE (O FUERA DE CONTROL)

PROCESO QUE TIENE VARIACION ESPECIAL Y COMUN. NO ES POSIBLE PREDECIR SU COMPORTAMIENTO

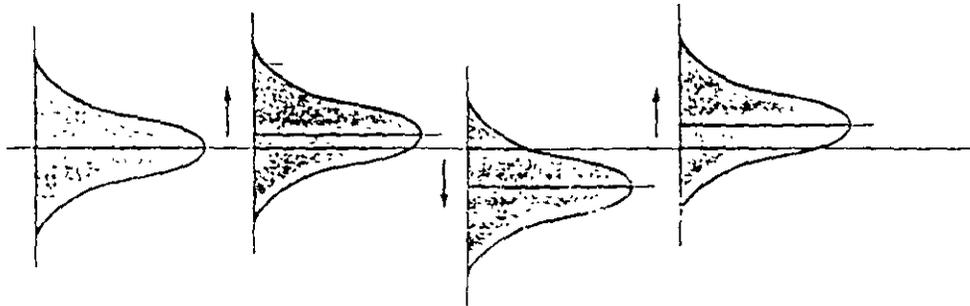


(a)

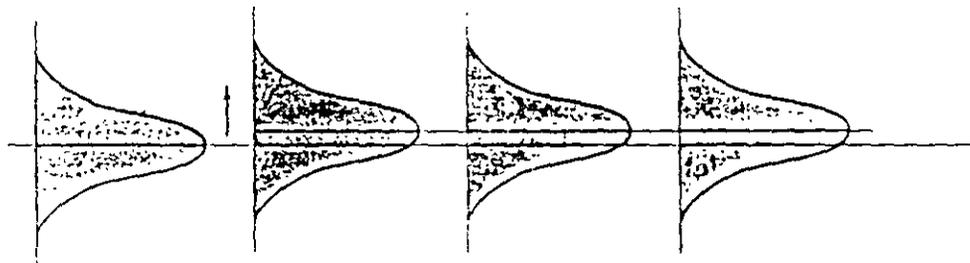


Shifting process
mean beginning at 11 AM

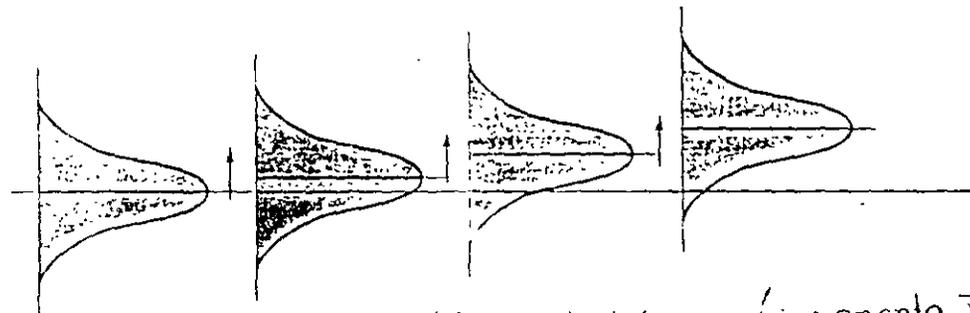
CAMBIOS EN LA LOCALIZACION (CONSIDERANDO LA MEDIA DEL PROCESO)



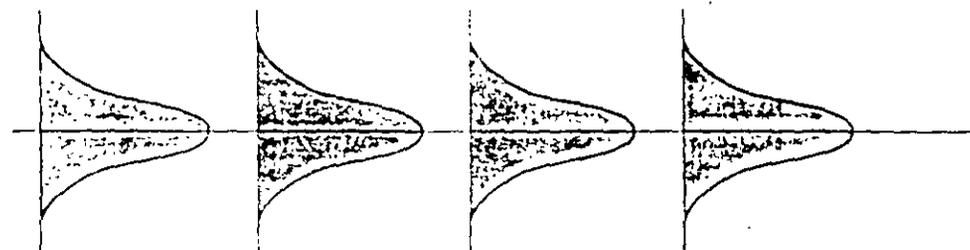
(a) Erratic shifts in mean level of process.



(b) Abrupt and sustained shift in mean level of process.



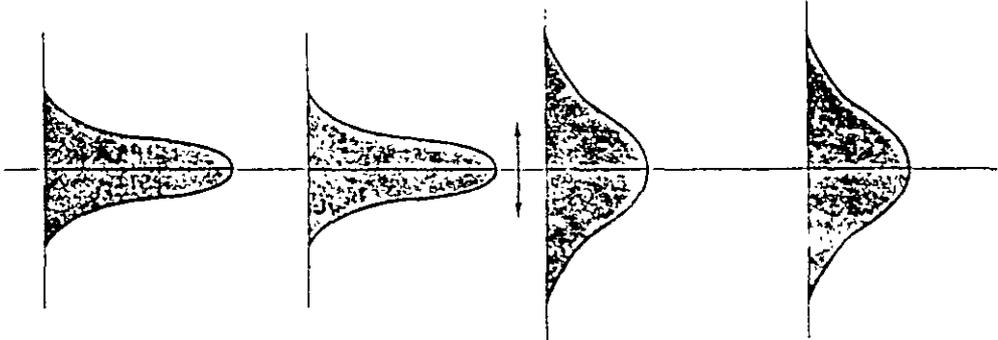
(c) Systematic shift in mean level of process. (incrementa \bar{x})



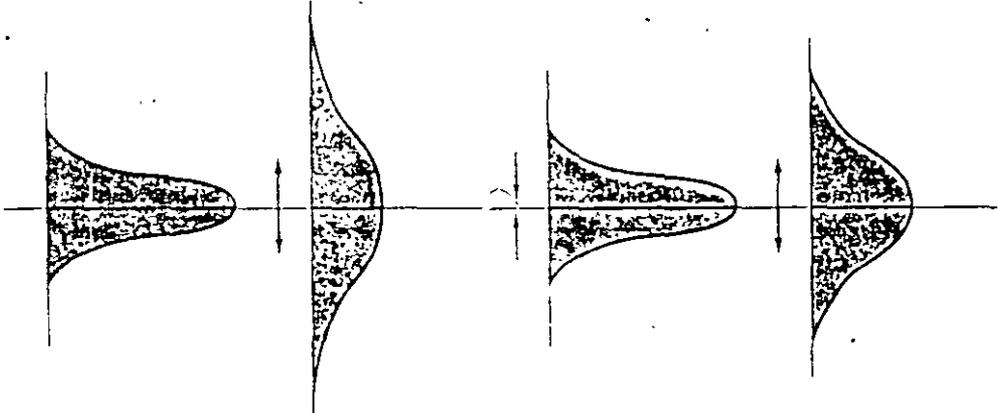
(d) Constant mean level for process: in control.

Time →

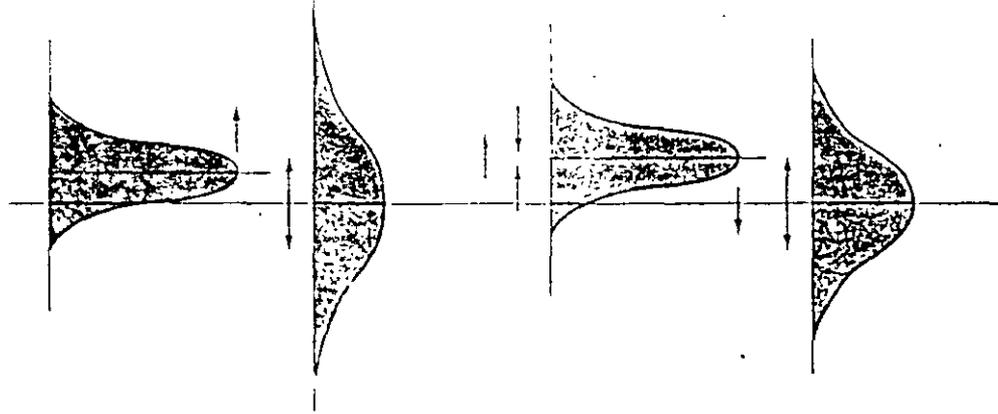
CAMBIOS EN LA DISPERSION DE UN PROCESO



(a) Sustained shift in process variation.



(b) Erratic shifts in process variation.



(c) Erratic shift, in both process mean and process variation.

Time

EJEMPLO

UN PROCESO DE PRODUCCION ESTABLE GENERA UNA CARACTERISTICA DE CALIDAD SIGUE UNA DISTRIBUCION NORMAL CON $\mu=30$ Y $\sigma = 10$.

- 1. DETERMINE EL PORCENTAJE DE PIEZAS PARA LAS CUALES $X > 60$
- 2. DETERMINE EL PORCENTAJE DE PIEZAS PARA LAS CUALES $X \geq 60$
- 3. DETERMINE EL PORCENTAJE DE PIEZAS ENTRE 10 Y 50

EL TAZON DE SHEWHART (SHEWHART'S BOWL)

SHEWHART REALIZO UN EXPERIMENTO DE SIMULACION QUE
ERMITIO DESARROLLAR LAS BASES DEL CONTROL ESTADISTICO
DE PROCESOS

EL SIGUIENTE EXPERIMENTO, QUE REPITE EL EXPERIMENTO DE
SHEWHART, FUE REALIZADO EN COMPUTADORA:

EJEMPLO (TAZON DE SHEWHART)

CONSIDERE UN PROCESO ESTABLE QUE GENERA UNA
CARACTERISTICA DE CALIDAD CON DISTRIBUCION NORMAL ($\mu=30$
Y $\sigma = 10$).

- SIMULE 1000 SUBGRUPOS DE TAMAÑO 4 (LA TABLA 1 MUESTRA
LOS PRIMEROS 25 SUBGRUPOS)
- ELABORE EL HISTOGRAMA DE LAS 4,000 OBSERVACIONES

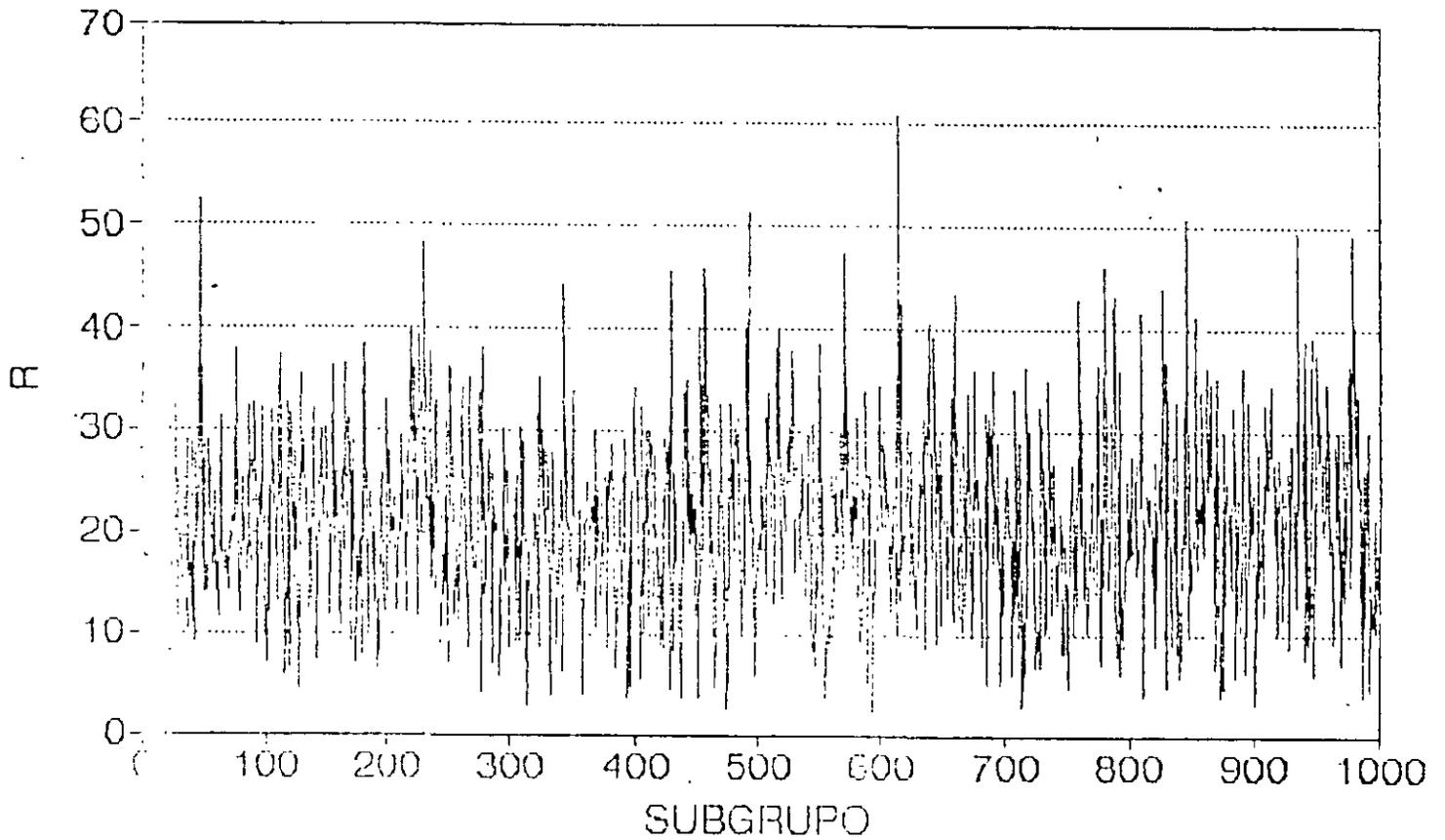
LOS PARAMETROS DE LA POBLACION SON:

DE LOCALIZACION, LA _____ DE LA POBLACION, μ
DE DISPERSION, _____ DE LA POBLACION, σ

EN EL EJEMPLO SE CONOCE LA POBLACION, EN LA PRACTICA, ESTO
NO SUCEDE, ES NECESARIO ESTIMAR LOS PARAMETROS DE LA
POBLACION. PARA ESTIMAR:

μ SE PUEDE USAR LA _____ DE LA MUESTRA \bar{X}
 σ SE PUEDE USAR EL _____ R DE LA MUESTRA O LA
_____ S DE LA MUESTRA

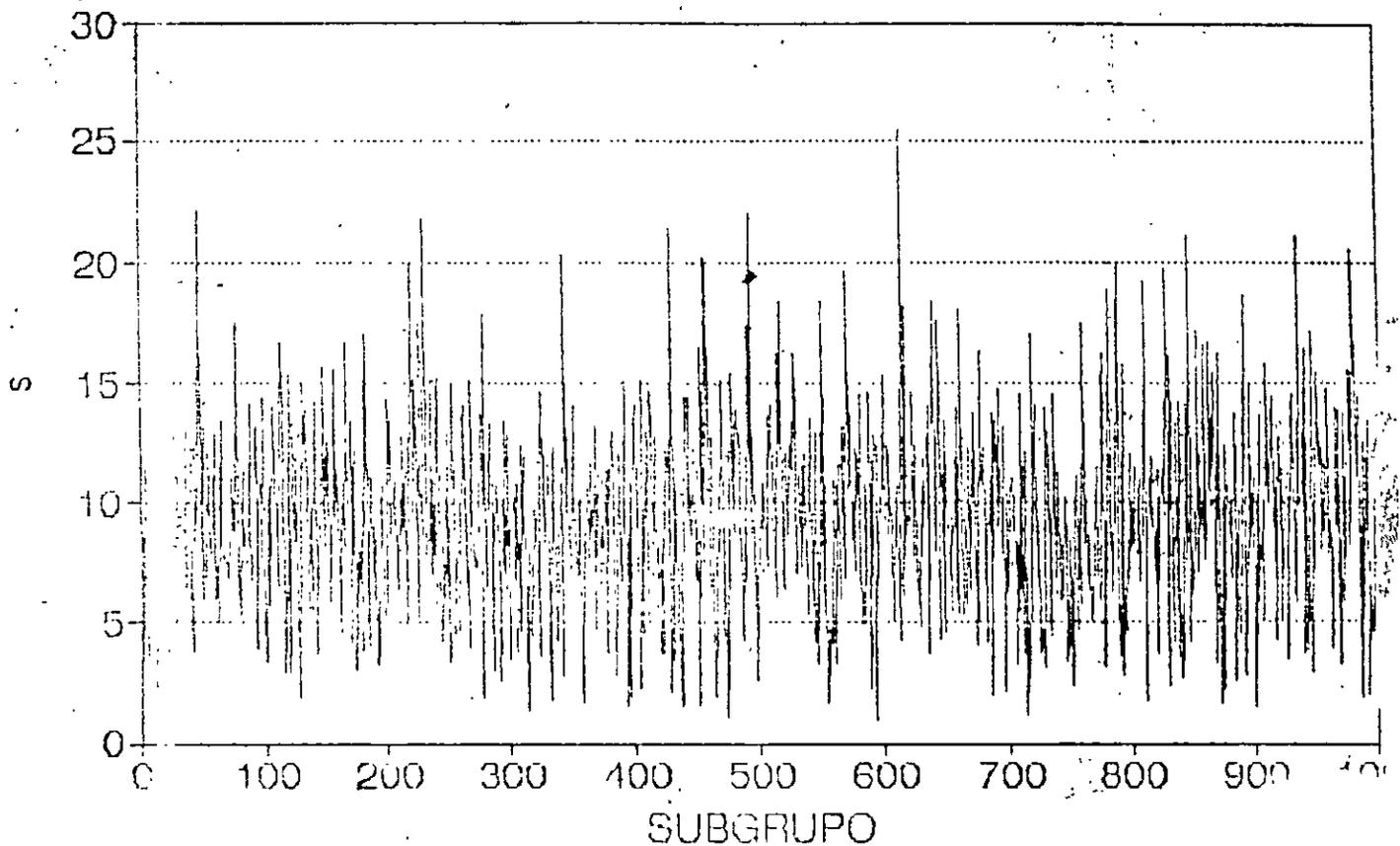
DISPERSION: RANGOS DEL TAZON DE SHEWHART



EL RANGO DE LAS MUESTRAS ES UNA VARIABLE ALEATORIA:

- CON MEDIA (PROMEDIO) DE 20.50687
- CON DISPERSION (VALOR MAS ALTO: 60.87, VALOR MAS BAJO: 2.02)

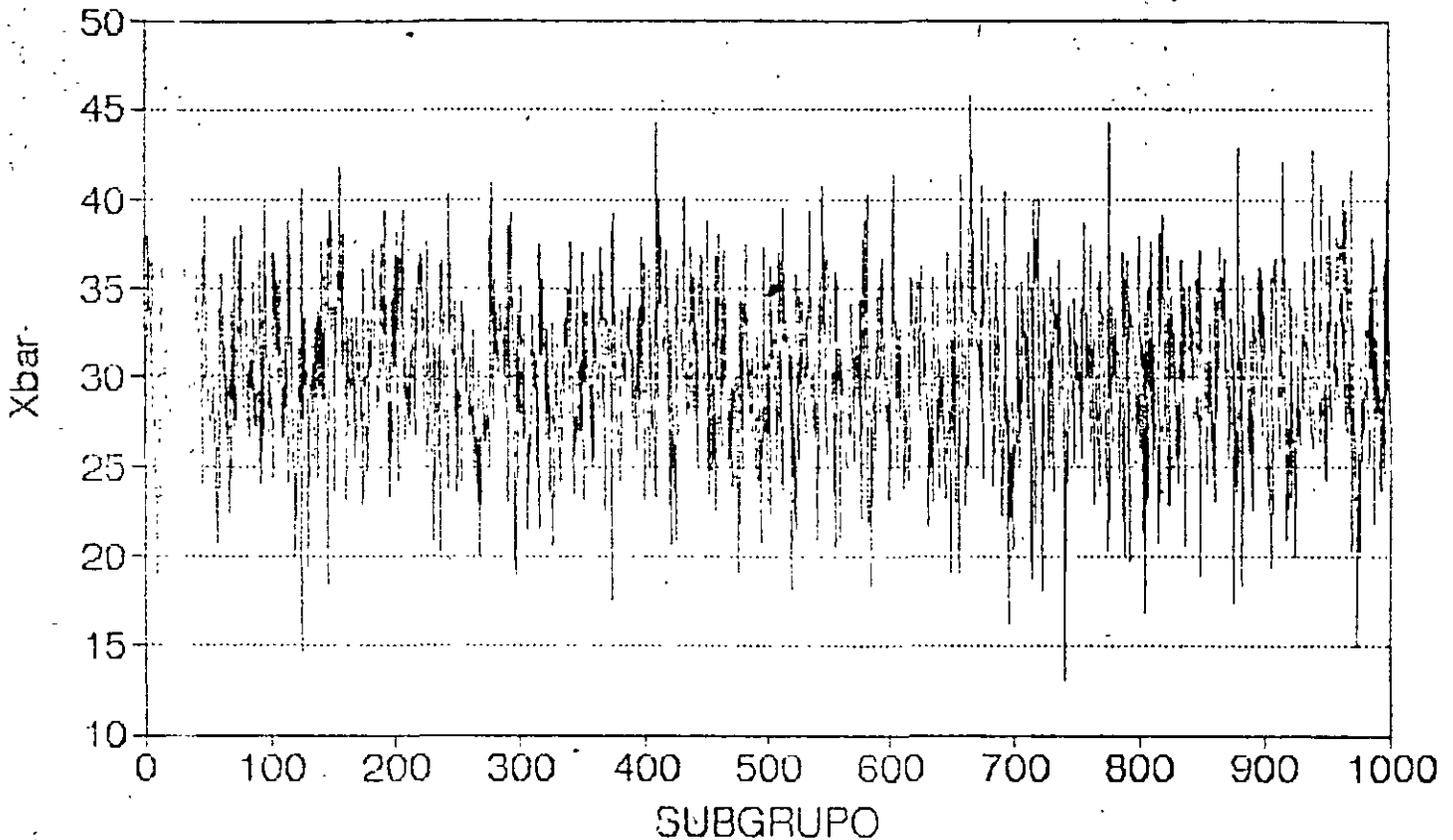
DISPERSION: DESVIACIONES ESTANDAR DEL TAZON DE SHEWHART



LA DESVIACION ESTANDAR DE LAS MUESTRAS ES UNA VARIABLE ALEATORIA:

- CON MEDIA (PROMEDIO) DE 9.160553
- CON DISPERSION (VALOR MAS ALTO: 25.36963, VALOR MAS BAJA: 0.968745)

**LOCALIZACION: MEDIAS DE LAS MUESTRAS DEL
TAZON DE SHEWHART**



LA MEDIA DE LAS MUESTRAS ES UNA VARIABLE ALEATORIA:

- CON MEDIA (PROMEDIO) DE 30.07554
- CON DISPERSION (VALOR MAS ALTO: 45.6775, VALOR MAS BAJO: 12.97)

COMPORTAMIENTO DE LA MEDIA DE LAS MUESTRAS
(TEOREMA DEL LIMITE CENTRAL)

LA MEDIA DE LAS MUESTRAS \bar{X} (INDEPENDIEMENTE DE LA DISTRIBUCION DE LA VARIABLE ORIGINAL) ES ASINTOTICAMENTE NORMAL:

$$\bar{X} \rightarrow \text{NORMAL, CON}$$
$$\mu_{\bar{X}} \approx \mu \quad \text{Y} \quad \sigma_{\bar{X}} \approx \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

EJEMPLO

PARA EL EXPERIMENTO DE SHEWHART, DETERMINE LA PROBABILIDAD DE QUE LA MEDIA DE UN SUBGRUPO:

- a. SEA MAYOR QUE 60 (SI $n = 4$)
- b. SEA MAYOR QUE 60 (SI $n = 9$)
- c. ESTE ENTRE 20 Y 50 (SI $n = 4$)
- d. ESTE ENTRE 20 Y 50 (SI $n = 9$)

6-4-1-24

RELACION ENTRE σ Y R

SI LA CARACTERISTICA DE CALIDAD SIGUE UNA DISTRIBUCION NORMAL, ENTONCES EL RANGO DE LA MUESTRA R ES UNA VARIABLE ALEATORIA CUYA MEDIA ES:

$$\bar{R} = d_2\sigma$$

d_2 : constante que depende del tamaño de los subgrupos (se presenta en la tabla C del apéndice 3)

EJEMPLO

PARA LOS 1000 SUBGRUPOS OBSERVADOS EN EL EXPERIMENTO DE EMULACION DEL TAZON DE SHEWHART SE OBTUVO $\bar{R} = 20.50687$. ESTIME.

