

300618



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE QUIMICA

INCORPORADA A LA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

IMPLEMENTACION DE UN PROCESO DE MEJORA  
DE LA CALIDAD EN UN LABORATORIO DE  
CARACTERIZACION DE PLASTICOS

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A :

MONICA GONZALEZ CORREA

DIRECTOR DE TESIS ING. MA. GRACIELA TRILLANES GALLARDO

MEXICO, D.F.

1992

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

### I. GENERALIDADES

- 1.1. El Proceso de Calidad
  - 1.1.1. Algunas definiciones
  - 1.1.2. El Proceso de Calidad
  - 1.1.3. Control Estadístico de la Calidad
  - 1.1.4. Filosofía de Calidad Total
  - 1.1.5. Proceso de Mejoramiento de la Calidad
- 1.2. Historia de la Filosofía de Calidad Total
  - 1.2.1. Comparación entre la Filosofía de Calidad Japonesa y la Filosofía de Calidad Occidental
- 1.3. Diferentes pensadores de la Calidad
  - 1.3.1. Taylor
  - 1.3.2. W. A. Shewhart
  - 1.3.3. Dodge
  - 1.3.4. Deming
  - 1.3.5. A. V. Feigenbaum
  - 1.3.6. Joseph M. Juran
  - 1.3.7. Philip B. Crosby
  - 1.3.8. Ishikawa
  - 1.3.9. Filosofía Japonesa de Calidad
    - 1.3.9.1. La Filosofía Kaizen
    - 1.3.9.2. CEDAC
    - 1.3.9.3. La Técnica Kanban
- 1.4. La Filosofía de Calidad el día de hoy
- 1.5. La Filosofía de Calidad en México

### II. ANTECEDENTES

- 2.1. Desarrollo del Mejoramiento de la Calidad
- 2.2. Antecedentes para iniciar un Proceso de Mejoramiento de la Calidad
  - 2.2.1. Determinar la condición actual de la Calidad
  - 2.2.2. Determinar la condición deseada de la empresa en cuanto a Calidad
  - 2.2.3. Definir el plan de trabajo a seguir
  - 2.2.4. Formación de los grupos de trabajo
  - 2.2.5. Objetivos de los grupos de trabajo
  - 2.2.6. Metodología de funcionamiento de los grupos de trabajo
  - 2.2.7. Beneficios obtenidos al implementar grupos de trabajo

2.3. Mantenimiento preventivo

2.4. Casos de estudio

### III. TECNICAS ESTADISTICAS QUE APOYAN UN PMC

3.1. Control Estadístico del Proceso.

Gráficas de control  
Habilidad del proceso

3.2. Identificación de problemas

Diagramas de Ishikawa

3.3. Solución de problemas

Técnicas de grupo (Lluvia de ideas)  
Diagramas de Pareto

### IV. CASO DE ESTUDIO: APLICACION DE UN PROCESO DE MEJORA CONTINUA A UN LABORATORIO DE CARACTERIZACION DE PLASTICOS

4.1. Descripción general del Laboratorio

4.2. Situación existente antes del PMC

Motivos para iniciar un PMC

4.3. Programa de mejoramiento de calidad

4.3.1. Convencimiento de la Alta Dirección

4.3.2. Capacitación

4.3.2.1. Capacitación en áreas desconocidas del CDA

4.3.2.2. Capacitación en herramientas y técnicas estadísticas

4.3.2.3. Capacitación en cuanto a la Filosofía de Calidad

4.3.3. Aplicación de los conocimientos adquiridos

1. Impacto Izod

2. HDT

3. Flujo

4. Tensión

5. Flexión

6. Flamabilidad

4.3.3.2. Evaluación del precio de no cumplimiento

Acción tomada: Programa de aciertos y errores

4.3.4. Conocimiento del proceso

4.3.4.1. Elaboración de un Diagrama de Causa y Efecto con adición de tarjetas

4.3.4.2. Identificación de zonas de problemas

- Alta desviación estandar (+10%)

- Objetivo: desviación estándar < 10% del valor

## Clasificación de problemas en cinco zonas:

- Material
- Mano de obra
- Método
- Medio ambiente
- Máquina

4.3.4.3. Evaluación de la prioridad de los problemas por medio de un Diagrama de Pareto

4.3.4.4. Proposición de soluciones a los problemas por medio de técnicas de grupos (lluvia de ideas, Diagrama de Causa y Efecto, etc.)

4.3.4.5. Acciones tomadas

- Elaboración de una muela para barras de 1/8
- Establecimiento de un criterio uniforme para lectura de valores
- Eliminación de errores de paralaje
- Revisión a fondo del problema de desbalanceo
- Diseño de experimentos para buscar la mejor combinación de velocidades de carro y buril en la ranuradora
- Ajuste de la profundidad de la ranura y de la posición del espécimen en ella
- Estandarización (introducción en el Procedimiento Estándar de Operación) de todos los cambios y descubrimientos llevados a cabo

4.3.4.6. Resultados

4.3.4.7. Evaluación con el cliente

4.3.4.8. Formulación de acciones correctivas

4.4. Programa de Mantenimiento Preventivo

4.5. Programa de Planeación de Compras

4.6. Organización y Optimización de la Información

4.6.1. Aprovechamiento de paquetes computacionales para captura y procesamiento de datos

4.7. Programa de Creatividad Continua

4.7.1. ¿Cómo hacernos la vida más amable?

4.7.2. ¿Cómo podemos reducir los costos obteniendo los mismos resultados?

4.7.3. ¿Cómo podemos mejorar el alcance de los equipos actuales sin tener que adquirir nuevos equipos?

4.8. Resultados del Proceso de Mejoramiento de la Calidad, de manera general

4.9. Conclusiones

5.0. Bibliografía

# **CAPITULO**

## **I**

### **GENERALIDADES**

## I. GENERALIDADES

### 1.1. El Proceso de Calidad

#### 1.1.1. Algunas definiciones.

##### Calidad.

Definir el concepto de calidad es algo complicado, ya que es un concepto que no está exento de factores humanos y sociales. Por ejemplo, un objeto puede ser de alta calidad dentro de un cierto rango de valores para un individuo y ser al mismo tiempo de calidad pobre para otra persona en otra jerarquía de valores.

La palabra calidad nos lleva casi naturalmente a pensar en perfección, en "lo mejor" o "lo más idóneo". Nuestras vidas están rodeadas de anuncios de artículos o servicios "de la más alta calidad". Sin embargo, tristemente, en la mayoría de los casos no pasan de ser simples refranes publicitarios, sin esencia ni coherencia.

En cierto sentido, el expresar que se tiene "la mejor calidad" es como expresar que se ha alcanzado la perfección. Dentro del contexto de la Filosofía de Calidad Total, una característica intrínseca del proceso de obtención de la calidad es que es un proceso continuo, que no termina, pues siempre habrá hacia dónde mejorar.

Como se puede ver, la definición de calidad puede ser ambigua, y hasta cierto punto, esquiva. Por esto, se trata de darle significado dentro de un cierto marco. De esta manera, podemos decir que: "Calidad significa cumplir consistentemente con los requerimientos de los clientes". Crosby dice "Cumplir con los requisitos"; mientras que Juran indica "Adecuar el producto al uso que tendrá". Por otro lado, otro concepto, muy ligado al anterior, tiene también mucha importancia, ya que se refiere a "hacer bien las cosas a la primera vez".

Conviene detenerse un poco a analizar este párrafo. Desde hace bastante tiempo que las empresas de toda clase de productos se han dado cuenta de que el servicio al cliente ha pasado de ser una rareza a ser una ventaja competitiva y a veces una poderosa herramienta de ventas. El servicio al cliente ha pasado a ocupar un lugar preponderante, junto con la oportunidad de entrega, la diferenciación del producto y el precio, en los criterios de compra de los clientes.

Siendo esto así, es asombroso darse cuenta de que, a pesar de que la idea de "servir al cliente" ha quedado grabada en la mente de cualquier gerente comercial y de su personal, realmente es poco lo que se hace para servir al cliente.

El principal problema es que el proveedor de bienes o servicios muchas veces no conoce los requerimientos de los clientes, sino que los supone o incluso los tergiversa para que encuadren con los productos que esta vendiendo. La comunicación entre proveedor-cliente, aunque exista y haya buena voluntad en ambas partes para llevarla a cabo, a veces ignora cómo traducir los requerimientos de los clientes en especificaciones de producción. Para resolver esta cuestión no bastan pláticas o charlas, se necesita capacitación en ciertas técnicas para dominar esta área.

Otro punto importante es la palabra "consistentemente". Entregar un producto o servicio a tiempo una sola vez no significa calidad. Calidad significa confianza del cliente en el proveedor, y un entendimiento por parte del proveedor de lo que el cliente realmente necesita.

Uno de los errores más comunes, cuando se inicia un programa de calidad, es pensar que, con buena voluntad y entusiasmo todo se resuelve. Esto, desgraciadamente, es falso pues un proceso de calidad lleva tiempo y constancia. Todo inicio es duro y aparentemente sin frutos, sólo con una disciplina y con una visión a largo plazo se puede conseguir los objetivos propuestos. El entusiasmo se acaba pronto.

El Ing. José Giral, durante la XXX Convención Nacional 1990 "Calidad y Modernidad", celebrada el 8 de noviembre de 1990 en Guadalajara, Jalisco, menciona en su plática titulada "Calidad: Un Cambio de Actitud", indica que en toda la empresa debe existir una Cultura de Efectividad, definiendo esta como:

**EFICACIA: LOGRAR RESULTADOS**

**EFICIENCIA: HACER LAS COSAS BIEN**

**EFFECTIVIDAD: EFICACIA + EFICIENCIA**

Esta Cultura sólo se puede lograr con un cambio profundo en la mentalidad del personal.

### **1.1.2. El Proceso de Calidad**

Cumplir consistentemente con los requerimientos del cliente puede parecer más sencillo de lo que es. Este proceso realmente es el cumplimiento de varias etapas, que se pueden enunciar genéricamente como:

## 1. Conocimiento del producto.

Es increíble a veces observar lo poco que los empleados conocen de su propio producto. Conocen líneas de productos, especificaciones, precios, etc., pero no saben cuál es la ventaja competitiva de los mismos, es decir, en el fondo, ¿Qué es lo que realmente se les está vendiendo a los clientes? ¿En qué se basa la estrategia de la compañía?

Muchos empleados viven con una especie de miopía, solamente ven lo que esta cerca de su entorno, pero fallan al ubicarlo en un panorama amplio, competitivo, y así pueden dejar pasar oportunidades de negocio que se podrían traducir en ventas.

## 2. Conocimiento de las metas del negocio.

Si se esta llevando un negocio, o participando en él de alguna manera, se debe de tener una visión de adónde se está dirigiendo, un plan de negocios.

Se debe poder contestar a las siguientes preguntas:

¿A dónde se está llevando el negocio?

¿Como se logrará esto?

¿Porqué lo estamos haciendo?

## 3. Conocimiento de los clientes

Este punto incluye varios factores:

1. Quién es nuestro cliente. No se refiere sólo a las empresas que compran nuestros productos o servicios, sino al sector del mercado que representan, por ejemplo, un proveedor de antenas no le vende productos a compañías como Ford, Nissan, etc., sino que satisface al mercado automotriz.

2. Cuáles son los requerimientos de los clientes. Esto no se logra simplemente recibiendo solicitudes de trabajo o especificaciones, esto se logra con un contacto estrecho con el cliente, haciendo preguntas exhaustivas hasta que ha quedado claro que se ha comprendido el objetivo del cliente hasta sus últimas consecuencias. También comprende encuestas rutinarias a los clientes para monitorear continuamente la calidad y los aspectos de valor agregado de nuestros productos o servicios vistos por el cliente. Es importante que se incluya tanto la calidad de diseño, como la calidad del servicio.

#### **4. Conocimiento de la competencia**

Muchas veces no se sabe a ciencia cierta quién es la competencia y mucho menos, qué es lo que está haciendo y en dónde estamos parados nosotros en comparación. Conociendo la competencia, podemos determinar nuestra ventaja competitiva y nuestro nivel.

#### **5. Conocimiento de la participación de los empleados,**

La participación y motivación de los empleados muchas veces se deja a la iniciativa personal de cada uno de ellos. El simple hecho de involucrar a los empleados en un proceso de calidad puede mejorar la productividad. El entusiasmo crece cuando los grupos de trabajo se involucran con los problemas de la empresa, se sienten parte de ella. Entienden mejor el negocio al cual pertenecen y pueden dar ideas de mejoras. Además, entienden mejor que ellos reciben su sueldo al dar resultados óptimos a un cliente.

##### **1.1.3. Control Estadístico de la Calidad**

Matt Nairove, editor de la revista *Plastics Technology*, en su editorial de marzo de 1989, indica acertadamente que el término "Control Estadístico de Proceso" debería denominarse de otra manera, ya que tiende a ser confuso y dar a entender otro concepto de lo que realmente es.

¿Cómo sucede esto? Frecuentemente, los clientes piensan que el CEP es otro dispositivo de control más que se conecta a la línea y se desilusionan al ver que no es así.

El Control Estadístico del Proceso es un método, una actitud, una filosofía. Es una serie de principios para dirigir un negocio. El CEP empieza con un compromiso para la calidad y el darse cuenta que la calidad del producto puede asegurarse únicamente a través de un conocimiento profundo de las causas de variación en un proceso de manufactura, mismas que afectan la calidad.

El entrenamiento en CEP provee después de procedimientos, métodos, y herramientas estadísticas, - de los cuales las gráficas de control son un ejemplo - para analizar tales causas de variación y el grado en el que un proceso dado es capaz de mantener tales variables bajo control. Entonces se requiere del conocimiento, experiencia y determinación para minimizar tales causas de variación para estrechar los límites de control.

Así, cuando algún proveedor indica que su equipo esta equipado con características de CEP, realmente quiere decir que cuenta con facilidades de obtención y reporte de datos de proceso, no que el equipo "efectúe" CEP, sino que más bien brinda la información necesaria para "efectuar" CEP. Por supuesto que la información es un ingrediente vital para los métodos estadísticos, pero uno tiene que "cerrar" manualmente el ciclo de control. Uno obtiene información acerca del proceso y luego actúa para modificarlo. Aquí es donde el "control" entra en el Control Estadístico de Proceso.

De esta manera, existe mucha literatura circulando acerca del CEP, pero el CEP, en sí, depende fundamentalmente de uno mismo.

#### 1.1.4. Filosofía de Calidad Total

Se ha comentado que no existe una definición exacta y inequívoca de calidad, que en ella intervienen factores humanos y sociales.

La relación de la Calidad con el Hombre no es anónima, general, teórica e impersonal. El Hombre hace la Calidad por una decisión personal, con una participación consciente y directa. Como indica el Dr. Kaoru Ishikawa en su libro "¿Qué es el Control Total de la Calidad? La modalidad japonesa", la diferencia en la calidad no proviene de nuestras máquinas, sino de nuestra gente. Esto es, la calidad de cada persona produce la calidad de cada servicio.

La calidad de lo que se hace no viene de fuera, brota del interior de la persona, brota de pensar, sentir y decir que "Mis servicios son de Calidad porque yo soy una persona de Calidad".

Es difícil perfilar la excelencia en la Calidad de ciertos productos o servicios, pero es relativamente fácil definir la excelencia en el Hombre. La Calidad existe en él cuando:

- \* Es fiable
- \* Cumple compromisos
- \* Su palabra tiene peso de verdad
- \* Se esfuerza por dar a cada quien lo que le toca, y no sólo porque le dan a él
- \* Domina tendencias animales
- \* Puede dar servicio a los demás

Vivir la Calidad de esta manera, es pertenecer a una **Filosofía de Calidad Total**, donde se busca la Calidad en todos los aspectos de la vida, no solamente en el aspecto laboral o profesional. Con esta Filosofía de Calidad Total, se reconoce que la Calidad de la propia persona depende únicamente de uno mismo, y que el control es un proceso de toma de decisiones, de inteligencia y voluntad. Cabe hacer notar que es un **proceso**, no un **programa**. Aquí radican muchos de los fracasos de un Proceso de Mejoramiento de la Calidad: creer que es un programa de duración limitada que se echa a andar por un corto tiempo y que da frutos. El Mejoramiento de la Calidad es un **proceso continuo**, que no termina nunca, pues siempre habrá cosas que mejorar.

La Calidad no es algo que se aprende, es una forma de vida, una actitud que se transmite de generación en generación y que se va desarrollando y cultivando con el tiempo, dado lo cual entendemos porqué las grandes y pequeñas corporaciones se han enfrentado a una "muralla cultural" al tratar de implantar cualquiera de los sistemas de calidad que existen en el mercado. Inclusive, ciertos estudiosos japoneses, como el Dr. Kaoru Ishikawa, sostienen que el legado cultural japonés ha sido uno de los factores principales de su éxito en la gestión de la calidad; mientras que los países occidentales, más pobres en cuanto al legado cultural, presentan más problemas al respecto. Más adelante retornaremos al tema de cómo vencer estas "murallas culturales".

La Calidad Total tiene muchas maneras diferentes de verse. Existen decenas de planteamientos que con diferentes palabras llevan al mismo resultado, por ejemplo, "buscar que las cosas se hagan bien a la primera vez". Como ilustración de estos planteamientos se encuentran:

Los Procesos para el Mejoramiento de la Calidad

Las teorías de Cero Defectos

Los Círculos de Calidad

La Administración por Objetivos

La Administración por Resultados, etc.

Todos estos sistemas y muchos más pretenden al final de cuentas lograr un cambio de actitud y de forma de ser en las personas que les permita hacer bien las cosas a la primera, cumpliendo con ciertos requisitos, objetivos o resultados, etc., siempre sin errores.

### 1.1.5. Proceso de Mejoramiento de la Calidad.

El Proceso de Mejoramiento de la Calidad, o PMC, consta de una serie de pasos encaminados a satisfacer los siguientes objetivos:

- \* Reducir costos (aumentar productividad) analizando el proceso, descubriendo los cuellos de botella y buscando la participación multifuncional de los empleados involucrados para resolver los problemas encontrados.

- \* Se ha demostrado en muchos casos que la productividad puede incrementarse hasta un 50%, simplemente efectuando pequeños cambios en el proceso, generalmente de bajo costo, tales como: cambiar la disposición de los equipos para aumentar la flexibilidad de los operadores, ordenar y mantener las herramientas necesarias al alcance de la mano, eliminar movimientos innecesarios y eliminar pasos redundantes u obsoletos en el proceso.

- \* El PMC requiere de un compromiso total y verdadero de la Alta Dirección, un entusiasmo y participación de los empleados de todas los departamentos, y capacitación sobre los fundamentos de la Filosofía de Calidad y las técnicas estadísticas de CEP.

### 1.2. Historia de la Filosofía de Calidad Total.

Durante la segunda parte y, sobre todo, a finales del Siglo XX, la industria y el mundo en general ha sufrido enormes transformaciones a velocidades increíbles. La tecnología ha avanzado a pasos gigantescos, cambiando continuamente la situación de los países "líderes" en el desarrollo tecnológico.

Si hacemos un breve repaso histórico, como el mostrado por el Sr. Salvador Espinosa García, presidente de la Asociación para la Formación y el Desarrollo de la Empresa en su artículo: "Incidencias de los Cambios Tecnológicos en las Necesidades y los Procesos de Formación. Implicación del Formador", podemos observar la existencia de cuatro etapas:

- 1960 - 1970: Paso de una sociedad agrícola a una industrial. Formación en destrezas, entrenamiento acelerado. El área de actuación masiva es el nivel operativo de la empresa.

- 1970 - 1975: (crisis). Etapa de "esperanzas", por influencia de las multinacionales, y más por mimetismo que por convicción, la preocupación alcanza también a niveles más elevados de la organización.

- 1975 - 1985: Gran crisis. No hay incorporaciones, por tanto no hay que formar al personal de nuevo ingreso, tampoco hay movilidad interna y sí grandes recortes presupuestarios.

- 1985 - 1988: "Optimismo realista". Parece que se "ha tocado fondo" en la crisis. Las empresas dejan ya de considerar la formación como un gasto para pensar en términos de inversión.

- 1988 - 1992: Tanto el cambio tecnológico (cambio no sólo de la máquina, sino de los perfiles profesionales del trabajador, de las relaciones de poder, de las estructuras organizativas, etc.) como la perspectiva del mercado único, hacen la formación obligatoria no sólo para las empresas multinacionales sino para todas aquellas que quieran sobrevivir.

Esto ha ocasionado que exista una feroz competencia internacional en casi cualquier industria, abarcando desde los alimentos procesados hasta las telecomunicaciones, entre Estados Unidos, Europa Occidental, Japón y, más recientemente, países asiáticos como Taiwan y Corea.

Sin embargo, tal situación es relativamente reciente. El control de calidad moderno, o Control de Calidad Estadístico, como se llama hoy, comenzó en los años treinta con la aplicación del cuadro de control ideado por el Dr. W.A. Shewhart, de Bell Laboratories, y con el primer libro clave sobre el Control Estadístico de la Calidad, denominado "Control Económico de la Calidad de los productos manufacturados".

La Segunda Guerra Mundial fue el catalizador que permitió aplicar el cuadro de control a diferentes industrias en los Estados Unidos, cuando una simple reorganización de los sistemas productivos resultó inadecuada para cumplir las exigencias del estado de guerra y semiguerra. Pero al utilizar el control de calidad, los Estados Unidos pudieron producir artículos militares de bajo costo y en gran cantidad. Las normas para tiempo de guerra que se publicaron entonces se denominaron normas Z-1.

Inglaterra también desarrolló el control de calidad muy pronto. Había sido hogar de la estadística moderna, cuya aplicación se hizo evidente en la adopción de las Normas Británicas 600 en 1935 basadas en el trabajo estadístico de E. S. Pearson. Más tarde se adoptó la totalidad de las normas Z-1 norteamericanas como Normas Británicas 1008. Durante los años de la guerra, Inglaterra también formuló y desarrolló otras normas.

La producción norteamericana durante la guerra fue muy satisfactoria en términos cuantitativos, cualitativos y económicos, debido en parte a la introducción del control de calidad estadístico, que también estimuló los avances tecnológicos. Podría especularse que la segunda guerra mundial la ganaron el control estadístico de la calidad. Ciertos métodos estadísticos investigados y empleados por las potencias aliadas resultaron tan eficaces que estuvieron clasificados como secretos militares hasta la derrota de la Alemania nazi.

El Japón se había enterado de las primeras Normas Británicas 600 en la preguerra y las había traducido al japonés durante la misma. Algunos académicos japoneses se dedicaron seriamente al estudio de la estadística moderna, pero su trabajo se expresaba en un lenguaje matemático difícil de entender, y la estadística no tuvo una acogida popular.

En el campo de la administración, el Japón también iba a la zaga, pues utilizaba el llamado Método Taylor en ciertas áreas. El Método Taylor exigía que los obreros siguieran especificaciones fijadas por los especialistas, y en esa época se consideraba muy moderno. El control de la calidad dependía enteramente de la inspección, pero ésta no era cabal para todos los productos.

A principios de los años cincuentas, los países occidentales (Estados Unidos, Alemania, Suiza, por nombrar unos cuantos), dominaban con sus productos el mercado internacional. La calidad de sus productos era ampliamente reconocida, y frecuentemente, con nombrar la procedencia del artículo se podía asegurar la venta y obtener la confianza del cliente.

Por otra parte, la situación para Japón no era nada favorable después de la Segunda Guerra Mundial. El país había quedado totalmente destrozado, tanto moral como económicamente. Se habían destruido prácticamente todas sus industrias, el país carecía de alimentos, vestuario y vivienda, y el pueblo se asomaba a la inanición. Cuando las fuerzas de ocupación norteamericanas desembarcaron en el Japón, se enfrentaron con un gran obstáculo: las fallas frecuentes en el servicio telefónico. El teléfono japonés no era un medio de comunicación confiable, y eso no se debía sólo a la guerra que acababa de terminar, sino que la calidad del equipo era desigual y deficiente. En el Japón de la preguerra y la guerra, tanto las industrias manufactureras como las de servicios competían en costos y en precios, pero no en calidad. Vivían una época de los productos "baratos y malos". Viendo los defectos en el servicio telefónico, las fuerzas norteamericanas ordenaron a la industria japonesa de comunicaciones que empezara a aplicar el control de calidad moderno. Además, tomaron medidas para educar a la industria. Este fue el comienzo del control de calidad estadístico en el Japón: mayo de 1946.

El Japón no tiene abundancia de recursos naturales, sino que debe importarlos, junto con los alimentos, del exterior. Por lo tanto, era necesario ampliar las exportaciones. La época de los productos baratos y de mala calidad para la exportación se ha acabado. El Japón tenía que esforzarse por manufacturar productos de alta calidad y bajo costo. Por ésta razón, el control de calidad estadístico requería un máximo de atención.

Como ventaja poseía una tradición cultural de una evolución de milenios que lo llevó a enfrentar el nuevo reto. Los japoneses podían aceptar la humillación de un Emperador derrotado, pero nunca se darían por vencidos frente al mundo. Este es el primer paso de lo que sería el Milagro Japonés. Este paso también comprendería una normalización y estandarización extensiva que se llevaría a cabo en todo el país.

En 1945 se creó la Asociación Japonesa de Normas, seguida del Comité de Normas Industriales Japonesas en 1946. La Ley de Normalización Industrial se promulgó en 1949 y la Ley de Normas Agrícolas Japonesas (NAJ) en 1950. Al mismo tiempo, se instituyó el sistema de la marca NIJ con base en la Ley de Normalización Industrial.

El sistema de la marca NIJ dispone que ciertas mercancías pueden llevar la marca NIJ si son producidas por fábricas que se ciñen a las normas NIJ de control de calidad estadístico y garantía de calidad.

El sistema contribuyó a introducir y difundir el control de calidad estadístico en las industrias japonesas. Fue un sistema singular en que la participación era estrictamente voluntaria y no por orden del gobierno. Cualquier empresa podía pedir que se inspeccionaran sus productos, o bien optar por no hacerlos inspeccionar. Cuando pasaba la inspección era libre de colocar o no la marca NIJ. En los países extranjeros el empleo de marcas aprobadas suele ser obligatorio. En el Japón no era así.

Un paso simultáneo con la normalización fue la creación de grupos y asociaciones de investigación en Control de Calidad.

En 1946 se creó la Unión de Científicos e Ingenieros Japoneses (UCIJ), quien en 1949 crearía su Grupo de Investigación en Control de Calidad (GICC), con miembros procedentes de la industria, de las universidades y del gobierno. Su objetivo era efectuar investigaciones y difundir información sobre el control de calidad. Los miembros buscaron una manera de racionalizar las industrias japonesas a fin de exportar a ultramar productos de calidad y elevar los niveles de vida del pueblo japonés. Para lograrlo, se propusieron aplicar el control de calidad a las industrias japonesas. Primero, intentaron establecer un curso tomando como texto las normas norteamericanas y británicas que habían sido traducidas al japonés; pero inmediatamente se dieron cuenta de que, aunque la química, la física y las matemáticas son universales, en el caso del control de calidad entran en juego factores humanos y sociales que hacían imposible su traducción e implantación inmediata. Por lo tanto, decidieron establecer sus propios métodos.

En 1950 la UCIJ realizó un seminario cuyo conferencista fue el Dr. W. Edwards Deming, reconocido experto en el campo del muestreo, de los Estados Unidos. Este seminario fue dirigido para gerentes e ingenieros y versaba sobre el control de calidad estadístico.

Después de este seminario, durante los años 50 se puso de moda en las fábricas japonesas el control de calidad estadístico, pero se enfrentaron a diversos problemas como serían:

1. Exagerar la importancia de los métodos estadísticos. Los métodos estadísticos deben entenderse como una herramienta eficaz, pero no como una panacea que elimina todos los males.
2. Los obreros no comprendían el alcance del control de calidad estadístico: rechazaban los métodos por

3. La normalización creaba especificaciones que luego nadie cumplía.

4. El movimiento permanecía a nivel de obreros e ingenieros, sin alguien en la Alta Dirección que lo apoyara incondicionalmente.

Las industrias japonesas, con un movimiento de calidad aún joven e inexperto, necesitaban ayuda. Afortunadamente, ésta llegó en 1954 en la forma del Dr. J. M. Juran, quien con su fama mundial, convenció a los gerentes japoneses del control de calidad. Esto marcó una transición profunda en las actividades de control de calidad en el Japón: Juran dejó firmemente asentado que la calidad es una revolución a nivel gerencia y que el control de calidad estadístico impulsado principalmente por ingenieros tiene un límite.

Este ejemplo ilustra cómo los japoneses, para resolver sus problemas de calidad, se pusieron a aprender cómo otros países gestionaban para la calidad. Con este fin, los japoneses enviaron equipos a visitar empresas extranjeras, estudiar sus enfoques y tradujeron al japonés una selecta bibliografía extranjera. Como se ha visto también con el ejemplo de Deming y Juran, invitaron a conferencistas extranjeros para que visitaran Japón y dirigieran cursos de formación para directivos.

Este camino no fue fácil, primeramente se acusó a los asiáticos, y en especial a los japoneses, de ser excelentes "imitadores" de tecnología, con la única habilidad de dar una mejor presentación a los productos norteamericanos. En el periodo inmediatamente posterior a la guerra, las empresas norteamericanas afectadas consideraron lógicamente que la competencia japonesa se debía al precio más que a la calidad. Su respuesta consistió en desplazar la fabricación de productos de mano de obra intensiva a áreas de bajo coste de mano de obra, a menudo en el extranjero.

Sin embargo, el objetivo de los japoneses era crear una verdadera revolución en la calidad, empleando estrategias sin precedentes, como las siguientes:

1. Los altos directivos tomaron parte personalmente en liderar la revolución.
2. Todos los niveles y funciones se sometieron a formación en la gestión para la calidad.
3. Se acometió la mejora de la calidad a un ritmo continuado y revolucionario.

4. La mano de obra se enroló en la mejora de la calidad a través del concepto del círculo de CC (grupos reducidos de personas que participaban voluntariamente en la identificación y resolución de problemas).

Con la introducción de éstas estrategias, al poco tiempo se demostró que los japoneses no sólo trataban de fabricar buenas copias de los productos de la alta tecnología norteamericana, sino de superar y sofisticar aún más cualquier producto tanto norteamericano como mundial.

Al pasar los años, declinó la competencia en el precio, mientras que se incrementó la competencia en la calidad.

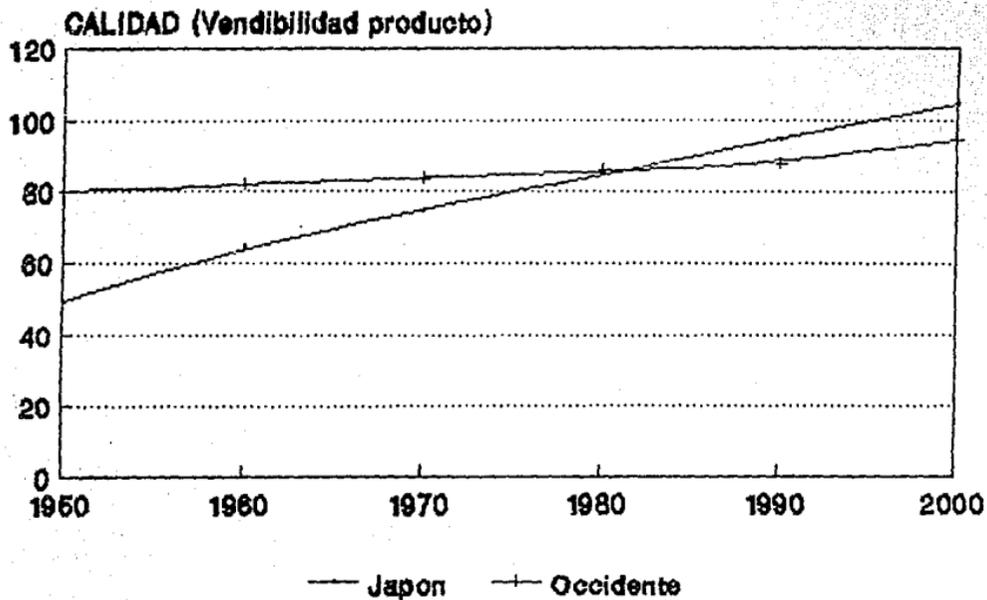
Durante los años 60 y 70, numerosos fabricantes japoneses incrementaron su participación en el mercado norteamericano. Una razón fundamental era su calidad superior. Se vieron afectadas muchas industrias, por ejemplo: las de aparatos electrónicos de consumo, automóviles, acero, máquinas y herramienta.

En su mayoría, las empresas norteamericanas no se dieron cuenta de las tendencias. Se adherían a la idea expresada anteriormente de que la competencia japonesa se debía fundamentalmente al precio más que a la calidad. Algunos estudiosos, como el mismo Juran, hicieron sonar señales de alarma, donde advertían que los japoneses avanzaban hacia el liderazgo mundial en calidad a una velocidad prodigiosa, llegando incluso a vaticinar que lo alcanzaría en los años 80 porque nadie, en ese momento, avanzaba al mismo ritmo en la misma dirección. Este vaticinio se cumpliría al pie de la letra, como lo indica la Figura 1, donde se ilustra el contraste entre la calidad japonesa y la occidental.

Las respuestas a la revolución japonesa de la calidad tomaron muchas direcciones. Algunas de estas direcciones consistían en estrategias que no tenían relación con mejorar la competitividad americana en calidad. Más bien se trató de bloquear las importaciones por medio de una legislación restrictiva y los cupos, procesamientos criminales, pleitos y apelaciones a "comprar cosas americanas". Esta actitud asemeja a la de los avestruces, que, ante el peligro, prefieren esconder la cabeza en la arena a enfrentarlo.

Esta es la historia de lo que se ha llamado "el Milagro Japonés", en donde en escasos treinta años, la industria japonesa se levantó de una derrota casi total, a ser una potencia económica de primer orden. ¿Cómo logró Japón este Milagro? La respuesta radica en la Filosofía de Calidad. Las enseñanzas de Deming y Juran habían pasado desapercibidas para la cultura occidental, pero fueron bien aprovechadas por los japoneses.

# Figura 1.



Contraste Calidad Japonesa/Occidental

Aquí naturalmente surge una cuestión importante: ¿Porqué las enseñanzas de Deming y Juran, ambas de origen occidental, no dieron el cuantioso fruto como el que tuvieron en tierras japonesas?

Probablemente se deba a que la Filosofía de Calidad es un concepto que no está exento de la idiosincrasia de una nación, de una empresa o inclusive de un departamento o de un individuo. Para empezar, no existe un concepto universal de calidad. Todo el mundo puede entender el concepto de calidad, y lo puede aplicar en su propia manera, pero no existe un consenso definitivo, esto es, lo que una persona o grupo de personas puede considerar como alta calidad, otra persona o grupo de personas puede considerarlo como de calidad no aceptable. La definición de calidad se escapa de las manos y se vuelve subjetiva.

Poco a poco, empiezan a sucederse diferentes nombres y metodologías relacionadas con Calidad, cada una de ellas ofrece algo nuevo y enriquece la cultura de Calidad recién nacida con nuevos puntos de vista. Sin embargo, en el fondo, todas estas corrientes se basan en los mismos principios. De alguna manera u otra, como se observará más adelante, comparten muchos enunciados, entre los que podemos destacar:

1. Utilización de un mismo lenguaje entre los departamentos involucrados.
2. Utilización de herramientas estadísticas para el control de los procesos y de la calidad de los productos.
3. Apoyo incondicional de la Alta Gerencia y compromiso con el concepto de Calidad como una forma de vida y como un cambio cultural a todos los niveles de la empresa.
4. Interfuncionalidad en los departamentos involucrados.

Estos parámetros se repiten en muchas de las metodologías de Calidad que orientan a las organizaciones a alcanzar el éxito y mantenerlo. Lo que es importante hacer notar aquí es que, partiendo de una misma base, es decir de la Filosofía de Calidad creada por estas metodologías, se desarrollaron dos tendencias notablemente diferentes:

1. La Filosofía de Calidad Japonesa
2. La Filosofía de Calidad Occidental (Norteamericana, Europea, etc.)

La diferencia entre estas dos modalidades de la Filosofía de Calidad, es la causante del despegue tecnológico del Japón, mismo que ha causado que en los años 80 sean ejecutivos e ingenieros americanos los que visiten el Japón para tratar de entender en qué radica esta diferencia.

### 1.2.1. COMPARACION ENTRE LA FILOSOFIA DE CALIDAD JAPONESA Y LA FILOSOFIA DE CALIDAD OCCIDENTAL

#### Diferencias entre las Empresas Japonesas y las Occidentales.

a) En el Japón no cuenta tanto el profesionalismo ni la especialización. Cuando un ingeniero recién egresado ingresa a la compañía, no ingresa a un departamento en especial, sino que se rola en los diferentes departamentos, como diseño, manufactura, control de calidad y mercadeo. Este sistema no genera profesionales de la más alta competencia en un solo tema, pero genera empleados más flexibles, de manera que se aprovechan al máximo todas sus capacidades.

En Estados Unidos y en Europa, por el contrario, se hace mucho hincapié en el profesionalismo y en la especialización. Por tanto, los asuntos de Control de Calidad llegan a convertirse en campo exclusivo de los especialistas. Cuando surge algún problema relacionado con el Control de Calidad, el personal responsable en el departamento no reacciona, sino que remite el asunto al especialista.

Este sistema es excelente para formar especialistas que asistan a Congresos y que publiquen libros y trabajos; pero en el entorno de una empresa, crea profesionales con una visión limitada del problema, y de la empresa en general.

b) El Japón es una sociedad eminentemente vertical, con una fortísima relación entre los de arriba y los de abajo; pero al mismo tiempo con una relación muy débil horizontalmente. Esto quiere decir que los empleados obedecen fielmente al jefe de la división y harán lo que él les solicite, sin embargo, las cosas cambian si es el jefe de otra división o un agente externo el que lo solicita. Para que un programa de mejoramiento de la calidad funcione, debe estar liderado por el jefe de la división, y en este caso, los especialistas o consejeros externos, tan populares en Occidente, no tendrán mucho éxito a menos que estan muy apoyados por el jefe de la división.

En Estados Unidos y en Europa Occidental esta muy de moda que para resolver cualquier problema que afecte a la compañía, se busquen los servicios de una empresa de consultoría externa, o que de alguna manera se convoquen asesores de fama internacional. Es una realidad que en muchos problemas, una opinión experta, objetiva y externa a la empresa puede ser la solución idónea; pero en una compañía o país donde sistemáticamente se atacan los problemas de esta manera, no ayuda a crear profesionales de la misma empresa que puedan resolver estos problemas en un futuro. En pocas palabras, la empresa se vuelve dependiente.

c) En Japón, la mayoría de los sindicatos abarcan toda la empresa. En las industrias japonesas los trabajadores hábiles reciben capacitación en diversas especialidades y se forman empleados multifuncionales, sin la oposición de los sindicatos.

Esto está muy relacionado con el hecho de que en Japón los empleados se contratan para toda la vida. Una vez que el empleado ingresa a la compañía, tiene la seguridad de que no será despedido.

En Estados Unidos y en Europa los sindicatos laborales tienen una organización funcional, y una fuerza descomunal que a veces por sistema se opone a las decisiones de la Dirección de la empresa, entre las cuales se encuentran capacitación, contrataciones y un programa de mejoramiento de calidad.

En su artículo: "Three Routes to the Same Destination: TOM", John Persico, Betty Bednarczyk y David Negus explican que unas relaciones cooperativas entre el sindicato y la administración son una característica esencial de un programa de Control Total de Calidad en una empresa. Pero, tradicionalmente las relaciones han sido más bien de tipo adversarial. Para algunos sindicatos, la cooperación entre el sindicato y la administración es una manera nueva y positiva de tratar con las relaciones laborales; para otros, significa vender su alma a la administración.

No existe un método fácil para resolver este problema, pero los autores hacen las siguientes recomendaciones para lograrlo:

\* El sindicato debe escoger cuidadosamente los miembros iniciales que participarán en tal programa, asegurándose que tengan una actitud positiva.

\* Antes de empezar el programa de cooperación, es esencial que ambos lados reciban entrenamiento de un consultor externo, (Notar que esto concuerda con lo establecido en el inciso b, referente a la solicitud de ayuda externa) o un mediador, que colabore desarrollando habilidades para comunicación y solución de problemas.

\* El factor más importante es que exista una confianza y compromiso totales por parte de los líderes de la administración y los líderes del sindicato.

\* El siguiente paso es establecer agendas de trabajo conjuntas y que se lleven a cabo. Los líderes del sindicato deben convencer a los miembros que no han sido "vendidos" y que la colaboración para obtener metas comunes es una manera de ayudar a asegurar sus trabajos.

\* El sindicato y la administración deben trabajar juntos en identificar el área en que sea ventajoso para ambas partes la cooperación.

\* La administración moderna está en un estado de cambio. La empresa, al enfrentarse con una competencia tal que puede llevarla a la extinción, ha sido forzada a reexaminar todos sus procesos bajo una nueva luz. El concepto de calidad se ha movido de inspeccionar y detectar a un sistema de administración.

\* La administración debe reconocer que no puede obligar a las personas a la acción, sino basarse principalmente en el voluntarismo.

\* La administración frecuentemente teme sufrir pérdidas potenciales en el poder tradicional de tomar decisiones. Ahora, debe darse cuenta de que tiene que aprovechar las ideas, no sólo la fuerza física de sus trabajadores, y consecuentemente, educar y dar responsabilidades a sus trabajadores.

En México se da el caso de que los sindicatos que afectan la economía nacional están siendo bloqueados o cerrados, como es el caso de Industria Militar, Estibadores Acapulco, etc.

d) En Estados Unidos y Europa Occidental, muchas personas trabajan para vivir. Trabajan por obligación y el ausentismo es enorme. Mucho de esto ha sido causado por el Método Taylor. Frederick W. Taylor es considerado como el padre de la administración científica, y su método sigue empleándose en los Estados Unidos, Europa Occidental y la Unión Soviética. El método Taylor es el método de la administración por especialistas. Sugiere que los especialistas e ingenieros formulen normas técnicas (especificaciones, etc.) y laborales (procedimientos) y que los trabajadores se limiten a seguir las órdenes y las normas que se les ha fijado.