1. LA DESVIACION ESTANDAR DE LA CARACTERISTICA DE CALIDAD
2. LA DESVIACION ESTANDAR DE LAS MEDIAS DE LAS MUESTRAS

ES CONVENIENTE UTILIZAR EL RANGO CUANDO EL TAMAÑO DE LOS SUBGRUPOS ES MENOR O IGUAL QUE 10

RELACION ENTRE σ Y s

SI LA CARACTERISTICA DE CALIDAD SIGUE UNA DISTRIBUCION NORMAL, ENTONCES LA DESVIACION ESTANDAR DE LA MUESTRA s ES UNA VARIABLE ALEATORIA CUYA MEDIA ES:

$$\bar{s} = c_4\sigma$$

c_4 : constante que depende del tamaño de los subgrupos (se presenta en la tabla C del apéndice 3)

EJEMPLO

PARA LOS 1000 SUBGRUPOS OBSERVADOS EN EL EXPERIMENTO DE SIMULACION DEL TAZON DE SHEWHART SE OBTUVO $\bar{s} = 9.160553$. ESTIME:

- LA DESVIACION ESTANDAR DE LA CARACTERISTICA DE CALIDAD
- LA DESVIACION ESTANDAR DE LAS MEDIAS DE LAS MUESTRAS

ESTIME LA DESVIACION ESTANDAR DE LA MUESTRA CUANDO EL TAMAÑO DE LOS SUBGRUPOS ES MAYOR QUE 10

RELACIONES ENTRE μ Y \bar{X}

$$\mu = \mu_{\bar{X}}$$

POR LO TANTO:

$$\hat{\mu} = \bar{\bar{X}}$$

$\bar{\bar{X}}$: promedio de valores de \bar{X}

EJEMPLO

PARA LOS 1000 SUBGRUPOS OBSERVADOS EN EL EXPERIMENTO DE SIMULACION DEL TAZON DE SHEWHART SE OBTUVO $\Sigma \bar{X} = 30,075.54$

- a. ESTIME μ
- b. LA PROBABILIDAD DE QUE X SEA MAYOR QUE 60
- c. LA PROBABILIDAD DE QUE X ESTE ENTRE 10 Y 50
- d. LA PROBABILIDAD DE QUE LA MEDIA DE UNA MUESTRA SEA MAYOR QUE 60
- e. LA PROBABILIDAD DE QUE LA MEDIA DE UNA MUESTRA ESTE ENTRE 10 Y 50

TABLA 1 TAZON DE SHEWHART: 100 DATOS (25 SUBGRUPOS)

SUB-GRUPO					xbar	R	s
1	48.62	18.51	21.97	23.93	28.2575	30.1100	13.7587
2	29.74	21.92	25.99	28.59	26.5600	7.8200	3.4683
3	30.81	45.12	39.29	36.16	37.8450	14.3100	5.9818
4	32.94	26.22	30.54	52.03	35.4325	25.8100	11.4090
5	24.3	35.89	38.07	47.88	35.5250	23.5800	9.6812
6	34.47	26.82	32.53	29.1	30.7300	7.6500	3.4241
7	48.11	33.17	38.2	37.54	36.5050	21.5700	9.0916
8	32.97	36.43	17.34	24.82	28.0275	18.6400	8.3655
9	24.48	36.95	16.81	26.63	26.2175	20.1400	8.3041
10	21.14	29.5	32.68	27.2	27.6300	11.5400	4.8753
11	16.94	24.64	26.09	7.39	18.7650	18.7000	8.5808
12	22.66	44.19	24.64	24.77	29.0650	21.5300	10.1295
13	19.78	21.59	24.77	23.79	22.4825	4.9900	2.2392
14	12.05	32.83	34.38	23.76	25.7550	22.3300	10.2673
15	29.29	30.2	43.8	24.2	31.8725	19.6000	8.3785
16	37.37	41.24	34.63	30.87	36.0275	10.3700	4.3789
17	25.44	31.31	35.05	20.43	28.0575	14.6200	6.4421
18	33.47	12.27	33.21	24.31	25.8150	21.2000	9.9836
19	35	33.67	41.08	20.53	32.5700	20.5500	8.6506
20	36.89	30.26	36.04	27.38	32.6425	9.5100	4.5809
21	29.74	15.48	22.81	28.39	24.1050	14.2600	6.4854
22	25.79	25.25	28.97	33.39	28.3500	8.1400	3.7394
23	42.63	31.15	22.02	22.41	31.3025	20.6100	8.5261
24	23.54	44.62	32.26	29.02	32.3600	21.0800	8.9306
25	37.81	25.67	42.06	36.54	35.5200	16.3900	6.9780

HISTOGRAMA \bar{X} (n=1,000)

TAZON DE SHEWHART

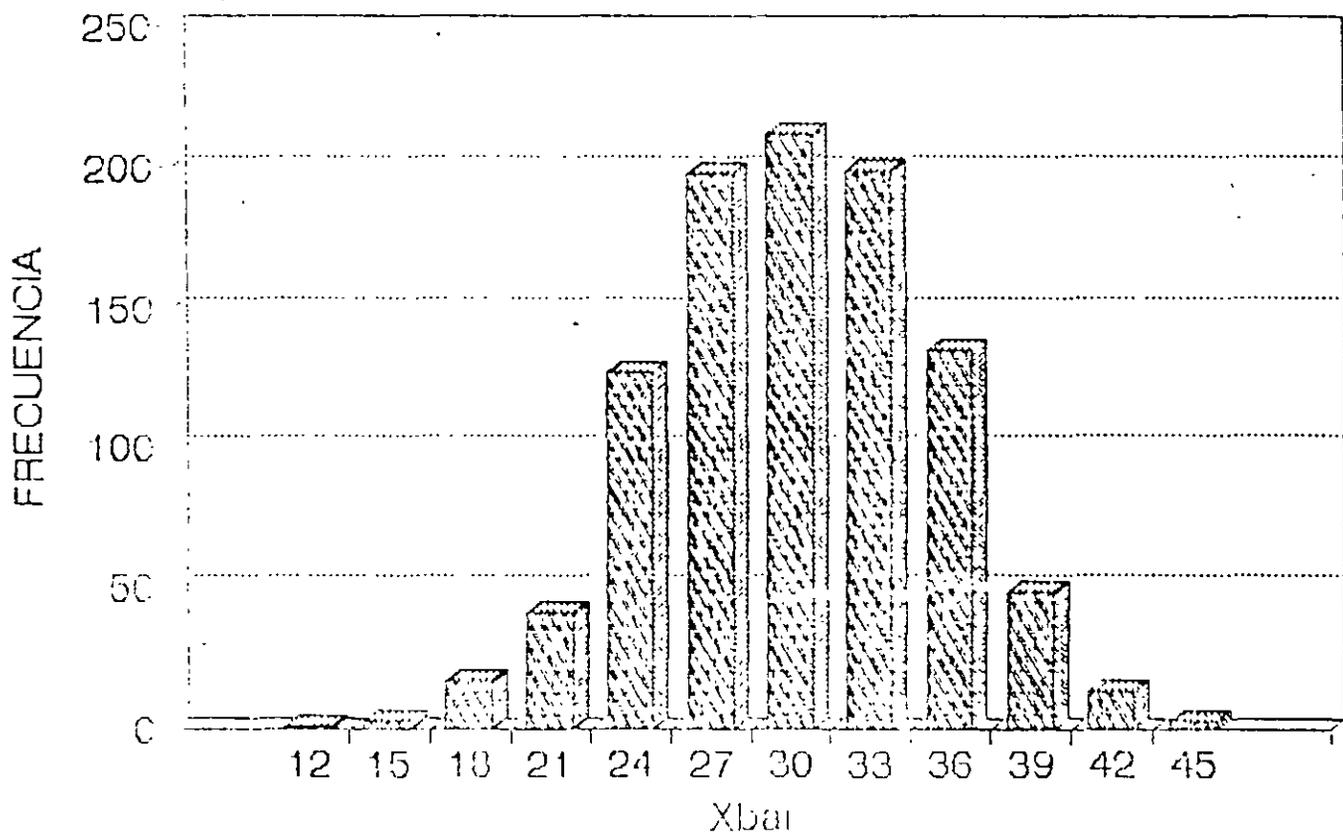
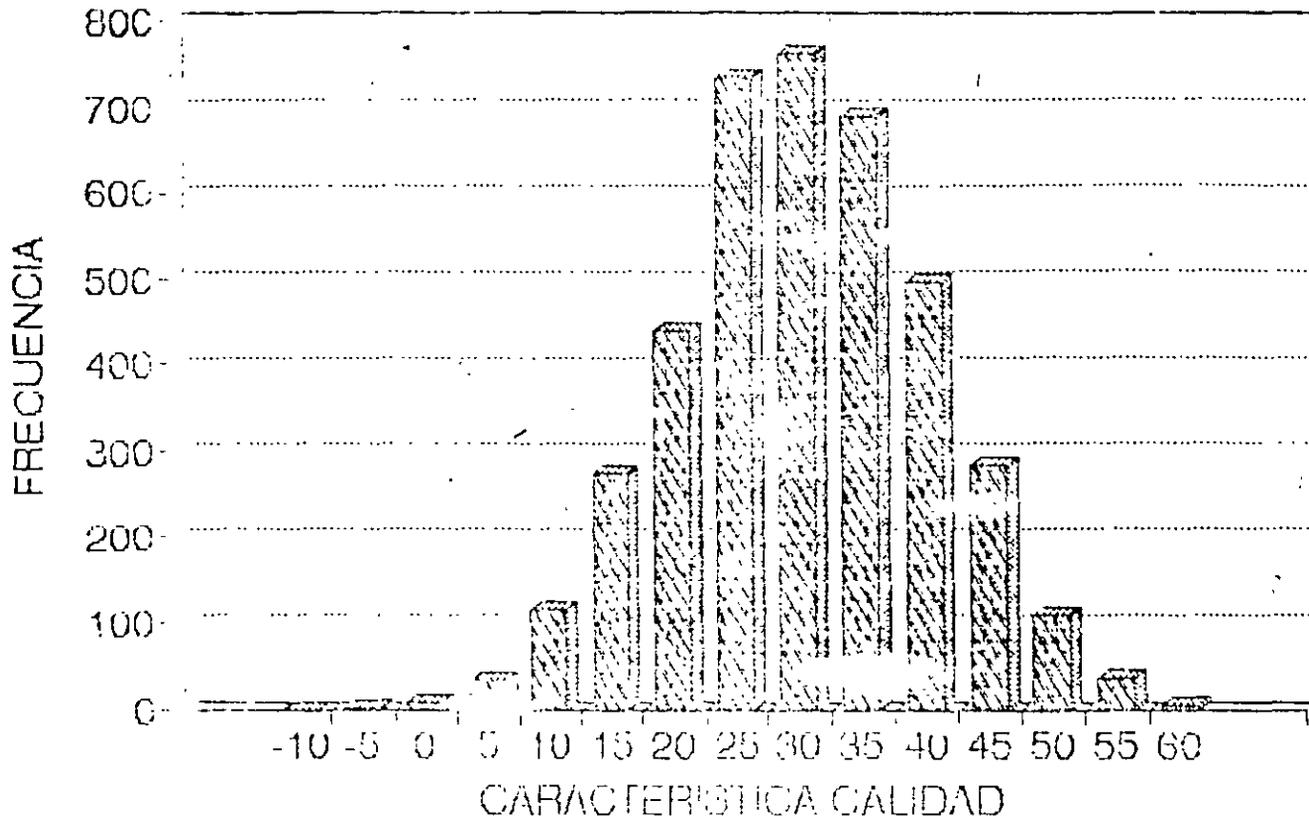


FIG. 1 HISTOGRAMA DE OBSERVACIONES (n=4,000)



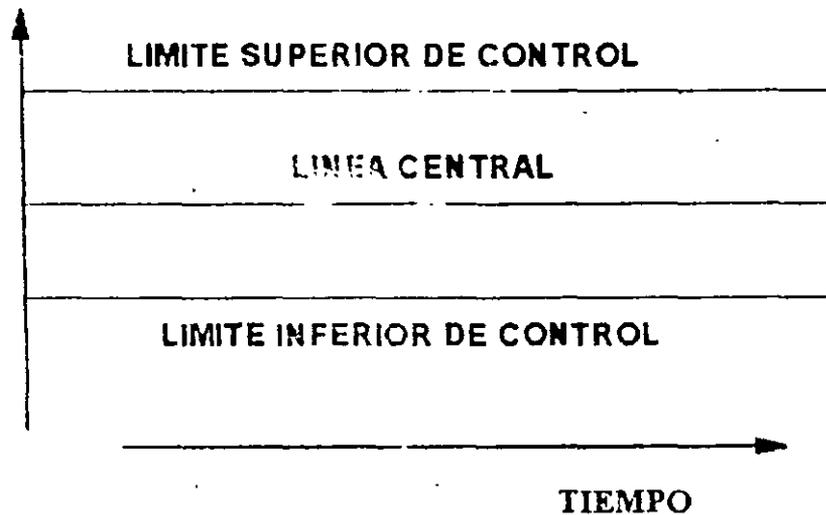
DIÁGRAMA DE CONTROL PARA VARIABLES

DIAGRAMA DE CONTROL

HERRAMIENTA GRAFICA QUE AYUDA A DETECTAR LA PRESENCIA DE CAUSAS ESPECIALES O ASIGNABLES DE CAMBIO EN EL PATRÓN DE VARIACION DE UNA CARACTERISTICA DE CALIDAD .

COMPONENTES DE UN DIAGRAMA DE CONTROL

OBSERVACIONES



REGLA DE DECISION

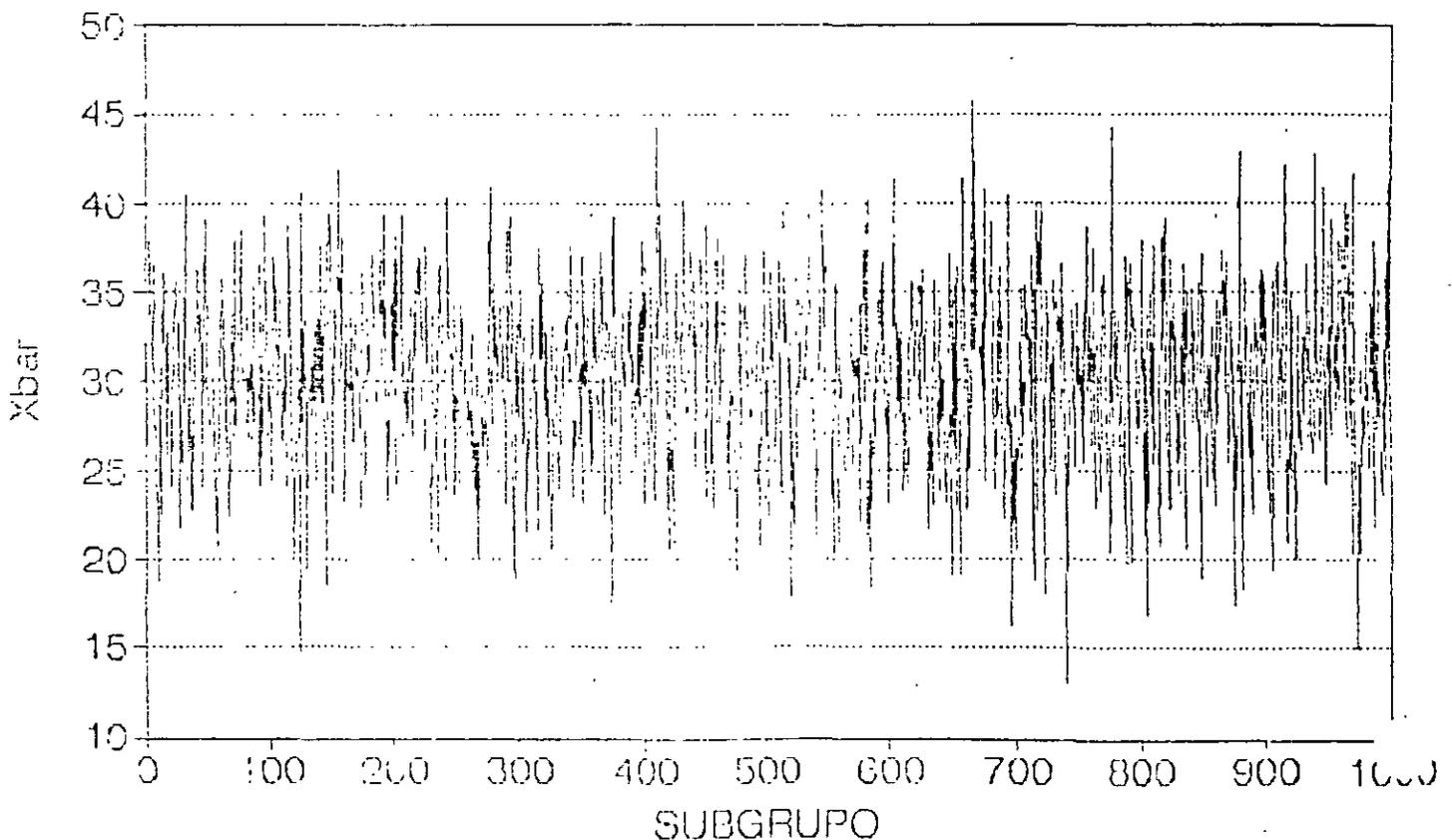
SI UN PUNTO RELACIONADO CON ALGUN SUBGRUPO CAE FUERA DE LOS LIMITES DE CONTROL, SE CONSIDERA QUE EL SUBGRUPO ES "ANORMAL": HAY EVIDENCIA DE UN CAMBIO EN EL PROCESO

EJEMPLO

EL DIAGRAMA DE CONTROL (USANDO LA CONVENCION USUAL EN NORTEAMERICA) PARA LAS MEDIAS DE LAS MUESTRAS (\bar{X}) SI LA CARACTERISTICA DE CALIDAD ES NORMAL CON $\mu = 30$, $\sigma = 10$ Y LOS SUBGRUPOS SON DE TAMAÑO $n = 4$ TIENE LAS SIGUIENTES CARACTERISTICAS:

LC = 30
LSC = 45
LIC = 15

EL DIAGRAMA DE CONTROL PARA LAS MEDIAS DE LAS MUESTRAS (\bar{X}) DE LOS 1,000 SUBGRUPOS DEL TAZON DE SHEWHART (VARIABLE ORIGINAL: NORMAL CON $\mu = 30$, $\sigma = 10$) ES:



PUNTOS FUERA DE CONTROL:

1. El punto 127, para el cual $\bar{x} = 14.7375$,
2. El punto 669, para el cual $\bar{x} = 45.6775$, y
3. El punto 744, para el cual $\bar{x} = 12.97$.

SIN EMBARGO, ¡EL PROCESO ES ESTABLE!

AL APLICAR UN DIAGRAMA DE CONTROL ES POSIBLE COMETER "ERRORES"

TIPOS DE ERROR

CONCLUSION (diag. control):	ESTADO REAL DEL PROCESO:	
	Estable	Inestable
Proceso Estable	<i>ERROR TIPO I (Falsa alarma) α</i>	<i>CONCLUSION CORRECTA</i>
Proceso Inestable	<i>CONCLUSION CORRECTA</i>	<i>ERROR TIPO II (Cambio no detectado) β</i>

- LIMITES DE CONTROL MUY AMPLIOS (MUY SEPARADOS DE LA LINEA CENTRAL) REDUCEN EL ERROR TIPO I.
- LIMITES DE CONTROL MUY AMPLIOS AUMENTAN EL ERROR TIPO II.

ES NECESARIO BALANCEAR AMBOS TIPOS DE ERRORES

**CONVENCION NORTEAMERICANA PARA LIMITES DE CONTROL
(LIMITES 3-SIGMA)**

LOS LIMITES DE CONTROL SE UBICAN A UNA DISTANCIA DE ± 3 VECES LA DESVIACION ESTANDAR DE LO QUE SE ESTE CONTROLANDO (\bar{X} , R, s, MR, \bar{n} , Np, ETC)

**DIAGRAMA DE CONTROL PARA \bar{X}
(μ Y σ CONOCIDOS)**

$$LC = \mu_{\bar{X}} = \mu$$

$$LSC = \mu_{\bar{X}} + 3\sigma_{\bar{X}} = \mu_{\bar{X}} + 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$LIC = \mu_{\bar{X}} - 3\sigma_{\bar{X}} = \mu_{\bar{X}} - 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

LOS LIMITES DE CONTROL SON SIMETRICOS ALREDEDOR DE LC

EJEMPLO

DETERMINE LC, LSC Y LIC PARA LAS MEDIAS DE LAS MUESTRAS (\bar{X}) PARA EL EXPERIMENTO DEL TAZON DE SHEWHART: LA CARACTERISTICA DE CALIDAD (VARIABLE ORIGINAL) ES NORMAL CON $\mu = 30$, $\sigma = 10$

$$LC = \mu_{\bar{X}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$LSC = \mu_{\bar{X}} + 3\sigma_{\bar{X}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$LIC = \mu_{\bar{X}} - 3\sigma_{\bar{X}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

PARA FACILITAR CALCULOS DE $3\sigma_{\bar{X}}$, LA TABLA F, APENDICE 3 PRESENTA VALORES DEL FACTOR $A = \frac{3}{\sqrt{n}}$. USANDO ESTE FACTOR:

$$LC = \mu_{\bar{X}} = \mu$$

$$LSC = \mu_{\bar{X}} + 3\sigma_{\bar{X}} = \mu + A\sigma$$

$$LIC = \mu_{\bar{X}} - 3\sigma_{\bar{X}} = \mu - A\sigma$$

La amplitud de las bandas entre la línea central y los límites de control depende de la variabilidad de los datos (medida a través de σ) y del tamaño de los subgrupos n .