El método fue viable y muy adecuado hace 50 años, donde los trabajadores o eran analfabetas o apenas habían terminado los estudios primarios, y los ingenieros eran escasos. El método Taylor no reconoce las capacidades ocultas de los empleados. Hace caso omiso del factor humano y trata a los empleados como máquinas. No es de extrañar que esto cause resentimientos y que los empleados muestren escaso interés por su trabajo.

En Japón, la mayoría de los trabajadores esta educada, con estudios de nivel bachillerato en promedio. Los gerentes japoneses han reconocido que su mayor activo se encuentra en la gente, y consideran absurdo aprovechar sólo la fuerza o habilidad física de sus empleados cuando igualmente pueden aprovechar su inteligencia y su creatividad. Al tomar en cuenta la aportación de sus empleados, éstos mismos se encuentran más motivados y satisfechos con su trabajo, reduciéndose el ausentismo casi al 0%.

En México, en la zona metropolitana, el nivel de estudios es de secundaria; sin embargo, en provincia sólo llega al cuarto año de primaria, con un ausentismo muy alto (30%).

e) Este punto está algo relacionado con el anterior. En Europa, principalmente en Francia e Inglaterra, hay diferencias notorias entre los graduados de determinadas universidades, y, por supuesto, entre los graduados y los que no han tenido la oportunidad de seguir estudios universitarios. Este elitismo cierra la comunicación entre los trabajadores y muchas veces ocasiona fuertes desilusiones y descontentos entre la sección menos favorecida.

En Japón el nivel de graduados se ha ido incrementando de tal manera que prácticamente no hay elitismo, exceptuando tan sólo a los graduados de la facultad de derecho de la Universidad de Tokio.

f) En los Estados Unidos y en Europa Occidental el sistema de pagos se basa en los méritos. En este sistema se paga más a quien es más eficiente, sin importar la edad. Este sistema de pagos refuerza el hecho de que la gente se motive para trabajar únicamente por el dinero.

En Japón últimamente se ha introducido el elemento del mérito en el sistema de pago, pero la antigüedad y la jerarquía siguen dominando. Este sistema tiene sus inconvenientes, por ejemplo, al prolongarse la duración de la vida, cobra importancia el problema de los empleados de edad avanzada y no se puede resolver simplemente prolongando la edad de jubilación porque esto crea más problemas.

En el Japón predomina la idea de que no es suficiente con satisfacer las necesidades básicas, como son: las condiciones mínimas para sobrevivir, la búsqueda perenne de riqueza, y la satisfacción material. Además, intervienen factores como: la satisfacción de un trabajo bien hecho, la felicidad que viene de cooperar con otros y recibir su reconocimiento, y el gozo de la superación personal. Estos factores no se obtienen con el dinero, sino por medio de un ambiente de trabajo adecuado, una capacitación adecuada y el apoyo de la empresa para la superación personal.

g) En Estados Unidos y Europa Occidental el índice de cambio o rotación de los empleados es muy alto. Si la rotación de personal es excesivamente alta, suele suceder que tan pronto se termina de capacitar a un empleado, éste emigre a otra empresa a aplicar el conocimiento adquirido. En una situación laboral así es imposible que haya eficiencia y calidad.

En Japón la contratación es familiar y vitalicia. Si la fábrica es bien manejada, los empleados rara vez se van a otra. Las empresas japonesas hacen hincapié en la educación y capacitación, particularmente en Control de Calidad. Un empleado bien educado y capacitado beneficia tanto a la empresa como a sí mismo. El empleo vitalicio es un buen sistema siempre y cuando el personal no se quede porque carezca de una mejor opción. La garantía de un empleo vitalicio vuelve al personal más confiado en el futuro, más seguro de sí mismo y más abierto para capacitarse en nuevas áreas sin reticencias o miedos.

h) En Japón existe una sola raza y un sólo idioma. Esto facilita tanto la capacitación como la integración del personal.

En Estados Unidos, el personal de una empresa puede estar compuesto por gente de muchos grupos étnicos. Esto puede traer problemas al fijar normas de trabajo, ya que es un obstáculo el hacer que las personas que hablan otro idioma las entiendan.

i) En Estados Unidos se tiende mucho hacia la integración vertical del producto ( desde materias primas hasta el producto terminado). En ciertos casos, el ser su propio proveedor de materias primas es fuente de problemas económicos, ya que tiende a ser de capacidad demasiado pequeña como para ser realmente eficiente.

En Japón, la tendencia es hacer que los proveedores sean especialistas en su propio campo. Esto garantiza materias primas de alta calidad, sin un detrimento en la economía.

j) En Estados Unidos y en Europa Occidental se acostumbra que un puñado de capitalistas sean dueños de cada empresa como accionistas mayoritarios. Los dueños contratan al gerente de la empresa y esperan que logre utilidades a corto plazo. Se espera que el gerente obtenga utilidades rápidas y se vigila su desempeño periódicamente. Si éste no está a la altura de lo previsto, el gerente pierde su puesto. Como no se tiene una perspectiva a largo plazo, las utilidades inmediatas se convierten en la preocupación número uno.

En Japón los gerentes de las grandes industrias están relativamente libres de esta inquietud y pueden dedicarse a sus responsabilidades sociales, incluyendo las responsabilidades para sus empleados y familias, el consumidor y la nación en general. En el Japón ya no se encuentran gerentes-dueños de las grandes empresas. Después de la guerra se disolvieron los zaibatsu (conglomerados), con lo cual se democratizó el capital.

En un excelente artículo, "Quality Management Practices of American and Japanese Electronic Firms in the United States", Maling Ebrahimpour, de la Universidad de Rhode Island, y Sang M. Lee, de la Universidad de Nebraska, efectuaron una comparación entre tres tipos de compañías:

- A. Compañías americanas operando con el enfoque tradicional (occidental) hacia la administración de la calidad.
- B. Compañías japonesas operando en los Estados Unidos.
- C. Compañías americanas usando algún tipo de enfoque japonés sobre la administración de la calidad.

En el estudio se obtuvieron los siguientes resultados:

En cuanto al grado de compromiso con la calidad, las compañías Tipo A, aunque mencionan que la calidad es importante para su organización, y reconocían que la calidad es una herramienta de estrategia, tomaban poco (si es que tomaban algo en realidad) de liderazgo en probar su soporte y compromiso con los programas de mejoramiento de calidad.

En las compañías B y C, por el contrario, se le da a la calidad la mayor prioridad. También incluyen a la calidad en su planeación estratégica para desafiar de manera efectiva a sus competidores.

Compromiso para cambiar la cultura de la organización. Las compañías Tipo A, observando la necesidad del cambio en su cultura organizacional, crearon planes para crear una cultura orientada a la calidad, pero a la primera señal de fracaso, la idea era abandonada y las actividades relacionadas con ella eran desmanteladas.

En las compañías Tipo C fue la Alta Dirección quien inició estas ideas. Se reeducó al personal, incluyendo a la Alta Dirección, para reducir o eliminar la resistencia al cambio. Se implantaron nuevos dispositivos para medir el desempeño de los trabajadores, lo que impulsó a los mismos a colocar la mejora de la calidad en la mayor prioridad. Pero probablemente el factor más importante fue la decisión de la Alta Dirección de aceptar los errores naturales en la primera etapa de la implantación, con el fin de alcanzar un cambio organizacional permanente.

El rol del Departamento de Control de Calidad. En las empresas tipo A, el rol del departamento de control de calidad era, principalmente, inspeccionar las piezas que entraban al proceso y el producto terminado para detectar la presencia de defectos.

En las compañías tipo B y C el rol principal del personal de Control de Calidad es implantar métodos de Control de Calidad para que pudieran ser usados como un lenguaje común a través de la organización.

¿Cómo explican los japoneses estas diferencias?

El Dr. Kaoru Ishikawa indica en su libro "¿Qué es el Control Total de la Calidad?" La totalidad japonesa, las siguientes razones por las que en el Japon la implantación de un programa de calidad tuvo tanto éxito:

1. El Dr. Ishikawa propone como una de las razones el hecho de que en el Japón se utilice la escritura kanji, lenguaje jeroglífico y pictográfico. El Dr. Ishikawa piensa que, como esta escritura es muy difícil de aprender, el pueblo japonés esta más predestinado al estudio y a la concentración que involucra el participar en un programa de calidad y el utilizar los métodos estadísticos adecuados.

Este punto de vista fue rebatido por el mismo traductor del libro citado, Sr. David J. Lu, quien indica que según el estudioso de la cultura china, el profesor John K. Fairbank, la tiranía de la escritura china fue uno de los factores que frenaron su desarrollo.

2. El Dr. Ishikawa propone que otra diferencia radica en la religión. El Dr. Ishikawa indica que el confucionismo, religión prevalente en el Japón, el hombre es bueno por naturaleza. Por ende, las personas pueden confiar unas en otras en que naturalmente saldrán las virtudes del hombre. Esta actitud explica porqué los japoneses generalmente se muestran renuentes a despedir a un mal elemento, sino más bien se dedican a reeducarlo y a darle otras oportunidades para que surja su lado bueno. Esta actitud de confianza permite que el jefe de división confíe en sus trabajadores, y que éstos, al sentir esa confianza, sean aún más confiables.

Por otro lado, en el cristianismo se indica que el hombre es malo por naturaleza, y que debe esforzarse continuamente por lograr la perfección en sus actos. Esta actitud promueve la desconfianza y, según el Dr. Ishikawa, no encaja fácilmente en un programa de calidad donde se confía en que cada trabajador se haga responsable de la calidad de los productos que fabrica. Así, el sistema más popular de control de calidad en Occidente es el de la inspección, debido a que no se confía en el operador para realizar bien su trabajo.

La observación del Dr. Ishikawa es aguda, y en cierto sentido es cierta, pero, sin embargo, como en todo, existen grados y niveles, y difícilmente creo que puedan existir dos países donde se tenga el mismo nivel de religiosidad. Hay países cristianos que llegan al punto del fanatismo y otros donde el comportamiento religioso es bastante relajado. La creencia personal de la autora de esta tesis es que el fracaso de un programa de calidad no necesariamente se debe al tipo de religión que se siga.

¿Cómo explican los occidentales el éxito japonés en los programas de calidad?

En su artículo titulado "Strategies for Productivity" publicado en la revista Readings for Strategy Management en 1984, el Sr. Zenon S. Zannetos propone que el "Milagro Japonés" es más bien la aplicación de una serie de estrategias astutas para la productividad a través de una serie de pasos disponibles a las empresas japonesas durante su evolución.

El Sr. Zannetos propone que los japoneses primeramente explotaron una ventaja competitiva en su producción, en este caso los bajos salarios, para posteriormente imitar y adaptar la mejor tecnología occidental, y asimilarla en sus propias empresas, con el esfuerzo de una mano de obra altamente educada y una relativamente alta inversión de reconstrucción.

Tomemos el caso de la construcción de buques. Cuando Japón amenazó al principio a los Estados Unidos, Inglaterra, Francia y Suecia, sus salarios eran aproximadamente el 20 % de los salarios promedios de los constructores de buques en los Estados Unidos. Con puertos modernos y mano de obra barata, pronto dominaron la industria. Para fines de los años 50 el 55% de todo el tonelaje nával se construía en Japón. Después, la innovación en el proceso y el mayor tamaño de sus puertos de construcción permitieron que Japón redujera sus costos de producción.

A la innovación en el proceso siguió la innovación en el producto y ambos combinados permitieron que la industria de la transportación oceánica realizara economías enormes.

La historia de la construcción de naves se repitió con cámaras fotográficas, fertilizantes, textiles, fibras sintéticas, aluminio, acero, artículos electrónicos de consumo, automóviles y relojes. Esta productividad permitió que Japón creciera a un paso récord y que mantuviera sus plantillas de personal completas. En algunas industrias, la innovación en el producto ha permitido que las empresas sigan creciendo hasta el momento, aunque en otras como la construcción de naves, textiles, aluminio y ciertos tipos de acero, ha llegado una etapa de decaimiento y ésto ha puesto a una severa prueba el empleo vitalicio de las empresas japonesas y obligado a la póliza de un retroceso ordenado de capacidad, para cederles el trono a otras naciones como Taiwan, Corea del Sur y Singapur, quienes están utilizando su mano de obra barata como una ventaja competitiva, inclusive contra Japón.

De esta manera, el Sr. Zannetos opina que la productividad japonesa no se debe al estilo gerencial japonés, que comprendería toda su filosofía de calidad, sino simplemente a una serie de movidas estratégicas que levantaban barreras para la entrada de posibles competidores.

### **La Respuesta Americana al Reto Japonés**

La Respuesta Americana ha tenido dos formas principalmente para tratar el Reto Japonés en cuanto a la conquista del mercado internacional por medio de la calidad y productividad:

1. Ignorar la avanzada japonesa y suponer ciegamente que el éxito japonés se debía principalmente al precio y no a la calidad. Esta actitud fue la más antigua, y hoy en día hasta los empresarios estadounidenses más testarudos han tenido que aceptar que el éxito japonés se debe mucho más a la calidad que a los precios.

2. Buscar como ventaja competitiva la innovación, es decir, el desarrollo tecnológico rápido ("break-through") de nuevos productos, en lugar de optimizar los antiguos procesos y productos. Esta actitud es la más común dentro de los Estados Unidos. Una de las diferencias más importantes entre los Estados Unidos y Japón es que éste último optimiza sus procesos y productos desde el diseño, disminuyendo al máximo la corrección en planta, mientras que el primero gasta la mayoría de los recursos corrigiendo sobre la marcha.

Es innegable que el pueblo estadounidense ha mostrado hasta el momento un mayor talento en cuanto a la creatividad para desarrollar nuevos productos novedosos en el mercado, y ello se nota en la cantidad de artículos publicados sobre la innovación.

En su artículo "Innovation: Sources and Strategies", Tony Morden propone que en el mercado de hoy, las compañías deben de innovar para sobrevivir. Los cambios han sucedido muy rápidamente y la apertura de mercados con la Unión Soviética y la cuenca del Pacífico ofrecerán una competencia dura.

El Sr. Morden asevera que la innovación es riesgosa, ya que uno no sabe si el producto desarrollado realmente llegará al mercado y proporcionará un retorno de la inversión adecuado para la supervivencia del negocio.

Para el éxito de una innovación, el Sr. Morden propone los siguientes ingredientes:

1. Escuchar al cliente
2. Percibir las oportunidades del mercado
3. Atender lo inesperado como fuentes de innovación
4. La innovación depende frecuentemente de la convergencia y la combinación de diferentes tipos de conocimiento: tecnológico, organizacional y/o comercial

Como puede verse, el Sr. Morden realmente propone que el éxito de la innovación se debe principalmente a características intrínsecas del individuo, es decir, algunos individuos serán más exitosos que otros por poseer facultades tales como: estar alertas a los cambios y oportunidades del mercado más fácilmente que otros.

El Sr. Robert C. Forney, vicepresidente ejecutivo de la compañía Du Pont, indica que el proceso de innovación debe comprender dos diferentes rutas de investigación:

1. De Descubrimiento: cuyo principal objetivo es ampliar el conocimiento científico. De mayor riesgo, se pueden obtener mayores ganancias.

2. De Mercado: de estrategia más planificada, el progreso de tal investigación es más fácil de juzgar contra los valores de aceptación en el mercado.

En su artículo titulado "Develop your Technology Strategy", David Ford, profesor en la Escuela de Administración de la Universidad de Bath, nos previene sobre la formación de colaboraciones (joint ventures) entre Estados Unidos y Japón, dice que, aunque estos proyectos conjuntos son arreglados para cubrir los huecos que se han dejado formar en la tecnología de las empresas occidentales, muchos de estos acuerdos fracasan. Citando a Lawrence Franko de la Universidad Tufts: "Mientras que los japoneses ven los proyectos conjuntos como un primer paso, las compañías occidentales los usan como un sustituto del desarrollo independiente".

### **1.3. Diferentes pensadores de Calidad**

Desde la aparición en 1931 del primer libro sobre el Control Estadístico de la Calidad, por el Dr. Walter Shewhart, mucho se ha escrito sobre calidad. Entre los principales "gurús" de la calidad, como muchas veces se les ha denominado, se encuentran:

Taylor

Shewhart

Dodge

Deming

Juran

Ishikawa

Feigenbaum

Crosby

Conway

Taguchi

A continuación presentaremos algunas ideas sobre algunos de estos estudiosos de la calidad.

#### **1.3.1. Taylor**

Padre del desarrollo industrial norteamericano con su Estudio de Tiempos Muertos y su Estudio de Tiempos y Movimientos. Con ello se crea la carrera de ingeniero industrial y posteriormente la especialidad de sistemas. Por otro lado, también idea el Método Taylor de administración, donde el grupo de obreros es dirigido por un grupo más reducido de especialistas (ingenieros).

#### **1.3.2. W. A. Shewhart**

Padre de la estadística moderna basada en los estudios matemáticos del científico francés del siglo XVIII, Pascal.

### 1.3.3. Dodge

Padre de las técnicas de muestreo, que se hicieron famosas cuando el Ejército de los EUA las utilizó en sus controles estadísticos.

### 1.3.4. Deming

El Dr. W. Edwards Deming es un renombrado consultor internacional en estadística aplicada a los negocios, reconocido como el pensador que llevó a la industria japonesa a revolucionar su calidad y productividad al establecer nuevos principios en sus sistemas de administración. El gran mérito del Dr. Deming ha consistido en originar toda una revolución conceptual en la administración de organizaciones. El Dr. Deming ha logrado convencer a los dirigentes de que sin el control estadístico todo se reduce a especulaciones y opiniones sin fundamento.

Para el Dr. Deming, la producción de bienes y servicios competitivos requiere de un sistema basado en el control estadístico del proceso. Una vez logrado el Control Estadístico de un sistema, su mejoramiento depende casi totalmente de esfuerzos de personal multifuncional para analizar los cuellos de botella y solucionarlos.

El nuevo sistema de administración, según el Dr. Deming, debe enfocarse a la prevención del error y no en la detección y corrección del mismo. El Dr. Deming observó que en la mayoría de las industrias existen verdaderos sistemas de servicios postventa que funcionan con el único fin de corregir lo que se ha hecho mal. Estos costos de detección de errores, corrección y reproceso, muchas veces representan hasta el 20% de las utilidades netas de la empresa. La inspección al 100% de las piezas para detectar artículos defectuosos muchas veces ocupa hasta el 10% del personal de producción, personal que debería estar dedicado a producir.

Uno de los puntos más importantes del sistema del Dr. Deming es que plantea que el mejoramiento constante es responsabilidad de la administración, sosteniendo que la mayoría de las causas de baja calidad y productividad pertenecen al sistema, no a los obreros. Los esfuerzos de personal no perteneciente a la Alta Dirección, como pueden ser los ingenieros de servicios, o el personal de Control de Calidad, por más entusiastas que sean, pueden ser infructuosos de no contar con el apoyo de la Dirección. Muchas veces se esperan resultados rápidos y se carece de la paciencia y constancia para madurar el proceso de

mejoramiento hasta que produzca frutos. La única manera de lograr el éxito es introducir firmemente el Proceso de Mejoramiento de la Calidad dentro de la Misión de la empresa, haciendo una unión tan profunda que permanezca en lo que permanece la empresa.

El Dr. Deming afirma que los trabajadores son culpables sólo de un 15% de los defectos, el 85% debe atribuirse a las fallas en el sistema. Por ello estima que las dos fuentes de mejoramiento son:

- a) Acción sobre el sistema, corrigiendo causas comunes
- b) Acción sobre causas especiales de variación, atribuibles a la gente que opera el sistema

El Dr. Deming plantea un modelo de 5 fases en el ciclo de mejoramiento de la Calidad:

#### MODELO PARA EL CICLO DE MEJORAMIENTO EN CINCO FASES

Fase 1: Crear un ambiente positivo

Fase 2: Definir el proceso

Fase 3: Identificar las características del proceso

Fase 4: Observar y controlar el proceso

Fase 5: Mejorar el proceso

En resumidas cuentas, la estrategia del Dr. Deming es la que se plantea en la Figura 2:

Deming plantea catorce puntos, mismos que de ser adoptados por las organizaciones, éstas ponen en claro su voluntad de permanecer en el negocio y enfocarse a proteger a los individuos y sus trabajos.

#### LOS CATORCE PUNTOS DE W. EDWARDS DEMING

1. Fidelidad de la Alta Dirección al compromiso de estrategia de Calidad
2. NO al error y a la falla
3. NO a depender sólo de la inspección
4. NO a comprar sólo en base al precio
5. Mejora continua a los SISTEMAS

## Figura 2.

- **Mejora la Calidad**
- **Los costos disminuyen debido a menos reproceso, menor no. de errores, menos demoras y obstaculos, mejor uso de las maquinas, del tiempo y de los materiales**
- **La productividad mejora**
- **Se captura el mercado con mejor calidad y precios bajos**
- **Se permanece en el negocio**
- **Se proporciona trabajo y mas empleos**

**Reaccion en Cadena**

6. Educación estadística en el trabajo
7. Nueva forma de supervisar
8. NO al miedo de hacer la mejora continua
9. NO a los islotes departamentales
10. No a la motivación de puras palabras sin caminos concretos de mejora
11. NO a la incongruencia de decir que busco Calidad y exijo sólo Cantidad
12. NO a las barreras que matan la satisfacción y el reconocimiento por la mejora continua.
13. Educación y entrenamiento en planes vigorosos
14. Organización adecuada para que todos aporten a la Calidad.

#### 1.3.5. A.V. Feigenbaum

El Dr. Armand Feigenbaum, presidente de la compañía General Systems Co. (Pittsfield, Massachussets) aclara con precisión lo que es el control total de la calidad, mejor conocida como garantía de la calidad y mal traducida en nuestro país como aseguramiento de la calidad.

Entre sus descubrimientos estan:

\* Cuesta dinero el hacer basura. El no hacer las cosas bien a la primera puede tomar del 15 al 40% de la capacidad productiva para reprocesar. Por el lado opuesto, el perseguir la excelencia en la manufactura paga grandes dividendos. El liderazgo en la calidad puede dar una ventaja competitiva de 5 a 10 centavos por dólar. Para muchas compañías manufactureras, es la mejor oportunidad para mejorar la rentabilidad y la tasa interna de retorno.

\* La calidad es esencial para la satisfacción del cliente. El problema principal de no satisfacer a los clientes, es que la pérdida no es fácilmente cuantificable, ya que un cliente insatisfecho le comunica a otras personas la fuente de su insatisfacción. Según estudios llevados a cabo por el Dr. Feigenbaum, cuando un cliente está satisfecho con la calidad, se lo cuenta a ocho personas; cuando no está satisfecho, se lo dice a 22.

\* Ocho de diez clientes y compradores industriales de la mayoría de los mercados internacionales, considera que la calidad es tan, o más importante que el precio para sus decisiones de compra. El estimado comparable hace una década era sólo de tres o cuatro de cada diez clientes.

\* Casi todos los productos norteamericanos no relacionados con la defensa serán vulnerables a las importaciones durante la fase inicial de los 90's.

\* La automatización en la manufactura (como los robots) no es un sustituto de la calidad. Si se instala sin una base sólida de calidad en la operación, sólo servirá para producir los mismos productos malos más rápido.

\* Hay una enorme diferencia entre el basar la calidad en la automatización y basarla en la gente. Comparada con las operaciones manuales, la automatización requiere de mejores procedimientos para determinar la procesabilidad de nuevos diseños antes de la producción. Requiere de controles más estrechos sobre las materias primas y requiere que se desarrolle una inspección y medición más efectiva, junto con un control en la retroalimentación. También es necesario aplicar mayores niveles de tecnología de ingeniería de control total de la calidad.

#### 1.3.6. Joseph M. Juran

El Dr. Juran define la Calidad como la adecuación de un producto para el uso que tendrá. Esta definición está orientada fuertemente a las necesidades del consumidor y dice que ésa debe de ser la consigna de calidad de una compañía u organización, mientras que para un departamento o individuo debe de ajustarse a los requerimientos y especificaciones. Esta adecuación de la calidad a los requerimientos de los clientes constituye una de las aportaciones más importantes del Dr. Juran a la Filosofía de Calidad.

La estrategia del Dr. Juran comienza con la ruptura de las actitudes tradicionales. Esto comprende el reconocer que existen fallas y errores en el sistema para tener oportunidades de mejora. Partiendo de ello, se procede a trabajar dentro de una secuencia universal de eventos, derivados del concepto de proyectos. Un proyecto es la planeación programada para la solución de un problema. Dentro del planteamiento de Juran, toda mejora se logra trabajando proyecto por proyecto y de ninguna otra forma. De esta manera, también un proyecto grande se puede subdividir en subproyectos más pequeños atacables por todo el personal de la empresa.

Se debe conjuntar un grupo de directivos para guiar el programa anual de mejoramiento. Se solicitan los proyectos, se analizan y se seleccionan los que serán atacados en ese año.

En cada proyecto se asigna un equipo encargado de movilizar los recursos de la compañía para:

Estudiar los síntomas de los defectos y las fallas

Elaborar teorías acerca de las causas de esos síntomas

Probar las teorías hasta determinar las causas

Estimular la acción correctiva

Es necesario que participen todos los niveles directivos en el mejoramiento de la calidad, que tengan una participación directa y que trabajen en sus propios proyectos de calidad. Todo problema debe ser transformado en un proyecto de mejoramiento de calidad.

Debe prepararse a la alta dirección para el avance de conocimientos, creando comités directivos de solución de problemas y comités de diagnóstico. El comité directivo guía los esfuerzos para la solución de problemas, estableciendo la dirección, la prioridad y los recursos.

El comité de diagnóstico debe ser un grupo con habilidades de investigación y movilidad para encontrar las causas de un problema desde su raíz.

Para trabajar en la solución de problemas, Juran hace una división de esfuerzos, una etapa que va del síntoma a la causa, y otra que va de la causa al remedio. El camino más difícil es ir del síntoma a la causa, porque se desconoce en dónde recae la responsabilidad.

El Dr. Juran concuerda con otros autores en la importancia de la capacitación y el entrenamiento, pero enfatiza el uso de técnicas de solución de problemas y prácticas de dirección de calidad. Reconoce la importancia de la medición y de la verificación de que el plan siga su curso.

El Dr. Juran está en contra de tomar acciones inmediatas de corrección sin antes haber encontrado y removido la causa de raíz.

Lo más importante del método de Juran es que de cada problema se elabora un proyecto que cubre rigurosamente la secuencia de la metodología científica hasta llegar a la solución.

### 1.3.7. Philip B. Crosby

Philip Crosby se inició en el campo del Control de Calidad trabajando como auxiliar técnico probando los sistemas de control contra incendio para los B-47 de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos. El mismo relata cómo, sin entrenamiento ni información, tuvo que aprender por sí mismo las tareas más simples relacionadas con la medición y el control, preguntándose porqué nadie lo había hecho antes, si era tan importante. Después de cinco años, se preguntaba porqué se tenía que gastar tanto dinero en descubrir, investigar y arreglar, cuando era tan fácil y económico prevenir. El tema de la prevención en lugar de la corrección, es el tema central de su libro "La Calidad no Cuesta".

Posteriormente, trabajando para la ITT, Crosby le demostró a los jefes de producción, mediante el análisis de costos, que era más barato controlar la calidad del producto en la línea de fabricación que repararlo luego a través del servicio de postventa. Además afirmaba que el fabricante debe establecer unas especificaciones de Calidad, para consecuentemente implantar los controles necesarios para que se cumplan dichas especificaciones. Para Crosby, el Control de Calidad no implica por definición una Calidad más alta, sino simplemente la Calidad se mide. Buscar la calidad no sólo es lo correcto, es gratis; y no sólo es gratis, es la línea de producción más rentable que se tiene. Crosby reconoce también que el éxito de la ITT en cuanto a la Calidad, que se elevó al nivel de vicepresidencia, se debió mucho al apoyo total e incondicional de Harold Geneen, presidente de la ITT, quien logró transformar en 17 años a la ITT convirtiéndola de una buena empresa a un extraordinario coloso con operaciones en todas partes del mundo.

Crosby, a su vez, define a la Calidad como: "Cumplir con los requisitos". También desarrolla cuatro principios para la administración de la calidad, como sigue:

#### **PRINCIPIOS ABSOLUTOS DE LA ADMINISTRACION DE LA CALIDAD, DE CROSBY**

Calidad significa cumplir con requisitos, no significa excelencia.

La Prevención es el sistema que da origen a la calidad, no la evaluación.

Cero Defectos es el estándar de realización, no "niveles aceptables de calidad", ni "así está bastante bien".

La principal fuerza del programa de Crosby es la atención que le presta a la transformación de la cultura de Calidad. Envuelve en este proceso a todos los miembros de la organización, presionando a cada quien para que cumpla los requisitos de su cliente interno. El enfoque de Crosby es de la cabeza a la base, poniendo el énfasis en el cambio del estilo gerencial. La alta gerencia debe entender que la Calidad es una función definible, medible y manejable, que requiere una atención constante.

Crosby provee de catorce pasos, mismos que proporcionan un enfoque explícito y estructurado para lanzar el proceso de mejoramiento y cambiar la cultura. Construyen una nueva actitud de mejoramiento en toda la organización.

#### LOS CATORCE PASOS DEL METODO DE CROSBY

1. Compromiso de la Dirección
2. Integración del Equipo para el Mejoramiento de la Calidad
3. Medición
4. Costo de la Calidad
5. Crear consciencia sobre la Calidad
6. Acción correctiva
7. Planificar el día de Cero Defectos
8. Educación del personal
9. Día de Cero Defectos
10. Fijar Metas
11. Eliminar las causas de error
12. Reconocimiento
13. Consejos de Calidad
14. Repetir todo el proceso

En cuanto a la capacitación, Crosby la puntualiza hacia el desarrollo de una nueva cultura de Calidad y en implantar el Proceso de Mejoramiento de la Calidad.

Otro punto que Crosby desarrolla es la Vacuna Crosby contra el incumplimiento en la calidad. A continuación presentamos los ingredientes de esta Vacuna.

## LOS INGREDIENTES DE LA VACUNA CROSSBY

### Integridad:

a) El Director General es quien se ocupa de que el cliente reciba aquello que se le prometió; está convencido de que la empresa prosperará únicamente cuando todos los empleados hagan suya esa misma idea, y está decidido a que ni los clientes ni los empleados sufran molestias.

b) El Director de Operaciones cree que la labor de dirección es una función integral que exige considerar la calidad como " primera entre sus pares " respecto al programa y a los costos.

c) Los altos ejecutivos, subordinados al Director General y al de Operaciones, toman tan en serio los requisitos que no toleran desviaciones.

d) Los jefes de división, subordinados a los altos ejecutivos, saben que el futuro depende de su habilidad para conseguir que la gente haga las cosas bien a la primera.

e) El personal profesional sabe que la exactitud y la integridad de su trabajo determina la eficacia de todo el personal.

f) El conjunto de los empleados reconoce que su compromiso con la integridad de los requisitos es lo que le da solidez a la empresa.

### Sistemas:

a) La función de gestión de la calidad consiste en medir el cumplimiento de los requisitos e informar con exactitud de cualquier diferencia.

b) El sistema de formación de la calidad (SCF) permite asegurar que todos los empleados de la empresa hablen el mismo lenguaje respecto a la calidad y comprendan sus respectivos papeles de cara a conseguir que la calidad se convierta en un hábito.

c) A fin de evaluar los procesos, deben emplearse criterios financieros de evaluación de los costos derivados del cumplimiento o del incumplimiento.

### Políticas:

- a) Las políticas de calidad son claras y carentes de ambigüedad.
- b) La función de calidad depende del mismo nivel que aquellas funciones que tiene que medir, y disfruta de una total libertad de acción.
- c) Tanto la publicidad como las comunicaciones externas deben estar en concordancia con los requisitos que han de cumplir los diversos productos y servicios.

### **Cuatro maneras en que puede fracasar el Proceso para el Mejoramiento de la Calidad**

- 1) La falta de interés por parte de la Dirección. Esta es la causa número uno del fracaso.
- 2) El permitir que se convierta en un programa motivacional.
- 3) El reducirlo a un simple proceso de mejoramiento de la producción, marginado a los demás departamentos.
- 4) El permitir que el Equipo para el Mejoramiento de la Calidad se convierta en un comité dedicado a resolver problemas.

### **Cinco maneras de asegurar el éxito del Proceso para el Mejoramiento de la Calidad**

- 1) Asegúrese de que el compromiso de la Dirección sea sincero y manifiesto.
- 2) Mantener la seriedad del proceso, sin que deje de ser entretenido.
- 3) Asegurarse de que todos los elementos del proceso sean positivos y que se manejen con respeto. Todo el personal debe de estar consciente de que las intenciones de la Dirección respecto al mejoramiento son serias y que necesita de la colaboración de todos para lograr las metas establecidas.
- 4) Asegurarse de que todos los gerentes participen en el proceso, que comprendan los catorce pasos y el concepto de Cero Defectos, y que además, sepan comunicarlo en forma efectiva a sus subordinados.

5) Adoptar el proceso a la personalidad y a los deseos de la compañía y/o del lugar de trabajo. El Proceso no tiene nada de ritual.

### 1.3.8. Ishikawa

El Dr. Ishikawa inicialmente empezó a estudiar métodos estadísticos en 1948 para corregir el problema de dispersión de datos que le hacía imposible alcanzar conclusiones correctas, cuando trabajaba en el laboratorio de la Universidad de Tokio. Poco después ingresó a la Unión de Científicos e Ingenieros Japoneses, con el mismo fin. Desde entonces, tuvo la visión suficiente como para comprender que contribuirían a la recuperación del Japón. Los pasos que siguió y las razones que lo motivaron fueron las siguientes:

1. Los ingenieros que deben efectuar juicios con base en sus datos experimentales, deben conocer los métodos estadísticos de memoria, por lo que hizo obligatorio un curso en métodos estadísticos en el último semestre de la carrera de ingeniería.
2. Japón carece de recursos naturales, por lo que debe importarlos, junto con alimentos, del exterior. Por lo tanto es necesario ampliar las exportaciones. El Japón tiene que esforzarse por manufacturar productos de alta calidad y bajo costo. Por esta razón, el control de calidad y el control estadístico del proceso deben tratarse con sumo cuidado.
3. La aplicación del control de calidad podría lograr la revitalización de la industria y efectuar una revolución conceptual en la gerencia.

El Dr. Ishikawa define el control de calidad como sigue: "**Practicar el control de calidad, es desarrollar, diseñar, manufacturar y mantener un producto de calidad que sea el más económico, el más útil y siempre satisfactorio para el consumidor**".

El Dr. Ishikawa pone un especial énfasis en la recolección y manejo de datos, dice que: "La primera regla general es mirar todo con escepticismo". El Dr. Ishikawa opina que es indispensable convertir los hechos en datos o cifras, pero el peligro que entraña esto es que las cifras obtenidas no sean las pertinentes, debido a tres causas:

- \* Cifras falsas
- \* Cifras equivocadas
- \* Imposibilidad de obtener cifras

El Dr. Ishikawa propone las siguientes soluciones:

- \* Cuando se presenten cifras absurdas, trabajar con los operadores hasta que el problema se resuelva
- \* Capacitar al personal en los métodos estadísticos adecuados para obtener los datos
- \* Establecer métodos de medición idóneos y confiables.

El Dr. Ishikawa propone tres pasos importantísimos que se deben seguir en la aplicación del control de calidad:

1. Entender las características de calidad reales. Estas son aquellas características que definen los límites entre un producto malo y bueno para el cliente.
2. Fijar métodos para medirlas y probarlas. Esta tarea es tan difícil que al final de cuentas, posiblemente acabemos por recurrir a los cinco sentidos.
3. Descubrir características de calidad sustitutas (son aquellas características que realmente son condiciones para que se den las características de calidad reales), y entender la relación entre éstas y las características de calidad reales.

Estos pasos, representados de manera gráfica, han pasado a la inmortalidad denominados como "Diagrama de Ishikawa, Diagrama de Causa y Efecto o Diagrama de Espina de Pescado". En este diagrama, se traza una línea horizontal (la columna vertebral del pescado), que apunta hacia la Característica Real (la cabeza del pescado). Sobre la línea horizontal se van dibujando flechas pequeñas que corresponden a las Características sustitutas (las vértebras del pescado). Esto se ilustra en la Figura 3.

El Dr. Ishikawa también redefine el llamado "Círculo de Taylor", que se muestra en la Figura 4, (Planear, Hacer, Ver, Comprobar) en seis categorías, como son:

1. Determinar metas y objetivos
2. Determinar métodos para alcanzar las metas
3. Dar educación y capacitación
4. Realizar el trabajo
5. Verificar los efectos de la realización
6. Empezar la acción apropiada.

TESIS CON  
VALIA DE ORIGEN

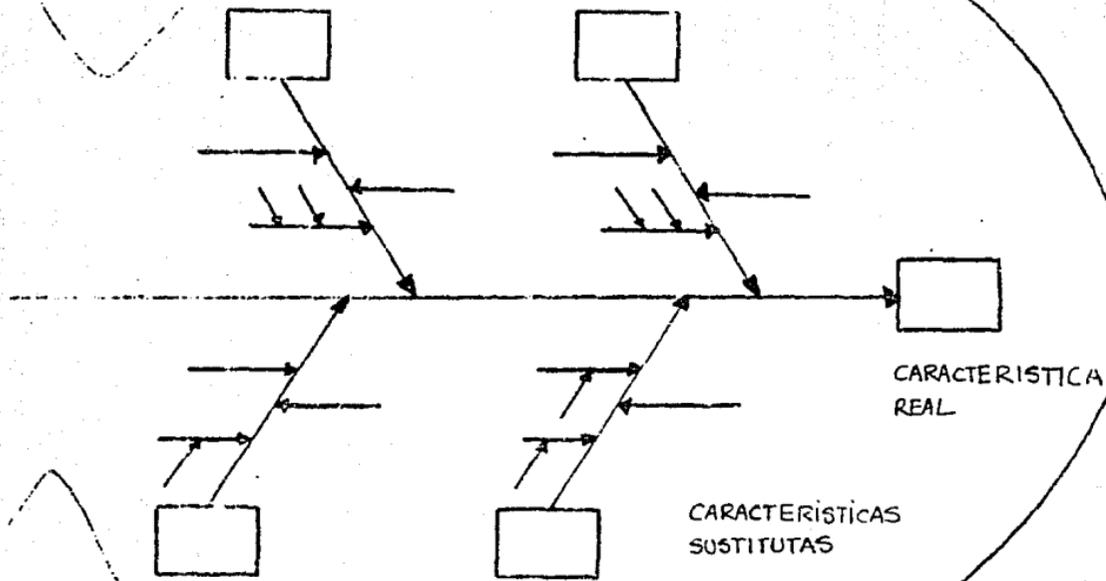


FIGURA E. DIAGRAMA DE ISHIKAWA

# Comparacion Deming/Ishikawa

## Ciclo de Deming

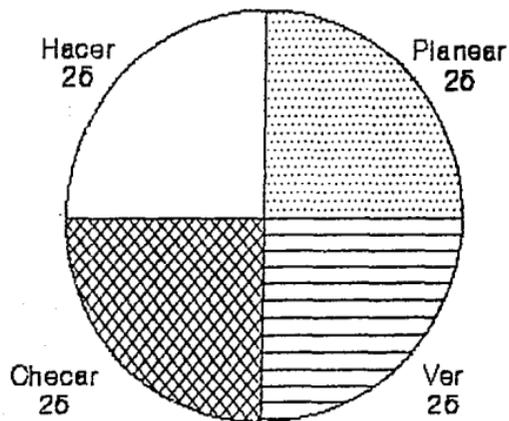


Figura 4.

# Comparacion Deming/Ishikawa

## Ciclo Modificado de Ishikawa

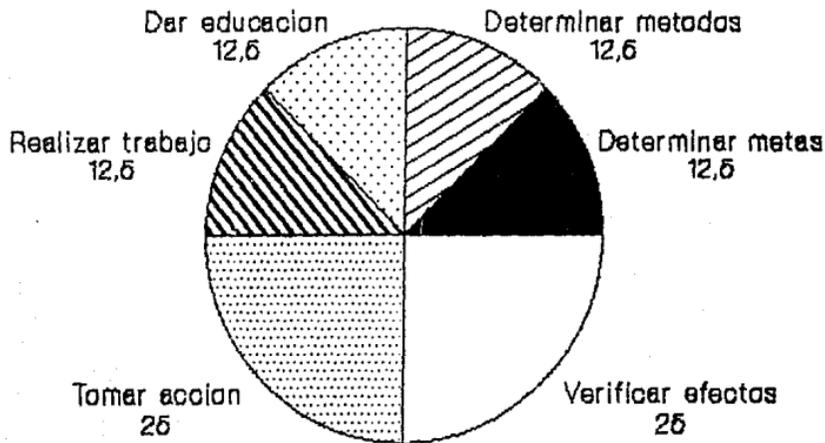


Figura 4.

Es innegable el énfasis que el Dr. Ishikawa le da a la educación. Para él: "La Calidad empieza con educación y termina con educación". Una de las diferencias entre la cultura occidental y la cultura japonesa, remarca, es la promoción de la educación. La educación debe tener las siguientes características:

1. Educación a todo nivel.
2. Educación a largo plazo.
3. Educación y capacitación dentro de la empresa.
4. Educación continua.
5. Educación formal.

Quizá la aportación más importante del Dr. Ishikawa fue la de considerar el Control Total de la Calidad como una revolución conceptual en la gerencia. Para revitalizar una industria, el Dr. Ishikawa propone lo siguiente:

1. Pensar primero en la calidad, no en las utilidades a corto plazo.
2. Tener una orientación hacia el consumidor, no hacia el productor. Pensar desde el punto de vista de los demás.
3. Pensar que "El proceso siguiente es su cliente": hay que derribar las barreras del seccionalismo.
4. Utilizar datos y números en las presentaciones: utilización de métodos estadísticos.
5. Respeto a la humanidad como filosofía administrativa: administración totalmente participante.
6. Administración interfuncional.