DIAGRAMA DE CONTROL PARA \bar{X}
(μ Y σ DESCONOCIDOS)

$$LC = \hat{\mu}_{\bar{X}} = \hat{\mu} = \bar{\bar{X}}$$

$$LSC = \bar{\bar{X}} + 3\hat{\sigma}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + 3\frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - 3\hat{\sigma}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - 3\frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$$

LOS LIMITES DE CONTROL SON SIMETRICOS ALREDEDOR DE LC

ESTIMACION DE $\hat{\sigma}_{\bar{X}}$

A PARTIR DEL RANGO DE LAS MUESTRAS:

$$\hat{\sigma}_{\bar{X}} = \frac{\bar{R}}{d_2\sqrt{n}}$$

A PARTIR DE LAS DESVIACIONES ESTANDAR DE LAS MUESTRAS:

$$\hat{\sigma}_{\bar{X}} = \frac{\bar{s}}{c_4\sqrt{n}}$$

EJEMPLO

LA SIGUIENTE TABLA MUESTRA LOS PRIMEROS 20 SUBGRUPOS DEL EXPERIMENTO DEL TAZON DE SHEWHART. DETERMINE LC, LSC Y LIC DEL DIAGRAMA DE CONTROL \bar{X} A PARTIR DE ESOS DATOS

SUB-GRUPO	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	\bar{X}	R	s
1	48.62	18.51	21.97	23.93	28.2575	30.11	13.7537
2	29.74	21.92	25.99	28.59	26.5600	7.82	3.4683
3	30.81	45.12	39.29	36.16	37.8450	14.31	5.9818
4	32.94	26.22	30.54	52.03	35.4325	25.81	11.4090
5	24.3	35.89	38.07	47.88	36.5350	23.58	9.6812
6	34.47	26.82	32.53	29.1	30.7300	7.65	3.4241
7	48.11	33.17	38.2	26.54	36.5050	21.57	9.0916
8	32.97	36.48	17.84	24.82	28.0275	18.64	8.3655
9	24.48	36.95	16.81	26.63	26.2175	20.14	8.3041
10	21.14	29.5	32.68	27.2	27.6300	11.54	4.8753
11	16.94	24.64	26.09	7.39	18.7650	18.70	8.5808
12	22.66	44.19	24.64	24.77	29.0650	21.53	10.1295
13	19.78	21.59	24.77	23.79	22.4825	4.99	2.2392
14	12.05	32.83	34.38	23.76	25.7550	22.33	10.2673
15	29.29	30.2	43.8	24.2	31.8725	19.60	8.3785
16	37.37	41.24	34.63	30.87	36.0275	10.37	4.3789
17	25.44	31.31	35.05	20.43	28.0575	14.62	6.4421
18	33.47	12.27	33.21	24.31	25.8150	21.20	9.9836
19	35	33.67	41.08	20.53	32.5700	20.55	8.6506
20	36.89	30.26	36.94	27.38	32.6425	9.51	4.5809

LOS TOTALES SON:

$$\sum_{j=1}^{20} \bar{X}_j = 596.7926, \quad \sum_{j=1}^{20} R_j = 344.57, \quad \sum_{j=1}^{20} s_j = 151.9911$$

DETERMINACION DE LA LINEA CENTRAL

$$LC = \hat{\mu}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} =$$

DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONTROL

A partir del rango de la muestra:

$$LSC = \bar{\bar{X}} + 3\hat{\sigma}_{\bar{X}} =$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - 3\hat{\sigma}_{\bar{X}} =$$

A partir de la desviación estándar de la muestra:

$$LSC = \bar{\bar{X}} + 3\hat{\sigma}_{\bar{X}} =$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - 3\hat{\sigma}_{\bar{X}} =$$

PARA FACILITAR CALCULOS SE PUEDEN USAR LOS FACTORES:

$$A_2 = \frac{3}{d_2 \sqrt{n}}$$

$$A_3 = \frac{3}{c_4 \sqrt{n}}$$

CON LO QUE:

$$LSC = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \quad Y \quad LIC = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

O

$$LSC = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{R} \quad Y \quad LIC = \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{R}$$

EL FACTOR A_2 SE ENCUENTRA EN LA TABLA D, APENDICE 3

EL FACTOR A_3 SE ENCUENTRA EN LA TABLA E, APENDICE 3

DIAGRAMA DE CONTROL \bar{X} (A PARTIR DE R)

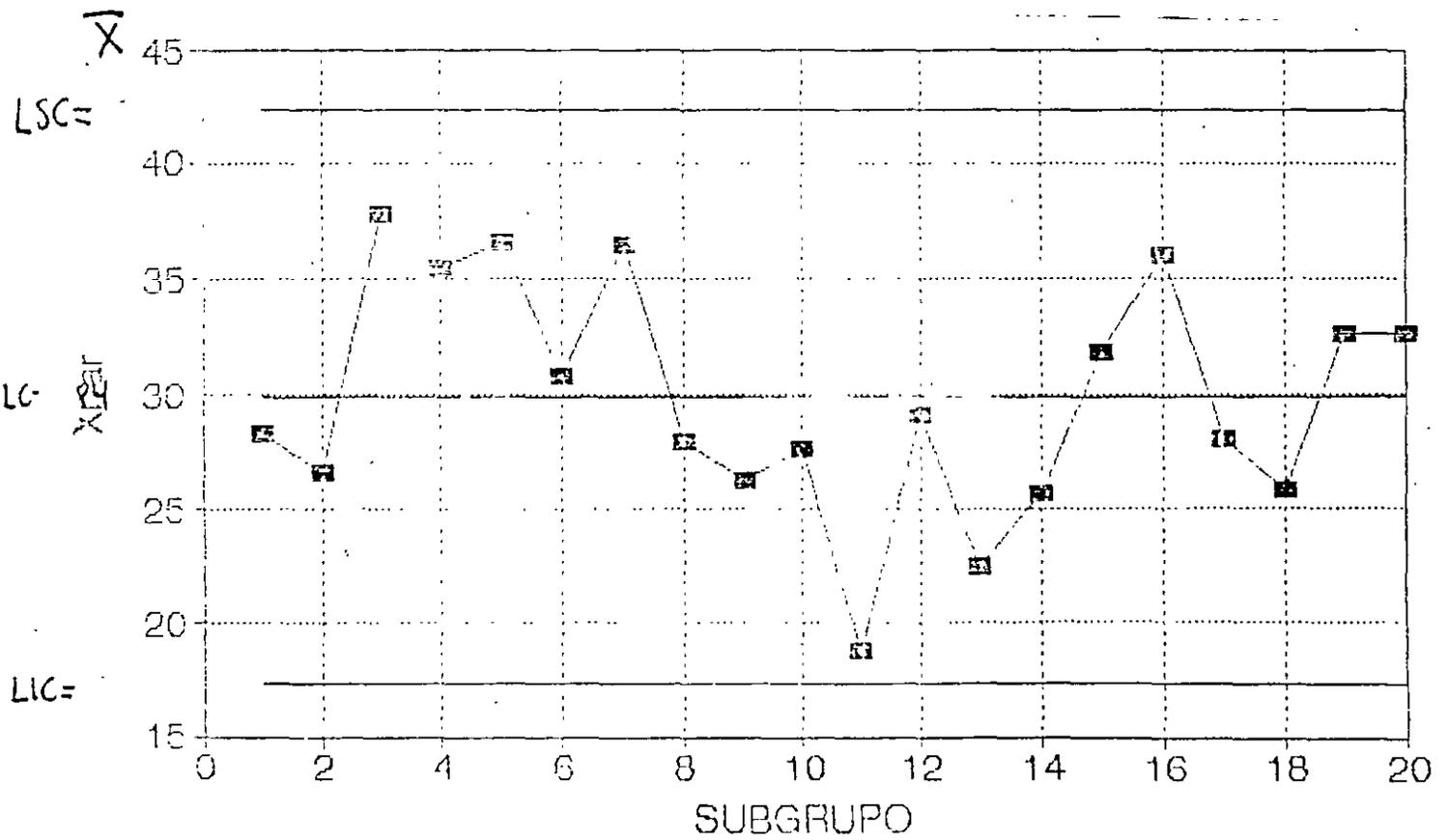


DIAGRAMA DE CONTROL \bar{X} (A PARTIR DE s)

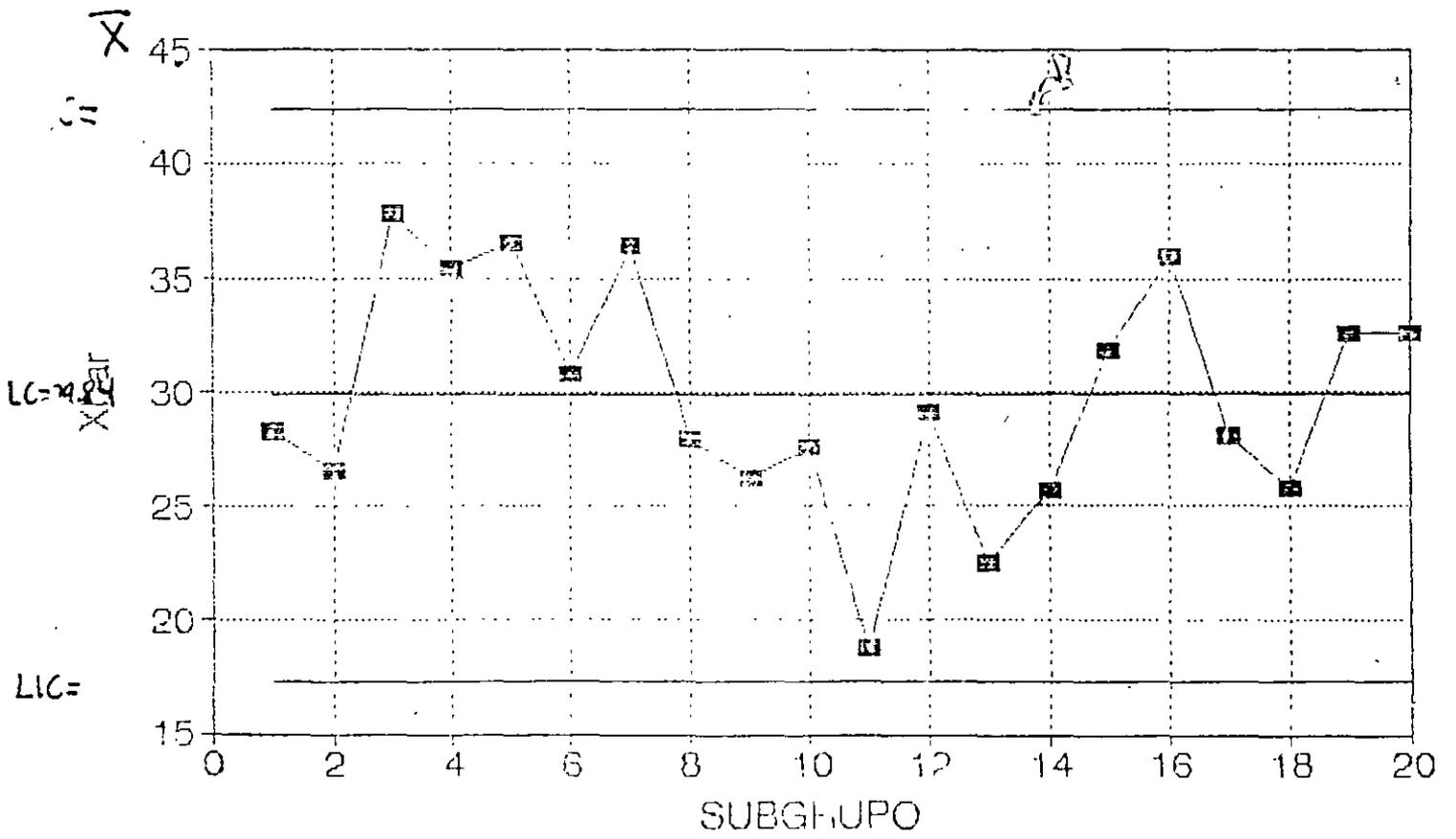


DIAGRAMA DE CONTROL PARA R
(σ CONOCIDO)

SI LA VARIABLE ORIGINAL SIGUE UNA DISTRIBUCION NORMAL,
ENTONCES:

$$LC = d_2\sigma$$

$$LSC = D_2\sigma$$

$$LIC = D_1\sigma$$

EL PARAMETRO d_2 SE ENCUENTRA EN LA TABLA C, APENDICE 3.
LOS PARAMETROS D_1 Y D_2 SE ENCUENTRAN EN LA TABLA F,
APENDICE 3

LOS LIMITES DE CONTROL NO SON SIMETRICOS RESPECTO A LC,

EJEMPLO

CONSIDERE LOS PRIMEROS 20 SUBGRUPOS DEL EXPERIMENTO DEL
TAZON DE SHEWHART (VARIABLE ORIGINAL NORMAL, $\sigma = 10$).
DETERMINE LOS PARAMETROS DEL DIAGRAMA R

DIAGRAMA DE CONTROL PARA R
(σ CONOCIDO, $\sigma = 10$)

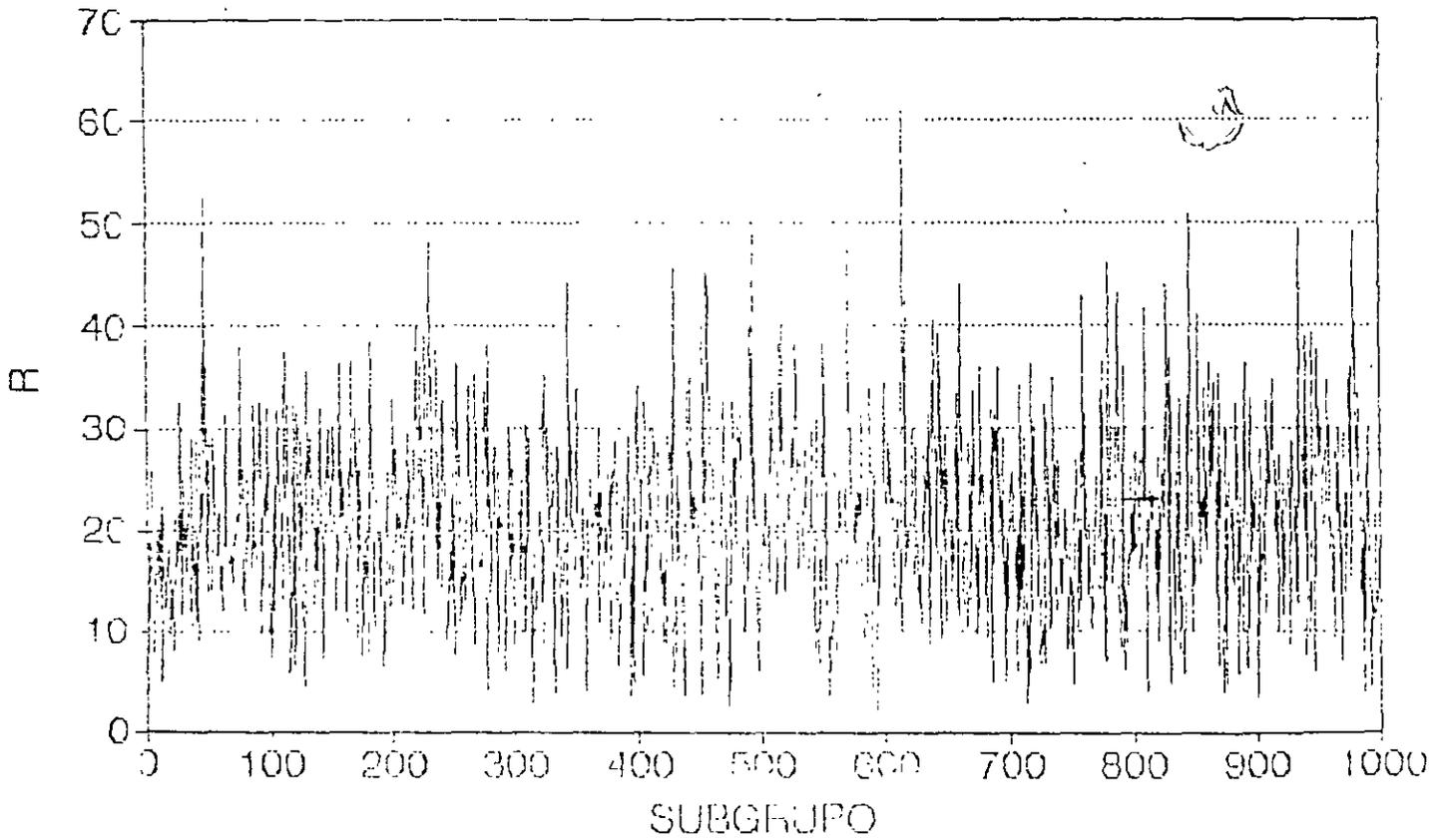


DIAGRAMA DE CONTROL PARA R
(σ DESCONOCIDO)

SI LA VARIABLE ORIGINAL SIGUE UNA DISTRIBUCION NORMAL,
ENTONCES:

$$LC = \hat{\mu}_{\bar{R}} = \bar{R}$$

$$LSC = D_4 \bar{R}$$

$$LIC = D_3 \bar{R}$$

LOS PARAMETROS D_3 Y D_4 SE ENCUENTRAN EN LA TABLA F,
APENDICE 3

LOS LIMITES DE CONTROL NO SON SIMETRICOS RESPECTO A LC

EJEMPLO

CONSIDERE LOS PRIMEROS 20 SUBGRUPOS DEL EXPERIMENTO DEL
TAZON DE SHEWHART (VARIABLE ORIGINAL NORMAL, $\sigma = 10$).
DETERMINE LOS PARAMETROS DEL DIAGRAMA R

$$\sum_{j=1}^{20} R = 344.57$$

DIAGRAMA DE CONTROL PARA R (σ DESCONOCIDO)

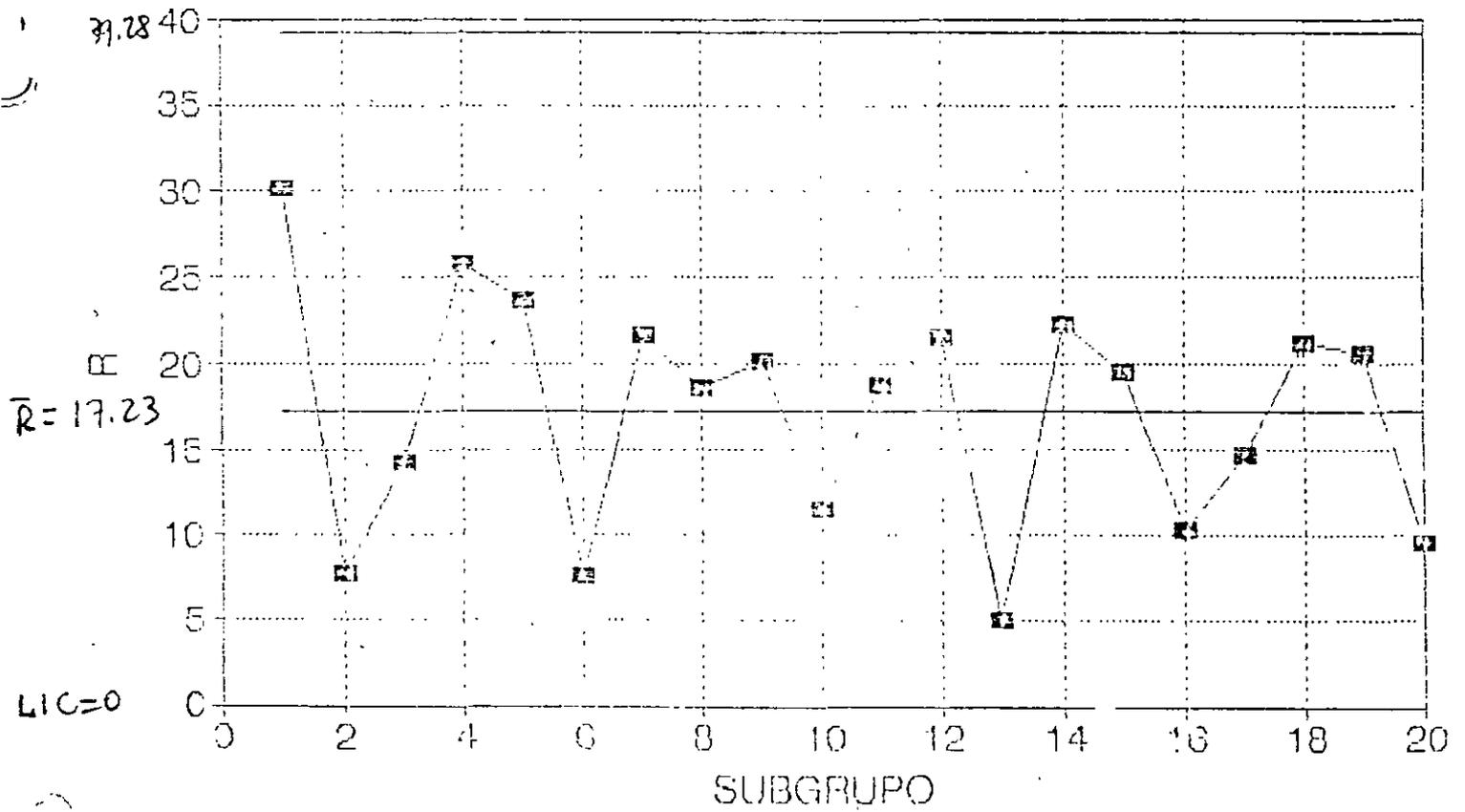


DIAGRAMA DE CONTROL PARA \bar{s}
(σ CONOCIDO)

SI LA VARIABLE ORIGINAL SIGUE UNA DISTRIBUCION NORMAL,
ENTONCES:

$$LC = c_4\sigma$$

$$LSC = B_6\sigma$$

$$LIC = P_5\sigma$$

EL PARAMETRO c_4 SE ENCUENTRA EN LA TABLA C, APENDICE 3.
LOS PARAMETROS B_5 Y B_6 SE ENCUENTRAN EN LA TABLA F,
APENDICE 3

LOS LIMITES DE CONTROL NO SON SIMETRICOS RESPECTO A LC

EJEMPLO

CONSIDERE LOS PRIMEROS 20 SUBGRUPOS DEL EXPERIMENTO DEL
TAZON DE SHEWHART (VARIABLE ORIGINAL NORMAL, $\sigma = 10$).
DETERMINE LOS PARAMETROS DEL DIAGRAMA \bar{s}

DIAGRAMA DE CONTROL PARA s
(σ CONOCIDO, $\sigma = 10$)

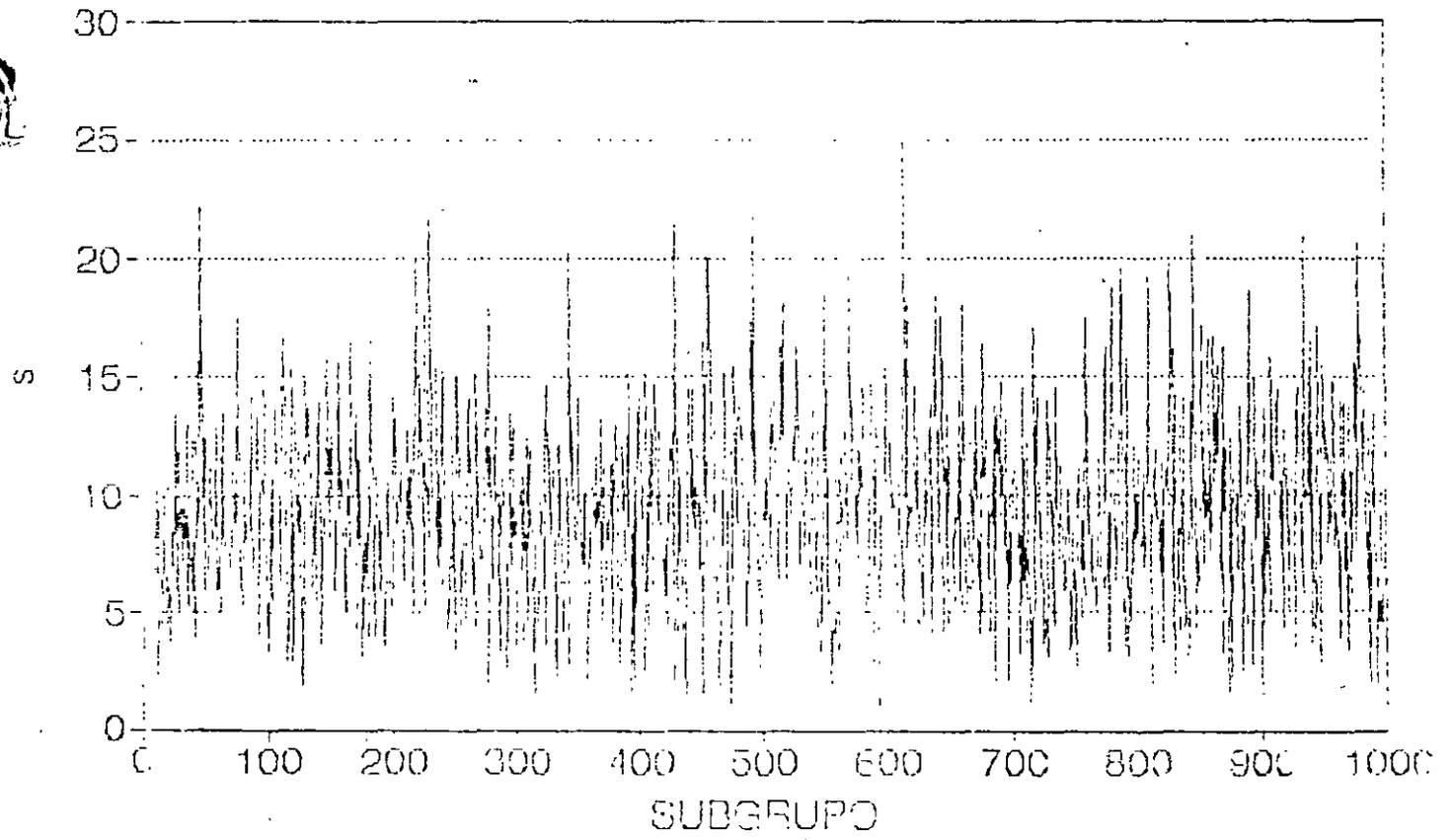


DIAGRAMA DE CONTROL PARA s
(σ DESCONOCIDO)