#### 1.3.9. Filosofía Japonesa de Calidad

Hasta este punto, hemos estudiado las metodologías "occidentales" (exceptuando al Dr. Ishikawa, pero el Dr. Ishikawa realmente sólo asimila y afina las ideas del Dr. Deming). Sin embargo, no es exacto decir que tales

metodologías pasaron por el Japón sin ser tocadas por éste. Tal como en la tecnología el pueblo japonés asimiló y modificó ésta para su mejor aprovechamiento en Japón, tomando en cuenta sus diferencias sociales y culturales, así también Japón absorbe los conocimientos proporcionados por los grandes pensadores mencionados, los concentra, asimila y les da forma de una manera tal que crea una metodología "japonesa" que representa el punto de vista japonés acerca del Proceso de Mejoramiento de la Calidad.

Es curioso ver cómo podemos identificar de manera general dos intercambios culturales entre el Occidente y Japón:

1. A fines de los años 50, se realizaron una serie de visitas del Japón a los Estados Unidos. Inclusive el Dr. Ishikawa participó en una de estas visitas en 1958, con los siguientes objetivos: "Primero, observar los puntos fuertes de la industria en países extranjeros y adaptarlos para su aplicación en el Japón, y, segundo, hacer conocer a los extranjeros los puntos fuertes de las actividades japonesas en materia de Control de Calidad" (¿Qué es el Control Total de Calidad? La modalidad japonesa, pag. 9)

2. A principios de los años 80 se realizan igualmente una serie de visitas, pero esta vez de Estados Unidos a Japón. El Sr. Norman Bodek, publicista en la compañía Productivity, Inc. indica en la introducción del libro "Managerial Engineering" de Ryudi Fukuda: "En marzo de 1981 realicé mi primera misión industrial de estudio a Japón. En dos semanas entrevistamos a 16 gerentes de las corporaciones líderes del Japón. En esta misión, un grupo de 19 altos ejecutivos americanos se dedicó intensamente a descubrir los secretos de la administración japonesa. ¿Qué existe realmente detrás del "Milagro Japonés" de calidad y productividad? ¿Qué es el "Kanban"?? ¿Qué tan efectivos son, en realidad, los círculos de calidad, y cómo encajan en la cultura de la administración? Y sobre todo, ¿Son estas técnicas transportables a suelo americano, o son específicas para la sociedad japonesa?

Como es obvio, los grupos americanos no fueron a estudiar las técnicas de Deming o de Juran en Japón, tal viaje resultaría muy caro. Estos grupos estudiarían las técnicas de Deming, Juran al modo japonés. Principalmente existen tres técnicas japonesas mundialmente reconocidas:

1. La filosofía Kaizen
2. La técnica Kanban
3. El CEDAC

En su momento se analizarán cada una de éstas técnicas. A continuación se iniciarán con la filosofía Kaizen, que, en cierta forma, engloba las otras dos técnicas.

#### 1.3.9.1. La Filosofía Kaizen

En palabras del Sr. Masaaki Imai, en su libro "KAIZEN: The Key to Japan's Competitive Success", la estrategia KAIZEN es el concepto fundamental en la administración japonesa - la clave del éxito competitivo japonés. KAIZEN significa mejora continua involucrando a todos: alta dirección, gerentes y trabajadores, como se ve en la Figura 5. En Japón se han desarrollado muchos sistemas para hacer que tanto los trabajadores como los ejecutivos tomen en cuenta al KAIZEN.

Para el Sr. Imai, el concepto de KAIZEN es crucial para entender las diferencias entre los enfoques japonés y occidental en la administración. Inclusive indica que, para él, la diferencia más importante entre la administración japonesa y occidental radica en que el Japón tiene KAIZEN y un pensamiento orientado hacia el proceso, mientras que el Occidente tiene la Innovación y un pensamiento orientado hacia los resultados.

La palabra KAIZEN esta muy integrada en la vida diaria japonesa. En los medios de comunicación es ampliamente utilizada. En los negocios, el concepto de KAIZEN esta tan integrado en las mentes de los ejecutivos y trabajadores que muchas veces ni siquiera se dan cuenta de que poseen y manejan ese concepto.

El Dr. Imai propone al KAIZEN como el concepto fundamental que radica atrás de una buena administración. Es el hilo de unión a través de la filosofía, los sistemas, y las herramientas para la solución de problemas que se han desarrollado en Japón en los últimos 30 años. Su mensaje es el de mejora y tratar de hacer las cosas mejor.

De esta manera, el concepto de KAIZEN engloba las técnicas utilizadas para lograr el control y el mejoramiento de la calidad.

# Kaizen

**Orientacion al cliente**  
**Control total de la calidad**  
**Robotica**  
**Circuitos de CC**  
**Sistema de sugerencias**  
**Automatizacion**  
**Disciplina**  
**Mantenimiento total**

**Kanban**  
**Mejoramiento calidad**  
**Justo a tiempo**  
**Cero Defectos**  
**Actividades grupos**  
**Rels. corporativas**  
**Mejor productividad**  
**Desarrollo nuevo  
producto**

**Figura 5**

KAIZEN empieza cuando las empresas reconocen que tienen problemas. KAIZEN resuelve los problemas empezando por establecer una cultura corporativa en la que cualquiera puede admitir libremente estos problemas. Los problemas pueden ser unifuncionales o multifuncionales, que involucran la colaboración y los esfuerzos conjuntos de personal de diferentes departamentos. La estrategia KAIZEN ha permitido a la administración japonesa tener un acercamiento sistemático y colaborativo en estos problemas multifuncionales. En Occidente, por otro lado, los problemas multifuncionales siempre tienden a tener una parte de solución de conflictos.

### KAIZEN y la Gerencia

En la figura 6 se indica cómo se perciben las funciones de trabajo en el Japón. Como se puede ver, la gerencia o administración tiene dos componentes mayores: el mantenimiento y el mejoramiento. El mantenimiento se refiere a las actividades dirigidas a mantener los estándares tecnológicos, gerenciales y operativos. El mejoramiento se refiere a aquellas actividades dirigidas a elevar los estándares actuales.

En cualquier negocio, el trabajo de un empleado se basa en los estándares existentes, implícitos o explícitos, impuestos por la administración. Mientras más alto el gerente, más enfocado estará con el mejoramiento. En el último nivel, un trabajador sin experiencia operando una máquina puede pasar todo su tiempo siguiendo instrucciones. Sin embargo, conforme se vuelva más eficiente en su trabajo, empezará a pensar en el mejoramiento. Empieza a contribuir a mejorar la manera en que realiza su trabajo, ya sea por medio de sugerencias individuales o colectivas. La presión de la Gerencia en la mayoría de las empresas japonesas existosas es el mejoramiento.

El mejorar los estándares implica establecer estándares más elevados. Una vez que esto se ha hecho, es la labor de mantenimiento de la Gerencia el ver que los nuevos estándares sean observados. La mejora sostenida sólo se logra cuando el personal trabaja con estándares más altos. La mejora y el mantenimiento son inseparables para la mayoría de los gerentes japoneses.

¿Qué es el mejoramiento? El mejoramiento puede fragmentarse en KAIZEN e innovación. KAIZEN significa pequeñas mejoras como resultado de un gran aumento en nueva tecnología y/o equipo. La Figura 7 muestra la percepción japonesa de las funciones del puesto.

# Funciones del Puesto

## Percepcion Japonesa

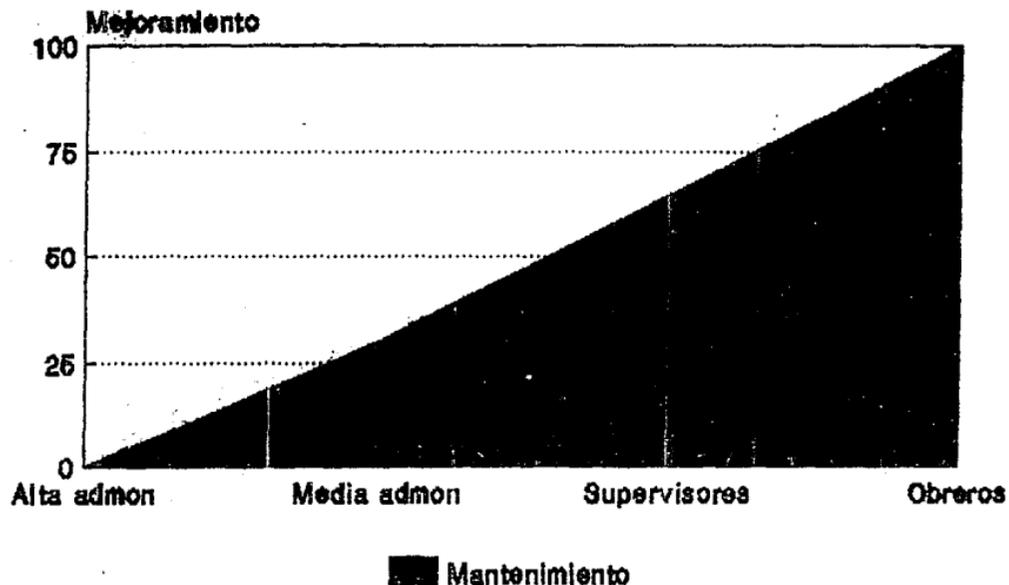


Figura 6

# Funciones del Puesto

## Percepcion Japonesa c/Kaizen

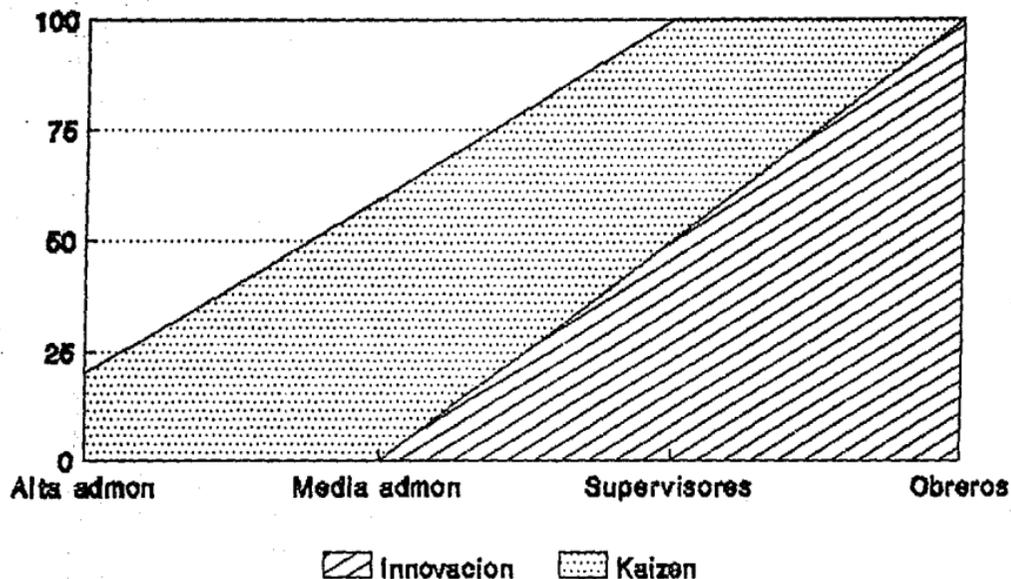


Figura 7

Por el otro lado, la mayoría de los gerentes occidentales perciben las funciones de trabajo como se ve en la Figura 8. Hay poco espacio en la administración occidental para el concepto de KAIZEN, como se observa en la figura citada.

Otro de los adelantos logrados en esta síntesis de la calidad por parte de los japoneses, radica en la visión sobre cómo obtener el éxito gerencial, presentado por el Sr. Fyudí Fukuda en su libro "Managerial Engineering". El Sr. Fukuda propone que la fuerza motora para alcanzar el éxito gerencial se compone de tres elementos:

- A. Desarrollar un método confiable
- B. Crear un ambiente favorable
- C. Mantener a cada trabajador capacitado en el método

**A. Desarrollar un método confiable.**

Poco puede desarrollar un experto en Control de Calidad si no posee un método confiable. Un método confiable es un sistema que nos lleva inevitablemente al éxito cuando sus procedimientos se siguen paso a paso. Entre otras características del método confiable, se encuentran que debe ser flexible, para poder aplicarse a una variedad de problemas; pero al mismo tiempo lo suficientemente especializado como para ajustarse a las necesidades de la empresa. Debe ser escrito en un lenguaje entendible para todos sus usuarios.

**B. Crear un ambiente favorable.**

Aún teniendo un método confiable, sólo podemos esperar resultados favorables si establecemos las condiciones necesarias para su implantación. Se debe de comunicar a todos los empleados el propósito del proyecto que estemos llevando a cabo. Muchas veces la resistencia al cambio provoca que la comunicación no fluya, y, si esto ocurre, son muchas las probabilidades de que el proyecto fracase. Crear un ambiente favorable no es tan sencillo como suena, ya que se deben estudiar a fondo las circunstancias del personal involucrado y acercarse a ellos de la mejor manera. No hay que olvidar que son las personas quienes completan un proyecto, y que si ellas no están convencidas, el proyecto, por muy bien pensado y planeado, está destinado al fracaso.

# Funciones del Puesto

## Percepcion Occidental

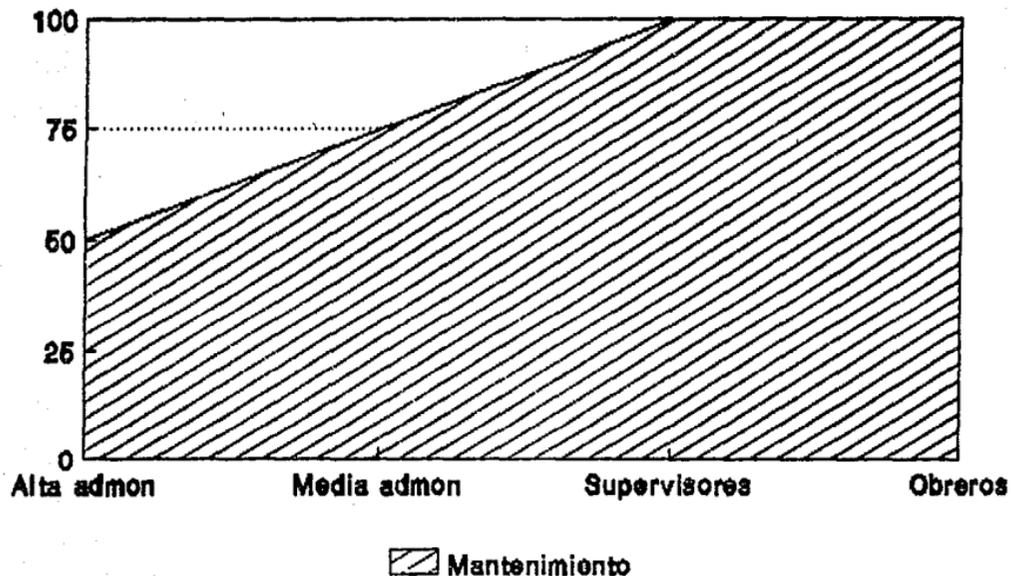


Figura 8

### C. Mantener al trabajador capacitado en el método.

Los campeones no nacen, se hacen. Al menos esta idea se comparte en la filosofía japonesa. Las personas tienden a invertir poco tiempo y esfuerzo en comprender a fondo un manual en técnicas gerenciales, o abandonan aquellas técnicas que no dan resultados al primer intento. Entonces buscan otro manual. Si el segundo no da resultado, buscan algo nuevo sin practicar. Con esta actitud, ¿cómo esperan entonces llegar a perfeccionar sus técnicas gerenciales?

La mejor solución es mejorar las habilidades de cada uno a través de práctica constante.

#### 1.3.9.2. CEDAC (Cause-and-Effect Diagram with the Addition of Cards) Diagrama de Causa y Efecto con la Adición de Tarjetas.

El CEDAC surgió de los diferentes enfoques de los miembros de los grupos individuales. Es una modificación del Diagrama de Causa y Efecto, bien conocido y ampliamente usado por los Círculos de Calidad. En un Diagrama de Causa y Efecto, todas las causas de un efecto dado se escriben en forma de "espina de pescado". Enfatiza la importancia de tanto el conocimiento ingenieril y la experiencia práctica de los trabajadores.

Sin embargo, en el Diagrama de Causa y Efecto tradicional usa palabras simples, escritas en un lugar apropiado en el diagrama, para indicar las causas de un problema dado y sus interrelación.

Para resolver un problema serio de control de calidad, se debe empezar por diferenciar lo que sabemos de lo que no sabemos. Para este propósito, es más deseable utilizar una oración pequeña que una palabra sola para expresar lo que se conoce.

El uso de pequeñas tarjetas es otro punto. En la aplicación tradicional de Diagramas de Causa y Efecto en los círculos de calidad, los empleados deben esperar hasta la junta semanal para poner sus ideas en la carta. Cuando las personas deben esperar antes de que se puedan reunir para compartir información, frecuentemente se perderá una oportunidad adecuada para resolver problemas. Generalmente es difícil reunir a todos los trabajadores en el taller.

Aún más, las personas generalmente son tímidas a la hora de escribir sus ideas directamente en un diagrama de pared. Si lo hacen, sienten que deben hacerlo con un lenguaje muy formal. El uso de tarjetas resuelve ambos obstáculos de un sólo golpe. Cada trabajador es libre de bosquejar una idea tan pronto como le llegue a la cabeza.

El uso de tarjetas también facilita la revisión del diagrama, ya que una nueva tarjeta puede prenderse encima de la correspondiente tarjeta anterior. La sucesión de tarjetas en cualquier punto dado de la carta puede interpretarse como el historial de cambios que están ocurriendo en un punto específico del proceso de producción.

La mayoría de los métodos estadísticos de control de calidad integran información cuantitativa, pero también hay disponible mucha información cualitativa que no es cuantificable o que no se ha cuantificado aún. El CEDAC es una herramienta que permite a los círculos de calidad integrar esta información. Este tipo "crudo" de información es indispensable para la resolución de problemas, no sólo en manufactura, sino también en comercial, recursos humanos y otras áreas. Este tipo de información normalmente se evapora rápidamente, dejando tan sólo un ligero rastro numérico.

#### **Pasos para implementar el CEDAC**

1. Seleccione un problema grave o macro de calidad que desee resolver y especifique el objetivo a cumplir. Es importante especificar la calidad cuantitativamente, aunque a veces no es fácil.
2. Escriba todo el "know-how" técnico y las condiciones de procesamiento que se piensen tengan una influencia en la calidad. De aquí, la selección de la información necesaria es hecha por trabajadores, ingenieros de producción, ingenieros de planta y otras personas involucradas. Ponga toda esta información en forma de diagrama.
3. Cuelgue el diagrama en una pared de la planta donde todo el mundo pueda observarla. De esta manera, las causas y efecto a estudiar son visibles a todo el mundo.
4. Cuando la calidad no se pueda mantener dentro de los límites de control, quiere decir que se puede mejorar el proceso, buscando a través de las causas probables. Así, la raíz del problema se busca reuniendo más datos. Si es necesario, el grupo lleva a cabo sus recomendaciones correctivas, y luego observa y analiza los resultados.
5. Basado en el análisis del Paso 4, el grupo decidirá si efectúa mejoras ya sea en técnica o en equipo. La naturaleza exacta de esta mejora se escribe en una tarjeta que se prende exactamente encima de la tarjeta anterior. Mientras se acumulen gradualmente las tarjetas, se indicarán no sólo el registro del proceso de producción, sino también los efectos de cada mejora.

Todo el mundo participa en el proceso, de los Pasos 2 al 5. Con este método, la información desconocida se descubre, y las mejoras necesarias se hacen paso a paso, sin ninguna regresión.

En el Paso 1 se debe elegir un problema mayor de calidad, ya que, en la experiencia del Sr. Fukuda, así todo el mundo se esfuerza en hacer lo mejor para crear algo realmente nuevo. Los grupos que usan el CEDAC por primera vez frecuentemente cometen el error de escoger un problema fácil en lugar de uno difícil. Esto lleva a un gran riesgo de fracaso, porque los miembros del grupo obtienen una inspiración insignificante y resultados pobres atacando un problema menor. Es esencial atacar el problema más serio, ése que todos quisieran resolver.

### 1.2.9.3. La técnica Kanban

En las plantas industriales, la producción se lleva a cabo según el programa de producción. El establecer estos programas es una tarea diaria básica para el productor. El objetivo es que los materiales fluyan suavemente a través de los procesos hasta que el producto final se elabore con la calidad deseada.

En la práctica, el control de la producción se encamina a varios objetivos:

- \* Minimizar las horas-hombre totales necesarias para procesar, o, en otras palabras, maximizar la producción por hora-hombre
- \* Minimizar el retraso total en la distribución
- \* Minimizar los costos totales de producción
- \* Minimizar el tiempo total de procesamiento

Muchas plantas tratan de atacar los dos primeros puntos simultáneamente, acercándose al fracaso.

Una de las técnicas japonesas de mayor importancia es la técnica Kanban o Justo-a-tiempo, desarrollada por la Compañía Toyota. En esta técnica, se reducen los inventarios a casi cero, a producir únicamente las cantidades requeridas para que salga la producción, exactamente en el tiempo en el que son requeridas.

La técnica Kanban es una técnica más sofisticada de control de la producción. El tratar de implantarla antes de tener un sólido proceso de calidad es inútil. Antes que nada, se debe de alcanzar el nivel de calidad en el que toda la inspección sea eliminada, y cada trabajador sea responsable de la calidad de su propio trabajo.

La manera en que la técnica Kanban funciona es por medio de tarjetas de control que acompañan al producto desde el inicio hasta el fin del proceso. Cada tarjeta indica el proceso que ha de seguir la pieza, y el tiempo, o la cantidad de piezas que debe de llevar. De esta manera, cuando el trabajador recibe la pieza, lee a dónde y qué se tiene que realizar, y en qué tiempo.

La producción sin inventarios, como también se le ha llamado, es un método para organizar las operaciones que se enfoca a obtener la máxima eficiencia. El obstáculo principal para obtener las condiciones ideales de proceso es aprender cómo encarar el problema vasto y complejo de la ineficiencia.

La técnica Kanban tiene la característica que, durante sus inicios, hace aflorar las ineficiencias del sistema. Sólo con un sistema de mejora continua que ataque y resuelva sistemáticamente estas ineficiencias, podrá alcanzar el éxito.

#### 1.4. La Filosofía de Calidad el día de hoy.

Durante las dos décadas precediendo las crisis del petróleo, la economía mundial gozó de un crecimiento sin precedente y una demanda insaciable de nuevas tecnologías y nuevos productos. Era un período en el que la estrategia de innovación dejaba buenos resultados. La estrategia de innovación se basa en la tecnología y se nutre de mercados de crecimiento rápido y de alto rendimiento. Esta estrategia florece en un ambiente con las siguientes características:

- \* Mercados de rápida expansión
- \* Los clientes están más orientados hacia la cantidad que hacia la calidad
- \* Recursos abundantes y de bajo costo
- \* Creencia en que el éxito con productos innovadores puede contrarrestar el desempeño pobre de las operaciones tradicionales
- \* Gerencia más interesada en incrementar las ventas que en reducir costos

Estos días se han ido para no volver. Las crisis del petróleo de los años 70 han cambiado radical e irreversiblemente el ambiente internacional de los negocios. La nueva situación se caracteriza por:

- \* Aumentos importantes en los costos de material, energía y fuerza de trabajo
- \* Sobrecapacidad de las plantas de manufactura
- \* Aumento en la competencia entre compañías en mercados saturados o inseguros
- \* Valores cambiantes en el consumidor y requerimientos más precisos en la calidad
- \* Necesidad de introducir nuevos productos más rápidamente
- \* Necesidad de bajar el punto para " quedar a mano"

Sin embargo, a pesar de estos cambios, muchos ejecutivos aún se adhieren a la estrategia de innovación y se rehúsan a desarrollar una estrategia adecuada para esta nueva era.

Numerosos avisos se han hecho sobre el mayor costo de recursos, la competencia más dura para ganar la aceptación del cliente a través de la calidad, y la necesidad de desarrollar productos y servicios orientados hacia los clientes más rápido que nunca. Y todavía después de haber ignorado estas advertencias por tanto tiempo, las empresas occidentales ahora descubren "súbitamente" que las empresas japonesas constituyen una competencia formidable.

En el ambiente competitivo de hoy, cualquier atraso en adoptar la última tecnología es costoso. Los retrasos en adoptar las técnicas mejoradas de administración no son menos costosos. Pero aún así, las empresas occidentales se empeñan en creer que el éxito japonés se encuentra en un desarrollo tecnológico especial, o un sistema de administración fulano de tal, y fallan en encontrar el fondo del asunto: la razón principal por el éxito de las empresas japonesas radica en lo siguiente:

1. Reconocer que la situación actual presenta problemas, y además proponerse no aceptar más la situación actual.
2. Aceptar el reto de un cambio cultural a nivel de toda la organización. Esto implica estar consciente de que no se obtendrán frutos de inmediato, sino que los logros se obtendrán después de largos esfuerzos.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

3. Dejar de un lado el seccionalismo, y las "élites" dentro de la empresa, y favorecer el cambio y la autocapacitación en todos los niveles. Esto comprende aceptar que no se sabe todo, y también hacerse transparentes al resto de la organización, es decir, hacerse vulnerable para que todos los errores sean visibles para el resto del personal.

4. Comprometerse a continuar educándose. Quizá sea éste el punto más difícil de igualar a los japoneses. El pueblo japonés es un pueblo educado, y lo que es más, con un profundo deseo de continuar estudiando.

Es fácil ver que estos puntos involucran mucho de la idiosincrasia particular a un país, y en cierto modo, también a la idiosincrasia de un sector especial de la población.

En Occidente es muy clara la distinción entre trabajadores de collar azul y de collar blanco, llegando incluso a comer a horas y en lugares diferentes, y hacer una segregación casi total. ¿Es de extrañar que no confíen uno en otro y que mucho menos se comuniquen?

Ahora, ¿cómo resolver esta situación? Aliviar tal situación no se puede lograr de un día a otro. Se necesita de un líder excepcional que se proponga la tarea de romper estas barreras poco a poco, y aún así el éxito no esta garantizado.

Según el Sr. Fukuda, "muchas de las prácticas japonesas de administración son exitosas simplemente por ser buenas prácticas de administración. Este éxito tiene poco que ver con los factores culturales, y la falta de factores culturales significa que estas prácticas pueden, y son igualmente practicables en otro lugar."

En este sentido, no estamos totalmente de acuerdo con el Sr. Fukuda. En casos como el de México, los factores culturales pesan mucho para la implementación de los pasos necesarios. No es tan fácil pedirle a un trabajador que en su vida se ha parado por la escuela, que no sabe leer o escribir, o que su rendimiento es pobre en ambos aspectos, que se eduque continuamente. El nivel de educación en México es bajo, y en muchos casos irregular. ¿Cómo implantar un programa de educación continua en un grupo donde algunos sepan leer, probablemente otros no?

Se ha repasado la situación japonesa, que en cuestión de calidad es hoy en día uno de los líderes indiscutibles, seguido por Surcorea, Singapur y Taiwan, que, aunque aún se encuentran en la etapa de imitar tecnología, su bajo costo de mano de obra los ha hecho avanzar en la manufactura mundial.

Por otro lado, los Estados Unidos siguen esperando descubrir la "receta mágica" del Japón, buscándola en técnicas y metodologías, olvidando que un excelente escrito, si queda en plática y no en práctica, de poco sirve. Muchos de los mercados que hace treinta años dominaban los Estados Unidos, como artículos electrónicos, automóviles, textiles, construcción de buques etc., ahora pertenecen a los japoneses o a los asiáticos.

Sin embargo, en pequeña escala hay movimientos en pro de la Calidad Total. Empresas como Philip Crosby Association, the Juran Institute, etc., ofrecen asesorías a empresas con dificultades en la calidad. Poco a poco, los Estados Unidos despiertan a una nueva consciencia de calidad.

### 1.5. La Filosofía de Calidad en México.

La Calidad Total no es algo que se dé en forma natural y espontánea en nuestra cultura.

Nuestra tradición indígena, primero, y mestiza, después, da al mexicano una serie de características muy peculiares (aunque no necesariamente diferentes al resto de los pueblos).

Se ha hablado mucho de la forma de ser del mexicano, de su habilidad de salir del paso gracias a una creatividad innata, de su acostumbrada pereza y conformidad ( como ejemplo: el típico " ahí se va " ). Esto no quiere decir que a los mexicanos no nos guste hacer bien las cosas a la primera vez, al contrario, somos gente deseosa de superarse y de alcanzar el bienestar. El problema es que la historia no nos ayuda mucho.

México empieza a formar parte del mundo abierto, sin fronteras, y tiene en su sombra una historia de pueblo conquistado, oprimido y explotado. Sus antecedentes han provocado una cultura cansada, donde "todo tiempo pasado fue mejor", y que históricamente no tiene ningún impulso que naturalmente lo lleve hacia adelante, hacia una cultura de Calidad Total, por lo menos en el corto plazo.

Pero ahora, por requerimientos de sobrevivencia en el contexto internacional, es necesario y evidente que México tiene que hacer un esfuerzo muy importante por modificar su tendencia natural, por acelerar su evolución hacia una cultura en la que la suma de actitudes personales lleven al país al nivel de competitividad internacional que se requiere.

México no tiene, como lo tuvieron las civilizaciones orientales, miles de años por delante para aprender a vivir la calidad, así como tampoco se dan las condiciones para repetir la profunda transformación que se dió en Japón, por lo menos no de la misma manera.

Sin embargo, como se ha mencionado, sólo las empresas que adopten la filosofía de Calidad Total lograrán sobrevivir a una economía cambiante, con la apertura comercial y mercados globales.

Es por esto que a mediados de 1989 la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial se vió en la necesidad de modificar el diseño del Premio Nacional de Calidad, el cual sólo reconocía la calidad de aquellos productos que demostraban cumplir con los requisitos que establecían las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), establecidas por primera vez en 1985.

La Fundación Mexicana para la Calidad Total, fundación creada por un grupo de organizaciones, colaboró con SECOFI en el diseño del Nuevo Premio Nacional de Calidad y en la elaboración del Cuestionario Inicial y de la Guía para preparar el Reporte Extenso para Empresas Finalistas.

A diferencia del Premio anterior, que sólo avalaba productos de empresas industriales, el Nuevo Premio Nacional de Calidad esta dirigido a reconocer los esfuerzos de calidad de todas las organizaciones mexicanas. Cabe mencionar aquí que el Nuevo Premio Nacional de Calidad ha sido apoyado por el Sr. Presidente Carlos Salinas de Gortari.

**CAPITULO II :**  
**PROCESO DE**  
**MEJORAMIENTO**  
**DE LA CALIDAD**

## II. PROCESO DE MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD

### 2.1. Desarrollo del Mejoramiento de la Calidad.

No existe una metodología única para implantar un Proceso de Mejoramiento de la Calidad, también conocido por sus siglas PMC. Como el mismo concepto de Calidad, los pasos a seguir han sufrido una variación con respecto al tiempo. A continuación presentaremos una breve historia de su desarrollo, donde poco a poco se le han ido agregando elementos hasta constituir su estado actual.

Antes del desarrollo formal de toda la filosofía de Calidad y del Control Estadístico de Proceso, se empleaban "recetas de cocina" para cada área de trabajo. Esto alcanzó su clímax con el surgimiento del Método Taylor, que como se ha dicho anteriormente, proponía que los especialistas elaboraran especificaciones seguidas ciegamente por los trabajadores.

El método más antiguo de CEP lo constituyen las cartas de control, en donde se sigue día a día el comportamiento del proceso. Se busca que cualquier parámetro del proceso se encuentre dentro de dos límites, superior e inferior. Si esto ocurre, el proceso se encuentra bajo "control estadístico".

Las cartas de control se consideran como herramientas para aprender del pasado, es decir, investigando los puntos fuera de control se puede conocer las causas que propiciaron tal cambio en el proceso.

A partir de esto, se puede detectar un problema antes de que cause daños serios ( paros, material fuera de especificaciones, etc.) y corregir el problema. Todas estas acciones llevan al mejoramiento de la calidad.

Después de detectar el problema, se utilizaban métodos de resolución de problemas, como son:

- a) Tormenta de ideas
- b) Diagrama Ishikawa o de espinas de pescado

Como un paso todavía posterior se implementa la reducción de variables que afecten al proceso:

- confrontar los procesos con los intereses reales de los clientes



# Ciclo PDCA

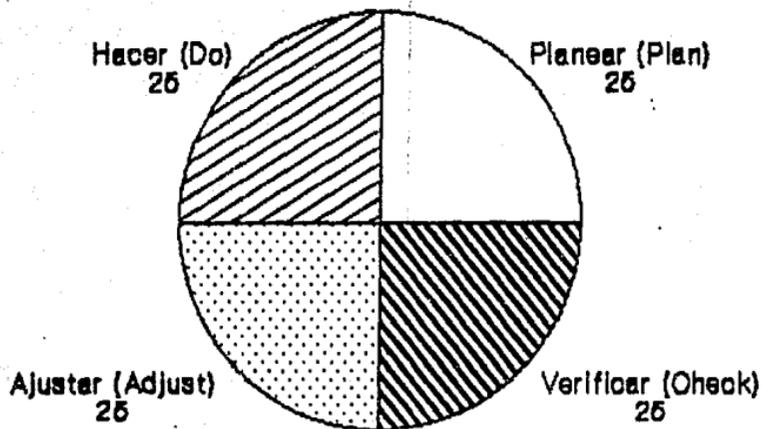


Figura 2.1

Entre lo último que se desarrolló para mejorar continuamente la calidad fue, paradójicamente, empezar por el principio, esto es, incluir la calidad desde el diseño. No es extraño mencionar que fueron los japoneses quienes desarrollaron esta técnica hasta llevarla a niveles muy sofisticados.

Una de las técnicas más usadas se denomina Quality Function Deployment y en términos generales significa traducir los requerimientos de los clientes en especificaciones de ingeniería. Esto se ha hecho desde mucho tiempo atrás, y la ventaja de esta técnica es que desarrolla una metodología paso a paso para que no haya malos entendidos o bien que la información del cliente no llegue exactamente a producción.

El principio que radica bajo esta técnica es el de "escuchar la voz del cliente" y "escuchar la voz del proceso". En la medida en que ambas voces concuerden, se habrá llegado al diseño perfecto.

Esta técnica constituye otra diferencia básica entre Japón y Occidente, mientras que en el Japón se invierte mucho tiempo y dinero en la fase de diseño, de manera que a la hora de producir no existan casi problemas, en Occidente se realiza exactamente al revés: modificando el diseño sobre la marcha en manufactura.

A continuación se presenta un diagrama que muestra las diferentes fases del mejoramiento continuo de la calidad en la Figura 2.2..

# Fases Mejoramiento Continuo

<b>Fase Inicial</b>	<b>Diseno</b>	<b>Disciplina Desarrollo Analisis modo efecto de falla</b>
<b>Fase Intermedia</b>	<b>Manufactura Proceso</b>	<b>Plan control CEP monitor y control min. deteccion max. prevencion</b>
<b>Fase final</b>	<b>Mejora</b>	<b>Reducir variab. Ciclo PDCA</b>

**Figura 2.2**

## **Pasos para el mejoramiento continuo de la calidad**

Estos pasos comprenden el nivel más elemental en la planeación de un proceso de mejoramiento continuo de la calidad. Sirven para enumerar los pasos que se deben de seguir, aunque en realidad, funcionan apenas como una guía o temario.

1. Participación a todos los niveles, desde el gerente hasta el ayudante.
2. Uso de técnicas estadísticas
  - Administrar procesos
  - Pasar de detección a prevención
  - Conocimiento / entrenamiento
3. Metodología de solución de problemas
  - a) Enfoque de equipo
  - b) Descripción del problema
  - c) Implantar acciones de emergencia:
    - aislar el efecto del problema de cualquier cliente interno o externo, "poner un parche" ¡PERO NO QUEDARSE AHI!
  - d) Verificar acciones internas
  - e) Definir y verificar las raíces del problema
  - f) Implementar acciones correctivas permanentes
  - g) Prevenir la recurrencia
  - h) Felicitar al equipo participante

### **2.2. Antecedentes para iniciar un Proceso de Mejoramiento de la Calidad**

La Calidad es cosa seria, es un compromiso que va más allá del entusiasmo del particular. La causa más común de los fracasos en el desarrollo de Procesos de Mejoramiento de la Calidad es precisamente el no contar con el apoyo organizacional suficiente (Alta Dirección o Gerencia) como para que el esfuerzo dure más allá del empeño de un individuo.

En este mundo competitivo, desarrollar un plan comprensible para mejorar la calidad es bastante complejo. En tiempos pasados, los planes de calidad se guiaban por la sabiduría convencional y eran comparativamente simples. Tales planes involucraban principalmente la implantación de nuevas tecnologías: máquinas sofisticadas, computadoras y robots y el contratar personal más capacitado y experimentado.

Hoy, todos los competidores en un mercado global tienen igual acceso a todas las herramientas y habilidades disponibles. Lo que le da a una compañía ventaja competitiva sobre otra es cómo canaliza las habilidades disponibles. Las estrategias modernas de calidad buscan un fuerte liderazgo para obtener cambios en el lugar de trabajo y motivar a los trabajadores a un mayor nivel de lealtad y compromiso para la calidad. Por lo tanto, el desarrollo de un plan efectivo para el mejoramiento de calidad es un reto para los líderes de hoy.

En su artículo titulado: "Quality Questions, Quality Answers", Ranjit K. Roy propone una serie de preguntas, que de contestarse, hará más claro el panorama para desarrollar un plan de calidad.

Antes que nada, el Sr. Roy aclara que los planes de mejoramiento de calidad deben de hacerse a la medida de cada tipo de organización, con sus respectivos negocios y necesidades de productos.

A continuación está la lista de preguntas que deben ser respondidas:

### 1. ¿Dónde estamos ahora?

Detrás de cada logro en un negocio debe estar el conocimiento claro y profundo de lo que realmente se ha obtenido y de cómo tales cambios han mejorado el status de la empresa. Siempre existen indicadores del progreso relativo de las empresas, sin importar de qué tipo sean. Antes de que una mejora sea planeada, el negocio debe determinar qué es lo que se debe mejorar. Si el objetivo es mejorar la calidad, se deben de determinar los niveles actuales de calidad y las metas futuras a conseguir.

### 2. ¿Cómo medimos dónde estamos o lo que queremos ser?

Las medidas para la calidad son numerosas, y la elección de la que debemos usar depende del tipo de negocio y del nivel de consciencia de calidad existente en la organización. La calidad significa diferentes cosas a diferentes personas en la misma organización, aún cuando todas ellas estén convencidas de que la calidad se relaciona directamente con

la rentabilidad. Se podría pensar en medir la calidad directamente con las ganancias, pero éste indicador no significa realmente que la calidad haya mejorado.

En una organización grande, usualmente se emplean índices múltiples para satisfacer varias actividades. Por ejemplo, en la industria automotriz los indicadores de calidad más populares son: los costos de garantía, resultados de encuestas de la satisfacción de los clientes, y relaciones de la frecuencia de reparaciones. En una organización pequeña, la calidad puede ser evidente en un sólo indicador: por ejemplo, costo de rechazos, porcentaje de confiabilidad, tiempo promedio entre fallas, proporción de reparaciones, aumento de ventas, etc.

Una vez que la situación actual y las metas futuras son determinadas para el producto fina, el proceso para establecer las medidas de calidad puede empezar. La diferencia entre la situación actual y la meta a conseguir sirve como una base para tomar acciones continuas sobre la calidad, sin importar cuál sea el criterio de medición.

### 3. ¿Dónde queremos estar?

La clave para obtener los objetivos planeados de calidad es tener metas bien definidas, mientras más claras y precisas, mejor. La meta de calidad debe ser factible de conseguir y medible en términos cuantitativos. Unas metas no realistas pueden frustrar y desmoralizar a los empleados. Las metas que se fijan cerca del nivel estimado de desempeño tendrán mejores resultados.

Uno de los mayores retos de la ingeniería de calidad es traducir las metas de calidad en especificaciones de ingeniería. En este proceso, todas las actividades y las personas involucradas en elaborar el producto final son factores que determinan qué acciones son apropiadas para cumplir con la meta fijada.

### 4. ¿Cómo se definen las metas para los componentes?

Esta pregunta tiene lugar cuando el producto final es un ensamble complejo formado de muchos sistemas y componentes, como en un automóvil. Entonces, ¿cuáles deben de ser las metas para cada una de las partes?

Una manera de establecer estas metas es empezar con las metas para el producto final e ir desarrollando paso a paso las metas para las piezas a niveles inferiores.

## 5. ¿Cómo empezamos a obtener mejoras en la calidad?

La práctica tradicional de la mejora de la calidad se basaba en su mayoría en actividades realizadas durante la manufactura. El enfoque era hacerlo bien, ponerlo en blanco y negro y luego inspeccionar el lote para sacar los elementos malos. Después, el enfoque fue en comprar máquinas para la inspección cada vez más sofisticadas. Alguna vez se pudo haber reconocido que la mejor manera de obtener calidad es incluirla desde el diseño, pero esto raramente ocurría.

Ahora, sin embargo, la mejora de la calidad esta dirigida hacia diseño y manufactura. Las herramientas y técnicas necesarias para mejorarla variarán según el tipo de negocio. A continuación se detallan algunos de los pasos necesarios para determinar si hay mejoras en la calidad:

\* Análisis Simple. El análisis simple utiliza los principios ingenieriles aprendidos durante los estudios profesionales. El poder del conocimiento reunido durante cursos como: estadística, dinámica, resistencia de materiales, termodinámica e ingeniería eléctrica puede ser muy efectivo si se aplica propiamente en el análisis.

\* Revisiones de diseño. Las revisiones formales de diseño con participantes conscientes de la calidad pertenecientes a todas las fases de ingeniería son muy útiles para obtener los objetivos de calidad sin una inversión directa de la calidad. Se recomienda establecer un número fijo de revisiones formalmente programadas antes de liberar un diseño.

\* Análisis sofisticado (computadora). Las técnicas modernas como el análisis de elementos finitos y otros métodos de simulación por computadora ofrecen medios poderosos para estudiar el diseño antes de la fabricación y prueba. Este análisis se puede dirigir hacia la calidad.

\* Optimización del diseño. Un diseño final que se basa en estudios comparativos de todas las alternativas posibles y que es menos sensible a factores de ruido incontrolables, generalmente es de mejor calidad. Un diseño de experimentos siguiendo el enfoque de Taguchi ofrece un arma poderosa para optimizar y desensibilizar un diseño.

6. ¿Cómo determinamos si nuestros diseños obtendrán lo que queremos?

Una vez que el producto es manufacturado y vendido, su calidad se define por su desempeño y el grado en que satisface los requerimientos del cliente. Desafortunadamente, después de la venta es demasiado tarde para mejorar la calidad. Por lo tanto, si se deben tomar acciones para mejorar la calidad en el diseño, es buena idea determinar el nivel de calidad durante el desarrollo del producto y antes de la producción. Dos de las técnicas estadísticas más efectivas en esta área son: el modelaje de crecimiento de confiabilidad para sistemas complejos y los métodos de experimentación acelerada para la prueba de componentes.

7. ¿Cómo podemos manufacturar los productos de la manera que queremos, todo el tiempo?

Al final del desarrollo del diseño, la pieza está lista para la producción. En la producción, una expectativa general es que si la pieza será producida con el mismo o mejor desempeño que los prototipos. Cuando las piezas se producen en altos volúmenes, generalmente no salen iguales debido al desgaste de la máquina, cambio de operadores, cambio de condiciones ambientales, etc. Se necesita implantar técnicas adecuadas para monitorear y controlar el proceso de producción desde antes que empiece el proceso. Aquí es donde entran todas las herramientas que pertenecen al Control Estadístico de Proceso.

8. ¿Quién necesita estas herramientas?

Todas las personas involucradas en ingeniería y producción deben de entender todas las técnicas disponibles mencionadas en este apartado. La Alta Dirección necesita solamente un repaso general. Los ingenieros, técnicos y el personal científico necesitan una comprensión profunda, además de un conocimiento aún más detallado de las técnicas particulares que sean más aplicables a sus necesidades.

9. ¿Cómo puede beneficiarse la organización con el entrenamiento?

Aún cuando la educación y el entrenamiento son esenciales para implementar nuevos métodos, son de poca utilidad si no hay una firme intención de afinar las habilidades aprendidas con un plan para aplicar los conocimientos. El planeamiento de la calidad debe incluir un plan para implementar lo que se ha aprendido. Esto es un sistema que se sigue ciegamente en el Japón, donde en la mayoría de los cursos de Control Total de Calidad se dejan muchos casos de estudio prácticos y se les pide a los estudiantes que den ejemplos de aplicación en sus respectivos trabajos.

Una vez que se han contestado todas las preguntas anteriores, se tiene la información necesaria para idear un plan de calidad claramente definido. Este plan es una herramienta necesaria para comunicar los objetivos específicos de la compañía y sus programas acerca de la calidad.

Muchos empleados están ansiosos de mejorar la calidad de los productos que son la fuente de sus ingresos. Sin embargo, pueden no saber cómo soportar las medidas que afectan la calidad. Aquellos que están solos en un puesto de apoyo se frustran frecuentemente en su esfuerzo de afectar la calidad de su producto o proceso. Para la mayoría de los empleados, el problema no es hacer algo nuevo, sino saber precisamente qué hacer. Un plan de calidad orientado a los resultados debe identificar quién, cómo, qué y cuándo para todas las actividades de mejora de calidad.

### **2.3. Resumen de los pasos a seguir para implantar un Proceso de Mejoramiento de la calidad.**

Con el breve análisis anterior, podemos definir cuáles son los pasos para implementar un programa de mejoramiento de la calidad.

#### **2.3.1. Determinar porqué se requiere de un Proceso de Mejoramiento de la Calidad.**

Frecuentemente, este paso se inicia en la Alta Dirección. Haciendo un análisis de la situación de la empresa ( en estos tiempos, de casi cualquier empresa ), generalmente se encuentra que se necesita aumentar la calidad de los productos para poder ser competitivo.

La Alta Dirección debe estar convencida de que la solución de los problemas actuales radica en implementar un proceso de mejoramiento de la calidad. Debe estar consciente de los siguientes puntos:

\* La educación y capacitación son parte básica de un proceso de mejoramiento de la calidad; y la educación cuesta. No es raro, sin embargo, que aquí radiquen los mayores desembolsos económicos ( a excepción, claro está, de la sustitución o compra de equipos ).

\* El proceso de mejoramiento de Calidad frecuentemente no trae resultados inmediatos, se debe de tener la suficiente paciencia para que el proceso madure y sean visibles los resultados.

\* Debe tener conocimientos más o menos profundos sobre la Filosofía de Calidad, es decir, el compromiso debe ser real y verdadero, no simplemente por estar de moda o por estar anunciado como un panfleto que resuelve los problemas de milagro.

\* Debe estar dispuesto a orientar a sus subordinados en el cumplimiento de las metas establecidas, sin que se desoriente el movimiento con el entusiasmo general y sin que se pierda el entusiasmo durante las fallas iniciales. En pocas palabras, debe ser un buen líder del movimiento, sin delegarlo.

La Alta Dirección debe tener bien claro de qué manera el Proceso de mejoramiento de la Calidad se acoplan con los objetivos de la empresa.

### **2.3.2. Determinar la situación actual de la empresa en cuanto a la calidad.**

Para poder definir claramente los objetivos a conseguir en cuanto a la calidad, y por consiguiente las metas que se lograrán al cumplir dichos objetivos, se debe de determinar en qué nivel se encuentra la compañía actualmente. Como se puede adivinar, establecer un juicio acerca de la calidad no es fácil. Pero, afortunadamente para todos nosotros, ya existen formas escritas para definir este etapa. Principalmente, existe la "Red de la Organización Permanente Exitosa" de Philip Crosby, mencionada en su libro "La Organización Permanentemente Exitosa", (Ed. Mc Graw Hill, México, 1989), y, en American Machinist, Diciembre de 1989, aparece una forma para determinar la calidad, como sigue:

## FORMA PARA DETERMINAR LA CALIDAD

Esta forma puede utilizarse para indicar cuándo es necesario tomar ciertas acciones o decisiones para mantener un programa adecuado de calidad.

Evalúe el nivel de desempeño contra cada pregunta y califique cada una siguiendo la escala inferior tomando en consideración qué sistemas existen y están siendo practicados:

- (0) No existente
- (1) Desempeño pobre
- (2) Desempeño promedio (cumple con los requerimientos mínimos)
- (3) Buen desempeño

### 1. Administración/Gerencia

1. ¿Hasta qué grado la Alta Gerencia activamente apoya y participa en el Proceso de Mejoramiento de la Calidad?
2. ¿Qué tipo de medida se usa para monitorear el PMC?; ¿Qué tan efectivo es?
3. ¿Se compromete la administración para fomentar el uso de técnicas estadísticas?
4. ¿Se publican continuamente reportes del costo de la calidad (precio de conformidad/no conformidad o prevención/mejora/falla) por toda la organización, y son analizados para la mejora continua?
5. ¿Qué programas documentados se tienen para el entrenamiento en la calidad, y son provistos para todo el personal, incluyendo administración, calidad, ventas y producción?
6. ¿Es suficiente el sistema de identificación del material para controlar el material a través del sistema de manufactura?

### 2. Calidad y Confiabilidad/Ingeniería

1. ¿A qué grado están involucrados los departamentos de manufactura, ingeniería, comercial y aseguramiento de calidad en las actividades de planeación de la calidad?
2. ¿Se analizan las características claves de cada producto en reuniones de planeación antes de diseñar y construir?

3. ¿Qué procesos de participación de los empleados se han desarrollado e implementado para ayudar en la planeación de la calidad y mejora?

4. ¿Cuáles técnicas estadísticas, analíticas o innovativas se usan en la organización para mejorar las capacidades del proceso/producto?

5. ¿Se usan los Análisis de Modo de Falla y Efecto en la organización?; ¿Son actualizados?

6. ¿Qué sistema se usa para monitorear las quejas de los clientes y cómo se usan estos resultados para asegurar una acción correctiva?

7. ¿Qué controles existen para confirmar la distribución de los últimos dibujos, especificaciones, hojas de proceso, hojas de instrucción, etc., y la incorporación adecuada de la revisión?

### 3. Métodos Estadísticos

1. ¿Hasta qué grado se utilizan los métodos estadísticos apropiados y ha sido entrenado el personal adecuado?

2. ¿Revisa la Gerencia los gráficos de control? ¿Cómo se identifican las causas asignables; cómo se corrigen y se documentan para evitar futuros problemas?

3. ¿Se usan técnicas estadísticas para la solución de problemas en la compañía?

### 4. Medición

1. ¿Existe un programa establecido para la identificación y control de la calibración para todo el equipo de prueba e inspección, incluyendo el equipo perteneciente al personal?

2. ¿Existen estándares de calibración de el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología de los Estados Unidos (National Institute of Standards & Technology) o alguna institución equivalente?

3. ¿Qué planes existen para reducir el uso de mediciones por variables en lugar de mediciones por atributos, y/o obtener aparatos sofisticados para lo mismo (máquinas de medición coordinadas, medidores electrónicos, retroalimentación automática, etc.)?

## **5. Inspección de Materias Primas**

1. ¿Cómo se aprueban e identifican las materias primas antes de liberarlas a las operaciones de producción?
2. ¿Existen instrucciones de inspección, que incluyan frecuencia y tamaños de muestra, disponibles en el punto de control requerido o en las áreas adecuadas?
3. ¿Se encuentran especificados adecuadamente los equipos de medición y prueba?
4. ¿Se requieren certificados del proveedor, que incluyan detalles de las pruebas o resultados estadísticos, y son periódicamente verificados?
5. ¿Qué sistemas se usan para notificar a los proveedores de materiales rechazados y se requiere que respondan con una solicitud escrita de acción correctiva?
6. ¿Hay algún programa de calificación de proveedores que mantenga a Compras informada de los rechazos al proveedor, resultados y comparaciones?

## **6. Inspección en el proceso**

1. ¿Existen instrucciones adecuadas disponibles en los puntos precisos de control o en las áreas apropiadas?
2. ¿Qué tipo de aprobación se requiere para asegurar la conformancia a los requerimientos antes del arranque? ¿Están definidas claramente las responsabilidades?
3. ¿Qué tipo de hojas se usan para controlar el material a través de todo el proceso?
4. ¿Cómo se usa el sistema de control de la producción para asegurar un seguimiento completo del producto terminado por todo el sistema entero de manufactura?
5. ¿Se identifica el material fuera de especificaciones, y se localiza en áreas segregadas, seguras y propiamente designadas?
6. ¿Se sujetan a los mismos controles los materiales de reproceso, reparación o seleccionados, y cómo se submiten a la inspección?

## **7. Auditoría final y Arranque**

1. ¿Recibe todo el equipo terminado una auditoría final/inspección verificada por el Departamento de Calidad?

2. ¿Se revisan las auditorías finales y se incorporan los resultados al proceso para asegurar la mejora continua?

3. ¿Existen procedimientos de arranque en los equipos/procesos para verificar la confiabilidad del producto?

En la Figura 3 se muestra el Formato de Resultados de esta Forma para Determinar la Calidad.

# Tabla de Resultados

	<u>Resultados</u>	<u>Marcador</u>
I. Admon/Gerencia		24
II. Calidad/Conflab.		28
III. Met. Estadísticos		12
IV. Mediclon		12
V. Control mat primas		24
VI. Control proceso		24
VII. Audit/Arranque		12
<b>TOTAL</b>		<b>136</b>

Figura 2.3

### 2.3.3. Determinar la situación deseada de la empresa en cuanto a calidad.

Este punto es otro de los definidos por la Alta Gerencia. El meollo del asunto estriba en definir clara y precisamente las metas a lograr, de manera que sean entendibles por todo el personal de la empresa. Algunas recomendaciones en este punto son:

\* **Elija metas razonables.** Este punto es primordial. Frecuentemente suceden errores por poner objetivos fuera del alcance de la empresa en el momento y lugar que se plantean. Esto produce frustración y desánimo, y una desconfianza acerca de todo el proceso.

\* **Involucra a todo el personal.** Este punto es crítico. Muchas veces poner panfletos no es suficiente para "meter" a la gente dentro del problema. Platique. Pida opiniones. Escuche atentamente a todas las personas. De esta manera es más fácil la aceptación del proceso y tendrá información de primera mano acerca de lo que se puede y no se puede hacer.

\* **Defina metas en términos cuantitativos.** Frases vagas como: "Este año nuestra calidad será la mejor del mercado" o "Para el próximo mes tendremos cero defectos", no funcionan para la mentalidad de los empleados, no ofrecen un camino directo para alcanzar los objetivos.

#### ¿Cómo lograrlo?

Se ha dicho que calidad significa cumplir con los requerimientos de los clientes, y que se debe estar seguro de que lo que uno realiza es lo que desea el cliente.

La falta de coordinación entre los deseos del cliente y el producto elaborado es la principal causa de quejas. La mayoría de las veces esto sucede porque el proveedor elabora el producto como él supone que lo desea el cliente, sin confirmarlo, o porque ignora lo que el cliente desea.

Antes de iniciar un PMC, es bueno analizar lo que los clientes piensan de los productos/servicios que se les ofrece, para poder hacer coincidir los requerimientos de los clientes con los objetivos de la empresa.

Esto se puede lograr de dos maneras:

- a) Realizando encuestas por escrito para circulación a los clientes. De esta manera se abarca un mayor número de clientes, pero no se pueden aclarar dudas.

b) Realizando entrevistas telefónicas y personales. De esta manera se abarca un menor número de clientes, pero sin embargo, la información obtenida es mucho más profunda.

Periódicamente se debe monitorear la opinión de los clientes sobre los productos/servicios que se les está ofreciendo. En cualquier oportunidad, se debe asegurar que se comprende perfectamente lo que desea el cliente.

#### 2.3.4. Definir el plan de trabajo a seguir.

Este es el punto crítico de todo el proceso. Hay que definir muy claramente qué criterio se va a seguir.

#### 2.3.5. Formación de los grupos de trabajo.

Los grupos de trabajo deben de tener las siguientes características:

1. Estar formados de 5 a 12 personas máximo. Se ha comprobado que en grupos mayores se dificulta la comunicación y su acción se vuelve lenta e ineficiente.

2. Estar formados por personas de todas las áreas de la empresa. El objetivo de los grupos de trabajo es resolver problemas de manera creativa. Es más fácil resolver un problema cuando se analiza desde todos los puntos de vista posibles. Una manera de obtener esto es conjuntando personal de producción, ingeniería, mantenimiento, ventas, compras, etc. Esto ofrece la ventaja importante de que se derriban las barreras entre departamentos y se incrementa la comunicación.

3. (Deseable) Para iniciar el PMC, se recomienda que las personas que integren el primer grupo sean personas que ya estén entusiasmadas con la filosofía de calidad, o que por lo menos acepten más fácilmente los cambios que esto implica. De esta manera, el inicio del PMC sufrirá menos retrasos y problemas.

4. Las personas que intervengan en los grupos de trabajo deben estar capacitadas en las técnicas estadísticas básicas, con el objeto de que las utilicen como herramientas. Una técnica estadística, en cierta manera, no es más que una manera ordenada de pensar y de manejar los datos. Dicha técnica no "piensa", ni "nos resuelve problemas", simplemente nos ayuda a obtener información ordenada que podemos utilizar fácilmente para hacer un juicio o tomar una decisión.

Entre las herramientas básicas se encuentran:

1. **Uso de Gráficos de Control.** Para reunir los datos necesarios para definir si existe un problema, y la naturaleza de éste, es decir, si se debe a causas especiales o causas debidas al azar.

2. **Uso de Diagramas de Pareto.** Esta técnica sirve para priorizar los problemas identificados en el Punto 1. Estudios estadísticos han determinado que el 80% de los efectos se deben al 20% de las causas. Dicho de otra manera, tenemos uno o dos problemas que impactan mucho en el producto, y muchos más que casi no impactan. Al efectuar este Diagrama, se puede cuantificar la severidad de cada problema, para así actuar más eficientemente y atacar los problemas importantes primero, dejando los de menor efecto para después.

3. Identificado el problema que se va a atacar, se utiliza un Diagrama de Ishikawa para reunir toda la información posible sobre las causas de los problemas, así también como las posibles decisiones. En este punto, la técnica propicia internamente una lluvia de ideas, en la que el grupo participa activamente. Una cosa importante: toda idea debe ser tomada en cuenta. Obviamente, las personas expertas en el tema pueden despreciar una idea ingenua de una persona externa, pero en este caso, esta situación no se debe permitir, ya que inhibe la participación.

Mientras más ideas se reciban, mejor. Una vez agotadas todas las opciones, se elige, esta vez contando con la opinión experta, interna o externa, si es necesario, un grupo de soluciones que se consideren como las más probables o posibles.

4. Estas soluciones se prueban, una por una, en el proceso, observándose sus efectos. Si no se encuentra la solución verdadera entre la soluciones escogidas, se regresa al diagrama de Ishikawa.

Es muy importante que las soluciones propuestas por los grupos de trabajo sean apoyadas por la Gerencia, y que, de ser necesario, le sean otorgados fondos para realizar cambios en el proceso o en el equipo. En sí, el mensaje es tener confianza en los grupos de trabajo.

5. Una vez implementado el cambio, se verifica que el problema se haya erradicado (aquí vuelven a ser una gran ayuda los gráficos de control). De ser así, se realizan las modificaciones pertinentes en los procedimientos, especificaciones, estándares, etc.

6. Posteriormente al cambio, se debe asegurar que todo el personal sea informado del cambio realizado y de que tal cambio se mantenga.

Además de una capacitación básica en estas herramientas, el grupo debe contar con educación básica en materia de la filosofía de calidad, para que pueda ver hacia dónde lo está llevando los pasos que está implantado.

5. En estos equipos de trabajo, frecuentemente se nombra un líder. Aparte del líder, el supervisor tiene un rol activo en el grupo de trabajo, ayuda a entrenar a sus empleados, promueve la solución de problemas en grupo, participa en las presentaciones gerenciales y actúa como asesor técnico.

Por otro lado, el líder es elegido por los miembros del grupo, programa y realiza las reuniones, asegura que los datos se estén recopilando y publica las minutas con los resultados. Este puesto es rotativo.

#### **2.3.6. Objetivos de los grupos de trabajo.**

Los grupos de trabajo constituyen los eslabones que conforman la cadena de un PMC. Han sido denominados de diferentes maneras por muchas empresas: "círculos de calidad", "grupos autónomos de trabajo", "grupos de mejora de proceso", pero su función es básicamente la misma.

Entre los objetivos de un grupo de trabajo se encuentran:

1. Resolver problemas existentes en el producto o en el proceso, por medio de técnicas estadísticas y de solución de problemas.
2. Establecer lazos de comunicación entre diferentes áreas o departamentos de una empresa.
3. Proponer mejoras al equipo y proceso existente. En este punto creo que es necesario extenderse un poco. El éxito de los "círculos de calidad" japoneses fue precisamente el cúmulo de ideas de mejora generadas por estos grupos de personas. La idea es simple: proponer mejoras que nos hagan la vida más amable. Es sorprendente la creatividad cautiva que oculta la gente. Al proponerse generar ideas que mejoren la condición actual, se dispara un gatillo que difícilmente se detiene. El punto clave, por parte de la Gerencia, es éste: no detener las ideas del personal, si son adecuadas, ponerlas en práctica de inmediato; si no lo son, explicar porqué.
4. Una característica esencial de estos grupos es que sean flexibles. Esto es aplicable sobre todo a nivel obrero. Tradicionalmente se manejaba una administración por especialización, donde cada obrero es capacitado para realizar una sola labor. Entre los problemas que presentaba este sistema, está obviamente el que si el obrero faltaba, no había quién realizara su labor.

Ahora, se busca un sistema en donde los obreros sean capacitados en múltiples operaciones, es decir, la operación sea flexible. Entre los beneficios que implica este sistema se encuentran:

\* Se puede eficientar el sistema para que un operador se haga cargo de dos o más máquinas, en el mismo tiempo; y, disponiéndolo de manera adecuada, con el mismo esfuerzo.

\* El operador se siente entusiasmado por mejorarse y aumentar sus habilidades, mismas que, al diversificarse, se cotizarán mejor.

\* Se puede rotar al personal para evitar el estancamiento y el aburrimiento de efectuar sólo una tarea.

### 2.3.7. Metodología de funcionamiento de los grupos de trabajo.

Los grupos de trabajo funcionan para solucionar problemas. Estos grupos comprueban que los trabajadores, no los inspectores, son los que controlan la calidad del producto que fabrican.

El primer paso es la selección del proyecto. Muchas veces ésto no es fácil. Se debe llegar a las decisiones por consenso general. Consenso general significa que el grupo entero está de acuerdo con la decisión tomada. Para la selección del proyecto se deben de tomar en cuenta varios factores:

- a) Qué problema se ha presentado con más frecuencia y por más tiempo
- b) Qué problema, al solucionarse, traerá una reducción en los costos del proceso
- c) Cómo se relacionan dos o más problemas entre sí
- d) Qué problema afecta el proceso de ensamblaje del producto

Los grupos tienen después, un procedimiento paso por paso para resolver problemas. Los cinco pasos para la solución de problemas son:

1) **Definición del problema.** Antes que nada hay que definir cuál es el problema. Muchas veces hay problemas "aparentes" que realmente entrañan otros más complejos en el fondo.

2) **Solución a corto plazo.** Esto comprende varios pasos: en primera, se aísla el producto/proceso de manera que no dañe otras áreas o pasos subsiguientes en el proceso. Después se aplica una solución momentánea y rápida. Esto es como "poner un parche". Lo más importante es no detenerse en este paso.

3) **Buscar la raíz o causa del problema.** Generalmente, esto se lleva a cabo en juntas semanales de aproximadamente una hora.

Para que el método sea efectivo, también deben de ser efectivas las juntas. Desafortunadamente, en la mayoría de los casos las juntas son aburridas, más largas de lo necesario y bastante improductivas. ¿Qué se puede hacer para aprovechar al máximo las juntas de calidad? M. Frohman propone algunas recomendaciones en su artículo "Improve group problem solving" (Hydrocarbon Processing, July 1988):

- \* Mantener los grupos máximo de 12 personas

- \* Todo el grupo debe entender y aceptar los objetivos de la junta, es decir, todo el grupo entiende cuál es el problema que el problema debe solucionarse

- \* El ambiente de la junta es informal, las instalaciones son cómodas

- \* La plática se centra en el problema y los miembros deben sentirse libres de participar

- \* Las personas escuchan. Todas las opiniones son atendidas.

- \* Se aceptan las diferencias y desacuerdos, no se evitan. Las diferencias no se toman personalmente.

- \* Los métodos de decisión son por mayoría de votos o consenso general. Si hay restricciones de tiempo o información, el grupo es informado de ello previamente.

- \* El líder no domina, sino que pone atención a los procesos de grupo, como comunicación, participación, métodos de decisión, y administración de conflictos.

- \* Se asignan programas de acción y responsables antes de que se considere resuelto el problema. Se toman notas y se distribuyen a los participantes. Se programan reuniones de revisión y medida del avance.

- \* Los miembros del grupo se sienten bien con su compromiso y tienen la autoridad suficiente para solucionar la situación.

4) **Implantar una acción correctiva.** Esta acción debe eliminar el problema de raíz.

5) **Seguimiento a la acción correctiva.** Es muy importante prevenir la recurrencia del problema. Se debe asegurar que en este punto se incluya un estudio para evitar que el problema retorne, y que se estandarice y se formalice la acción correctiva. Si ésta no es la adecuada, se regresa al punto (3).

Los grupos de trabajo tienen a su disposición varias técnicas que ya han sido mencionadas con anterioridad para la solución. Estas herramientas son:

- Lluvia de ideas
- Diagrama de Pareto
- Diagrama de Ishikawa
- Gráficas e histogramas
- Paquetes para la presentación de resultados

#### 2.3.8. Beneficios obtenidos al implantar grupos de trabajo.

Entre los beneficios obtenidos al formar estos grupos se encuentran:

- \* Desarrollar la creatividad del personal.
- \* Oportunidad en la toma de decisiones. Los operadores, quienes son los que realmente conocen el proceso, toman decisiones rápidas antes de que el problema llegue a mayores. La misma acción de tomar decisiones los hace cada vez más autónomos y confiables.
- \* Promueve el trabajo en equipo.
- \* Desarrollo intelectual. El trabajador se concentra en conocer más su proceso y en analizarlo a consciencia para poder sugerir ideas de mejora.
- \* Soluciones a problemas del grupo (técnicas de análisis, aplicación de los cinco pasos de solución de problemas).
- \* Reduce los motivos de quejas. El trabajador se siente más atraído hacia modificar aquello que no le agrada de su trabajo, en lugar de quejarse de ello.
- \* Contribuye a mejorar la productividad y la calidad.

### 2.3.9. Obstáculos más comunes para lograr desarrollar un PMC.

Bien dicen que en esta vida nada es fácil, y desarrollar un PMC no es una excepción. Analizando un poco, se descubre que los principales obstáculos para el desarrollo de un PMC se encuentran en la gente. Por supuesto, muchas veces hay impedimentos de tipo técnico e inclusive de tipo económico, pero realmente esto es menos probable.

1. El poco apoyo de la Alta Gerencia para desarrollar el PMC. Esto se puede presentar de dos formas: o que la Gerencia no apoye el PMC desde el principio, ya sea por ignorancia, o porque piense que no es necesario, etc., o que el apoyo no sea sincero; esto es, que la Gerencia piense que un PMC brinda resultados que no logra en realidad.

2. El sindicato es otro obstáculo frecuentemente encontrado por un PMC. Esto se debe a que el sindicato frecuentemente opina que el reacomodo de labores, la reeducación del personal y la optimización de la producción llevará consecuentemente al despido del personal. Esta situación es crítica y requiere de mucha labor de comunicación para vencer esta barrera.

3. La resistencia al cambio. Este es un factor que se presenta frecuentemente entre los seres humanos. La resistencia al cambio se presenta por uno o varios de los siguientes factores: intereses propios amenazados, una percepción distorsionada del cambio propuesto, un desacuerdo con los objetivos del cambio, una resistencia psicológica al cambio y una baja tolerancia al mismo.

La razón principal para la resistencia al cambio es, como lo proponen Randolph New y Daniel Singer en su artículo "Understanding Why People Reject New Ideas Helps IEs Convert Resistance Into Acceptance" (Industrial Engineering, May, 1983 pp. 51-54, 56, 57), la anticipación de que los costos personales del cambio potencial serán mayores que los beneficios. Tales costos pueden ser financieros, como una reducción en el salario, etc., o no financieros, como un aumento en el nivel de trabajo.

Para vencer la resistencia al cambio, existen los siguientes métodos:

Participación: El objetivo es hacer que aquellos afectados por el cambio participen en su desarrollo e implantación, aumentando su compromiso con el éxito del cambio y haciendo que se sientan dueños del mismo, además de satisfacer necesidades de apreciación de los logros y reconocimiento al trabajo.

**Educación:** Es el proceso de proporcionar información a los involucrados. Como una estrategia del cambio, el enfoque de la educación es darle al individuo el entendimiento del raciocinio del cambio.

**Uso de un agente externo:** El uso de un agente externo que explique y lleve a cabo el cambio sirve para que el individuo afectado con el cambio no asocie éste directamente con la empresa, sino con un intermediario objetivo e imparcial. Este efecto se incrementa si el agente externo es conocido internacionalmente.

**Incentivos:** Es importante que estén relacionados íntimamente con la implementación exitosa del cambio propuesto. Esto ayuda a asegurar un compromiso personal con el cambio. Si las partes que resisten el cambio son poderosas y claramente tienen algo que perder, el uso de incentivos puede ser el curso óptimo de acción dado los costos y beneficios del cambio propuesto.

**Introducción gradual:** Separar un gran cambio en series de cambios menores que ocurren a través del tiempo es una técnica poderosa para vencer la resistencia al cambio. Muchos individuos aceptan una serie de pequeños cambios, pero sin embargo resisten un gran cambio.

#### 2.4. Mantenimiento preventivo.

Además de los grupos de trabajo, que están enfocados principalmente a la solución de problemas y a la mejora de procesos y equipos, se encuentra el Mantenimiento Preventivo. Este no es un tema nuevo, aunque sí bastante descuidado. Pocas empresas le dan al Mantenimiento Preventivo la importancia que merece, y esto causa mucho dinero y tiempo perdido.

Richard Tersine, en su artículo "Preventive Maintenance: A path to higher productivity" (S.A.M. Advanced Management Journal, Spring, 1983), indica que los principales objetivos del mantenimiento son:

1. Extender la vida útil de todos los bienes (edificios, equipo, etc.)
2. Asegurar la disponibilidad óptima del equipo instalado para la producción o servicio, y así obtener la máxima tasa de retorno de inversión posible
3. Asegurar la disponibilidad operacional, en todo momento, de todos los equipos requeridos para usos de emergencia, como unidades de rescate y contraincendio

#### 4. Asegurar la seguridad del personal al usar la maquinaria y equipo

El objetivo de un programa de mantenimiento preventivo es desempeñar las labores necesarias para mantener el equipo de producción operando, con el mínimo de paros de producción y a un costo mínimo. Algunas de las labores de un programa de mantenimiento preventivo son: reunir datos del equipo, efectuar análisis de costos, inspección y reporte, servicio y lubricación, mantenimiento de bitácoras de equipos y análisis, y predicciones de fallas en el equipo.

Un análisis general de las siguientes preguntas permitirá a la administración obtener un programa adecuado de inspección:

1. ¿Es la pieza o parte de la pieza un factor crítico?

Si una falla causa un paro mayor, un daño costoso o lesiones a un empleado, seguramente se necesitará un programa de mantenimiento preventivo.

2. ¿Hay equipo de repuesto disponible en caso de una falla?

Si la carga de trabajo puede redirigirse a otro equipo, entonces la necesidad de un programa de MP se enfoca a otras áreas, como el costo del mantenimiento de una falla.

3. ¿Excede el costo de un programa de mantenimiento preventivo el de un paro y el costo de reparación? Si es así, un MP tal vez no se justifique.

4. ¿Excede la vida normal del equipo sin el MP las necesidades de producción? Si se espera que se presente primero la obsolescencia que el desgaste, un programa de MP puede ser un desperdicio de tiempo y recursos.

Después de que se decide qué equipo se va a inspeccionar, se debe elaborar una hoja de comprobación de las piezas a revisar. Esta lista debe elaborarse a partir de una revisión del manual de servicio y de experiencias pasadas. Las listas deben enumerar todos los puntos a verificar por el inspector en cada pieza o equipo o propiedad.

La frecuencia de inspección dependerá de la edad, condición y función crítica del equipo. También se debe tomar en cuenta el grado de servicio, los requerimientos de seguridad, las horas de operación, la susceptibilidad de desgaste o daño y la tolerancia.

Un buen programa de mantenimiento preventivo se base en un buen registro de datos. Sin un análisis de la información proporcionada continuamente por los reportes rutinarios de inspección, la mitad de los beneficios del MP se desperdiciarán.

## 2.5. Casos de Estudio

En su artículo "Quality Control Circles in Saudi Arabia: A Case Study" (Production and Inventory Management Journal, Fourth Quarter, 1989), el Dr. Dean Elmudi presenta el caso de una compañía multinacional, diversificada, sin sindicatos localizada en el área urbana de Arabia Saudita.

Las operaciones eran primeramente continuas, pero la planta no estaba bien financieramente debido a baja productividad, altos costos de operación, alto ausentismo y competencia extranjera intensiva.

En respuesta a estos problemas, la administración de la planta decidió implantar un programa de círculos de calidad a escala experimental. Se contrató un grupo de consultoría japonés. Se estableció un comité apropiado entre la Alta y Mediana Gerencia a través de la compañía, para prevenir que se establecieran objetivos inapropiados, fechas límites no realistas o cambios en el diseño básico del programa.

La Alta Gerencia accedió a comprometer recursos para desarrollar a los empleados, construir trabajo en equipo y abrir los canales de comunicación.

Los empleados elegibles para ser voluntarios en el programa eran trabajadores directos de producción, incluyendo técnicos y operadores. Los 49 voluntarios fueron entrenados por siete días por el grupo consultor y colocados en 5 círculos de calidad. El programa de entrenamiento consistió en técnicas para solución de problemas, dinámica de grupos, métodos para identificar problemas, establecer prioridades, descubrir causas y proponer soluciones.

Se midieron antes y después de la aplicación de los círculos de calidad, factores tales como: la satisfacción con el trabajo, productividad y la adaptabilidad al cambio, tanto para los participantes como para los no participantes.

Como resultados, se obtuvo que la diferencia entre los participantes y los no participantes era estadísticamente significativa. Para los participantes, la eficiencia mejoró de un 76% a un 90%, la productividad de un 62% a un 72%, mientras que el ausentismo promedio bajo de 18 días a 7 días/año. Además, la inversión en capacitación se recuperó en menos de dos años.

**CAPITULO III:**  
**TECNICAS ESTADISTICAS**  
**QUE APOYAN UN**  
**PMC**

## **CAPITULO TRES: TECNICAS ESTADISTICAS UTILIZADAS EN EL PROCESO DE MEJORA DE CALIDAD.**

### **1. Introducción.**

#### **1.1. Dos maneras de ver las técnicas estadísticas**

En los últimos años ha habido un creciente interés en la aplicación de la Estadística en el Control de Calidad y en los procesos de transformación.

Empezaremos a explicar el criterio que divide a las técnicas estadísticas, según lo expuesto por T.L. Koehler en su artículo "How Statistics Apply to Chemical Processes", Chemical Engineering, December 12, 1960, pp. 142-152 :

#### 1. Técnicas Deductivas

Estas técnicas comprenden aquellas en las que a partir de la recolección de datos se obtienen conclusiones sobre el comportamiento de los datos. Estas técnicas se denominan control estadístico de la calidad.

#### 2. Técnicas Inductivas

Las técnicas basadas en un proceso de razonamiento inductivo se denominan diseño de experimentos, y son aquellas en las que se propone una hipótesis y luego se trata de reunir datos que apoyen o comprueben tal hipótesis.

### Control Estadístico de la Calidad. Cartas de Control.

Como se ha mencionado en el Capítulo I, el Dr. Walter A. Shewhart es el padre del control estadístico de la calidad, al darse cuenta que el advenimiento de la producción en masa había dejado un enorme hueco en los métodos utilizados para obtener un buen material manufacturado.

Antes de la producción en masa el trabajador era su propio inspector. Con la llegada de la primera, no era posible la inspección particular, y, en consecuencia, el primer "logro" de la producción en masa fue el de producir más productos mediocres.

Shewhart se concentró en dos aspectos del control de calidad: el muestreo, en donde se pueden examinar grandes lotes de material tomando pequeñas muestras, y las cartas de control, en donde se instalaron como un procedimiento de inspección en varios puntos del proceso, con el fin de rechazar o corregir el material defectuoso tan pronto como fuera posible.

La siguiente secuencia describe el proceso de razonamiento deductivo:

1. Recolectar datos de un proceso que opera aparentemente en una forma normal.
2. Por medio de algún análisis, seleccionar aquellos puntos que parezcan refutar la hipótesis de la operación normal.
3. Intentar asignar una causa para los datos anormales.

Las cartas de control son particularmente importantes en el Punto Número 2, ya que muestran las tendencias del comportamiento del proceso, y un buen análisis puede identificar causas especiales o normales de variación antes de que provoquen rechazos en el producto.

Para poder detectar estas causas de variación es indispensable, antes que nada, seleccionar algún punto en el proceso en el que se pueda obtener una cantidad significativa.

Posteriormente se procede a reunir datos, y graficar promedios y rangos de las diferentes observaciones. Una vez que se ha reunido una cantidad suficiente de datos, se pueden establecer los límites de control. El principio es que, dentro de una operación normal, la mayoría de los puntos graficados caerán dentro de estos límites.

Cuando se observa algún comportamiento inusual en la carta, es el trabajo del personal relacionar este comportamiento con una característica del proceso. Esto en principio suena muy fácil, pero en la práctica resulta complicado, ya que puede haber pistas falsas y resultados incorrectos.

Durante los años que han transcurrido desde su invención, la carta de control ha sufrido muchas modificaciones, en el esfuerzo por hacerla más fácil de utilizar, tanto por obreros como por oficinistas.

Particularmente se puede observar la Carta de Sumas Acumuladas, en esta carta, se va graficando la suma de las diferencias de los datos obtenidos con respecto al promedio del proceso. Las ventajas de esta carta son:

1. La Carta de Sumas Acumuladas detectará más rápidamente un cambio en nivel que una carta de control normal.
2. El punto preciso en el tiempo en que ocurre un cambio se define más exactamente.

El Anexo 3.1. muestra un ejemplo de una carta de control normal y una carta de sumas acumuladas.

## 2. Diseño de Experimentos

Las técnicas que se conocen como diseño de experimentos se basan en un sistema de razonamiento inductivo. Este método puede consistir de los siguientes pasos:

1. Preparar una lista de las variables potenciales en la operación de manufactura.
2. Cambiar las variables de una manera preestablecida.
3. Observar la respuesta.
4. Expresar cuantitativamente la relación entre las variables de control y respuesta.

Es importante aclarar en este momento cómo encaja el diseño de experimentos dentro del desarrollo típico de un proceso cualquiera, o de un proceso de mejoramiento. A continuación se presenta un esquema de cómo se puede incrementar el conocimiento por medio de un proceso secuencial de selección de hipótesis y experimentación. Las técnicas estadísticas auxilian tanto en la selección de un patrón de experimentación efectivo, como en presentar los datos reunidos en un manera útil y fácil de entender.

Para establecer un diseño de experimentos, lo primero es decidir el número de variables a manejar. En ciertos casos, más bien raros, la relación entre la causa y el efecto será lineal, es decir, el proceso se verá afectado por una sola variable. En la vida real, esto no sucede generalmente, siendo un comportamiento dado influenciado por la combinación de dos o más variables. Para poder saber cuántas variables intervienen en el proceso, una aproximación razonable es observar los efectos de variar el nivel de la variable. Si se piensa que hay dos o más variables involucradas, se puede probar un nivel alto y bajo para cada variable y realizar experimentos con todas las combinaciones de los niveles.

Es posible que la relación funcional entre ambas variables sea cuadrática, es decir, que llegue a un máximo para luego decaer, y puede suceder que los dos puntos escogidos "esquiven" el máximo, sin mostrar un efecto relevante. Por lo tanto, se añade usualmente un punto central como una protección parcial.

Una vez que se ha decidido el número de las variables, se deben tomar diversas decisiones antes de elegir un diseño en particular. Entre las susodichas decisiones se encuentran:

1. La forma en que cada variable va a ser manejada, es decir, tal vez convenga expresar la variable como un inverso, un logaritmo, etc.
2. Elegir el rango en el que se va a estudiar la variable. En la mayoría de los casos, al inicio del estudio este valor no pasa de ser un valor supuesto, que la experiencia del personal y su conocimiento previo pueden ayudar a ser algo más exacto.
3. Al aumentar el número de variables, el número de combinaciones posibles, y por ende, el número de corridas experimentales puede ser demasiado largo. Por lo tanto, bajo ciertas condiciones y realizando ciertas suposiciones, se puede seleccionar una porción del diseño a correr y analizar. Esto se llama "fraccionamiento" del diseño.

## 1.2. Los datos, el corazón de la estadística

Sin datos, no puede existir una evaluación estadística, pero aún teniendo datos, si éstos no son confiables, la mejor técnica estadística no genera resultado alguno.

En su artículo "How good are your data really?" (Chemtech, marzo 1988), John Taylor explica que es un desperdicio de tiempo y de neuronas obtener un número - realizar una medición-, si no estamos seguros de que tal cifra va a responder una pregunta. La calidad debe encontrarse desde la medición.

Es obvio decir que los datos siempre son necesarios para hacer una decisión. Si las decisiones son críticas, los datos no sólo deben ser técnicamente lógicos, sino defendibles.

Para la calidad, específicamente la calidad en la medición, no existen atajos. A veces se cree que se puede "eliminar" la variación promediando un número bastante grande de datos, pero, aunque puede ser útil en algunos casos, se debe de conocer la precisión de la medición, ya que la precisión de la media disminuye por un factor del inverso de la raíz cuadrada del número de datos. En el caso de una medición muy imprecisa, el número requerido de datos necesitaría ser muy grande.

Se necesita tener no sólo un buen técnico para obtener los datos, ni un servicio atento de calibración, sino todo un Modelo, como el mostrado en la Figura 3.1 que perpetúe la obtención de datos confiables.

### **1. Modelo Correcto**

Todo empieza con un concepto apropiado, un "modelo" del problema a resolver, que sea fácil de comprender por todas las personas involucradas, con suficiente información sobre el asunto.

### **2. Plan a prueba de errores**

Frecuentemente, esto se logra desarrollando un Diagrama de Flujo de las mediciones consecuentes y de las decisiones que provocan, de esta manera se observa la trascendencia de las mediciones y sus posibles efectos. El plan a prueba de errores consiste en analizar cada uno de los pasos eliminando los errores que pueda cometer el operario debido a la imprecisión del método, mala calibración, etc.

### **3. Muestras representativas**

La muestra debe de ser "relevante", es decir representativa o relacionada estadísticamente a la mayor porción de la población. Dicho de otra manera, las muestras representativas deben encontrarse en el rango de mayor frecuencia de aparición de los eventos. Esto puede lograrse con métodos adecuados de muestreo.