SI LA VARIABLE ORIGINAL SIGUE UNA DISTRIBUCION NORMAL,
ENTONCES:

$$LC = \bar{s}$$

$$LSC = B_4 \bar{s}$$

$$LIC = B_3 \bar{s}$$

LOS PARAMETROS B_3 Y B_4 SE ENCUENTRAN EN LA TABLA F,
APENDICE 3

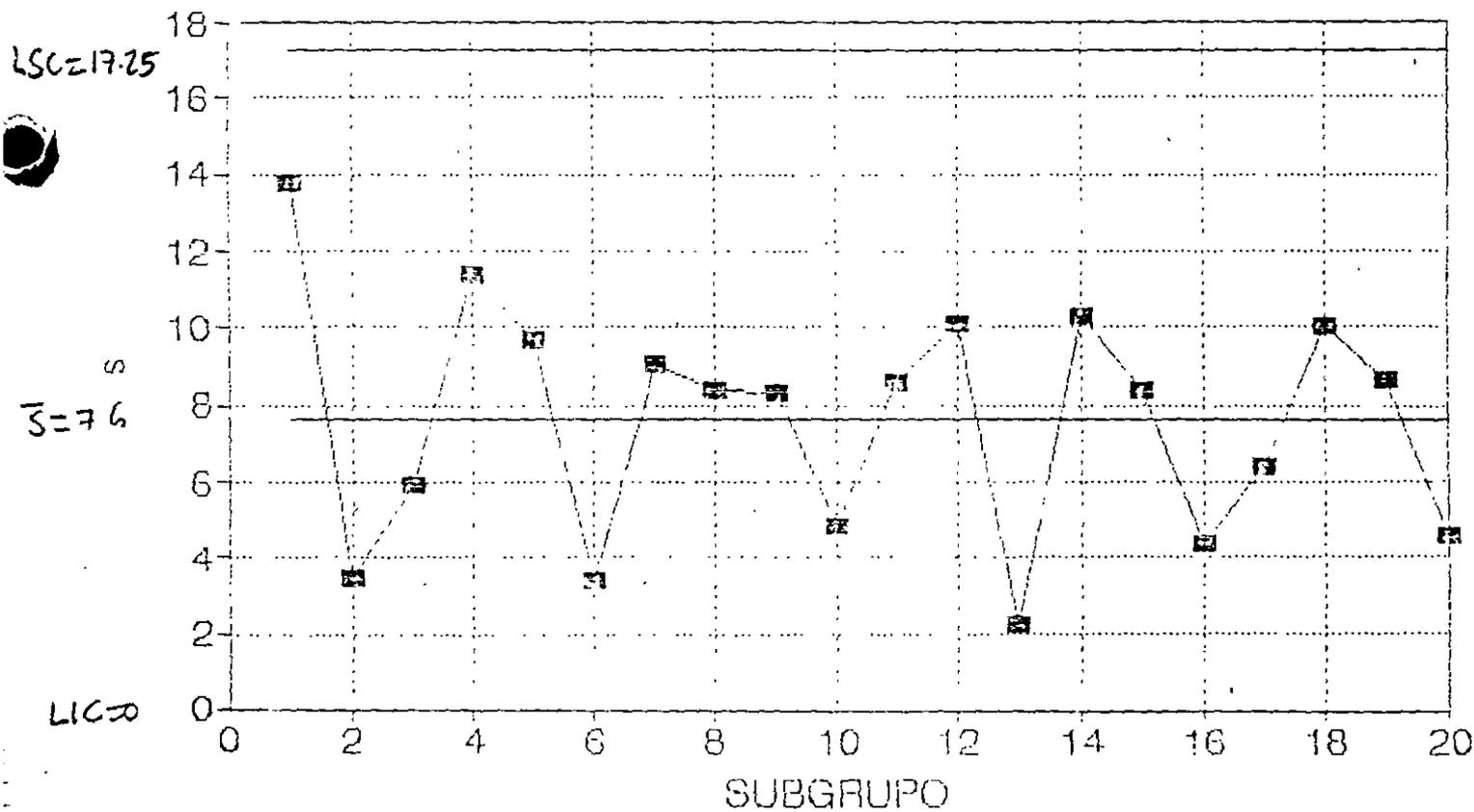
LOS LIMITES DE CONTROL NO SON SIMETRICOS RESPECTO A LC

EJEMPLO

CON BASE EN LOS PRIMEROS 20 SUBGRUPOS DEL EXPERIMENTO
DEL TAZON DE SHEWHART, DETERMINE LOS PARAMETROS DEL
DIAGRAMA s

$$\sum_{i=1}^{20} s = 151.9911$$

DIAGRAMA DE CONTROL PARA \bar{x} (σ DESCONOCIDO)



ANALISIS DE UN PROCESO

PARA DETERMINAR LA ESTABILIDAD DE UN PROCESO, ES NECESARIO CONSIDERAR CONJUNTAMENTE DIAGRAMAS DE CONTROL PARA LA LOCALIZACION Y PARA LA DISPERSION

EJEMPLO

CON BASE EN LOS PRIMEROS 20 SUBGRUPOS DEL EXPERIMENTO DE SHEWHART, ¿CONSIDERA USTED QUE ES ESTABLE EL PROCESO?

ANÁLISIS DE ERRORES

ERROR TIPO I

ERROR QUE SE COMETE CUANDO OCURRE UNA "FALSA ALARMA": EL DIAGRAMA DE CONTROL INDICA QUE HUBO UN CAMBIO EN EL PROCESO CUANDO EN REALIDAD NO LO HUBO: EL DATO ASOCIADO A UN CIERTO SUBGRUPO (SU MEDIA, SU RANGO O SU DESVIACION ESTANDAR) CAE FUERA DE LOS LIMITES DE CONTROL, AUN CUANDO EL PARAMETRO QUE SE ESTA MONITOREANDO NO HA CAMBIADO.

EJEMPLO

CONSIDERE EL EXPERIMENTO DEL TAZON DE SHEWHART (VARIABLE ORIGINAL NORMAL, CON $\mu = 30$ Y $\sigma = 10$). PARA CONTROLAR EL PROCESO, SE OBSERVAN SUBGRUPOS DE TAMAÑO 4. SI SE ESTA MONITOREANDO \bar{X} USANDO LIMITES 3-SIGMA, ¿CUAL ES LA PROBABILIDAD α DE COMETER UN ERROR TIPO I?

EJEMPLO

CONSIDERE EL EXPERIMENTO DEL TAZON DE SHEWHART (VARIABLE ORIGINAL NORMAL, CON $\mu = 30$ Y $\sigma = 10$). PARA CONTROLAR EL PROCESO, SE OBSERVAN SUBGRUPOS DE TAMAÑO 9. SI SE ESTA MONITOREANDO \bar{X} USANDO LIMITES 3-SIGMA, ¿CUAL ES LA PROBABILIDAD α DE COMETER UN ERROR TIPO I?

EJEMPLO

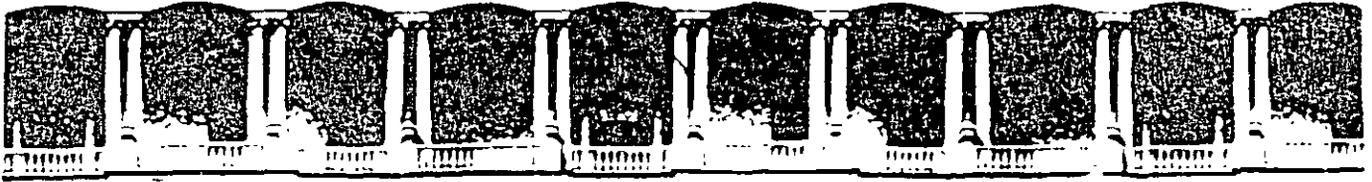
CONSIDERE EL EXPERIMENTO DEL TAZON DE SHEWHART (VARIABLE ORIGINAL NORMAL, CON $\mu = 30$ Y $\sigma = 10$). PARA CONTROLAR EL PROCESO, SE OBSERVAN SUBGRUPOS DE TAMAÑO 4. SI SE ESTA MONITOREANDO \bar{X} USANDO LIMITES 2-SIGMA, ¿CUAL ES LA PROBABILIDAD α DE COMETER UN ERROR TIPO I?

CALCULO DEL ERROR TIPO I PARA DIAGRAMA \bar{X}

SI SE ESTA MONITOREANDO \bar{X} USANDO LIMITES L-SIGMA Y LA MEDIA DEL PROCESO (QUE NO HA CAMBIADO) ES μ , EL RIESGO α , O PROBABILIDAD DE COMETER UN ERROR TIPO I ES:

$$\alpha = P[(\bar{X} > LSC)(\bar{X} < LIC) | \mu]$$

LA PROBABILIDAD α NO DEPENDE DEL TAMAÑO DE LOS SUBGRUPOS, SINO DE LA DISTANCIA DE LOS LIMITES DE CONTROL RESPECTO A LA LINEA CENTRAL



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

Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS ABIERTOS

**DIPLOMADO EN INGENIERIA EN
PRODUCCION**

MODULO I: DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

TEMA

PRINCIPIOS DE LA ECONOMIA DEL MOVIMIENTO

**EXPOSITOR: M. EN I. SILVINA HERNANDEZ GARCIA
PALACIO DE MINERIA
MARZO DEL 2001**

PRINCIPIOS DE LA ECONOMIA DEL MOVIMIENTO

- **Utilización del cuerpo humano**
- **Distribución del lugar de trabajo**
- **Modelo de las máquinas y herramientas**

UTILIZACION DEL CUERPO HUMANO

Siempre que sea posible:

- **Las dos manos deben de comenzar y completar sus movimientos a la vez**
- **Nunca deben estar inactivas las dos manos a la vez, excepto durante los periodos de descanso**
- **Los movimientos de los brazos deben realizarse simultaneamente y en direcciones opuestas y simetricas**

- Los movimientos de las manos y el cuerpo deben caer dentro de la clase mas baja con que sea posible ejecutar satisfactoriamente el trabajo
- Debe aprovecharse el impulso cuando favorece al obrero, pero debe reducirse a un minimo si hay que contrarrestarlo con un esfuerzo muscular
- Son preferibles los movimientos continuos y curvos a los movimientos rectos en los que hay cambios de dirección repentinos y bruscos

- Los movimientos de oscilacion libre son más rápidos, más fáciles y más exactos que los restringidos o controlados
- El ritmo es esencial para la ejecución suave y automatica de las operaciones repetitivas, y el trabajo debe disponerse de modo que se pueda hacer con un ritmo facil y natural, siempre que sea posible
- El trabajo debe disponerse de modo que los ojos se muevan dentro de los límites cómodos y no sea necesario cambiar de foco a menudo

- Los movimientos de oscilacion libre son más rápidos, más fáciles y más exactos que los restringidos o controlados
- El ritmo es esencial para la ejecución suave y automatica de las operaciones repetitivas, y el trabajo debe disponerse de modo que se pueda hacer con un ritmo facil y natural, siempre que sea posible
- El trabajo debe disponerse de modo que los ojos se muevan dentro de los límites cómodos y no sea necesario cambiar de foco a menudo

Distribución del lugar de trabajo

- Debe haber un sitio definido y fijo para todas las herramientas y materiales.
- Las herramientas y materiales deben colocarse de antemano donde se necesitaran.
- Deben de utilizarse depósitos y medios de abastecimiento por gravedad, para que el material llegue tan cerca como sea posible del punto de utilización.