### **4. Metodología Apropiada**

Todos los pasos a llevarse a cabo durante la realización de una medición deben de estar apropiadamente descritos en un procedimiento. La instrucción en los procedimientos debe efectuarse a conciencia, con frecuentes verificaciones para evitar desviaciones. Esto no quiere decir que los cambios estén prohibidos, sino que tales cambios, una vez aprobados, deben incorporarse inmediatamente a los procedimientos estandarizados.

# Modelo

## Solucion de problema

- Problema
- Modelo correcto
- Plan a prueba de errores
- Muestras representativas
- Metodologia apropiada
- Calibracion adecuada
- Aseguramiento de calidad

Figura 3.1.

## 5. Calibración adecuada

Una calibración es vital para determinar la precisión y exactitud de una medición. Es una responsabilidad primaria la de supervisar que personal capacitado calibre los equipos de medición.

## 6. Aseguramiento de la Calidad

El sistema de medición debe operar bajo un buen proceso de aseguramiento y mejora de la calidad, que haga posible la evaluación estadística de los datos producidos. El proceso debe ser estable y bajo control.

Otros tópicos relacionados con la obtención de datos son los siguientes:

- \* Se debe de conocer con certeza exactamente qué es lo que se está midiendo
- \* Los datos que no tienen valores de incertidumbre límites debidamente documentados son prácticamente inútiles
- \* Se pueden efectuar correlaciones con materiales estándar de referencia
- \* Las principales causas de una calidad pobre en los datos son: la ignorancia del analista, un control pobre de la calidad, instalaciones inadecuadas y una mala actitud.

### ¿Cómo se puede obtener alta calidad en los datos?

El Sr. Taylor propone un "Decálogo para el Analista", mismo que contiene ideas muy interesantes.

1. Adquiera un conocimiento total y desarrolle su experiencia técnica en cada una de las áreas en que sus servicios analíticos sean requeridos
2. Compronda en toda la extensión de la palabra, todos los problemas en los que se requiera de sus servicios analíticos. Asegure la validez del acercamiento elegido; entienda las limitaciones de las mediciones y discútalas con los clientes, según sea apropiado
3. Use exclusivamente metodología apropiada
4. Demuestre el control estadístico del sistema de medición antes que se hagan mediciones definitivas

5. **Calibre** a la extensión necesaria y posible todos los equipos, y colabore con actividades de intercalibración según sea apropiado para minimizar la probabilidad de errores en un sólo laboratorio

6. **Utilice** buenas prácticas de laboratorio y buenos métodos de medición en todos los aspectos de los procesos de muestreo y medición

7. **Provea** o haga accesible límites de incertidumbre de todos los datos reportados, incluyendo los límites de incertidumbre debidos al muestreo y a la medición, soportados por evidencia estadística o juicio profesional, como sea pertinente; defina claramente las bases para todas las interpretaciones provistas de los datos medidos

8. **Confirme** la identificación cualitativa de todos los parámetros medidos y provea de evidencia de soporte según sea necesario

9. **Retenga** todas las muestras, datos y evidencia documental según se necesite por un período de tiempo de acuerdo con su importancia.

## **TECNICAS GRAFICAS PARA LA SOLUCION DE PROBLEMAS**

### **2.1. Identificación del Problema**

#### **2.1.1. Diagrama de flujo.**

El Diagrama de Flujo es una representación gráfica que muestra todos los pasos de un proceso. Este diagrama provee una excelente documentación de un programa y puede ser una herramienta útil para examinar cómo se relacionan unos con otros los pasos de un proceso.

El Diagrama de Flujo utiliza símbolos fáciles de reconocer para representar el tipo de operación realizada. No existe una simbología universal, lo importante es que sea fácil de seguir por todo el personal involucrado.

Estudiando estos diagramas por lo general se descubren vacíos que son fuentes potenciales de problemas, o bien, descubrir ciclos que sean muy lentos o que involucren pasos superfluos. Estos Diagramas de Flujo pueden ser aplicados en cualquier área, por ejemplo, tanto para elaborar una factura, como para elaborar un programa de computación, o una igualación de color en un material plástico.

# Técnicas Gráficas

## Solución de problemas

### Identificación

Diagrama  
de flujo

Hoja de  
inspección

Gráfico de  
Pareto

Diagrama de  
causa y  
efecto

Gráfico de  
desarrollo

### Análisis

Histograma

Diagrama de  
dispersión

Gráfico de  
control

Figura 3.2.

Para elaborar un Diagrama de Flujo, las personas con el mayor conocimiento de un proceso deberán de:

1. Trazar un Diagrama de Flujo del proceso, indicando los pasos que éste sigue actualmente.
2. Trazar un Diagrama de Flujo del proceso, indicando los pasos que el mismo debiera seguir si todo trabajara correctamente.
3. Comparar los diagramas para encontrar las diferencias, ya que ahí es donde radica el problema.

En el Anexo 3.2. se muestra una lista de los símbolos más comunes, así como de algunos ejemplos de diagramas, tanto administrativos como técnicos.

#### **Consejos para la Elaboración e Interpretación de Diagramas de Flujo**

1. Defina claramente los límites del proceso.
2. Utilice los símbolos más sencillos posibles.
3. Asegúrese de que cada paso tenga una salida.
4. Por lo general solamente sale una flecha de los bloques de proceso; de no ser así, podría requerirse el uso de un bloque de decisión.

#### **2.1.2. Hoja de Inspección**

Las Hojas de Inspección son formas fáciles de comprender para contestar a la pregunta "¿Qué tan frecuentemente ocurren ciertos eventos?". Empieza el proceso de convertir "opiniones" en "hechos". Para la elaboración de una Hoja de Inspección se requiere lo siguiente:

1. Estar de acuerdo sobre qué evento está exactamente siendo observado. Todos deben enfocar lo mismo.
2. Decidir el período de tiempo durante el cual serán recolectados los datos. Esto puede variar de horas a semanas.
3. Diseñar una forma que sea clara y fácil de usar; asegúrese de que todas las columnas estén claramente descritas y de que haya suficiente espacio para registrar los datos.
4. Obtener los datos de una manera consistente y honesta. Asegúrese de que se ha dedicado el tiempo necesario para esa labor.

En el Anexo 3.3. se ilustran algunos ejemplos de Hojas de Inspección.

### **Consejos para la Elaboración e Interpretación de las Hojas de Inspección**

1. Asegúrese de que las muestras/observaciones sean tomadas al azar.
2. Asegúrese de que el proceso de muestreo es eficiente de manera que las personas tengan tiempo de hacerlo.
3. La población (universo) a ser muestreada debe ser homogénea, si no lo es, el primer paso debe ser la estratificación (agrupación) para el análisis de las muestras el cual debe ser hecho individualmente.

### **2.3. Técnicas Intermedias**

#### **2.3.1. Diagrama de Pareto**

El Diagrama de Pareto es una forma especial de gráfico de barras verticales el cual ayuda a determinar qué problemas resolver y en qué orden. El hecho de hacer un Diagrama de Pareto basado en Hojas de Inspección o en otras formas de recolección de datos nos ayuda a dirigir nuestra atención y esfuerzos a los problemas realmente importantes. Obtendremos mejores resultados al analizar los problemas en orden de importancia.

El Diagrama de Pareto se basa en el hecho de que el 80% de los efectos se debe al 20% de las causas, es decir, que existen generalmente efectos muy importantes que deben resolverse primero.

#### **Pasos para la Elaboración de un Gráfico de Pareto**

1. Seleccione los problemas a ser comparados y ordénelos por categoría de acuerdo a lo siguiente:
  - a) **Lluvia de ideas**, por ejemplo: ¿Cuáles son los principales problemas en el Departamento A?
  - b) **Utilizando los Datos Existentes**, por ejemplo: "Para establecer las áreas problemáticas más importantes veamos los reportes de calidad generados durante el mes pasado en el Departamento A".
2. Seleccione la unidad de medición del patrón de comparación, por ejemplo: el costo anual, la frecuencia, etc.
3. Seleccione el período de tiempo a ser estudiado, por ejemplo: 8 horas, 8 días, 8 semanas, etc.

4. Reúna los datos necesarios de cada categoría, por ejemplo: "El defecto A ocurrió X veces en los últimos 6 meses"
5. Compare la frecuencia o costo de cada categoría respecto a las demás.
6. Enumere en orden decreciente de frecuencia o costo y de izquierda a derecha sobre el eje horizontal las diferentes categorías; las categorías que contengan menos artículos pueden ser combinadas en la categoría denominada "otros" la cual es colocada en el extremo derecho de la clasificación.
7. Arriba de cada categoría o clasificación dibuje una barra cuya altura represente la frecuencia o costo de esa clasificación.

#### Observaciones Adicionales

a) Frecuentemente los datos representativos a las frecuencias o a los costos de las categorías son representados en el eje vertical izquierdo y su respectivo porcentaje en el eje vertical derecho. Asegúrese de que los dos ejes estén a escala, por ejemplo: el 100% de la escala del eje vertical derecho es equivalente al costo o a la frecuencia total representada en el eje vertical izquierdo; el 50% equivale a la mitad del valor total representado.

b) Desde la esquina superior derecha de la barra más alta y moviéndose de izquierda a derecha a través de las categorías se puede trazar una línea que nos muestre la frecuencia acumulada de las categorías. Haciendo esto podríamos contestar preguntas tales como "¿Cuánto del total es representado por las tres primeras categorías?"

En el Anexo 3.4. se muestran algunos ejemplos de Diagramas de Pareto.

#### Consejos para la Elaboración e Interpretación de Diagramas de Pareto

1. Utilice el sentido común: los eventos más frecuentes o más costosos no son siempre los más importantes, por ejemplo, dos accidentes fatales requieren más atención que 100 cortaduras en los dedos.
2. Marque el Diagrama claramente para mostrar el patrón de medición

### 2.2.2. Diagrama de Causa y Efecto

Este Diagrama constituye la aportación más conocida del Dr. Ishikawa para encontrar las causas de un problema específico. Aplicada adecuadamente, es una herramienta poderosa en la ayuda de solución de problemas.

El Diagrama de Causa y Efecto fue desarrollado para representar la relación entre algún efecto y todas las posibles causas que lo influyen. El efecto o problema es colocado en el lado derecho del Diagrama y las influencias o causas principales son listadas a su izquierda. Empiece tratando de seleccionar un problema que sea controlable dentro de su departamento o área de trabajo.

Los Diagramas de Causa y Efecto son trazados para ilustrar claramente las diferentes causas que afectan un proceso, identificándolas y relacionándolas unas con otras. Para cada efecto generalmente surgirán varias categorías de causas principales que pueden ser resumidas en las llamadas "5 M's":

Mano de Obra

Maquinaria

Método

Materiales

Medio Ambiente

En el área administrativa es más recomendable usar las 4 P's:

Pólizas

Procedimiento

Personal

Planta

Sin embargo, es conveniente recordar que estas categorías son sólo sugerencias. Se puede utilizar cualquier categoría principal que surja para ayudar al grupo a pensar creativamente.

Un Diagrama de Causa y Efecto bien detallado tomará la forma del esqueleto de un pescado, como ilustra la Figura 3, por lo que también recibe el nombre de Diagrama de Espinas de Pescado. De esta bien definida lista de posibles causas, las más comunes son identificadas y seleccionadas para un análisis mayor; a medida que se examine cada causa, trate de ubicar todo lo que ha cambiado así como las desviaciones de las normas o patrones. Es importante recordar que se deben curar las causas y no los síntomas del problema. Elimine todas las causas que sea posible, para dejar únicamente las verdaderamente importantes.

### **Pasos en la Construcción de un Diagrama de Causa y Efecto**

1. Empezar el proceso creando una frase que describa el problema seleccionado en términos de lo que es específicamente, dónde y cuándo ocurre, y su alcance.

2. Genere las causas necesarias para construir un Diagrama de Causa y Efecto de alguna de las siguientes maneras:

a) **Lluvia de Ideas** estructurada acerca de las posibles causas (sin preparación previa).

b) Pedir a los miembros del equipo que utilicen Hojas de Inspección simples para ubicar las posibles causas y examinar cuidadosamente los pasos del proceso de producción.

3. Elabore el Diagrama de Causa y Efecto de la siguiente forma:

a) Coloque la frase descriptiva que identifica el problema en el cuadro de la derecha.

b) Por pasos, de acuerdo al proceso de producción, anote por categoría las tradicionales causas principales o bien cualquier causa que sea útil para organizar los factores más importantes.

c) Coloque en forma apropiada en categorías principales las ideas generadas en la **Lluvia de Ideas**.

d) Para cada causa pregúntese "¿Por qué sucede?" y liste las respuestas como ramificaciones de las principales causas.

#### 4. Interpretación.

Con el fin de encontrar las causas más elementales del problema, haga lo siguiente:

- a) Observe las causas que aparecen repetidamente.
- b) Llegue al consenso del grupo.
- c) Reúna información para determinar las frecuencias relativas de las diferentes causas.

En el Anexo 3.5. se muestran algunos ejemplos de Diagramas de Causa y Efecto.

#### Consejos para la Elaboración e Interpretación del Diagrama de Causa

\* Procure no ir más allá del área de control del grupo a fin de minimizar posibles frustraciones.

\* Si las ideas tardan en llegar, utilice las principales categorías de causas como catalizadores, por ejemplo: "¿Qué estará causando en los materiales ....?"

\* Sea conciso, use pocas palabras.

\* Asegúrese de que todos estén de acuerdo con la frase descriptiva del problema.

\* El tipo de Diagrama de Causa y Efecto más utilizado es el **Análisis de Dispersión** el cual es mostrado más adelante en este capítulo. Se construye colocando las causas individuales dentro de cada categoría principal y formulándose la siguiente pregunta para cada punto. "¿Porqué sucede esta causa (dispersión)?" Otros tipos comunes de Diagramas de Causas y Efecto son los siguientes:

#### a. Clasificación según el Proceso

Lista secuencialmente todos los pasos en un proceso como en el tipo de **Análisis de Dispersión**, la misma categoría de causa es señalada por una flecha en cada paso del proceso. Las mismas preguntas son aplicadas a cada categoría de causas como en el tipo de Diagrama de **Análisis de Dispersión**.

#### b) Enumeración de Causas

Es casi idéntico al **Análisis de Dispersión**; la única diferencia real radica en el hecho de que esto permite enumerar todas las causas posibles, las cuales son organizadas en categorías de causas principales.

### **2.2.3. Gráfico de Desarrollo**

Los Gráficos de Desarrollo son usados para representar datos visualmente. Se utilizan para monitorear un sistema con el fin de ver si el promedio a largo plazo ha cambiado.

Los Gráficos de Desarrollo son la herramienta más simple de construir y de usar. Los puntos son graficados de acuerdo a como se van obteniendo. Es común graficar los resultados de un proceso tal como el tiempo muerto de una máquina, la eficiencia, el material desperdiciado, los errores tipográficos o la productividad a medida que varía con el tiempo.

Un peligro que existe al emplear un Gráfico de Desarrollo es la tendencia a creer que cada variación en la información es importante. El Gráfico de Desarrollo, al igual que las demás técnicas gráficas, debe ser usado para enfocar la atención en los verdaderos cambios vitales del sistema.

Uno de los usos más importantes del Gráfico de Desarrollo es identificar cambios o tendencias importantes en el promedio. Por ejemplo, cuando se está observando un sistema se supone que vamos a encontrar un igual número de puntos que estén por encima y por debajo del promedio. Podemos decir que cuando tenemos una corrida de nueve puntos a uno de los lados del promedio es un indicador (estadísticamente hablando) de que un evento inusitado ha ocurrido y que el promedio ha cambiado. Dichos cambios deben siempre ser investigados. Si el cambio es favorable, deberá hacerse parte permanente del sistema; si es desfavorable, deberá ser eliminado. Otro caso que puede ocurrir es una tendencia de seis o más puntos que asciendan o desciendan consecutivamente; desde luego, basados en los eventos aleatorios, se espera que ninguna de estas tendencias suceda, por lo que da suceder es un claro indicador de que un cambio importante ha ocurrido y es necesario por lo tanto investigar lo sucedido.

En el Anexo 3.6. se muestran ejemplos de Gráfico de Desarrollo.

#### **Consejos para la Elaboración e Interpretación de un Gráfico de Desarrollo**

1. El eje Y es la línea vertical de la gráfica.
2. El eje X es la línea horizontal de la gráfica.
3. Un punto marcado indica ya sea la medición o la cantidad observada o muestreada en un tiempo determinado.

4. El período de tiempo cubierto y la unidad de medición deben ser claramente marcados.

5. Debe mantenerse el orden de los datos al momento de ser recolectados ya que se está monitoreando una característica con el tiempo, siendo crítica su secuencia de graficado.

## 2.3. ANALISIS DE PROBLEMAS

### 2.3.1. Histograma

Como se ha visto, es muy útil mostrar en forma de gráficos de barras la frecuencia con que ciertos eventos ocurren (distribución de frecuencias).

Sin embargo, el Gráfico de Pareto solamente trabaja con las características de un producto o servicio, por ejemplo, tipo de defecto, problema, riesgos de seguridad, etc. (datos por atributos).

Un Histograma toma datos de mediciones, por ejemplo, temperatura, dimensiones, etc. y muestra a su vez los eventos repetidos producirán resultados que varíen con el tiempo. Un Histograma revela la cantidad de variación propia de un proceso. Un Histograma típico se asemejaría a lo representado en la Figura 4.

La curva sobrepuesta sobre el tradicional gráfico de barras es del tipo llamado "normal" debido a que la mayor parte de las observaciones caen en el centro de la distribución y el resto se distribuye a ambos lados del promedio.

Muchos datos de muestras tomadas aleatoriamente de procesos bajo control estadístico siguen esta distribución conocida como "curva de distribución normal". Otros datos muestran distribuciones con todos los datos "apilados" en puntos lejos del centro; este tipo de distribución es conocida como "sesgada". Es importante recordar que encontraremos distribuciones que debieran ser normales y no lo son; lo mismo puede suceder en distribuciones que se sabe de antemano que son sesgadas. Además de conocer la forma de distribución, se puede saber lo siguiente:

a) Si la "dispersión" de la curva cae dentro de las especificaciones. Si no es así, qué cantidad cae fuera de las mismas. (VARIABILIDAD)

b) Si la curva está centrada en el lugar debido. Podemos saber si la mayoría de los datos caen en el lado alto o en el lado bajo (SESGO).

# Ejemplo Histograma tipico

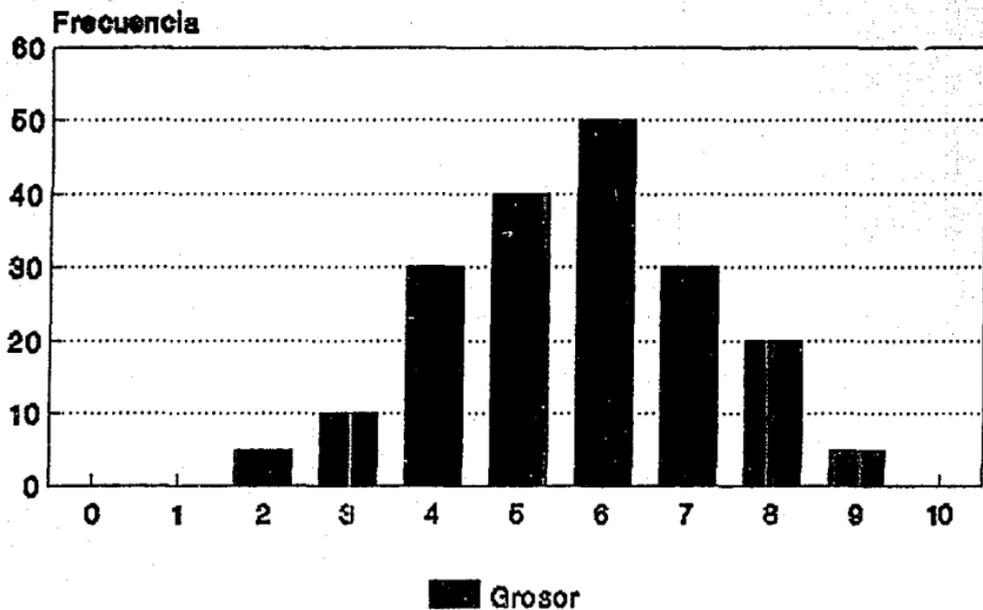


Figura 3.4.

En la Figura 3.4. se ilustran estos tipos de Histogramas.

#### **Pasos para la Elaboración de un Histograma**

1. Inicie con una serie desorganizada de números

2. Cuente el número de datos en la serie.

3. Determine el rango (la diferencia entre el valor más grande y el más pequeño) del conjunto de datos.

4. Divida el valor del rango entre un cierto número de clases referidas como K. La Tabla 1 es una guía que nos muestra para diferentes cantidades de datos el número recomendado de clases a utilizar.

5. Determine el intervalo H, de la clase.

Una fórmula adecuada para hacer esto es la siguiente:

$$H = \frac{R}{K}$$

En este caso, como en la mayoría, es conveniente redondear H a un número adecuado para nuestros propósitos. No olvidar que este intervalo debe ser constante a través de toda la distribución de frecuencias.

**6. Determine los límites de clase.**

Los límites de clase deben estar a un lugar decimal más que los límites actuales y deben terminar en 5.

**7. Construya una tabla de frecuencias basada en los valores obtenidos (número de clases, intervalo de clase y límite de clase).**

La tabla de frecuencias es actualmente un Histograma en forma tabular.

**8. Construya el Histograma basado en la tabla de frecuencias.**

Un Histograma es una representación gráfica de una tabla de frecuencias. El Histograma nos muestra una vista rápida de la distribución de la característica medida.

El Histograma es una herramienta de diagnóstico muy importante ya que muestra una vista panorámica de la variación en la distribución de datos. En el Anexo 3.7. se ilustran diferentes ejemplos de histogramas.

# Numero de clases (K) segun el no. de datos

<u>Numero de Datos</u>	<u>Numero de Clases (K)</u>
Menos de 30	5 - 7
50 - 100	6 - 10
100 - 250	7 - 12
Mas de 250	10 - 20

Tabla 1.

# Ejemplos

## Variabilidad en Histogramas

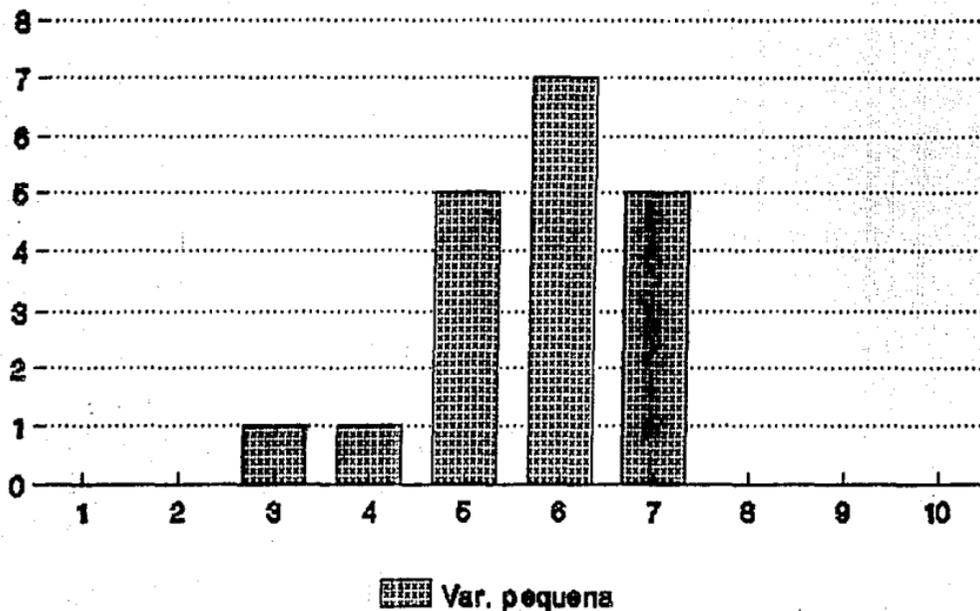


Figura 6.a.

# Ejemplos

## Variabilidad en Histogramas

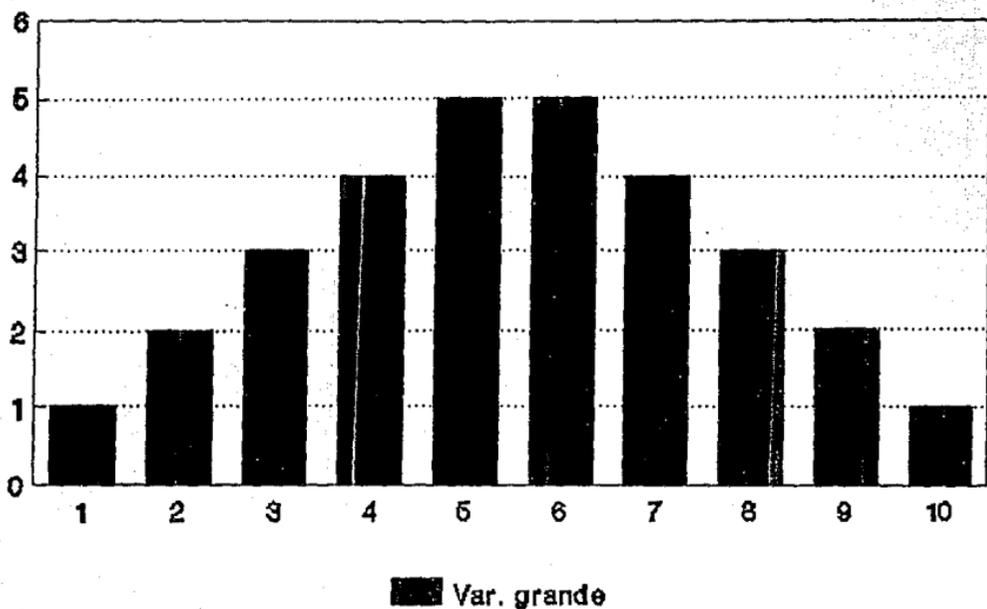


Figura 5.a.

# Ejemplo

## Sesgo en Histograma

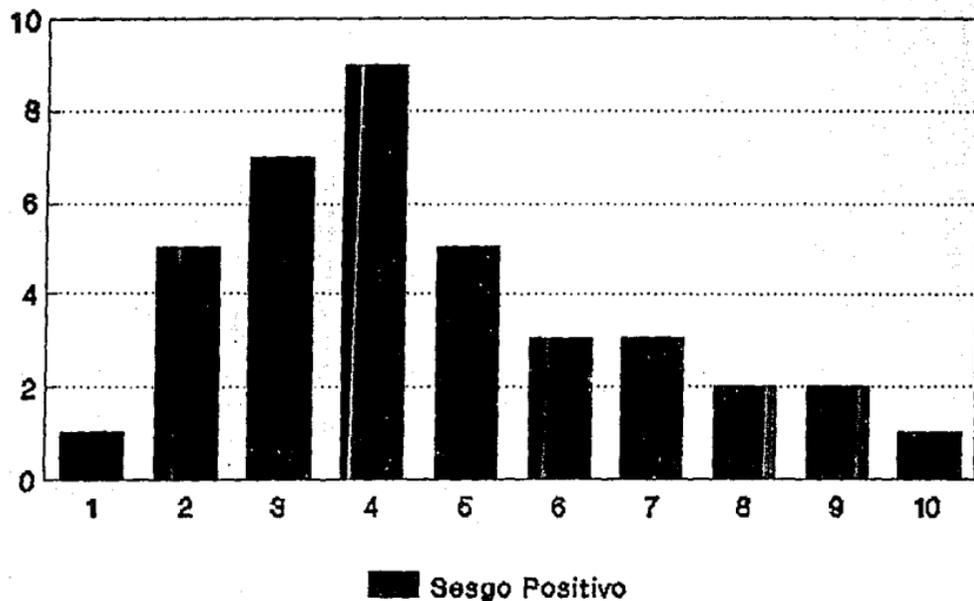


Figura 5.b.

# Ejemplo

## Sesgo en Histograma

 Sesgo Negativo

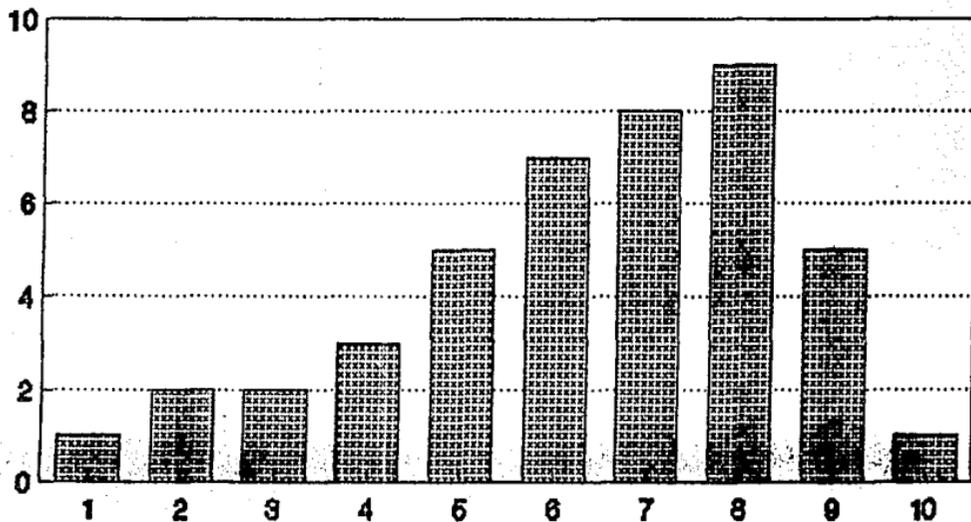


Figura 6.b.

## **Consejos para la Elaboración e Interpretación de un Histograma.**

1. El número de clases (barras en la gráfica) determina el tipo de imagen en la distribución.
2. Las distribuciones de algunos procesos son sesgadas por naturaleza. No espere que cada distribución sea normal.
3. Analice detenidamente el tipo de distribución obtenida, y su ubicación con respecto a los límites de especificación. Asimismo, observe el intervalo de la distribución con el fin de tener una idea de su variabilidad.
4. Observe si la distribución es bimodal, lo que significaría que la información proviene de dos o más fuentes diferentes, por ejemplo, turnos, máquinas, etc.

### **2.3.2. Diagrama de Dispersión**

El Diagrama de Dispersión es usado para estudiar la posible relación entre dos variables. Este tipo de Diagrama se usa para probar posibles relaciones entre causa y efecto; no puede probar que una variable causa la otra, pero si aclara si existe alguna relación y la intensidad que pudiera tener la misma.

El Diagrama de Dispersión se traza de forma que el eje horizontal (Eje X) represente los valores de las variables y el eje vertical (Eje Y) represente los valores de las otras. Un Diagrama de Dispersión típico se muestra en la Figura 3.7.

Los puntos agrupados forman un patrón determinado. La dirección y la unión de la agrupación le da idea sobre la fuerza de la relación entre las variables. Esto es lógico puesto que una línea recta indica que cada vez que una variable cambie la otra también cambia de la misma manera.

#### **Pasos a Seguir en la Elaboración de un Diagrama de Dispersión**

1. Reúna de 50 a 100 pares de datos de la información que usted crea puedan estar relacionados y construya una hoja de datos.
2. Trace los ejes del diagrama. Los valores deberán de aumentar a medida que usted se mueva hacia arriba en el Eje "Y" y hacia la derecha en el Eje "X". La variable que esta siendo investigada como posible "causa" se sitúa por lo general en el Eje "X" y la variable identificada como "efecto" en el Eje "Y".

# Ejemplo

## Diagrama de Dispersion Tipico

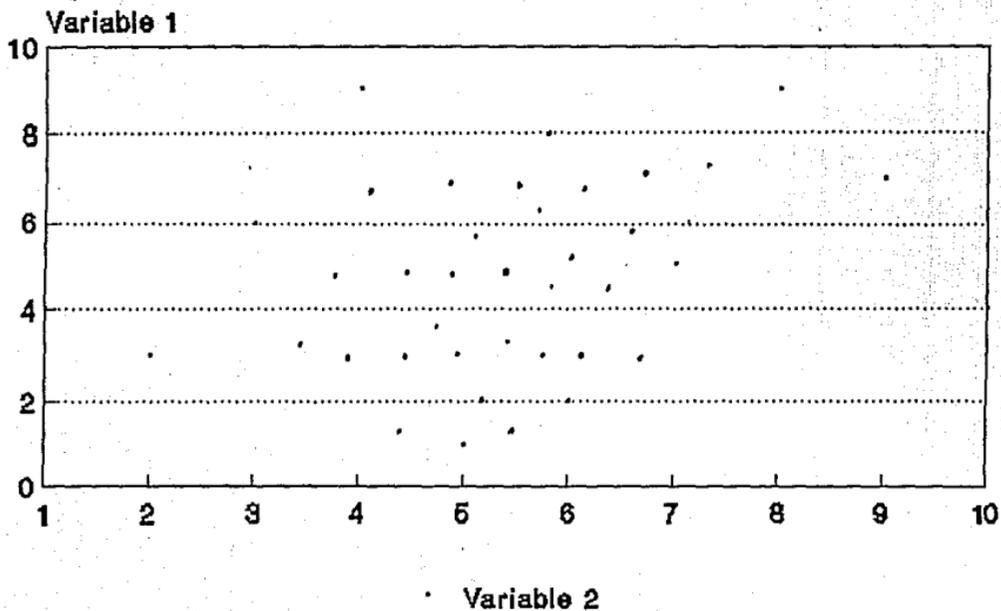


Figura 3.7.

3. Grafique los datos en el diagrama. Si nota que los valores se repite, circule ese punto tantas veces como sea necesario. El Diagrama resultante puede parecerse a la Figura 3.7.

En el Anexo 3.7. se muestran diferentes tipos de Diagramas de Dispersión.

### Consejos para la Elaboración e Interpretación de un Diagrama de Dispersión

1. Una relación negativa (si "Y" aumenta, "X" disminuye) es tan importante como una relación positiva (si "X" aumenta, "Y" aumenta).
2. Solamente puede afirmarse que "X" y "Y" están relacionadas y no que una causa la otra.
3. Existen pruebas estadísticas disponibles para probar el grado exacto de relación dependiendo de la forma de agrupamiento de los puntos, mismas que no se verán en este escrito.

#### 2.3.3. Gráfico de Control

Un Gráfico de Control es simplemente un Gráfico de Desarrollo con límites de control estadísticamente determinados; estos límites se denominan Límite de Control Superior (LCS) y Límite de Control Inferior (LCI) y se colocan equidistantes a ambos lados de la línea que indica el promedio de un proceso. La Figura 3.8 muestra un Gráfico de Control.

Los Límites de Control son calculados tomando datos de un proceso mediante muestras e introduciendo los promedios de las muestras en forma apropiadas; se pueden graficar estos promedios de las muestras a fin de determinar si caen dentro o fuera de los límites de control, o bien, saber si forman trayectorias "anormales"; si tenemos puntos fuera de los límites o bien formando estas trayectorias "anormales", podemos decir que nuestro proceso esta "fuera de control".

La fluctuación de los puntos dentro de los límites resulta de la variación de las denominadas causas comunes dentro del sistema de un proceso, por ejemplo, el diseño, el tipo de máquina, mantenimiento preventivo, etc., y que solamente pueden ser afectadas cambiando ese sistema.

# Ejemplo

## Grafico de Control

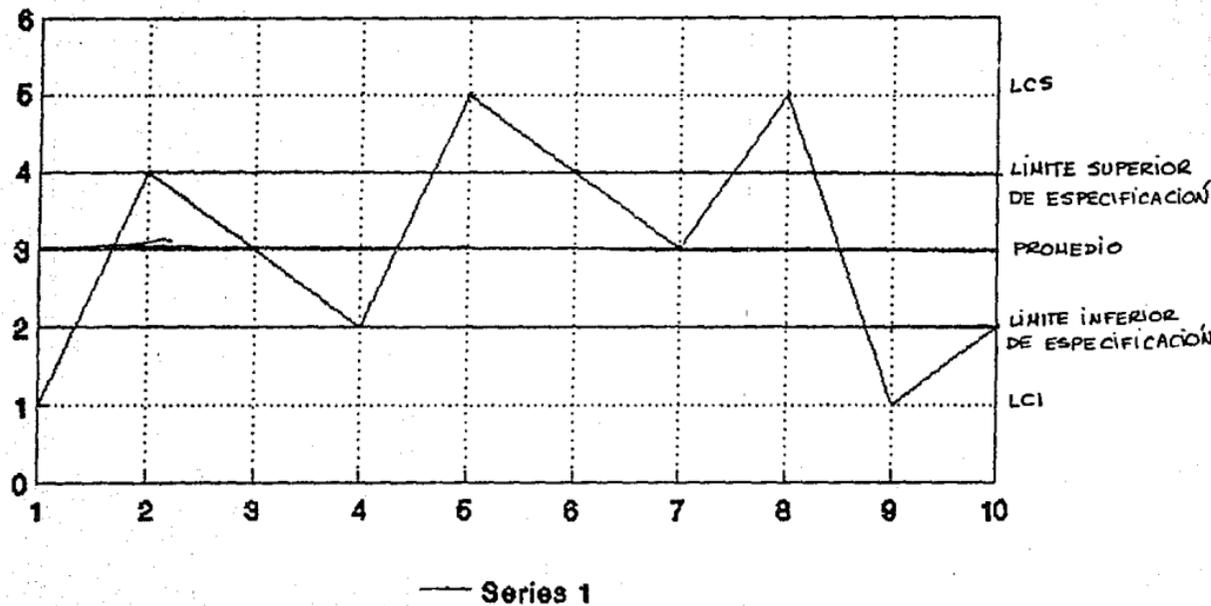


Figura 3.8

En caso de tener puntos fuera de los límites de control o bien formando ciertas trayectorias "anormales", podemos decir que éstos son originados por causas especiales o asignables, por ejemplo, errores del personal, cambio en el lote del material, desgaste de herramienta de trabajo, etc., y que no son parte de la forma normal de operar del proceso y que deben ser eliminadas antes de que el gráfico de control sea utilizado como una herramienta de monitorao. Una vez hecho esto, el proceso estaría "en control" y las muestras pueden ser tomadas a intervalos regulares para asegurar que el proceso no cambie fundamentalmente.

## **Interpretación de los Gráficos de Control**

Se dice que un proceso esta "fuera de control" si:

1. Uno o más puntos caen fuera de los límites de control.

Para facilitar su análisis, se divide el Gráfico de Control en zonas como muestra la Figura 9.

Debe tomarse nota y examinar lo que ha cambiado y posiblemente hacer un ajuste al proceso si: (Referirse a la Figura 10 Tendencias en un gráfico de control)

- a) Dos de tres puntos consecutivos "caen" a un mismo lado de la línea central en la Zona A o más allá.
- b) Cuatro de cinco puntos consecutivos "caen" a un mismo lado de la línea central en la Zona B o más allá.
- c) Nueve puntos consecutivos caen a un lado de la línea central.
- d) Seis puntos consecutivos ascendiendo o descendiendo.
- e) Catorce puntos consecutivos ascendiendo y descendiendo alternativamente.
- f) Quince puntos consecutivos dentro de la Zona C (arriba y abajo de la línea central)

## **Tipos de Gráficos de Control y Fórmulas Aplicables**

### **1. Gráficos de Control de Variables**

Las muestras son expresadas en unidades de medición cuantitativas, por ejemplo, longitud, peso, etc.

# Division

## Grafico de Control en Zonas

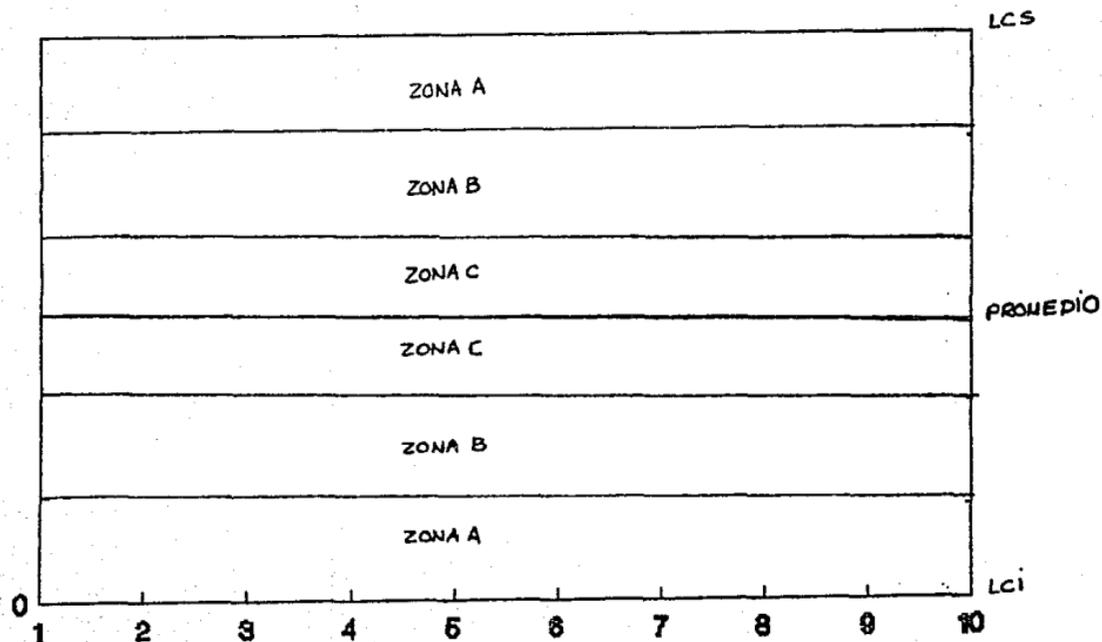


Figura 3.8.b

# Tendencias en un Grafico de Control

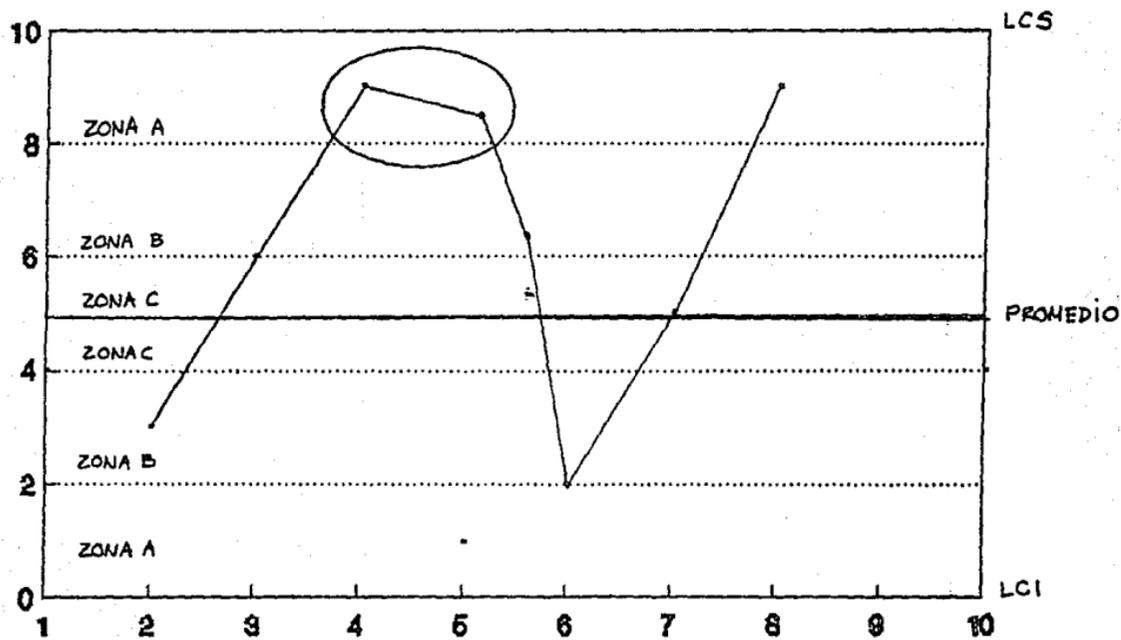


Figura 3.10.a

# Tendencias en un Grafico de Control

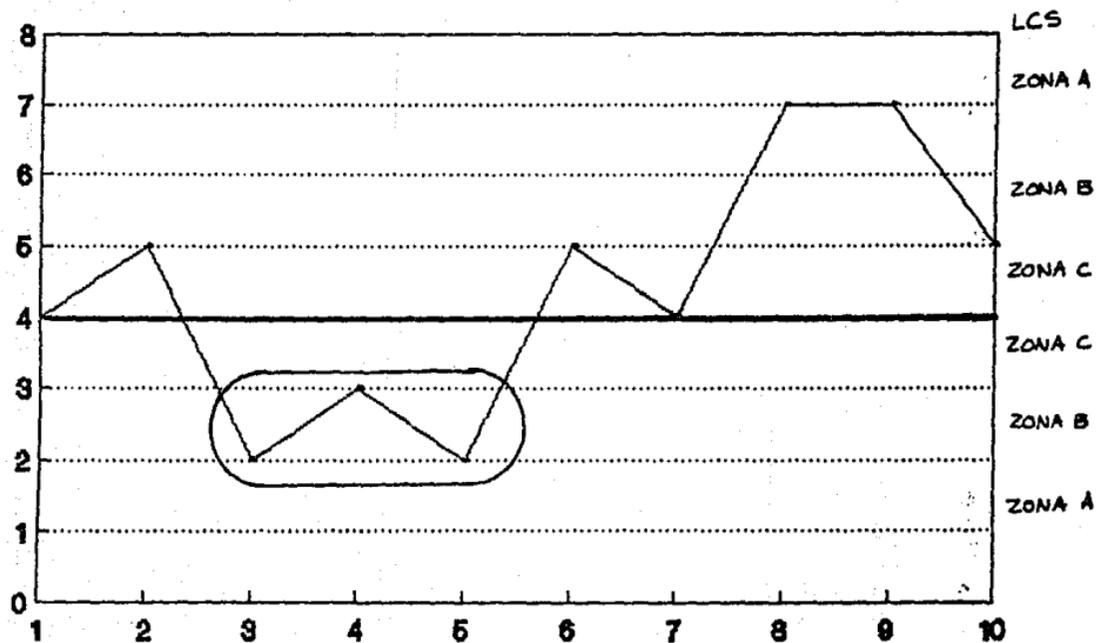


Figura 3.10.b.

# Tendencias en un Grafico de Control

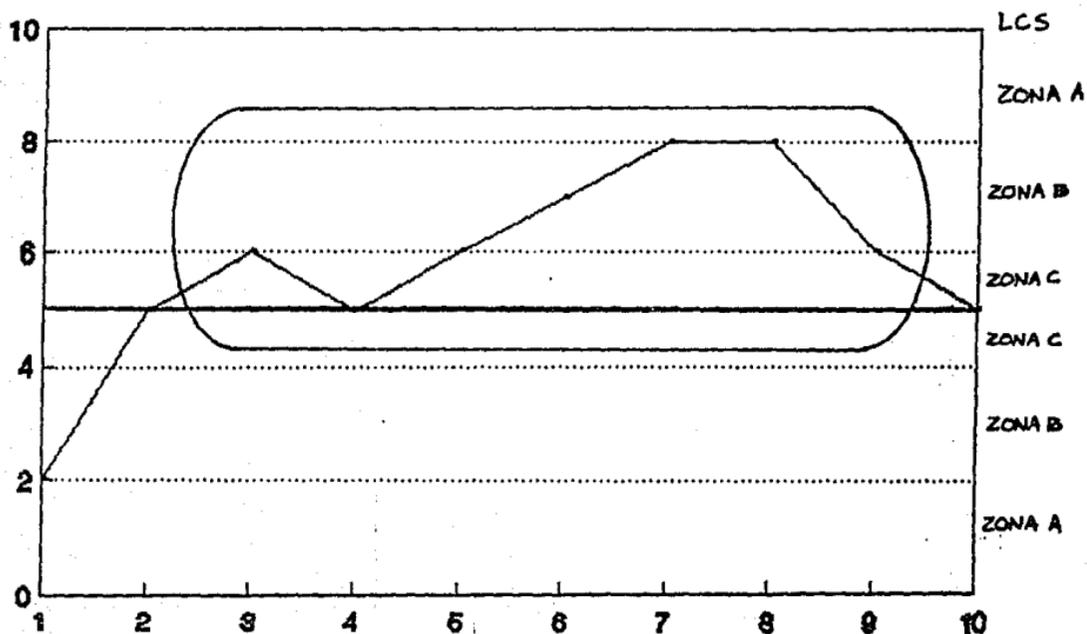


Figura 3.10.c.

# Tendencias en un Grafico de Control

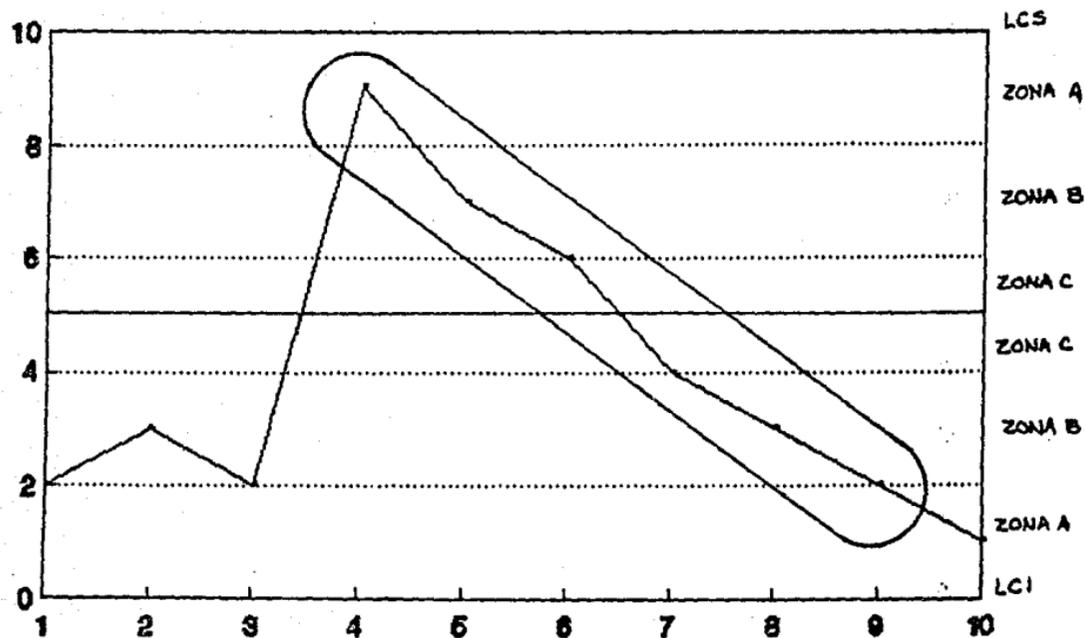


Figura 3.10.d.

# Tendencias en un Grafico de Control

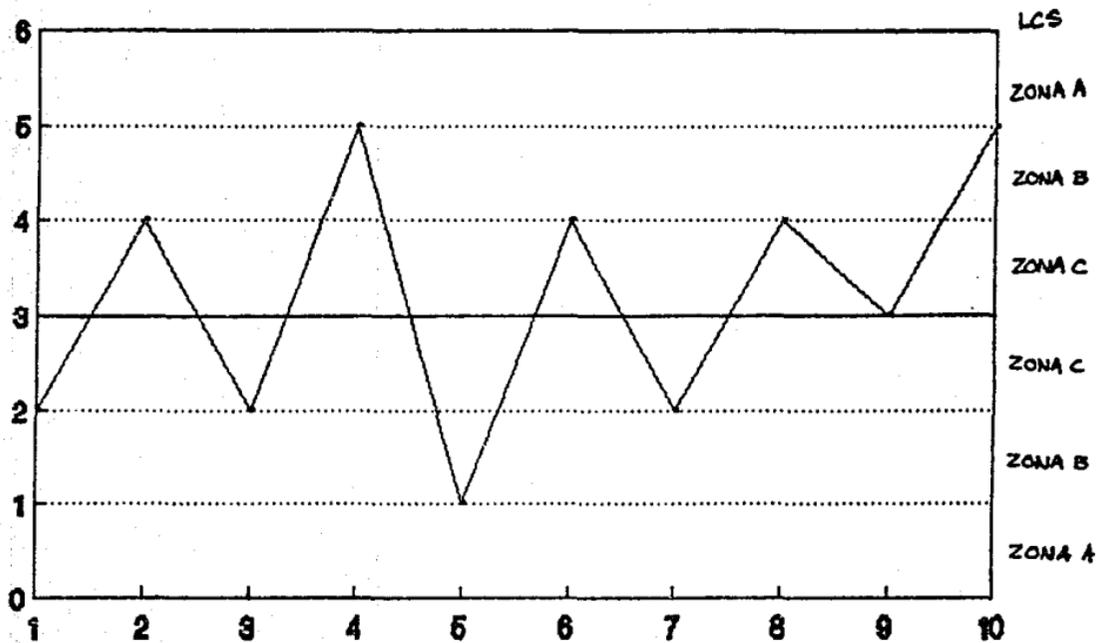


Figura 3.10.e.

# Tendencias en un Grafico de Control

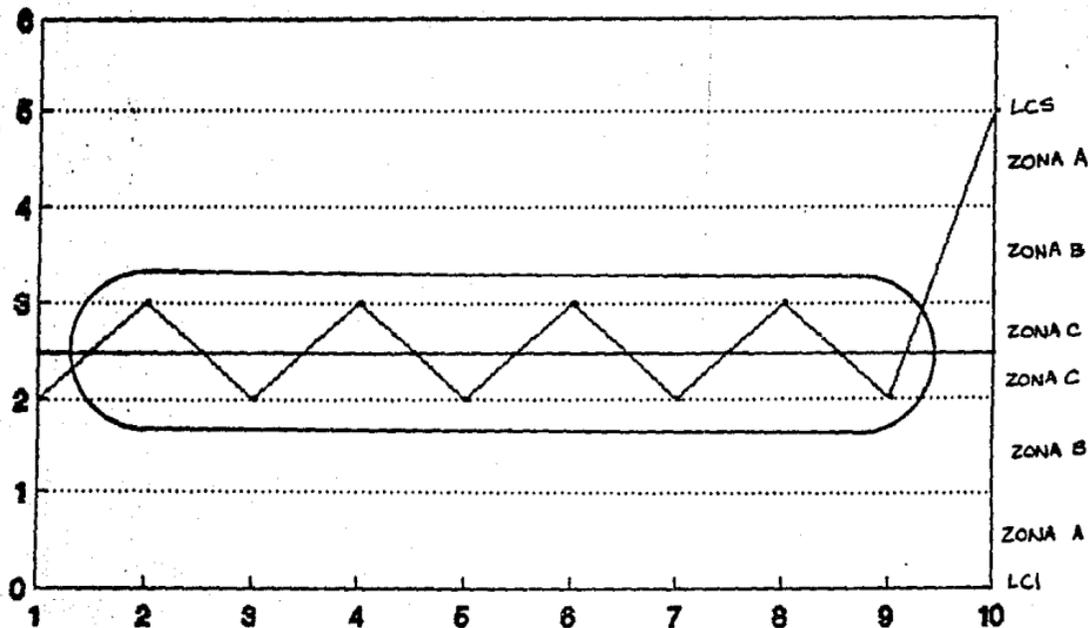


Figura 3.10.1.

a) Gráfico X-R. Gráfico de los Promedios y Rangos de los Datos Recolectados.

1. Calcule el promedio (X) y el rango (R) de cada subgrupo.

$$X = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

$$R = X_{\max} - X_{\min}$$

2. Calcule el promedio del proceso (X) y el promedio del rango (R).

$$X = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{K}$$

$$R = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{K}$$

3. Calcule los límites de control.

$$LCS_R = D_4 R$$

$$LCI_R = D_3 R$$

$$LCS_X = X + A_2 R$$

$$LCI_X = X - A_2 R$$

Para los valores A2, D3 y D4, referirse a la Tabla 2, Tabla de Factores para los Gráficos X-R

## 2. Gráficos de Control de Atributos

La muestra refleja características cualitativas, por ejemplo, es o no es defectuoso (pasa, no pasa).

### a) Gráfico p - Fracción Defectuosa

$$p = \frac{\text{número de rechazos en el subgrupo}}{\text{no. de unidades inspeccionadas en el subgrupo.}}$$

$$p = \frac{\text{número total de rechazos}}{\text{número total de unidades inspeccionadas}}$$

# TABLA DE FACTORES

## GRAFICOS X - R

<u>No. observaciones</u>	<u>Factores X</u>	<u>Factores Y</u>	
(n)	A2	D3	D4
2	1.380	0	3.268
3	1.023	0	2.574
4	0.729	0	2.282
5	0.577	0	2.114
6	0.483	0	2.004
7	0.419	0.076	1.924
8	0.373	0.136	1.864
9	0.337	0.184	1.816
10	0.308	0.223	1.777

Tabla 3.2.

**b) Gráfico np = Número de Defectuosos**

Es una alternativa cuando todas las muestras son del mismo tamaño n.

**c) Gráfico c = Número de Defectos**

Es una alternativa práctica cuando todas las muestras son del mismo tamaño n.

$$c = \frac{\text{número total de defectos en todas las muestras}}{\text{número total de muestras inspeccionadas}}$$

**d) Gráfico u = Defectos por unidad**

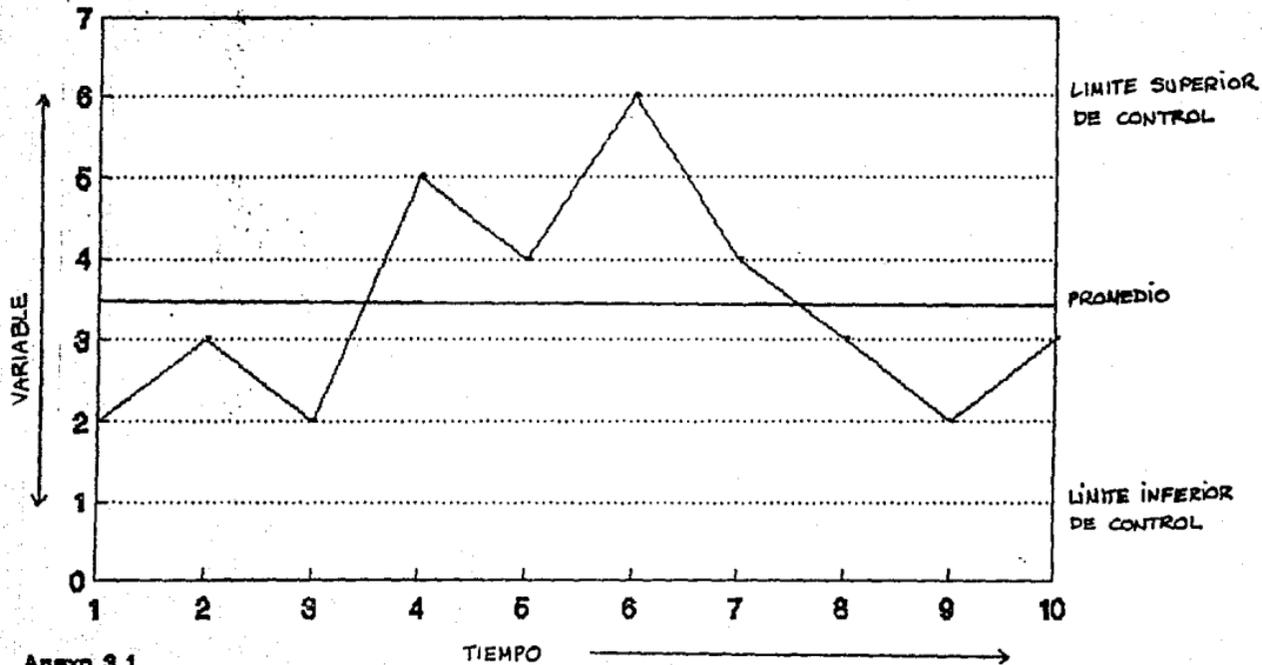
$$u = \frac{\text{número total de defectos}}{\text{número total de muestras inspeccionadas}}$$

En el Anexo 3.9 se muestran varios ejemplos de Gráficos de control.

**Consejos para la Elaboración e Interpretación de los Gráficos de Control**

1. Los límites de control superior e inferior deben ser calculados estadísticamente. No los confunda con los límites de especificación ya que éstos están basados en los requerimientos del producto.
2. La administración controla la variación natural entre los límites de control.
3. Asegúrese de seleccionar el tipo de gráfico adecuado para la situación apropiada.
4. Los datos deben de ser registrados en la secuencia en que son obtenidos, de otra forma no serán útiles.
5. No cambie el proceso mientras esté obteniendo los datos; éstos deben reflejar la situación real del proceso.

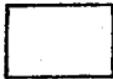
# Ejemplos de un Grafico de Control



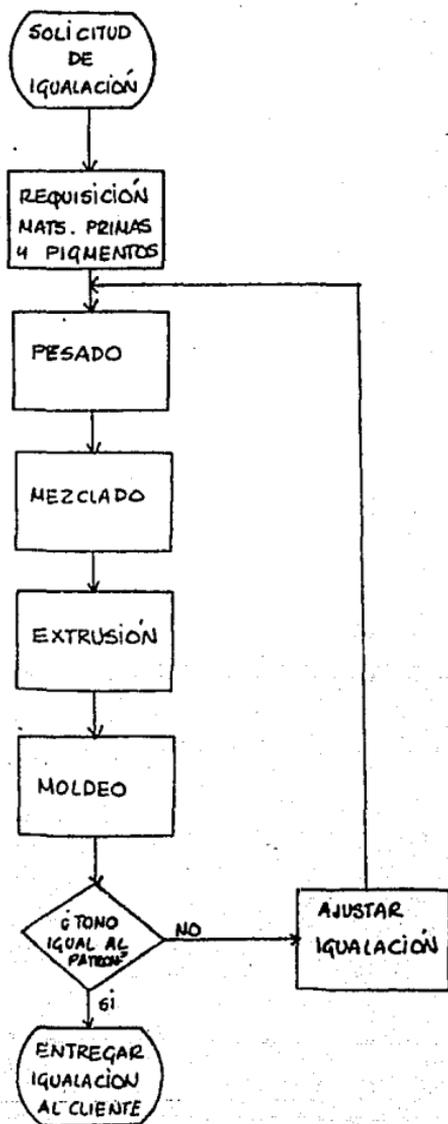
Anexo 3.1.

# Simbolos

## Diagrama de flujo

<u>Simbolo</u>	<u>Uso</u>
	Entradas y salidas
	Pasos u operaciones
	Paro o espera
	Toma de decisiones
	Conector
	Documento
	Ciclos

ANEXO 3.2.c. EJEMPLO DE DIAGRAMA DE FLUJO

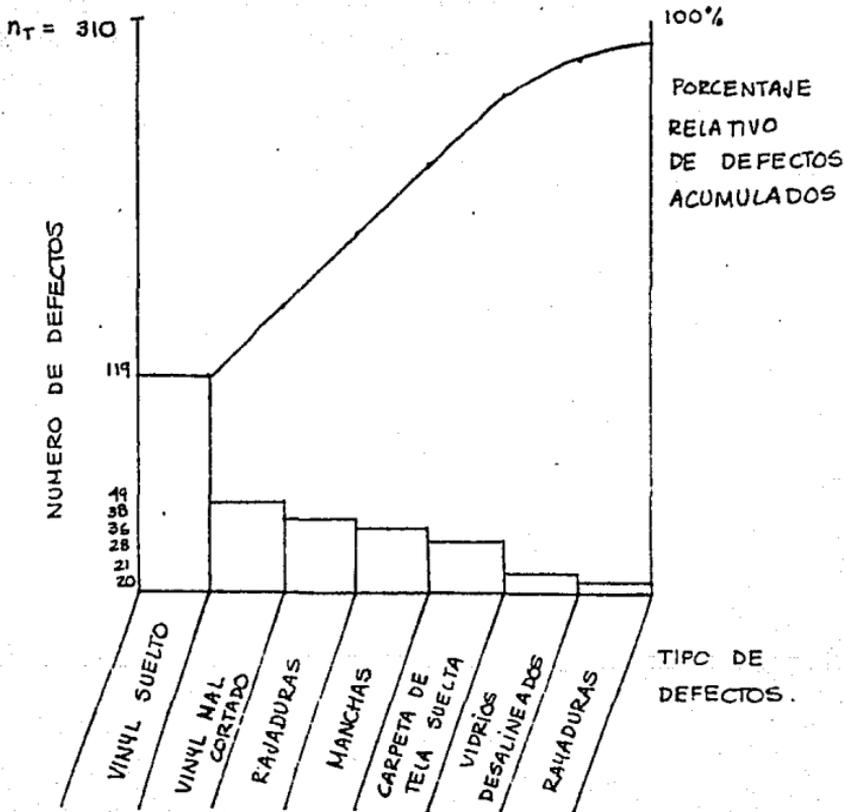


# Ejemplo

## Hoja de inspeccion

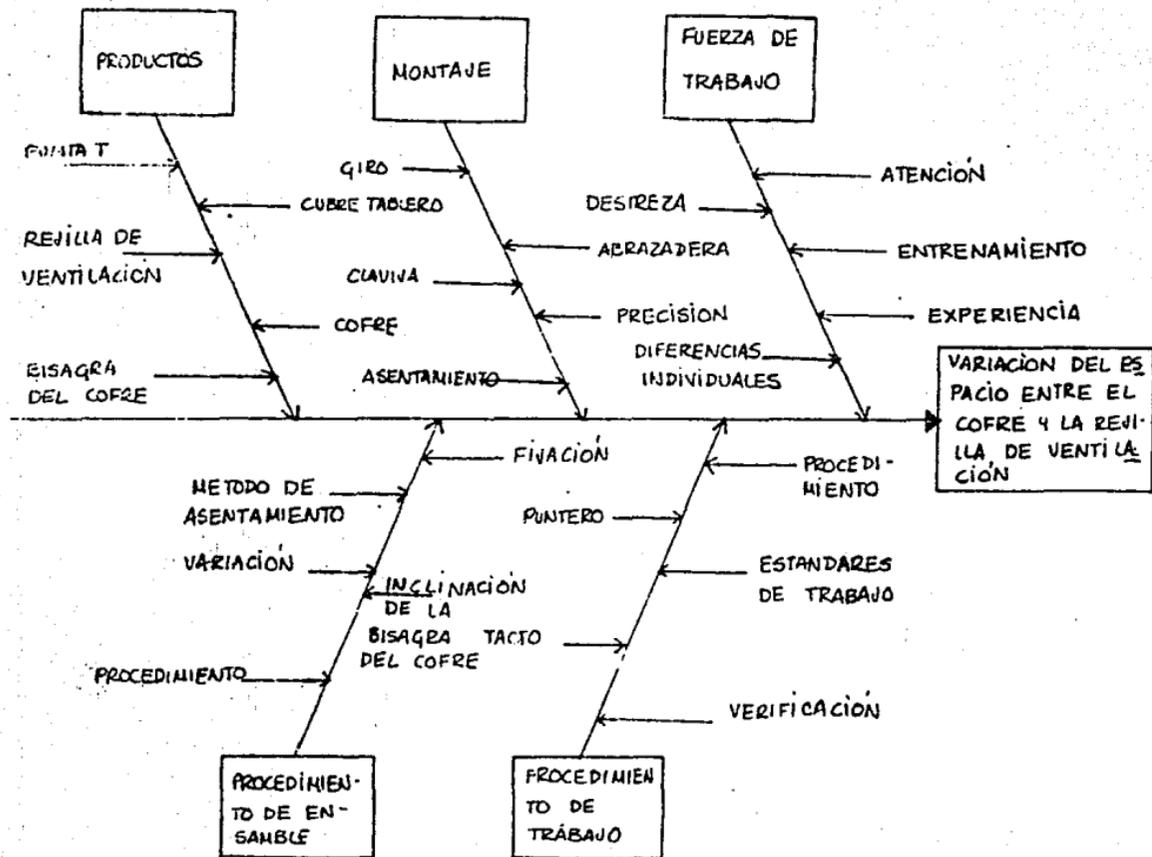
<b>Defectos Observados</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>
<b>Doble facturacion</b>	<b>5</b>	<b>2</b>
<b>Facturacion erronea</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
<b>Facturacion no a tiempo</b>	<b>6</b>	<b>5</b>
<b>Errores de mecanografia</b>	<b>0</b>	<b>3</b>
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>	<b>12</b>

**Anexo 3.3.**



ANEXO 3.4.

EJEMPLO DE UN DIAGRAMA DE PARETO  
 DEFECTOS OBSERVADOS EN EL ENSAMBLE  
 DE LOS COMPONENTES DE PUERTAS AUTO  
 MOTRICES



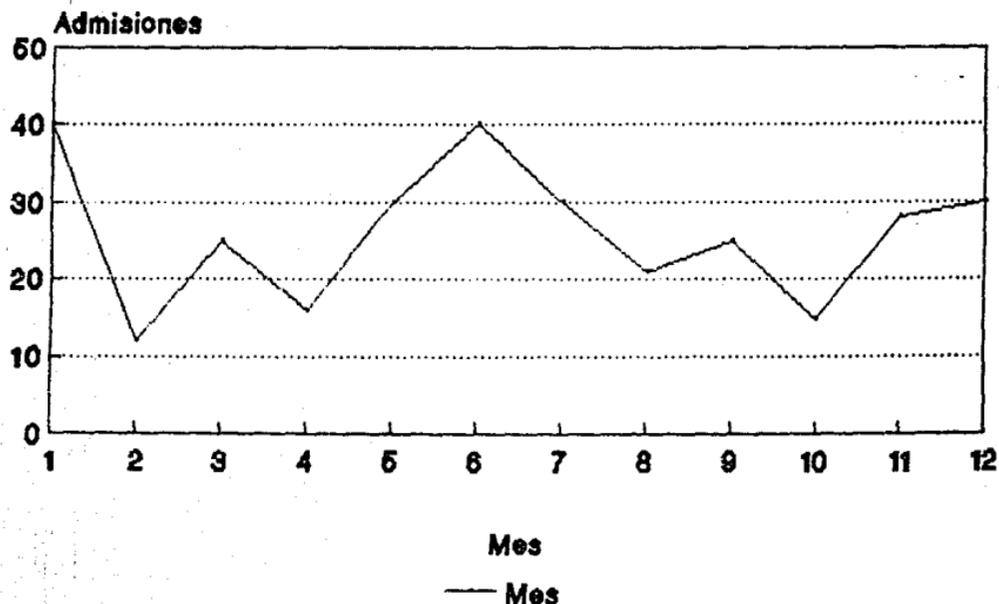
ANEXO 3.5.

EJEMPLO DE UN DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO

VARIACION DEL ESPACIO ENTRE EL COFRE Y LA REJILLA DE VENTILACION

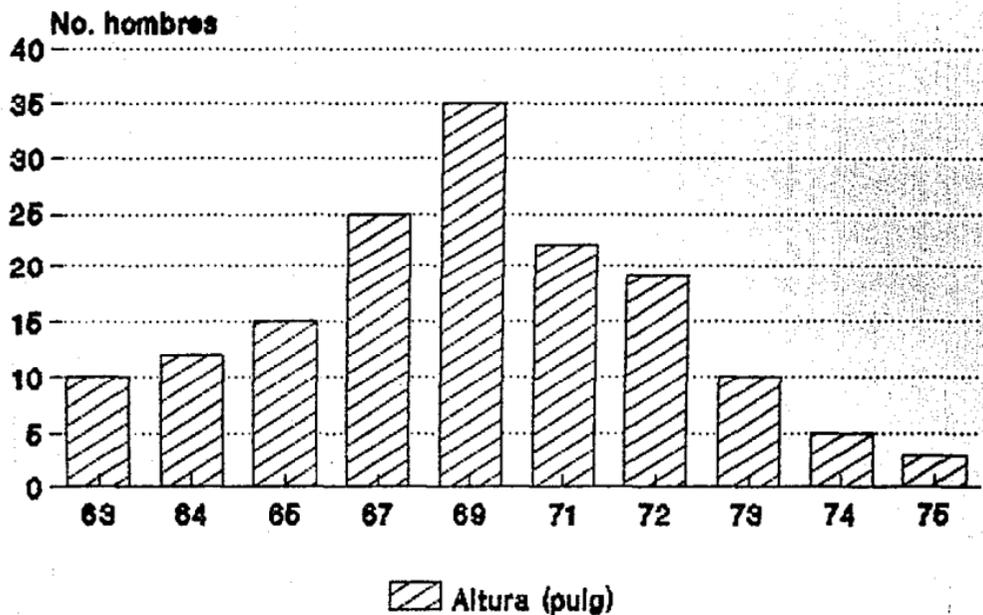
# Ej. Grafico desarrollo

## Admisiones emergencia



# Ejemplos

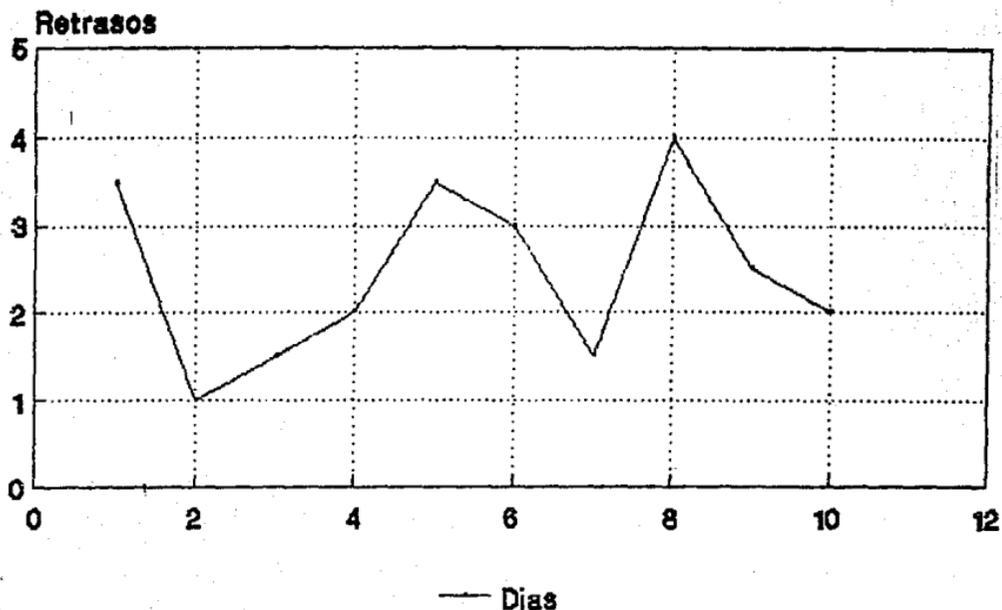
## Altura en los hombres





# Ej. Grafico de Control

## Retrasos/dia sala op.



**CAPITULO IV :**  
**CASO DE ESTUDIO :**  
**APLICACION DE UN PROCESO DE**  
**MEJORA CONTINUA A UN**  
**LABORATORIO DE**  
**CARACTERIZACION DE PLASTICOS**

#### **IV. CASO DE ESTUDIO: IMPLANTACION DE UN PROCESO DE MEJORA CONTINUA EN UN LABORATORIO DE CARACTERIZACION DE PLASTICOS**

##### **4.1. Descripción General del Laboratorio**

El Centro de Desarrollo de Aplicaciones (CDA) se creó con la finalidad de brindar un apoyo técnico especializado a los procesadores de plásticos, buscando dar un servicio ágil, oportuno y con un gran sentido de compromiso, tanto en velocidad de respuesta como en la confiabilidad de los resultados obtenidos.

El CDA tiene a su servicio personal altamente calificado en las áreas de extrusión, inyección y caracterización de polímeros.

El CDA cuenta con la infraestructura necesaria para efectuar los siguientes procesos:

##### **4.1.1. Extrusión**

Dentro de las instalaciones del CDA se encuentra una extrusora monohusillo marca Lessona Johnson, de 2 1/2" de diámetro interno de barril (o diámetro externo de husillo), con las siguientes características:

- Relación L/D (longitud/diámetro) igual a 23:1
- Cinco zonas de calentamiento
- Velocidad de husillo variable hasta de 100 rpm
- Cuatro husillos diseñados para extruir los siguientes materiales: ABS, poliestireno, acrílico y noryl
- Capacidad de 30 - 40 kg/hr
- Venteo integrado
- Dado circular con 10 orificios
- Tina de enfriamiento con agua
- Pelletizadora Pagani de velocidad ajustable

Este equipo se utiliza para obtener los siguientes productos:

\* **Extrusión de muestras piloto** ( de 10 a 100 kg) para evaluar la procesabilidad o el efecto de los componentes en una nueva formulación. De esta manera, no se gasta demasiado en material, ya que en una máquina industrial la cantidad mínima de material a utilizar es de aproximadamente 100 - 200 kg.

\* **Pigmentación de materiales naturales**

\* **Igualación de colores.** En este proceso se combinan diferentes pigmentos en distintas concentraciones hasta llegar al tono adecuado. La igualación se realiza de manera visual, en una caseta de iluminación Macbeth, hasta llegar al tono adecuado. En caso de igualaciones críticas, (por ejemplo, materiales rojos o materiales con más de 5 pigmentos diferentes, se puede apoyar con información computarizada de un espectrofotómetro ACS).

\* **Elaboración de Master Batch de colorantes o aditivos.** Un Master Batch es un concentrado ya sea de color o de un aditivo en particular (antioxidante, estabilizador a la luz U.V., carga, etc), en el que de un 70 a 80% del aditivo o colorante se extruye con un 30 a 20% de un polímero base. Esta operación facilita la extrusión final del polímero, al eliminar la adición de polvos mezclados con pellets a la extrusora o inyectora, ya que éstos son más difíciles de integrar.

El personal que opera esta máquina es:

a) Un técnico de operación, que programa la sucesión de materiales a extruir, capacita y supervisa la labor de los ayudantes. Orienta y toma decisiones en caso de presentarse algún problema.

b) Tres ayudantes, uno en cada turno. De manera que la operación es continua, 24 horas al día, 5 días a la semana.

#### 4.1.2. Calandreo

Para la extrusión de lámina u hoja, se cuenta con una unidad de calandreo marca Lessona Johnson, con las siguientes características:

- Tres rodillos cromados con acabado al alto espejo, que giran a la misma velocidad, pero con un sistema de calentamiento interno (vía aceite) independiente.
- Unidad de jalado por medio de rodillos de metal
- Enfriamiento por medio de aire

- Unidad de jalado final consistente en dos rodillos de hule
- Dado plano con cuatro zonas de calentamiento, con disponibilidad de calibrar el espesor de la hoja

Esta máquina se utiliza para procesar hoja de hasta 5 pies de ancho y hasta 0.150 pulgadas de espesor. La cantidad mínima de material necesario es de 100 kg.

Esta unidad se conecta a la extrusora, retirando la tina de enfriamiento y la pelletizadora; y sustituyendo el dado circular por el dado plano. En términos de control de la operación, esto duplica el número de puntos a vigilar, por lo que no es posible que una sola persona se haga cargo de la operación, participando en ella de dos a tres personas.

#### 4.1.3. Inyección

El CDA cuenta actualmente con dos máquinas, una inyectora Negri Bossi (descontinuada) y una Mecanica Oriente, con las siguientes características:

- Máquina de tornillo recíprocante
- Capacidad 100 tons de cierre
- Husillo con tres zonas de calentamiento, más de la boquilla
- Selección de modo automático, semiautomático y manual
- Cierre de tipo rodilleras
- Tolva integrada
- Controles de presión y velocidad por medio de perillas manuales
- Control de la dosificación manual

Esta máquina se utiliza principalmente con dos motivos:

a) Para moldear especímenes estandarizados, que posteriormente serán caracterizados. Para este fin, el CDA cuenta con dos moldes propios, capaces de moldear en cada tipo las siguientes piezas:

- Barra de 1/2" x 1/2" x 5"
- Barra de 1/2" x 1/4" x 5"
- Barra de 1/2" x 1/8" x 5"
- Barra de 1/2" x 1/16" x 5"
- Probeta tipo "hueso de perro"
- Ficha de tres espesores
- Ficha de apariencia (5" x 3")

b) Realizar pruebas de inyección para diferentes materiales. Un requisito es que el cliente traiga su propio molde, y que éste esté conforme con las características de la inyectora en cuanto a distancia entre platinas, distancia entre barras y a la capacidad de inyección.

El personal que trabaja en esta área es el siguiente:

- a) Un especialista o técnico, encargado de programar las diferentes solicitudes de inyección, costear las pruebas, vigilar el funcionamiento de la máquina, ajustar las condiciones de la misma y orientar en cualquier problema que se llegara a presentar.
- b) Un operador de la máquina. Generalmente se trabaja un turno, pero en casos de igualación o de carga excesiva de trabajo, se puede aumentar a dos turnos.

#### 4.1.4. Caracterización

El área de caracterización tiene como objetivo efectuar pruebas a especímenes estándares y obtener valores numéricos que se correlacionan con pruebas fisicomecánicas efectuadas sobre los plásticos en condiciones similares a las de uso. De esta manera, se pueden establecer juicios sobre el desempeño de las piezas plásticas moldeadas a partir del material.

Entre las pruebas que puede realizar el laboratorio de caracterización del CDA se encuentran:

#### a) Pruebas Mecánicas

- \* Resistencia a la tensión (al cede y a la ruptura)
- \* Elongación (al cede y a la ruptura)
- \* Módulo elástico en tensión (Módulo de Young)
- \* Resistencia a la flexión
- \* Módulo en flexión
- \* Resistencia a la compresión
- \* Módulo en compresión
  
- \* Impacto Izod con o sin ranura (a 23 ° C o a - 30 ° C)
- \* Impacto Charpy con o sin ranura (ídem)
- \* Impacto Gardner (ídem)
  
- \* Dureza Rockwell Escala M o R
- \* Dureza Shore D
- \* Dureza Shore A
  
- \* Resistencia al rayado
- \* Resistencia al rasgado

#### b) Propiedades Físicas

- \* Gravedad específica
- \* Absorción de agua
- \* Contenido de carga
- \* Flujo Melt Index
- \* Resistencia al ataque químico

#### c) Propiedades Térmicas

- \* Temperatura de Deflexión bajo Carga ( a 66 y 264 psi, acondicionado o sin acondicionar)
- \* Temperatura de Reblandecimiento Vicat
- \* Flamabilidad según UL, ASTM o Normas Automotrices

#### d) Apariencia

- \* Contaminación
- \* Apariencia en pellets
- \* Apariencia en fichas

#### e) Pruebas especiales

- \* Resistencia a la corrosión
- \* Resistencia a la humedad
- \* Estabilidad térmica
- \* Estabilidad a los rayos ultravioleta (intemperismo)
- \* Impacto en frío
- \* Ciclos térmicos

Todas estas pruebas se encuentran estandarizadas y se han elaborado procedimientos según las siguientes normas:

- \* ASTM ( American Society of Testing Materials )
- \* ISO ( International Organization for Standarization )
- \* DIN ( Normas Alemanas )
- \* JIS ( Japanese International Standards )
- \* BS ( British Standards )
- \* NOM ( Normas Oficiales Mexicanas )
- \* ANSI ( American National Standards Institute )
- \* UL ( Underwriter's Laboratories )
- \* Normas Ford
- \* Normas NES (Nissan)
- \* Normas Volkswagen
- \* Normas Chrysler

El personal que labora en esta área es el siguiente:

a) Un especialista, encargado de recibir y atender las solicitudes de los clientes, programar las solicitudes, revisar y actualizar los procedimientos, leer y asimilar las diferentes normas y especificaciones e implantar sus pruebas en el laboratorio, comparar costos y servicios con otros laboratorios, buscar y mantener relaciones profesionales con otros laboratorios, capacitar al personal en la ejecución de las pruebas, vigilar el buen funcionamiento de los equipos, elaborar reportes de resultados.

b) Un técnico, encargado de la parte operativa de los equipos, con la suficiente capacitación como para distinguir un error de método o humano dentro de los resultados.

c) Un becario, auxiliar en la operación de los equipos, y en etapa de capacitación continua.