- Las herramientas como materiales y mandos deben situarse dentro del área máxima de trabajo.
- Los materiales y las herramientas deben situarse en la forma que dé a los gestos el mejor orden posible.
- Debe utilizarse,eyectores y dispositivos que permitan al operario dejar caer el trabajo terminado sin necesidad de utilizar las manos.

- Deben preverse para que la luz sea buena y facilitarse al obrero una silla de tipo y altura adecuados para que se sienten en buena postura.
- El color de la superficie de trabajo deberá contrastar con el de la tarea.

Modelo de las máquinas y herramientas

- Debe evitarse que las manos estén ocupadas sosteniendo la pieza cuando ésta pueda sujetarse con una plantilla.
- Siempre que sea posible deben combinarse dos ó más herramientas.
- Siempre que cada dedo realice un movimiento específico, debe distribuirse la carga de acuerdo con la capacidad inherente a cada dedo.

- Los mangos, como los utilizados en las manivelas y destornilladores grandes, deben diseñarse para que la mayor cantidad posible de superficie esté en contacto con la mano.
- Las palancas, barras cruzadas, y volantes de mano deben situarse en posiciones que permitan al operario manipularlos con un mínimo de cambio de posición del cuerpo y un máximo de ventajas mecánicas.

Etapas del estudio de Tiempos

- Obtener y registrar toda la información posible acerca de la tarea, del operario y de las condiciones que puedan influir en la ejecución del trabajo.
- Registrar una descripción completa del método descomponiendo la operación en elementos.

- Examinar ese desglose para verificar si se están utilizando los mejores métodos y movimientos, y determinar el tamaño de la muestra.
- Medir el tiempo con un instrumento apropiado.
- Determinar simultáneamente la velocidad de trabajo efectiva del operario por correlación con la idea que tenga el analista de lo que debe ser el ritmo tipo.

- Convertir los tiempos observados en tiempos básicos.
- Determinar los suplementos que se añadirán al tiempo básico de la operación.
- Determinar el tiempo tipo propio de la operación.

Obtener y registrar información

- a. Información que permita hallar e identificar rápidamente el estudio cuando se necesite:
 - Número de estudio;
 - Número de la hoja y, a veces, número de hojas;
 - Nombre del especialista que hace el estudio;
 - Fecha del estudio;
 - Nombre de la persona que aprueba el estudio.

c. Información que permita identificar con exactitud el proceso, el método, la instalación o la máquina:

- Departamento o lugar donde se lleva a cabo la operación;
- Descripción de la operación o de la actividad;
- Número de la hoja de estudio de métodos o de instrucciones;
- Instalación o máquina.
- Herramientas, plantillas, dispositivos de fijación y calibradores utilizados.
- Velocidad y avance de la máquina u otros datos de la regulación que determinen el ritmo de producción de la máquina o proceso

d. Información que permita identificar al operario:

- Nombre del operario.
- Número de la ficha del operario.

e. Duración del estudio:

- Comienzo(hora en que empieza el estudio);
- Término (hora en que termina el estudio);
- Tiempo transcurrido

f. Condiciones físicas de trabajo:

- Temperatura
- Humedad
- Buena o mala luz
- Y demás datos que no figuren en el croquis del lugar de trabajo.

Descomponer la tarea en elementos.

- Elemento, es la parte delimitada de una tarea definida que se selecciona para facilitar la observación, medición y análisis.
- Ciclo de trabajo, es la sucesión de elementos necesarios para efectuar una tarea u obtener una unidad de producción. Comprende a veces elementos casuales.

Tipos de elemento

- Elementos repetitivos.
- Elementos casuales.
- Elementos constantes.
- Elementos variables.
- Elementos manuales.
- Elementos mecánicos.
- Elementos dominantes.
- Elementos extraños.

EJEMPLO

Supongamos que para un elemento dado se efectúan cinco observaciones y que los valores de los respectivos tiempos transcurridos, expresados en centésimos de minuto son:

TAMAÑO DE LA MUESTRA

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

- n = tamaño de la muestra.
- n' = número de observaciones del estudio preliminar.
- Σ = suma de valores
- x = valor de las observaciones

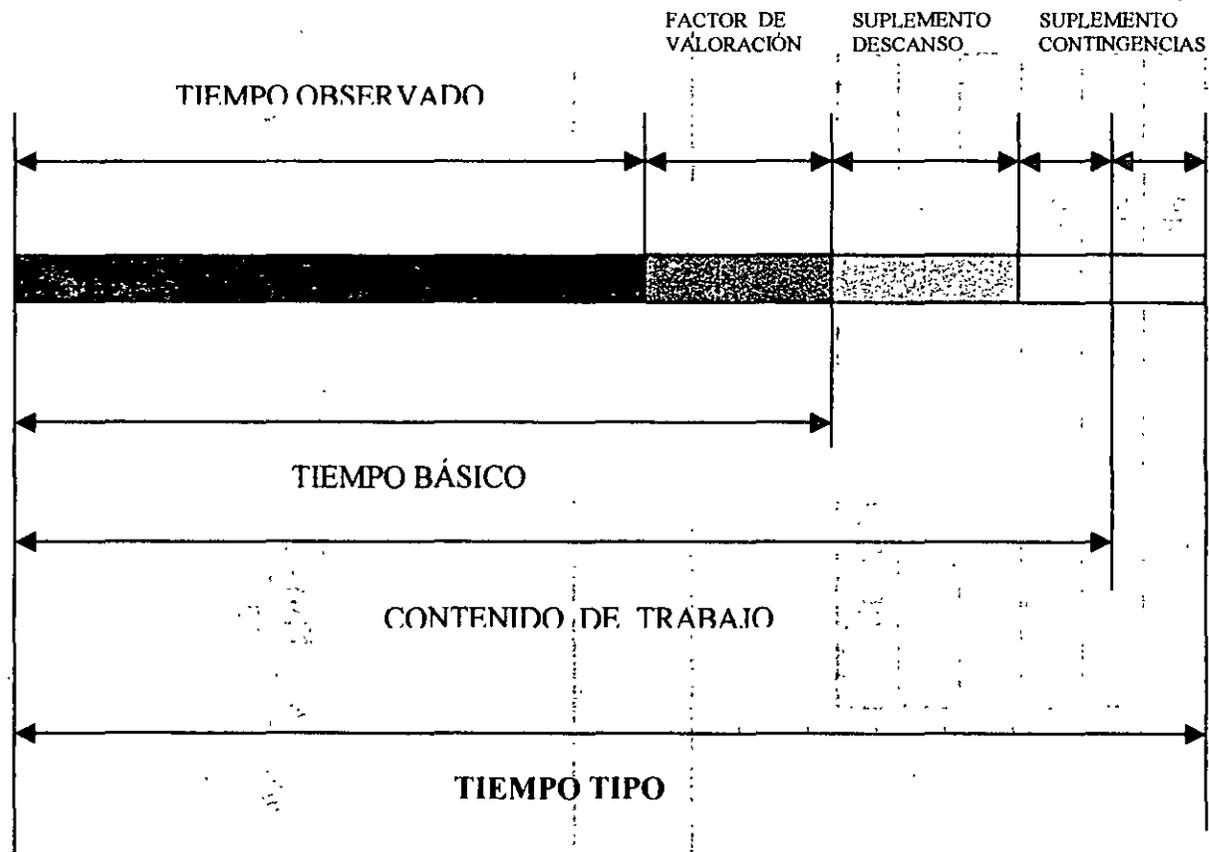
EJEMPLO

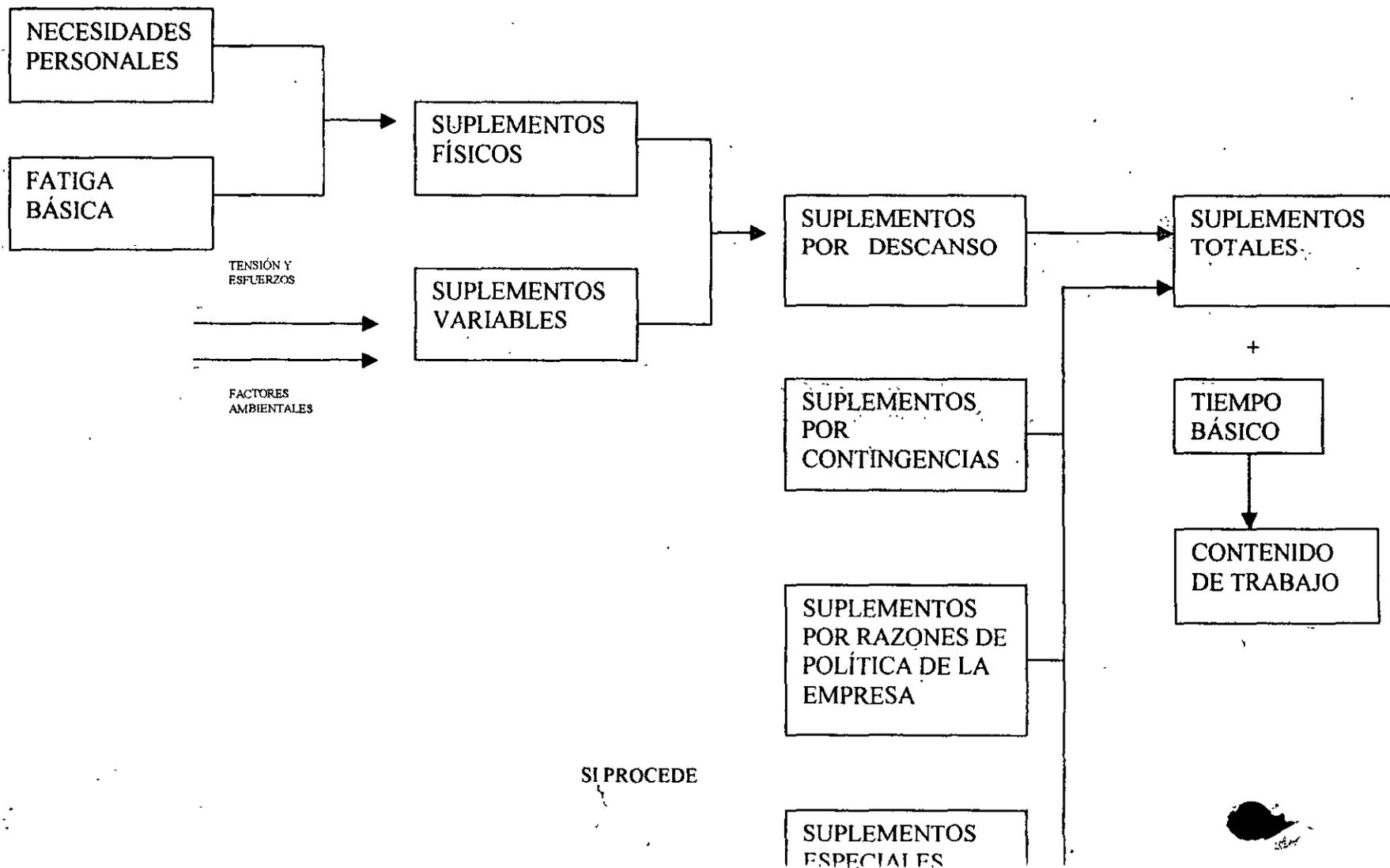
Supongamos que para un elemento dado se efectúan cinco observaciones y que los valores de los respectivos tiempos transcurridos, expresados en centésimas de segundo son:

X	X ²
7	49
6	36
7	49
7	49
6	36
SUMA=33	SUMA=219

$$n = \left(\frac{40\sqrt{5(219) - 33^2}}{33} \right)^2 = 8.81 \text{ o sea } 9 \text{ observaciones.}$$

“TIEMPO TIPO ES EL TIEMPO TOTAL DE EJECUCIÓN DE UNA TAREA AL RITMO TIPO”





41