#### 4.1.5. Asesorías y Cursos

Además de los servicios arriba mencionados, el CDA imparte cursos bimensuales a los principales moldeadores de plásticos. Se tienen armados los siguientes cursos:

- \* Materiales termoplásticos y su procesamiento por inyección
- \* Diseño de moldes

Estos cursos son impartidos por expertos en el tema provenientes de diferentes empresas líderes de toda la República Mexicana.

El personal del CDA también imparte cursos de capacitación en planta, dirigidos a las siguientes áreas:

- \* Operadores de máquinas
- \* Control de Calidad
- \* Ajustadores de inyectoras
- \* Diseño de moldes

#### 4.1.6. Mantenimiento

Se cuenta con un taller de mantenimiento bien equipado, y con personal altamente calificado para atender cualquier falla o problema en el equipo. El personal también utiliza medidas de mejora para facilitar o eficientar el desempeño de los equipos. Es importante hacer notar la importancia de esta área, ya que se manejan aparatos muy diferentes y en consecuencia, requiere mucha labor y sobre todo, mucha especialización mantener a todos los equipos en un óptimo funcionamiento.

#### 4.1.7. Misión y objetivos del CDA

En el Centro de Desarrollo de Aplicaciones se quiere adentrarse en los problemas de los clientes, trabajando en equipo con ellos para resolverlos eficientemente.

En el aspecto del Desarrollo de Aplicaciones, al colaborar en equipo con el cliente para llegar a un nuevo producto o aplicación, se maneja un compromiso de absoluta discreción con toda la información referente al estudio, y en el caso de presentarse logros patentables, la totalidad del crédito de la patente corresponde al cliente.

Es importante hacer notar que todos estos servicios son brindados sin importar quién sea el proveedor de materia prima del cliente.

#### 4.2. Situación Antes del Proceso de Mejora Continua

El personal del Centro de Desarrollo de Aplicaciones esta formado en su mayoría por gente joven, entusiasta y altamente cooperativa. El tamaño del grupo (12 personas en total) facilita enormemente la comunicación. En este grupo se presentan las siguientes características:

- \* Excelente ambiente de trabajo. Existe una gran camaradería, respeto mutuo y colaboración en todos los niveles del laboratorio

- \* Deseos de superación a través de la educación continua. El personal asiste entusiasta a cursos de capacitación, y de no haberlos, los solicita o se prepara por medio de la lectura y la búsqueda de nuevas experiencias

- \* Experiencia en la toma de decisiones. Debido a que el personal es responsable de un área, aprende a tomar decisiones y a pensar de manera futurista

Con todas estas características, se puede comprobar que un Proceso de Mejoramiento de la Calidad tiene una alta probabilidad de éxito en lo que se refiere a la aceptación del personal.

El Centro de Desarrollo de Aplicaciones funciona bien, dentro de los lineamientos marcados por la empresa, pero aún así hay mucho lugar para la mejora.

#### ¿ Porqué es necesario un Proceso de Mejoramiento de la Calidad ?

Un proceso de mejoramiento de la calidad es necesario en el CDA por las siguientes razones:

- \* Existen errores debido a falta de comunicación o falta de atención en las labores interfuncionales.

Ejemplos:

- Doble facturación a los clientes
- Errores en la mecanografía de los reportes
- Errores en la formulación de los materiales

- Errores en la identificación de las muestras
- Envío de materiales a direcciones equivocadas
- Envío duplicado de materiales
- \* Existen dudas en cuanto al funcionamiento del CDA

Ejemplos:

- Debido a errores en los valores reportados, los clientes muestran desconfianza en los mismos
- La desviación estándar de los valores en diferentes pruebas es bastante alta
- Valores de pruebas realizados en diferentes laboratorios de la empresa, entre ellos el CDA, no coinciden para un mismo material
- \* El Mantenimiento ha sido orientado principalmente hacia la corrección, en lugar de prevención
- En el CDA el personal se caracteriza por ser muy creativo y por responder rápidamente a problemas, pero al mismo tiempo se espera a que un equipo se descomponga totalmente en lugar de prevenir tal paro
- \* No se tiene un programa de compra de artículos necesarios para el funcionamiento del laboratorio, teniéndose muchas veces que detener el equipo y comprar de emergencia insumos indispensables para la continuación del trabajo.
- \* Muchas de las funciones básicas del CDA han quedado descuidadas por una alta rotación del personal, perdiéndose la información a través del tiempo.

¿ Qué beneficios le trae consigo un PMC al CDA ?

Más adelante, en el programa de aplicación, se tratará con detalle las cifras relacionadas, pero por el momento se anotan los beneficios conceptuales que acarrearía:

1. Reducción de los errores "obvios", al implantar procedimientos paso a paso con la logística de los materiales, clarificar funciones (para que no se repitan) y aumentar el nivel y la calidad de comunicación entre las diferentes áreas, ( no sólo es necesaria la comunicación, sino que ésta deberá ser efectiva, es decir, que se comunique lo que es indispensable comunicarse )

2. Crear un sistema de prevención, no de corrección. Esto es particularmente necesario en el área de mantenimiento, por medio de un programa escrito de mantenimiento preventivo, que no sólo involucre al encargado del área de mantenimiento, sino también a todo el personal que opere el equipo. Crear una consciencia de cuidar los equipos como si fueran nuestros. Capacitar más al personal para intervenir en el funcionamiento del equipo.

3. Obtener evidencia estadística de la eficiencia de operación del laboratorio, siendo esta evidencia un arma valiosa y utilizable para:

- Tener un punto de referencia contra el cual poder medir los avances del PMC, planeando objetivos realistas y factibles de cumplir
- Obtener confianza del cliente al presentarle resultados basados en un proceso estable y hábil
- Capturar nuevos clientes
- Percibir variaciones en el control del laboratorio

Y en sí, aprovechar todas las ventajas de un proceso controlado.

4. Obtener un equipo de trabajo flexible, capacitado, autónomo y motivado, que a su vez no se limita a responder a las necesidades del cliente, sino que se anticipa a ellas, dando un mejor servicio.

El personal se involucra más con su trabajo, aprende nuevos procesos que lo capacitan y vuelven más flexible, con un mayor valor agregado en sus habilidades profesionales, que pueden cotizarse mejor. Además, la autoridad adquirida, la capacidad de tomar decisiones y el hecho de que sus inquietudes son atendidas y tomadas en cuenta por la Alta Dirección, hacen que el personal se sienta parte de la empresa y esté orgulloso de este hecho.

#### 4.3. Programa de Mejoramiento de la Calidad

### **4.3. Programa de Mejoramiento de la Calidad**

#### **4.3.1. Convencimiento de la Alta Dirección**

El Proceso de Mejoramiento de la Calidad surgió como idea no de la Alta Dirección o de la Gerencia, sino de los ingenieros trabajando en el CDA. Esto es relativamente explicable, pues, al estar íntimamente relacionados con los problemas de calidad, son ellos los que están más ansiosos de resolver tales problemas.

Esta situación también es provocada por la peculiar situación del CDA, donde el Responsable del CDA tiene además otros compromisos que lo hacen tener la oficina sede en una dirección diferente, ocasionando que se propicie un funcionamiento autónomo del CDA.

A pesar de que el proceso tenga sus raíces en otro nivel no gerencial, antes de darle inicio al proceso, es de primordial importancia involucrar a la Gerencia. La forma de realizar esto es presentar a su consideración el Programa de Mejoramiento de Calidad, tal y como se propondrá en uno de los incisos posteriores.

Por otro lado, es importante hacer notar que para el convencimiento sea más rápido, deberá elaborarse una presentación que incluya los beneficios vs. la inversión, tanto en tiempo como en dinero.

#### **4.3.2. Capacitación**

Como dice el Dr. Ishikawa, "La Calidad empieza con Educación y termina con Educación". Una de las tareas primordiales a enfrentar en las primeras etapas de un PMC es darle al personal las herramientas adecuadas para realizar su trabajo.

Hemos distinguido dos tipos de capacitación requerida:

##### **4.3.2.1. Capacitación en técnicas y herramientas estadísticas.**

Este tipo de capacitación dará a todo el personal (ayudantes, técnicos, especialistas, coordinadores, etc), las herramientas básicas del Control Estadístico de Proceso. Este tipo de capacitación se considera de corto plazo, con una duración de 2 a 3 meses (debido a la forma de llevarla a cabo, que se discutirá más adelante).

El programa consta básicamente de los siguiente:

- Fundamentos de Calidad. Esto es, qué se entiende por calidad, una descripción somera de su historia y aplicación, qué es un proceso de mejoramiento de la calidad, porqué es necesario, qué beneficios traerá, etc.

Esta sesión es muy importante, sobre todo para aclarar muchas dudas que se tengan sobre el proceso de mejoramiento de la calidad, como por ejemplo, aclarar que no se lleva a cabo por incompetencia de los elementos, sino para hacerlos aún más capaces. Se debe transmitir el convencimiento de la calidad, y esforzarse porque no suene a una obligación, sino como una conjunción ordenada de los esfuerzos de todos para mejorar el nivel del trabajo.

En este apartado, existe, como Política de la Empresa, un curso intensivo de 16 hrs de trabajo llamado Fundamentos de Calidad Total, que abarca de manera general todos los puntos de capacitación mencionados aquí. Cabe mencionar que, estando ubicado el CDA en un lugar remoto y contando con relativamente poco personal, no existía hasta recientemente presión por parte de la Empresa para que todo el personal tomara el curso. Sin embargo, como parte de este Proceso, se capacitó a un miembro del CDA como Instructor del Curso de Fundamentos de Calidad Total para participar activamente en esta capacitación.

- Gráficos de control. Indispensable para observar las causas de variación en todos los procesos (extrusión, inyección y caracterización); y determinar la capacidad del proceso.

- Diagrama de Pareto. Técnica que ayuda a definir prioridades para resolución de problemas.

- Diagrama de Ishikawa. Este diagrama sirve para agotar todas las alternativas de un problema y organizarlas ordenadamente.

- Ciclo PDCA. Este ciclo de alguna manera comprende las técnicas anteriores. El objetivo es explicarlo para que el personal sepa que debe cumplir con todos los pasos.

#### 4.3.2.2. Capacitación en las áreas desconocidas del CDA.

Tradicionalmente, en el CDA se contrataba al personal necesario para cumplir una determinada función o suplir cierta vacante. De esta manera, se capacitaba al personal generalmente en una de las áreas (extrusión, inyección o caracterización) solamente. Siempre se ha tenido la intención de que en un futuro todo el personal se capacite en las tres áreas, pero nunca se ha tenido un programa formal de desarrollo en este sentido.

Actualmente, se tiene la siguiente situación:

PERSONAL	AREAS QUE DOMINA
Especialista "A"	Extrusión Inyección Caracterización
Especialista "B"	Extrusión Caracterización
Técnico "A"	Extrusión Inyección
Técnico "B"	Caracterización
Ayudante "A"	Extrusión Inyección
Ayudante "B"	Inyección
Ayudante "C"	Extrusión
Ayudante "D"	Extrusión
Becario	Caracterización

El objetivo es que en el plazo de un año, todo el personal esté versado en las tres áreas. El área de caracterización ha estado tradicionalmente "vedada" al paso de personal no profesionalista, no habiendo razón para ello.

El problema no es tan sencillo, debido a que éste programa de capacitación se debe llevar al mismo tiempo que la carga de trabajo, y esto se hace aún más difícil cuando hay diferencia de horarios debido a que el personal de extrusión, por ejemplo, rola turnos.

El esquema de capacitación será también diferente según la posición del empleado, como sigue:

a) Especialista. Los especialistas buscarán ellos mismos la manera de autocapacitarse, ya sea internamente (lectura y práctica dentro del CDA), o externamente (asesores externos, personal de más experiencia en la misma empresa, posgrados universitarios, cursos, etc).

La fecha para obtener este objetivo debe ser el primer semestre de 1991.

b) Técnico. El técnico será guiado por el especialista para dominar las áreas desconocidas. A su vez, el técnico será requerido para profundizar sus conocimientos con lecturas fuera del horario de trabajo.

La fecha para lograr este objetivo será el tercer semestre de 1991.

c) Ayudantes. Los ayudantes serán capacitados con un esfuerzo grupal entre especialistas, técnicos y los mismos ayudantes.

La fecha para obtener este objetivo debe ser que, al término del año 1991, todos los ayudantes esten capacitados en las tres áreas.

d) Coordinadora administrativa. Este puesto está encargado de la logística de los materiales y facturación de los servicios, además de prestar ayuda secretarial a todas las áreas.

e) Coordinador de servicios. Encargado del inventario físico de materiales, entrega de muestras sin cargo, apoyo en la facturación y coordinador de servicios de mantenimiento.

En estos dos puestos, los requerimientos de capacitación más urgentes son en estas dos áreas:

1. PAQUETES POR COMPUTADORA. La facturación, el costeo de los servicios y muchos procesos se agilizan enormemente con el uso de los paquetes computacionales fabricados con ese fin.

La fecha de compromiso será en el segundo semestre de 1991, para aprender y manejar los siguientes paquetes:

a) Procesador de palabras Microsoft Word

b) Hoja de cálculo Microsoft Excel

Estos programas fueron escogidos debido a que son los de mayor uso en las funciones descritas en el CDA.

La forma en que se obtendrá esta capacitación será con un curso de 20 horas en las oficinas centrales de la compañía, y práctica extensiva y asesoría de los especialistas.

2. INGLÉS. La mayoría de la información que se recibe en el laboratorio viene en idioma inglés. Asimismo, la recepción de clientes, la traducción de instructivos, inscripciones, leyendas en materiales, comandos de los paquetes computacionales, etc., se facilita al conocer este idioma.

Además, dada la internacionalización del mercado, tarde o temprano será indispensable que todo el personal conozca el idioma inglés (inclusive otro más).

Después de una serie de pláticas con el personal, ha surgido la idea de elaborar un curso interno de inglés, una hora u hora y media, tres días a la semana, impartido por el personal que tenga más conocimiento del idioma. De esta manera, el personal no tiene que realizar un desembolso económico, y, al localizarse el lugar de estudio en el lugar de trabajo, es más difícil que el personal falte a las clases.

El único obstáculo pendiente por resolver es reunir el tiempo suficiente para preparar los cursos, y programar las horas de clase para que todo el personal pueda asistir.

La fecha de compromiso para elaborar estos cursos es: Junio de 1991.

#### **4.3.2.3. Programa de Capacitación en herramientas y técnicas estadísticas.**

Para elegir la forma en que se llevará a cabo la capacitación, se estudió la frecuencia y el comportamiento del personal para los cursos, encontrándose lo siguiente:

1. El personal que asiste más frecuentemente a cursos es el de confianza, y, entre ellos, se le da preferencia al personal con estudios universitarios.
2. Al personal contratista o el de alta experiencia, pero sin un grado universitario, rara vez se le invita a asistir a un curso.
3. El personal de confianza y con estudios universitarios (Especialistas) es el más consciente de la importancia de la educación continua y autodirigida. El resto del personal lee artículos y libros relacionados con su trabajo de manera menos frecuente.

4. El personal contratista presta mucha atención a los anuncios fijados en el pizarrón.

5. El personal de confianza que asiste a cursos, rara vez aplica en su trabajo o vida diaria más del 50 % de lo que aprendió en el curso. Esto es, "asistir" a un curso no significa "aprovechar" lo que se aprendió en él.

Esta situación nos lleva a concluir los siguientes puntos:

a) Existe un cierto grado de seccionalismo con respecto a la posición ocupada y al nivel de estudios adquirido. Esto tiene sus bases en la tradición ancestral de que sólo las personas profesionistas son capaces de aplicar los conocimientos e, inclusive, de adquirir conocimientos nuevos.

El seccionalismo es una postura retrógrada, ya que de seguirse sistemáticamente, si impulsa el crecimiento, pero de una sección específica de la fuerza laboral, de manera que siempre estará otra sección condenada al retraso.

Puede suceder que en ciertos individuos pertenecientes al personal contratista no exista la vocación por el estudio, debido a la trayectoria personal seguida, o que la escasez de educación en la juventud constituya un obstáculo, pero no por estas circunstancias se le debe negar sistemáticamente la oportunidad de crecer y superarse. De proporcionarseles el apoyo y la ayuda necesaria, difícilmente se resistirían a la mejora individual.

Con estos pensamientos, podemos sacar en claro que la educación y capacitación es un parte primordial del proceso que se les debe ofrecer a TODO EL PERSONAL INVOLUCRADO. Esto sin embargo, no quiere decir que a todo el personal involucrado se le debe de proporcionar de la misma manera.

Un profesionista, de alguna manera, está más acostumbrado a pasar varias horas seguidas recluido en un salón absorbiendo la información dictada por un conferencista o profesor. Un operador que jamás tuvo la oportunidad de seguir estudios superiores probablemente encuentre un curso de 8 horas diarias, dos o tres días seguidos, como una tortura y difícilmente aproveche realmente el curso.

Inclusive para el personal profesionista, no son raros los casos donde el individuo atiende el curso de "cuerpo presente", es decir, nada más de manera física, sin involucrarse, debido a que le fue ordenado que asistiera, o porque el tema no sea de su interés.

Así, yo considero que la mejor manera de iniciar a todo el personal en la capacitación para un PMC, es por medio de:

1. Anuncios cortos en el pizarrón. Folletos de una o dos cuartillas, con los conceptos principales, dispuestos de manera interesante y variada, pueden colocarse en el pizarrón de anuncios por una o dos semanas. De manera natural, el personal tiende a leer lo que esta puesto, y poco a poco puede familiarizarse con los conceptos nuevos. El Anexo 4.1. muestra un ejemplo de estos anuncios.

2. Folletos circulados a todo el personal. Estos folletos serán de mayor duración que los anuncios ( 5 a 8 cuartillas), con mayor información. La forma de estos folletos será con dibujos, ejemplos y todas las herramientas posibles para facilitar su lectura y mantener el interés. El Anexo 4.2. muestra un ejemplo de estos folletos.

3. Cuando los folletos concluyan un tema, se puede conducir una reunión informal de un par de horas, donde se aclararán dudas y se ampliará la información. El objetivo principal de estas reuniones será de establecer tareas específicas al personal para que apliquen los conocimientos aprendidos. Sobre la marcha, durante la aplicación, surgirán dudas que serán aclaradas para que el concepto y la práctica se fijen firmemente en la mente del personal. El Anexo 4.3. muestra el tipo de material visual (acetatos) utilizado en este tipo de cursos. Este curso ha sido presentado, exitosamente, a personal de control de calidad, mantenimiento, operación y supervisión de la planta de Productos Plásticos para el Hogar (ICIPSA), ubicada en Tultitlán, Estado de México.

#### **4.3.2.4. Capacitación en cuanto a la Filosofía de Calidad**

Es muy importante que no se pierda la orientación final dentro de la capacitación, esto es, que se tome la educación como un paso dentro del PMC, no como una área separada. El personal debe compartir el mismo significado de Calidad, Filosofía de Calidad, Servicio, etc. El personal debe, al mismo tiempo, estar de acuerdo con la estrategia adoptada para alcanzar los objetivos deseados, es decir, debe tener una idea de las diferentes metodologías formuladas (Crosby, Juran, etc), para estar convencido de que el Programa de Acción establecido sea el que mejor concuerde con la propia idiosincrasia del laboratorio.

Al profundizar en estudios de Filosofía de Calidad y estudiar los diferentes libros publicados por los autores mencionados en el Capítulo I, se descubre no sin cierta sorpresa que la mayoría de los conceptos no son novedosos. Todos los autores nombrados comparten las mismas ideas, si bien expresadas con diferentes palabras, o acompañadas de distintas técnicas o herramientas. Entonces, el estudio se vuelve, si no estéril, debido a que la percepción de nuevos conceptos disminuye considerablemente, tedioso.

Elaborar un curso que comprenda la lectura de diferentes obras de los autores mencionados, provocaría la repetición de esfuerzos. Se considera más provechoso elaborar "cápsulas" con los detalles más importantes dentro de la metodología de los autores citados. De esta manera, se pueden cumplir con los lineamientos señalados anteriormente, que son:

- a) **Amenidad en la lectura.** El personal lee con más gusto y atención folletos cortos, ampliamente ilustrados, que libros o escritos enteros.
- b) **Eliminación de repetición.**
- c) **Lectura más rápida.** Es obvio pensar que se necesita menos tiempo "digerir" folletos ya previamente tratados que atacar por primera vez un autor desconocido.

En el Anexo 4.4. se muestra un ejemplo de los folletos que describen la esencia de las teorías de los pensadores más distinguidos de Calidad.

#### **Metodología de Capacitación**

El proceso de capacitación se llevaría de la manera más lógica y sencilla, es decir, en el sentido cronológico. De esta manera se pueden ir apreciando las mejoras y tendencias que tuvieron lugar durante el desarrollo de la Filosofía de Calidad.

#### 4.3.3. Aplicación de los Conocimientos Adquiridos

La mejor capacitación del mundo, todos los diplomas y toda la educación obtenida no sirven de nada si no son aplicados en campo y cultivados de manera que rindan fruto, que sean productivos. De hecho, una de las ventajas más importantes de los japoneses con respecto a los occidentales es el enorme impulso, casi la obligación, que existe para aplicar los conocimientos adquiridos, especialmente si se refiere a la calidad.

En los cursos de calidad japoneses, se exige del alumno que trabaje en horario extra en problemas prácticos que se presenten en el trabajo de todos los días. Así, los casos prácticos se discuten dentro del mismo curso, dándole mucho seguimiento, inclusive después de terminado el curso, para garantizar que los conocimientos sean aplicados.

En el Occidente, y en México también, poco impulso se da en ese sentido. Rara vez se aprovecha al 100% lo que se aprende en los cursos. Este aspecto debe cambiar para poder mejorar la calidad misma de los cursos.

Así, se debe reforzar el entusiasmo inicial del alumno para que convierta los nuevos conceptos en preceptos para toda la vida. Esto no es fácil, pero se debe tener la suficiente constancia como para sobrellevar los primeros obstáculos.

#### ¿ Cómo lograrlo en el CDA ?

Es imposible abarcar mucho en el primer intento, sobre todo al pisar terreno desconocido. En el CDA, como se planteó en el Capítulo II, hay materia prima para implementar un Proceso de Mejora de Calidad, pero el arranque debe planearse con algo de cuidado. En materia de calidad, es mejor atacar un problema y resolverlo antes de atacar otro.

Por esta razón, el Proceso de Mejora Continua de la Calidad del CDA se limita, en su fases inicial, al Laboratorio de Caracterización de Plásticos. La selección de ésta área sobre las otras áreas (inyección, extrusión, calandreo, administrativo, mantenimiento) se debe a las siguientes características:

- El área de caracterización es el área más en contacto con el cliente, con sus necesidades y quejas, de manera que conoce mejor la necesidad de mejorar la calidad del servicio al cliente

- La determinación de las propiedades de los plásticos se refiere a valores concretos y objetivos, que hace más fácil la evaluación de diferencias debidas a equipo o mano de obra. El concepto de una pieza bien inyectada, por otro lado, puede subscribirse a una serie de variables, no siempre bien cuantificables.

- El personal está más familiarizado con métodos estadísticos, y con la estandarización y elaboración de procedimientos.

- La mejora de la calidad en la confiabilidad de los resultados obtenidos en el área de caracterización impacta más en el desempeño global del CDA, considerandose que, de las horas totales trabajadas en el mismo, aproximadamente el 70% de las mismas se concentran en el área de caracterización.

Dentro del área de caracterización, se distinguen primeramente dos campos de aplicación:

#### 1. Definir el nivel actual de habilidad dentro de los equipos

Para poder saber si los equipos están dentro o fuera de control estadístico, debemos primeramente determinar cuál es nivel actual de confiabilidad. Para lograr esto, se han llevado dos actividades:

##### A) BASE ESTADISTICA DE LOS VALORES.

**Desarrollo:** Se eligió un material natural, caracterizado por poca variabilidad tanto en su proceso de fabricación como de transformación. Además, que se tratara de uno de los materiales más conocidos por todo el personal. En este caso, se eligió un ABS (Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno), marca Lustran, fabricado por Monsanto Company, grado LNI 452-1002. Este material es un terpolímero termoplástico, de estructura cristalina, opaco, de impacto medio, de alto brillo, utilizado para aplicaciones de extrusión. En el Anexo 4.5. se encuentra un catálogo de Monsanto Company con las propiedades físicas, térmicas y mecánicas del material, así como condiciones sugeridas de procesamiento.

Posteriormente, se moldearon suficientes especímenes de prueba, bajo condiciones estándar de inyección, como para efectuar las siguientes determinaciones. En el Anexo 4.6. se presenta una breve descripción del desarrollo de cada prueba, así como el equipo involucrado y el alcance y significado de cada prueba.

1. Largo, ancho, espesor, peso y gravedad específica para cada uno de los especímenes de prueba (barra de 1/2", barra de 1/8", y probeta de tensión). Se realizarán 10 mediciones de cada una de las variables mencionadas.

2. Largo, diámetro y peso de pellets. Se medirán 10 pellets.

3. Diez mediciones de Impacto Izod con ranura (1/2", 1/8"), registrando el largo después del corte, así como la profundidad de la ranura.

4. Seis mediciones de Flujo Melt Index, condición "I" (230 °C y 3800 g de peso), registrando los gramos iniciales, los gramos extruidos, el tiempo y el valor del flujo.

5. Cinco valores de HDT a 264 psi, barra de 1/2" x 1/2".

6. Cinco valores de tensión al cede, elongación al cede, tensión a la ruptura, con una velocidad de carro de 5 cm/min, y un gage length de 4 pulgadas.

7. Cinco valores de resistencia a la flexión y de módulo en flexión, en barra de 1/2" x 1/8", con una velocidad de carro de 1 cm/min.

8. Cinco valores de Módulo elástico (Módulo de Young), utilizando un extensómetro vertical.

Estas determinaciones se llevarán a cabo por cada una de las personas involucradas en el Laboratorio de Caracterización del CDA. En el momento del presente estudio, seis diferentes personas realizaron tales determinaciones, reuniéndose un total de 60 y 30 datos, suficientes para hacer un estudio estadístico del tipo t de Student. En el Anexo 4.7. se muestran tablas con los diferentes resultados.

**Criterios seguidos:** Al personal involucrado se le entrenó en los siguientes puntos:

- \* Utilizar el mismo instrumento de medición (Vernier Electrónico Digital Marca Max Cal)

- \* Calibrar concienzudamente todos los equipos antes de utilizar cualquiera de los equipos.

- \* Ser honestos en los resultados, aunque sean contrario a lo esperado

- \* Seguir los mismos pasos para la identificación, medición, prueba y reporte de resultados

**Objetivo:** Estas determinaciones se llevaron a cabo por lo siguiente:

- Determinar el nivel "normal" de desviación estándar y varianza presentado por los equipos en la situación actual del laboratorio.

- Con estos datos, obtener los límites superior e inferior de un gráfico de control tipo x-R, para con posteriores determinaciones, ya dentro de la rutina normal del laboratorio, graficar los valores obtenidos.

Se eligió un gráfico de control de rangos (Tipo x-R), porque como se manejan materiales muy diferentes al ABS en el laboratorio, es más indicado manejar rangos, es decir, diferencias entre el valor máximo y mínimo, en lugar de valores puntuales. Con esta gráfica, podemos determinar si el proceso esta bajo control estadístico o si no lo está. Si no lo está, se analizarán las tendencias (Ref. Capítulo III), para determinar las causas especiales de variación, y su posible solución.

- Además, esta actividad nos ayudará a determinar si existen variaciones debido al personal, que nos lleva directamente a variaciones en la interpretación de los procedimientos estándar de operación.

## B) CORRELACION CON OTROS LABORATORIOS

Cuando se trata de un laboratorio de caracterización de plásticos, cerrarse al mundo creyendo que el propio laboratorio es el único confiable, sin reconocer que puedan haber errores, es un obstáculo enorme para la obtención de la calidad.

Una manera de evitar esta ceguera, y de al mismo tiempo, tener una visión clara del nivel del propio laboratorio con respecto a otros laboratorios similares es efectuar una correlación con ellos.

## **Desarrollo:**

Primeramente, se elige un material. Luego, se separa en dos mitades, enviándose cada una de ellas a un laboratorio. Ahí se moldean, separándose los especímenes en dos otra vez, enviándose de nuevo a cada uno para su determinación. De esta manera, queda una estructura como la mostrada en la Figura 1, referente a la Estructura de Partición de Muestras.

Después, se reúnen los resultados y se analizan, buscando diferencias notables entre uno y otro. Luego viene la parte más difícil, que es definir las causas de estas diferencias, que pueden radicar en mano de obra, maquinaria, método y medio ambiente.

**Metodología:** Dentro de la empresa, existen laboratorios similares al laboratorio de caracterización del CDA en dos unidades de producción de polímeros, una ubicada en la Planta de Lechería, Edo. de México, y la otra en San Toribio Xicotzingo, Tlaxcala. Con ambos laboratorios se han llevado a cabo esfuerzos de correlación. En el Anexo 4.8. se encuentran los resultados de tales esfuerzos.

Esta actividad nos permite identificar causas especiales de variación a escala macro, es decir, tal vez no se tengan desviaciones estándar apreciablemente altas en un equipo en particular, pero que aún así los valores reportados están fuera de la realidad.

## **2. Definir el nivel de calidad deseado en el laboratorio**

Este paso involucra la siguiente actividad:

a) Definir el precio de incumplimiento. El precio de incumplimiento se define como el costo de hacer las cosas mal. Para llevar esto a cabo, se hizo un recuento de los errores cometidos en el laboratorio (no efectuar la prueba en la condición requerida para el material en cuestión, confusión de especímenes, errores de cálculo, etc.), y se calculó el costo de repetir tal prueba. En el Anexo 4.9. se muestra la lista de los errores cometidos, el costo de cada uno y el precio del incumplimiento.

Definiendo cuánto se gasta en no hacer las cosas bien, se puede definir una meta realista en cuanto a la calidad.

# Estructura de particion de muestras

Moldeo      Acondicionamiento      Prep.      Carac.

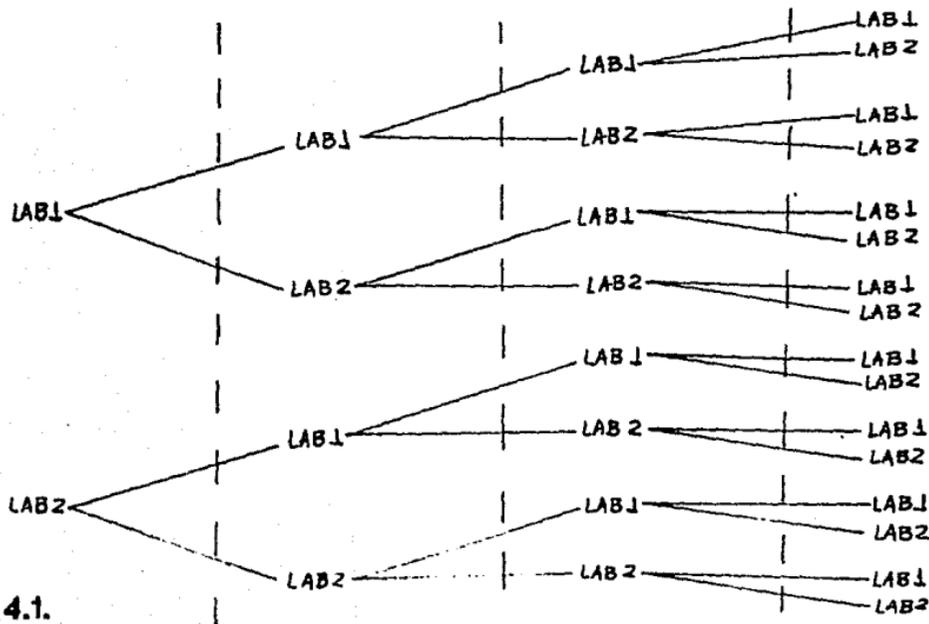


Figura 4.1.

### 3. Identificación del problema

Con los dos puntos anteriores se puede tener una idea de la situación actual del laboratorio, pero poco se puede saber de la manera de mejorar la calidad dentro de él. Así, se recomiendan los siguientes puntos:

a) Dar un sólo paso a la vez. Uno de los errores más comunes presentados al implantar un Proceso de Mejora de la Calidad es querer cambiar todo al mismo tiempo, se espera demasiado del proceso, causándose gran frustración y desconcierto al primer fracaso. Se debe escoger un problema de gran relevancia, de ser posible, el de mayor relevancia, pero asignar metas accesibles, y, sobre todo, no tratar de tocar otros problemas, sino atacar uno a la vez.

En el Laboratorio de Caracterización existen muchas pruebas que son susceptibles a mejora, como son:

- Impacto Izod
- Impacto Gardner
- Flujo Melt Index
- Temperatura de Distorsión Bajo Carga (HDT)
- Propiedades Mecánicas en Tensión
- Propiedades Mecánicas en Flexión
- Flamabilidad, etc.

Sin embargo, es imposible tratar de optimizar los procesos y los equipos para mejorar la calidad en todos al mismo tiempo, así que se eligió el problema de mayor importancia.

Este problema, al consultarse al equipo involucrado, resultó ser la prueba de Impacto Izod. Esta prueba es uno de los criterios más importantes para la selección de un material sobre otro, especialmente en la industria automotriz. Siendo como es que representa la resistencia del plástico a un golpe súbito de canto, sus valores deben encontrarse dentro de especificaciones, ya que de otra manera, un material más débil de lo normal puede causar no sólo la falla del producto, sino por ejemplo, en automóviles, hasta daño físico al ocupante.

Como resulta obvio, la determinación del Impacto Izod frecuentemente es la especificación ingenieril más difícil de cubrir, y el fallo es inflexible.

Por otro lado, en la prueba de conjuntas muchas variables que pueden influir en los resultados. Con todo lo anterior en mente, es fácil imaginar que eliminar la variabilidad del Impacto Izod es una premisa importante.

### **Situación actual en la determinación del Impacto Izod**

Antes de empezar, se definió en qué consistía el problema del Impacto Izod. Esto se realizó cuestionando todo el proceso, de la siguiente manera:

#### 1. ¿Existe un problema con el Impacto Izod?

Sí, ya que los clientes no muestran confianza por los resultados, exigiendo pruebas de la desviación estándar obtenida y, en muchos casos, una repetición de la prueba.

#### 2. ¿En qué consiste el problema del Impacto Izod?

Para resolver este punto, se decidió hablar con los afectados, es decir, con los clientes, y aplicarles el siguiente cuestionario:

- a) ¿Siente usted que existe un problema con la determinación del Impacto Izod en el CDA?
- b) En caso de haberlo, ¿Cuál diría usted que es el problema?
- c) ¿Ha tenido problemas o dudas con los valores de Impacto Izod reportados a usted por el CDA? Si es así, ¿de qué tipo son los problemas?
- d) ¿Son los problemas presentados, si es que existen, constantes y repetitivos, o más bien de carácter aleatorio?
- e) ¿Ha habido seguimiento por parte del personal del CDA en cuanto a sus problemas de Impacto Izod?
- f) ¿De qué manera piensa usted que se pueden resolver los problemas, de haberlos, relativos a la determinación del Impacto Izod en el CDA?

## Resultados.

Esta investigación preliminar arrojó los siguientes resultados:

- \* Si existen dudas en cuanto a la determinación del Impacto Izod
- \* Las dudas se refieren principalmente a la alta desviación estándar presentada por los valores (+/- 0.5 )
- \* Se recomienda un nivel de desviación estándar de +/- 0.01
- \* Falta una buena correlación entre los diferentes laboratorios de la empresa
- \* Se cree que el problema radica principalmente en la ranuradora

### 3. Constitución del equipo de trabajo.

El equipo está constituido por las tres personas que laboran en el área de caracterización, pero semanalmente se hacen reuniones informales con el personal de las otras áreas para explicar y comentar los avances presentados.

El personal consiste en: un especialista, un técnico de operación y un becario.

La metodología de trabajo consiste en que la carga de trabajo es repartida uniformemente, y las ideas son escuchadas con igual atención, sin importar el cargo

### 1. Ataque del problema

#### 1.1. Ciclo Deming (Plan-Do-Check-Act)

Esta acción se llevó a cabo primero identificando las posibles causas del efecto observado (la alta desviación estándar de la determinación del Impacto Izod). Para lograr esto, se elaboró un Diagrama de Ishikawa, en donde se analizaron las causas enclavadas en cinco zonas: material, mano de obra, método, medio ambiente y máquina. El Anexo 5.0. se presenta el diagrama final.

TESTES COM  
PARTE DE ORIGIN

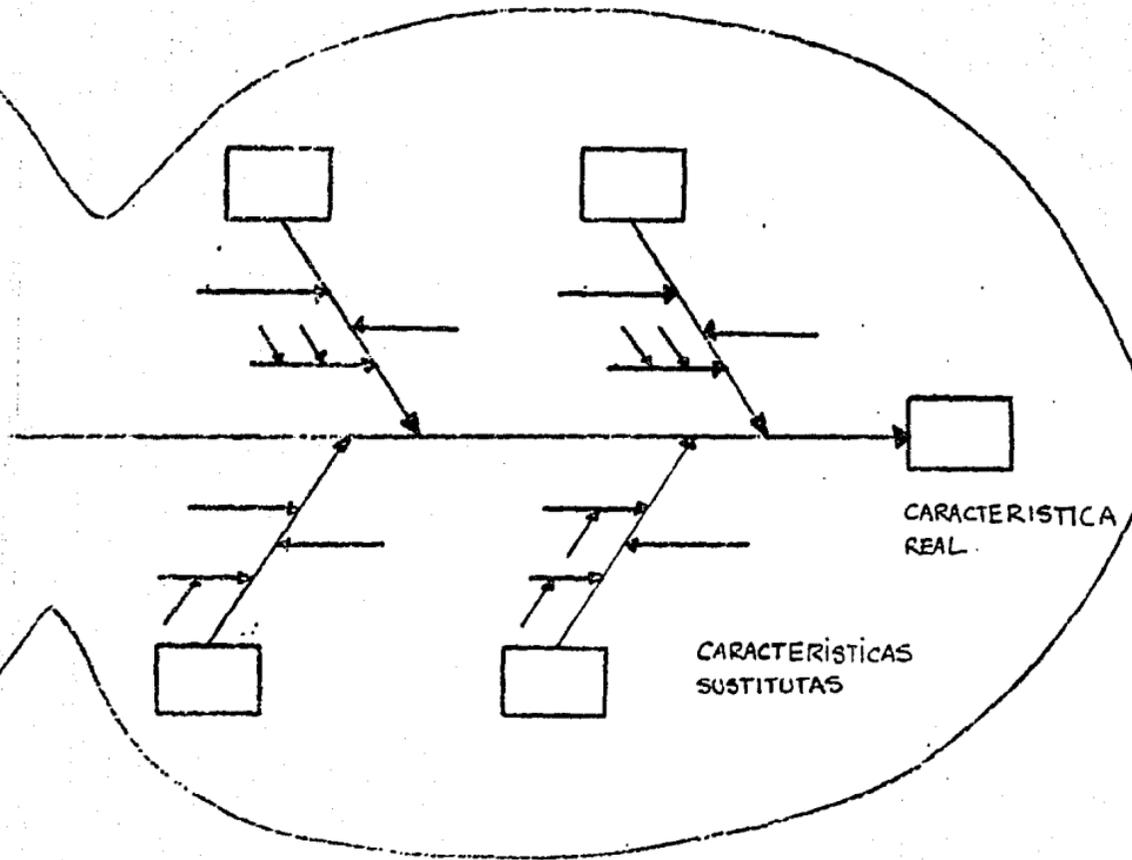


FIGURA 2. DIAGRAMA DE IDENTIFICAO

Para llevar de una manera ordenada las modificaciones sugeridas para cada causa, se utilizó el CEDAC, que es una variación del Diagrama de Ishikawa, en donde cada acción tomada se anota en una tarjeta, y la sucesión de tarjetas, junto con el Diagrama de Ishikawa, se coloca en una pared al alcance de todos, para que todos puedan colaborar colocando tarjetas. Cuando una modificación sucede a otra, la última se coloca encima de la anterior, así se puede tener una sucesión de los cambios. Esto permite tener toda la información reunida en un sólo lugar. En el Anexo 5.1. se presenta un resumen de las anotaciones hechas en las tarjetas.

En cada una de las ideas anotadas se seguía el Ciclo de Shewhart (más conocido como Ciclo de Deming, quien realmente sólo lo divulgó). Esto es, comprendiendo los siguientes pasos:

1. **Planear.** Establecer qué acciones se van a llevar a cabo, en qué sucesión, qué herramientas o conocimientos (quizá una opinión externa) se necesitan y porqué se eligieron tales acciones. Sólo se ejecuta una acción si todas las cuestiones anteriores están bien resueltas.

2. **Actuar.** Se ejecutan las acciones según lo establecido en el inciso 1.

3. **Checar.** Se evalúa el Impacto Izod en el material estándar, para determinar la desviación estándar después del cambio realizado. Se tomó especial cuidado en evaluar sólo una modificación a la vez.

4. **Verificar.** Si la acción tomada no trae una mejora en el nivel de desviación estándar, o permite hacer más fácil y rápido el trabajo, se trata de definir porqué y se establece una nueva línea de acción, regresando al inciso 1.

## **Resultados**

A continuación se listan las acciones tomadas que llevaron a resultados positivos, y la influencia que tuvieron en la desviación estándar:

## **Evaluación con el cliente**

Una vez alcanzadas las metas, se presentó un resumen del presente programa a los clientes involucrados, solicitando asimismo su opinión sobre los logros alcanzados y sugerencias para nuevos campos de acción. En el Anexo 5.2. se presenta un cuadro con un resumen de esta encuesta.

## OTRAS ACCIONES LLEVADAS A CABO COMO CONSECUENCIA DEL PMC

### 1. Programa de Mantenimiento Preventivo

En otro punto se ha discutido que una actitud negativa que había prevalecido en el CDA era de descuidar el mantenimiento preventivo de los equipos, hasta que fallaban totalmente, para entonces aplicar el Mantenimiento Correctivo. Existía una escasez de consciencia de los equipo, prestándosele poca atención a la conservación y al cuidado del mismo.

El equipo de trabajo decidió cambiar esta actitud, tomando las siguientes medidas:

1. Elaborando bitácoras de uso y de mantenimiento de cada equipo, anotando cada condición extraña, fallo o problema y la solución encontrada. En sí, se incluye toda la información que puede servir para aumentar el conocimiento del equipo.

2. Elaborando, junto con el personal encargado de mantenimiento, un Programa de Mantenimiento Preventivo, detallando cada una de las acciones que tanto el personal del laboratorio como el personal de mantenimiento puede llevar a cabo, estableciendo fechas y responsabilidades. En el Anexo 5.3. se muestra este programa.

3. El equipo de trabajo se mostró dispuesto a colaborar más con el equipo, no limitándose a operarlo, sino a capacitarse en su estructura y operación interna. Esto cristalizó en forma de procedimientos de operación y mantenimiento para cada uno de los equipos. En algunos de ellos, fue muy valiosa la aportación del personal de servicio del proveedor del equipo.

### 2. Programa de Planeación de Compras

#### Situación Antes del PMC

Antes de la implantación de un Proceso de Mejora Continua, no existía orden alguno en la adquisición de insumos básicos para mantener en funcionamiento el laboratorio de Caracterización del CDA, sino que se efectuaban compras de emergencia cuando ya era muy tarde, y a menudo se tenía que detener un equipo para ello.

El primer paso fue efectuar un inventario de los materiales en existencia y de los materiales necesarios para efectuar las pruebas rutinarias.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El segundo paso fue analizar el tiempo de entrega y el tiempo de proceso ( tiempo necesario para consumir el material, suponiendo operación normal ).

El tercer paso fue planear las compras para todo el año, considerando los factores pasados. De esta manera, no sólo se garantiza que el laboratorio cuente con el material adecuado todo el año, sino que permita ajustarlo a las necesidades del presupuesto, ayudándolo a mantenerlo balanceado. En el Anexo 5.4. se presenta el Programa de Planeación de Compras.

### 3. Organización y Optimización de la Información

En la transmisión y conservación de la información es donde tradicionalmente se observan ineficiencias. Incontables errores se presentan porque alguien sabía algo que no comunicó a la persona indicada en el momento indicado. También existe otro tipo de error: cuando se sabe que se tiene una información necesaria en un momento dado, pero no se sabe dónde.

El equipo de trabajo encontró que se perdía mucho tiempo en las siguientes acciones:

1. Buscando información de clientes, proveedores, materiales y equipos.
2. Buscando una norma o especificación dada en una multitud de ellas.

Para resolver esta situación, el equipo de trabajo tomó una decisión muy simple pero necesaria: se ordenó toda la información recibida (folletos, publicaciones, artículos, etc) en carpetas bien rotuladas y divididas. Esto, aunque parece una tarea simple, realmente toma tiempo y esfuerzo no sólo el elaborar las carpetas, sino en mantenerlas ordenadas. La responsabilidad de archivar la información entrante se ha dividido entre todos, y hasta ahora, ha funcionado bastante bien. Ahora todo el personal encuentra fácilmente la información que necesita y de la misma manera la coloca en su sitio.

También se efectuó una depuración de las normas utilizadas, que normalmente se archivaban en una carpeta sin ningún orden. El equipo de trabajo decidió emprender las siguientes acciones:

1. Retirar las normas o especificaciones repetidas (copias) y archivarlas por separado en una carpeta designada como tal.
2. Ordenar las normas en un número progresivo.
3. Clasificar las normas según su procedencia.
4. Archivar las normas en carpetas debidamente rotuladas.
5. Elaborar una lista de las normas existentes e introducir los datos en una computadora, para facilitar la entrada de normas nuevas.

Este proceso no sólo ha eliminado el tiempo de consulta, sino que hace más efectiva la utilización del espacio y la captura de nuevas normas y especificaciones, siendo más fácil localizarlas, y por ende, darles un mejor servicio a los clientes.

#### **4. Aprovechamiento de paquetes computacionales para captura y procesamiento de datos.**

##### Situación antes del PMC

Las órdenes de trabajo para el CDA se llevan a cabo mediante solicitudes numeradas en donde se especifica el material, la prueba que se solicita y en sí todas las condiciones del trabajo. Una vez concluido el trabajo, los resultados se transcribían manualmente en un formato, mismo que se firmaba y se pasaba a la secretaria para su transcripción a máquina por duplicado. Después de que la solicitud fuera llenada a máquina, la secretaria la regresaba al especialista para su revisión y aprobación, si los datos eran correctos. Si no era así, se repetía el proceso.

Todo esta serie de manejos resultaba sumamente lenta, consumía tiempo tanto de la secretaria como del especialista, y se observaban numerosos errores de escritura.

Para resolver este problema, el equipo de trabajo decidió elaborar un formato en un paquete computacional para que el personal introdujera directamente los datos en la computadora, imprimiendo los resultados y reduciendo el tiempo de elaboración del reporte de resultados a la mitad. Además, al emplearse una hoja de cálculo, se introdujeron fórmulas que eliminaban la necesidad anterior de efectuar cálculos para determinar los resultados.

## 5. Programa de Creatividad Continua

Anteriormente, la creatividad del personal estaba siendo desaprovechada, al no prestarse atención a las ideas de mejora que el personal pudiera tener con respecto a su trabajo o al equipo utilizada.

La nueva administración del laboratorio ha cambiado eso, y los resultados, como se verá más adelante, no se han hecho esperar.

En el cuarto de caracterización se establecieron las preguntas básicas para despertar la creatividad escondida. Tales preguntas son las siguientes:

### 1. ¿Cómo puedo hacer mi trabajo más fácil?

#### Actividades iniciales recomendadas:

- Investigar qué tareas son las más difíciles, tediosas, aburridas, etc, y porqué se piensa que son así
- Proponer métodos alternativos para facilitar dichas tareas

#### Resultados:

##### a) Apertura del refrigerador.

El CDA cuenta con un refrigerador industrial para llevar a cabo pruebas de comportamiento en frío para piezas automotrices, tan grandes como una portezuela. La capacidad del refrigerador es de 2.5 pies cuadrados, y una temperatura de  $-180^{\circ}\text{C}$ .

La tapa de dicho refrigerador es bastante pesada, y, para efectuar las pruebas de Impacto en Frío, que deben realizarse rápidamente para evitar que el material se caliente por el contacto con el medio ambiente, es necesario que participen dos personas: una realizando la prueba y la otra simplemente levantando la tapa del refrigerador, labor bastante aburrida y cansada.

Por lo tanto, se propuso idear un sistema de poleas que pudiera levantar la tapa pisando un pedal. La idea es ingeniosa, aunque la realización es bastante difícil, por lo que todavía se está trabajando en ello.

bl "Colador" para efectuar la prueba de Flujo Melt Index a material remolido.

En la prueba de Flujo Melt Index, una porción del material en polvo o pellets es alimentado a un orificio de aproximadamente 0.8 cm de diámetro. Esto se auxilia con un embudo. Toda la operación de alimentación no debe durar más de un minuto, ya que lo contrario afectaría al resultado de la prueba.

Cuando se emplea material remolido, el tamaño y forma del material no es homogéneo, como en el caso de los pellets, y tampoco es necesariamente de las dimensiones necesarias, siendo generalmente más grande. Esto ocasiona que al alimentar los pedazos se atoren en el embudo, retrasando la operación a veces más de un minuto. Por otro lado, remoler el material hasta el tamaño de un pellet normal ( 0.1 pulgada de largo por 0.1 pulgada de diámetro) lleva mucho tiempo.

El equipo de trabajo resolvió el problema buscando una red metálica cuyo enrejado fuera aproximadamente 0.1 pulgadas de lado, y "colando" el material antes de efectuar la prueba. Esto no sólo facilitó la realización de la prueba, sino que también se disminuyó la variabilidad de los resultados de Flujo Melt Index para el material remolido, consiguiéndose una operación más estable y predecible.

c) Recipiente para medir la temperatura de masa fundida.

La temperatura de masa fundida es la temperatura real del material al momento de ser procesada. Decimos que es la temperatura real porque no es la que indican los pirómetros, ya que ellos indican la temperatura del metal de las chaquetas de calentamiento. La temperatura de masa fundida constituye la variable de control más importante en los procesos de extrusión y de inyección, de ahí la importancia de su medición precisa.

Para lograr esta medición en el CDA, tanto en el proceso de extrusión y de inyección se "atrapaba" una porción de material fundido en un guante y se insertaba un pirómetro tipo aguja. Este procedimiento se repetía hasta que la lectura fuera más o menos constante.

No ahondaremos en la inexactitud del método, ni en el peligro que representa para el operador, siendo ambos puntos bastante obvios.

Para resolver esto, se ideó un recipiente especial para efectuar la lectura de la temperatura de masa fundida. El dispositivo consta de un cilindro fabricado de un material resistente a altas temperaturas (hasta 400 ° C) y que sea aislante, como un Teflón o una polisulfona. Este cilindro esta sujetado por una asa doblada para su fácil colocación frente al dado o frente a la boquilla de inyección, en un ángulo tal, que facilite la entrada del material al interior del cilindro. Este cilindro cuenta con una tapa del mismo material y con un orificio pequeño en el otro extremo. Por este orificio se inserta la aguja del pirómetro, facilitándose la tarea de determinar la temperatura de masa fundida.

Como en el caso del refrigerador, la idea es ingeniosa, pero es difícil la elaboración del cilindro, tarea aún pendiente.

2. ¿Cómo puedo reducir los costos obteniendo los mismos resultados?

#### Actividades iniciales recomendadas:

- Analizar cuidadosamente cada proceso, dividiéndolo en segmentos, observar qué gastos se tienen y si existe alguna forma alterna o más económica de enfrentarlos.

#### Resultados:

##### 1. Cinta de la Impresora

En el equipo utilizado para determinar las propiedades mecánicas a los plásticos (Probador Universal Instron) viene incluido un microprocesador que también imprime los resultados.

La cinta de la impresora, siendo un modelo antiguo y medio desconocido, resulta bastante cara, de casi \$ 200,000.00; además de que el tiempo de entrega de la cinta era bastante largo ( 2 a 3 semanas).

El equipo de trabajo se enfrentó a esta tarea y sugirió utilizar una cinta de máquina de escribir en lugar de la cinta de la impresora. Esto llevó a las siguientes acciones:

1. Desarmar un cartucho de la cinta para comprender su funcionamiento ( se tiene uno de repuesto).
2. Comprar una cinta de máquina de escribir ( valor \$2,500.00).
3. Determinar qué se necesita para sustituir una por otra. El equipo de trabajo determinó que se necesitaba cortar la cinta de máquina por la mitad, colocarla en el cartucho y pegar los dos extremos.
4. Evaluar el funcionamiento de la cinta de máquina.

La cinta de máquina resultó no sólo mucho más barata, sino que la impresión resultaba más clara, y rinde más que la cinta de la impresora.

Por supuesto, también existieron problemas, por ejemplo, se cortó la cinta con tijeras, y los hilos resultantes se atoraban en el mecanismo, deteniendo la cinta; o también al pegar los dos extremos, el "bulto" resultante se atora en el mecanismo.

5. Determinar las acciones correctivas.

En el presente momento, el equipo de trabajo tiene las siguientes tareas:

1. Mejorar la calidad del corte, o, mejor, conseguir una cinta de máquina del ancho adecuado (0.5 cm).
2. Unir los extremos de la cinta de una manera más uniforme.
3. ¿Cómo se puede mejorar el alcance de los equipos actuales sin tener que adquirir aditamentos o nuevos equipos?

Frecuentemente sucede que con el paso del tiempo, los equipos se vuelven obsoletos al enfrentarse a otro tipo de materiales o a otras condiciones de prueba.

### 1. Pesa de 4 lb. del Impacto Gardner.

En la prueba de Impacto Gardner, un peso constante se deja caer desde una altura variable, hasta determinar la altura a la cual un espécimen plano se fractura. Existen dos escalas, con pesas de 2 y 4 lb, para materiales con resistencia baja y media como SAN y ABS, respectivamente. Sin embargo, con el desarrollo del laboratorio, se empezaron a efectuar pruebas a materiales de ingeniería como policarbonato y nylon, en donde la escala mayor no alcanzaba a romperlo.

Para incrementar el rango del aparato, se mandó elaborar una pesa de 8 lb, lo que permitirá probar esos materiales.

### **RESULTADOS DEL PROCESO DE MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD, DE MANERA GENERAL.**

Los resultados de este proceso de mejoramiento de la calidad han sido de naturaleza muy variada, pero todos ellos de gran valor para el futuro aprendizaje y desarrollo del CDA:

1. Disminución de la desviación estándar en la prueba de impacto izod de +/- 0.5 a +/- 0.1 en un período de seis meses. Se eliminaron causas especiales de variación y para subir a un nuevo nivel de operación se tendría que adquirir una ranuradora nueva, ya que diferentes estudios (algunos efectuados dentro del CDA, otros fuera de él) han arrojado que en tal equipo se aloja la fuente más importante de variabilidad.
2. La mejora en la organización dió como resultado un incremento en la capacidad de respuesta del laboratorio, traducido en un récord de ventas en el mes de junio de 1991, (73 millones de pesos) comparado con el nivel anterior (60 millones de pesos).
3. Con el enfoque en capacitación, se han ido reduciendo los errores y el volumen de quejas, creando clientes satisfechos con el servicio recibido.
4. La mejora en la organización ha traído, también, tiempo libre que se puede dedicar a mejoras a largo plazo, tales como la actualización de procedimientos obsoletos y la implementación de procedimientos nuevos, asesorías a clientes en planta, búsqueda de la aprobación del laboratorio en instituciones como la Dirección General de Normas y armadoras como Chrysler.
5. Con todo este proceso, se ha mejorado la motivación de las personas involucradas, sobre todo al ver que el trabajo y esfuerzo invertido se cristaliza en ventas y en mejoras en la vida en el trabajo.

## TENDENCIAS FUTURAS.

Los esfuerzos desarrollados en el Proceso de Mejoramiento de la Calidad no se detienen en el área de caracterización, sino que se expandirán a todas las áreas del Centro de Desarrollo de Aplicaciones, como son:

### 1. Extrusión

El proceso de extrusión brinda enormes oportunidades de mejora sobre todo en el pretratamiento del material, como es:

#### \* Formulación.

Este es una de las tareas más difíciles de todo procesador. El área clave es la transmisión de conocimientos del personal experimentado al personal novato.

#### \* Pesado.

El proceso de pesado es ahora sucio, largo y puede ser que no muy exacto.

#### \* Mezclado.

El mezclador de tambores existente en el CDA es un modelo anticuado, susceptible de mejoras para agilizar el tiempo de mezclado, o para aumentar su eficiencia.

#### \* Extrusión.

Las ventajas más importantes son en la estabilización de la temperatura de masa fundida, el manejo del agua de enfriamiento, el funcionamiento de los pirómetros, etc.

#### \* Post-tratamiento.

Se puede hacer un estudio de la correlación entre la velocidad de la máquina y la velocidad de la pelletizadora, para optimizar la productividad.

#### \* Ensacado.

El ensacado en sacos de 25 kg. es una de las tareas más afanosas y tardadas. Ofrece muchas oportunidades de mejora.

#### \* Cribado.

Para materiales que producen pellets largos (strands) como el SAN, muchas veces es necesario cribar toda la producción para separarlos, ya que los pellets largos constituyen una de las quejas más frecuentes de los moldeadores.

Como el CDA carece de una criba, la producción se criba manualmente, con una lámina perforada de metal. Esto, aparte de cansado, es muy aburrido y no garantiza un producto 100% libre de defectos.

#### 2. Inyección.

El proceso de inyección también brinda muchas oportunidades de mejora, como son:

- Estandarización de la temperatura de masa fundida
- Método de solución efectiva a problemas de moldeo
- Validación de moldes

#### 3. Areas Administrativas

Como cualquier unidad de negocio, el CDA necesita de un eficiente grupo de logística, contabilidad y servicios para mantenerse trabajando. Las zonas donde existen más errores son:

- Facturación
- Envío de materiales
- Correlación de inventarios físicos con inventarios contables
- Coordinación de servicios

En todos ellos, existen enormes oportunidades de mejora, con la implantación de un Proceso de Mejora Continua.

## CONCLUSIONES

### A. EN EL ASPECTO PERSONAL

El desarrollo de un Proceso de Mejora Continua (PMC) en el Centro de Desarrollo de Aplicaciones (CDA) transformó profundamente la manera de actuar y de pensar de las personas involucradas, no sólo en el ámbito del trabajo diario, sino también en aspectos personales. Entre las situaciones que se presentaron se encuentran las siguientes:

1. Para que un PMC empiece su desarrollo, se requiere de un líder. Este líder debe presentar las siguientes características:

- Deseo de enfrentar y superar los obstáculos que se presenten en su camino o en el de sus compañeros de trabajo para lograr un trabajo bien hecho

- Deseo de desenterrar los errores y defectos, cueste lo que cueste, para eliminarlos de raíz

- Convicción en la Filosofía de Calidad Total como un medio para lograr el deseo inherente que poseen todos los individuos de realizar bien su trabajo

Para ser líder no es indispensable tener doctorado en Calidad Total u ocupar la Gerencia General de la empresa. Aunque estos atributos son de gran ayuda, el líder se puede crear en cualquier ambiente, si realmente se cree en el Proceso.

2. El iniciador del Proceso se fue convirtiendo en líder del mismo conforme el Proceso se desarrollaba. De una forma gradual, el líder se convirtió en portavoz y facilitador ante la Gerencia de los problemas que estorban la realización del trabajo, mismos que al eliminarse ganaron la confianza del personal.

3. La gente se familiarizó con los términos usados en la Filosofía de Calidad Total, participando de manera entusiasta en el Curso de Fundamentos de Calidad Total impartido por la empresa, y también leyendo diversos artículos sobre el tema.

4. El ambiente de trabajo se tornó más agradable y libre de presiones competitivas, ya que los errores no eran escondidos sino sacados a la luz para resolverse con la ayuda de todo el personal. Esto dió como resultado una especie de Círculo de Calidad muy particular, hecho a la medida del CDA, en donde se resolvían problemas técnicos, de comunicación y también se generaron torneos deportivos.

5. Como una derivación del Círculo de Calidad del CDA, se formó un Comité de Seguridad e Higiene, organismo que se encarga de difundir y verificar la seguridad en el CDA, en base a las reglas establecidas de manera democrática por todo el personal del CDA.

6. El personal involucrado observó una mejora en la organización de su trabajo, además de un enorme entusiasmo al ver que sus inquietudes eran escuchadas. El nivel de sugerencias aumentó de no existentes a un promedio de 10 por mes, con un promedio de 3 de ellas implementadas en el CDA.

#### **B. EN EL ASPECTO TECNICO**

1. El objetivo técnico del PMC en el CDA fue de reducir la desviación estándar en la prueba de Resistencia al Impacto Izod, con un nivel original de  $1 \pm 0.5$ . Al empezar a medir la desviación estándar, antes de establecer acciones correctivas, el simple hecho de prestar más atención al proceso consiguió reducir la desviación estándar a niveles de  $1 \pm 0.3$ . Después de seis meses de acciones correctivas implantadas, el nivel descendió a  $1 \pm 0.1$ , nivel en el que permanece actualmente. La mejora de un proceso con el simple hecho de medirlo es una de las características del PMC mencionadas en la literatura.

2. El Costo por Incumplimiento, medido dando la tarifa normal por hora de trabajo en el CDA al tiempo perdido por errores en el desarrollo de la prueba, mostró un incremento en el segundo y tercer mes de empezado el PMC, para luego disminuir en los meses siguientes. Este hecho se explica porque después del primer mes, todo el personal se mostró más confiado en confesar los errores, al ver que esto no perjudicaba sus intereses. Una vez logrado esto, se pudo reducir el Costo por Incumplimiento en un 20%. Es en esta área donde hay aún mucho por hacer, ya que requiere de un cuidado y atención constantes.

3. Al medir el Costo por Incumplimiento, se observó que aproximadamente un 50% de los errores son errores de imagen, es decir, errores en donde el valor monetario no es tan cuantificable como la pérdida de la confianza del cliente, falta de seguridad en el trabajo, etc. Estos errores fueron catalogados como los más importantes, viéndose una importante reducción (40 % aproximadamente) después del cuarto mes.

4. El personal del CDA se volvió más afecto en los detalles y más hábil para detectar errores en el desarrollo de la prueba. Se han identificado ya, según la Ley de Pareto, la prueba siguiente en cuanto a valores altos de desviación en la misma, y se ha empezado a atacar el problema.

#### C. EN EL ASPECTO DE CAPACITACION

1. Durante el desarrollo del PMC se creó una Cultura de Calidad dentro del CDA. Al irse observando resultados positivos tanto en el aspecto técnico como en el de relaciones interpersonales y en el de la motivación de la gente, el personal empezó a hablar en un lenguaje único y propio de Calidad, interesándose por el tema y creándose reuniones informales para discutir sobre el tema.

2. El PMC no fue un proceso que sólo una persona, aquella que lo inició, lo pudo liderar. Cuando por razones de estructura la persona iniciadora del PMC tuvo que salir del CDA, la Cultura de Calidad creada fue conservada por el personal.

#### D. EN EL AMBIENTE EXTERNO AL CDA

1. La empresa ha recorrido un largo trecho inculcando y buscando la Calidad Total para todos sus procesos y empleados. Este hecho proporcionó un ambiente favorable para el desarrollo de un PMC, y éste mismo fue reforzado por el Programa de Calidad Total surgido a nivel empresa.

2. Después de un periodo de incertidumbre, los clientes internos y externos mostraron un mayor nivel de confianza en los resultados obtenidos por el CDA, con resultados como que el 80% de los clientes primerizos regresaban con otra solicitud de trabajo.

3. El CDA se mostró listo para buscar reconocimientos tan importantes como el del Sistema NOM otorgado por la DGN, la aprobación de Chrysler, General Motors, y Alcatel/Indetel.

## **E. CONCLUSIONES FINALES**

Quizá una de las conclusiones más importantes sea que el logro del PMC como tal no fue sólo resolver una cuestión técnica, como es disminuir la desviación estándar en la prueba de Impacto Ixod, sino el hecho de que el personal del CDA sabe ahora que puede resolver los problemas que se le presenten atacándolos de la manera grupal y organizada que presenta el PMC.

En la literatura siempre se enfatiza que un Proceso de Mejora de la Calidad no es un programa, sino un proceso que nunca termina. De alguna manera, estas palabras no parecen tan ciertas hasta que se viven. Durante el desarrollo del PMC se aprendió a avanzar paso a paso cumpliendo objetivos a corto, mediano y largo plazo. Sin embargo, se le debe de proporcionar cada cierto tiempo el ambiente necesario para continuar con el proceso. No se puede esperar que con el impulso inicial el PMC sobreviva perennemente.

Esto se obtiene mediante el monitoreo. En el monitoreo, se analiza el desempeño del PMC por medio de variables medibles, y se determinan acciones futuras a seguir.

En el PMC llevado a cabo en el CDA se tienen las siguientes medidas:

1. El número de sugerencias emitidas por el personal del CDA. Las sugerencias significan involucramiento del personal en su trabajo, motivación a modificar el mismo para optimizar su funcionamiento y también la resolución a problemas presentes. Si el número de sugerencias aumenta, el PMC sigue avanzando, si no es así, habrá de analizarse qué esta provocando la indiferencia o el estancamiento del personal.
2. El número de sugerencias implantadas en el CDA. Una sugerencia implantada es motivación para la fuente y para todo el personal. Si un alto porcentaje de sugerencias son descartadas sin implantarse, se debe analizar el motivo de ello (falta de presupuesto, confusión en la misión del CDA, sugerencias fuera de las necesidades actuales del CDA, etc) y elaborar un plan de acción para corregir esta situación.

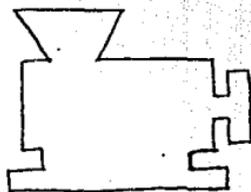
3. El precio de incumplimiento. Aquí se pueden medir dos conceptos:

a) La cantidad de dinero invertida en repetir las pruebas. Esta cantidad se espera que disminuya, al ir avanzando el proceso. Si esto no ocurre, deberá analizarse la causa y aplicar las correcciones pertinentes.

b) El número de errores que implican pérdida de imagen (falta de seguridad, mal trato al cliente, desorganización, etc). Estas situaciones son más graves, de manera que no debe permitirse que aumenten o permanezcan iguales. Se debe procurar que su número sea menor o que desaparezcan totalmente.

El monitoreo debe llevarse a cabo por el Encargado del CDA, y la frecuencia del mismo para los casos descritos se considera que debe ser mensual. Lo más importante es identificar las tendencias y trabajar sobre ellas de inmediato, de observarse alguna desviación con lo previsto, para evitar que la inercia impida que el Proceso avance.

☪  
LA DIFERENCIA EN  
LA CALIDAD NO PROVIENE DE  
NUESTRAS MAQUINAS, SINO  
DE NUESTRA GENTE ☪



DR. ISHIKAWA

“ EL MILAGRO  
JAPONÉS ”

ANEXO 4.2. EJEMPLO DE FOLLETOS CIRCULADOS A TODO EL PERSONAL



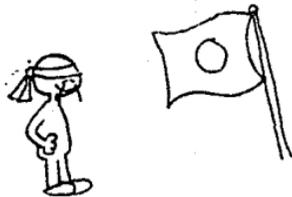
DESPUES DE LA SEGUNDA GUERRA  
MUNDIAL, JAPON HABIA QUEDADO TO-  
TALMENTE DESTROZADO, TANTO  
MORAL COMO ECONOMICAMENTE ...

... PRACTICAMENTE TODAS SUS IN-  
DUSTRIAS FUERON DESTRUIDAS,  
EL PAIS CARECIA DE ALIMENTOS,  
VESTUARIO Y VIVIENDA

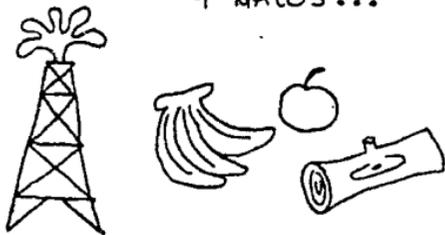




... YA QUE EL JAPON NO TIENE  
RECURSOS NATURALES, SINO  
QUE TIENE QUE IMPORTARLOS,  
PARA SOBREVIVIR, DEBÍA  
COMPETIR EN CALIDAD ...



... EN LA GUERRA Y PREGUERRA,  
JAPON VIVIA UNA EPOCA  
DE PRODUCTOS BARATOS  
Y MALOS ...

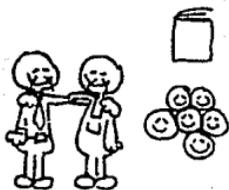


... COMO VENTAJA, POSEÍA  
UNA TRADICION CULTURAL  
DE UNA EVOLUCION DE  
MILENIOS QUE LO LLEVÓ  
A ENFRENTAR EL NUEVO RETO...



... SE INICIO' UNA ETAPA INTENSIVA DE NORMALIZACION Y ESTANDARIZACION ...

... SE RECIBIERON LAS VISITAS EN JAPON DE DEJING Y JURAN Y SE LLEVO A CABO UNA EXTENSA EDUCACION EN CALIDAD TOTAL ...



EDUCACION

LABOR EN EQUIPO

... EMPEZANDO TODA UNA REVOLUCION EN LA CALIDAD EN EL JAPON .....

PARTICIPACION EQUITATIVA  
DIRECTIVA/OBREROS



... MIENTRAS QUE EN ESTADOS UNIDOS  
SE "DURMIERON" CON LA CALIDAD Y  
CERRARON LOS OJOS ANTE EL  
DESARROLLO IMPRESIONANTE DEL  
JAPON ...

... PARA LA DECADA DE LOS  
OCHENTAS, EL JAPON SE  
CONVIRTIÓ EN PAIS LIDER  
EN TECNOLOGIA Y SERVICIO,  
CON PRODUCTOS DE ALTI-  
SIMA CALIDAD A MUY  
BUEN PRECIO.

# 1980



# TAYLOR

- DURANTE II GUERRA MUNDIAL
- PRODUCCIÓN EN MASA
- INSPECCIÓN AL 100%



INGENIERO O ESPECIALISTA



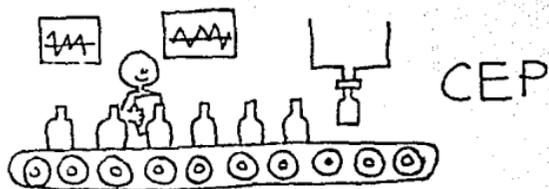
## ESPECIFICACIONES



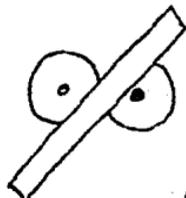
OBREROS /  
MAQUINA

ANEXO 4.4. FOLLETOS CON LA ESENCIA DE LA TEORÍA DE LOS PENSADORES DE CALIDAD

# DEMING



PREVENCIÓN



INSPECCIÓN



NO AL SERVICIO DE  
POSTVENTA:  
SOLO CORRIJE LO  
QUE ESTA MAL.



OBRERO



ADMINISTRACIÓN

LA MAYORIA DE  
LAS CAUSAS DE  
BAJA CALIDAD  
PERTENECEN AL  
SISTEMA (ADM-  
NISTRACION), NO  
A LOS OBREROS

\* PADRE DEL  
MEJORAMIENTO  
SISTEMATIZADO  
DE LA CALIDAD

# JURAN



1. RECONOCER  
FALLAS Y ERRORES  
EN EL SISTEMA



2. IDENTIFICAR  
OPORTUNIDADES  
DE MEJORA



3. TRABAJAR DENTRO DE UNA  
SECUENCIA ORDENADA DE  
EVENTOS (PROYECTOS)



PROYECTO



SUBPROYECTOS



DIRECTOR GENERAL

# CROSBY

BUSCAR LA CALIDAD ES:

**CALIDAD**

- CORRECTO
- GRATIS
- RENTABLE



- \* MAS COMERCIAL
- \* MENOS TECNICO
- \* DIRIGIDO A LA GERENCIA

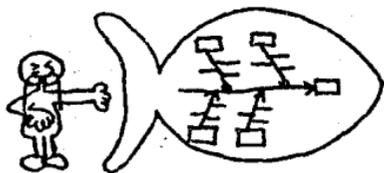


- ENFASIS EN EL CAMBIO DE ESTILO GERENCIAL, BASADO EN UN CAMBIO DE CULTURA

# ISHIKAWA



- METODOS ESTADISTICOS OBLIGATORIOS EN EL TENARIO DE LA CARRERA DE INGENIERIA
- NECESARIA LA FORMACION ESTADISTICA PARA PODER EFECTUAR JUICIOS EN BASE A DATOS EXPERIMENTALES.



- INVENTOR DEL  
DIAGRAMA DE CAUSA/EFECTO  
DIAGRAMA DE ESPINAS DE  
PESCADO, O  
DIAGRAMA DE ISHIKAWA

3.1.

- MIRAR TODO CON ESCEPTICISMO
  - o CIFRAS FALSAS
  - o CIFRAS EQUIVOCADAS



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# LUSTRAN® ABS FROM MONSANTO

Property	Units	Type Specimen (1)	Condition	Typical English Values*			ASTM	
				252	452	752		
<b>TENSILE</b>								
Stress at Yield (Type I)	psi	M	73°F	6,800	6,100	5,200	D638 (0.27 min.)	
		E	160°F	3,500	3,200	2,600		
				73°F	6,200	5,800		5,100
			0°F	10,000	8,600	7,400		
Modulus (Type I)	psi	M	73°F	390,000	370,000	370,000		
		E	160°F	260,000	200,000	170,000		
				73°F	370,000	360,000	320,000	
			0°F	460,000	390,000	330,000		
<b>FLEXURAL</b>								
Stress at Yield	psi	E	160°F	7,800	6,400	5,100	D790 (0.05 min.)	
				73°F	11,000	10,400		8,800
				-40°F	18,900	16,900		13,200
Modulus	psi	E	160°F	340,000	300,000	245,000		
				73°F	430,000	360,000		310,000
				-40°F	470,000	430,000		400,000
<b>MOD IMPACT</b> ½" x ½"	ft.-lb./in. of notch	M	73°F	3.5	6.2	8.5	D256 (method A)	
			-40°F	1.0	1.7	2.4		
		E	73°F	1.6	4.0	6.3		
				0°F	1.0	2.0		3.9
			-40°F	0.8	1.2	2.2		
<b>FALLING DART IMPACT</b>	ft.-lb. (50% Fall)	E	73°F	35	50	100		Monsanto Test (2)
				0°F	22	40	70	
				-40°F	10	20	50	
		E	73°F	11	14	26	Monsanto Test (3)	
				0°F	7	11		21
				-40°F	4	7		17
<b>HEAT DEFLECTION</b> Unannealed	°F	E	264 psi	188	185	183	D648	
			66 psi	202	199	196		
Annealed	°F	E	264 psi	203	201	198		
			66 psi	216	214	210		
<b>HARDNESS</b>	Rockwell R	E	73°F	118	110	102	D786	
<b>WATER ABSORPTION</b> (Immersion)	%	M	73°F 24 Hr.	0.4	0.4	0.4	D570	
<b>APPARENT VISCOSITY</b>	psi-sec	—	450°F	0.65	0.65	0.65	MCEP (4)	
<b>MELT INDEX</b>	gm/10 min.	—	Condition 1	1.7	1.7	1.7	DL203	
<b>COEFFICIENT OF LINEAR EXPANSION</b>	in/in/°F	M	—	$4.2 \times 10^{-5}$	$5.1 \times 10^{-5}$	$6.2 \times 10^{-5}$	D696	
<b>UNDERWRITERS LABORATORIES INC. Flame Class Rating** Temperature Index</b>	All Colors °C	—	0.058 in 0.058 in	HB 60	HB 60	HB 60	UL94	
<b>BURN RATE**</b>	in/min.	M	0.050 in	1.4	1.4	1.4	D635	
<b>SPECIFIC GRAVITY</b>	—	M	—	1.07	1.06	1.04	D153 (25°C, 23.0°C)	
<b>GARDNER GLOSS</b>	%	E	60° angle	90	90	90	D199	

(1) M - Injection molded specimen.

(2) - Elevated stress treatment. Applied in transverse direction from 125 and 100 psi, with less than 1% elongation.

(3) 1/4" dia. notched bar edge.

(4) 1/4" dia. notched bar edge.

(5) 1/4" dia. notched bar edge.

(6) Gardner Glossometer, angle of 15 deg.

\* Typical property values represent an average of material from containers of 100 lbs. or greater. Except for values listed for a specific sample this data is for the product as received. For details of the test methods used, refer to the appropriate ASTM specification.

\*\* This substance has been tested for flame class rating in accordance with Underwriters Laboratories' Test Method 94-0. The results are reported here under the conditions of the test.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

8.1.1

Property	Units	Type Specimen (1)	Condition	Typical SI Values*			ASTM
				252	452	752	
<b>TENSILE</b>							
Stress at Yield (Type 1)	MPa	M	23°C	47	42	36	D638 (6mm min)
			71°C	24	22	19	
			23°C -18°C	43 69	40 59	35 31	
Modulus (Type 1)	GPa	E	23°C	2.7	2.3	2.3	
			71°C	1.8	1.4	1.2	
			23°C -18°C	2.6 3.2	2.5 2.7	2.2 2.3	
<b>FLEXURAL</b>							
Stress at Yield	MPa	E	71°C	54	44	35	D790 (1mm min)
			23°C	76	72	61	
			-40°C	130	117	91	
Modulus	GPa	E	71°C	2.3	2.1	1.7	
			23°C	3.0	2.5	2.1	
			-40°C	3.2	3.0	2.3	
<b>IZOD IMPACT</b> 12.7 mm x 3.2 mm	J/m	M	23°C	187	331	454	D256 (method A)
			-40°C	53	91	129	
			23°C	85	214	336	
		-18°C	53	107	505		
		-40°C	45	64	117		
		23°C	47	68	125		
<b>FALLING DART IMPACT</b>	J (50% Fall)	E	-18°C	30	54	85	Mossauto Test (2)
			-40°C	14	27	68	
			23°C	15	19	35	
		-18°C	9	15	21	Mossauto Test (3)	
		-40°C	5	8	23		
		23°C	15	19	35		
<b>HEAT DEFLECTION</b>							
Unannealed	°C	E	1820 kPa	87	85	84	D648
			455 kPa	94	93	91	
Annealed			1820 kPa	96	94	92	
			455 kPa	102	101	99	
<b>HARDNESS</b>	Rockwell R	E	23°C	118	113	102	D78
<b>WATER ABSORPTION</b> (Immersion)	%	M	23°C 24 Hr.	0.4	0.4	0.4	D570
<b>APPARENT VISCOSITY</b>	kPa-sec	—	232°C	4.48	4.48	4.48	NCER (4)
<b>MELT INDEX</b>	gm/10 min.	—	Condition I	1.7	1.7	1.7	DI222
<b>COEFFICIENT OF LINEAR EXPANSION</b>	cm/cm°C	M	—	$7.5 \times 10^{-5}$	$9.2 \times 10^{-5}$	$9.4 \times 10^{-5}$	D387
<b>UNDERWRITERS LABORATORIES INC. Flaming Glass Rating** Temperature Index</b>	All Colors °C	—	1.47 mm 1.47 mm	HB 60	HB 6J	HP 17	UL 94
<b>BURN RATE**</b>	cm min.	M	1.52 mm	3.5	3.6	4.0	UL 94
<b>SPECIFIC GRAVITY</b>	—	K	—	1.07	1.05	1.04	D153
<b>GARDNER GLOSS</b>	°	E	60° Angle	90	90	90	D190

(1) M—see test method D638  
 L—see test method D638  
 E—see test method D638  
 K—see test method D153  
 M—see test method D638  
 N—see test method D638  
 P—see test method D638  
 R—see test method D638  
 S—see test method D638  
 T—see test method D638  
 U—see test method D638  
 V—see test method D638  
 W—see test method D638  
 X—see test method D638  
 Y—see test method D638  
 Z—see test method D638

\* Typical property values reported are averages of three test specimens per condition. Values obtained in a single test are not representative of the material. Values in parentheses are not to be used for design purposes.  
 \*\* See test method D638 for details of test procedure.

## Applications.

The 501 series of LUSTRAN ABS extrusion resins lend themselves to applications where toughness, high formed gloss, ease of processability and chemical resistance are prime considerations such as in the following typical applications:

- Compact Refrigerator Liners
- Shower Stalls and Tub Surrounds
- Picnic Cooler Liners
- Luggage Shells
- Rec. Vehicle Exterior Panels<sup>Ⓢ</sup>
- Truck Bed Liners<sup>Ⓢ</sup>
- Motorcycle Fairings<sup>Ⓢ</sup>
- Boat Hulls<sup>Ⓢ</sup>
- Snowmobile Housings<sup>Ⓢ</sup>
- Vehicle Instrument Panels

<sup>Ⓢ</sup>Other products have weight, see our Bulletin on Weatherability of LUSTRAN ABS

## Suggested Processing Conditions

### Dryer

LUSTRAN ABS can be successfully extruded into quality sheet when the total moisture by weight is 0.03% maximum. Suggested drying conditions are 3-4 hours at 180-200°F (82-93°C) with 20" (1-25°C) dew point air.

### Extruder

To obtain an optimum balance of sheet gloss and mechanical properties, the extruder profile should be set to deliver polymer with a stock temperature between 420 and 465°F (216 and 241°C).

### Screw Design

Single or two-stage screws can be used to extrude these products although a two-stage screw is preferred. For two-stage screws, a first-stage compression ratio (feed depth/metering depth) of 1.5-2.7 and a put-up ratio (second-stage metering/first-stage metering) of 1.5-2.0 is recommended.

### Die

Die temperature settings for LUSTRAN ABS normally range between 410 and 465°F (210 and 241°C). The die should be adjusted to provide uniform polymer melt at the lips.

### Roll Stack

Suggested polishing roll settings for LUSTRAN ABS, using a standard down-stack S range are top 200°F (80°C), middle 165°F (74°C), and bottom 260°F (93°C). Specific settings are dependent on sheet gauge and linear speed.

More detailed guidelines on extrusion appear in Monsanto's Technical Bulletin No. 6407B, "Sheet Extrusion of LUSTRAN ABS and LUSTREX Styrene Polymers".

## Additional Literature:

The following bulletins are available for general use and contain helpful information pertaining to Monsanto's family of styrenic products—LUSTRAN ABS and SAN resin, and LUSTREX polystyrene:

- SHEET EXTRUSION OF LUSTRAN AND LUSTREX POLYMERS
- FABRICATION TECHNIQUES FOR LUSTRAN AND LUSTREX POLYMERS
- WEATHERABILITY OF LUSTRAN ABS POLYMERS
- LUSTRAN ABS 752 MEETS THE TEST
- CHEMICAL RESISTANCE OF LUSTREX AND LUSTRAN POLYMERS
- DECORATIVE TREATMENTS FOR LUSTREX AND LUSTRAN PLASTICS
- INJECTION MOLDING OF LUSTRAN AND LUSTREX POLYMERS

\*Trademark of Monsanto Company

While this information is presented in good faith and believed to be accurate, Monsanto does not guarantee satisfaction, results from reproduction or its application and disclaims all liability for any loss or damage arising out of its use. NO EXPRESS OR IMPLIED WARRANTY AS TO THE FITNESS, MERCHANTABILITY OR ANY OTHER MATTER WITH RESPECT TO THE PRODUCTS OR PROCESSES RELIANT UPON HEREIN. Nothing contained herein is to be construed as a recommendation to use any product or process in conflict with any other.

## Locations:

**Home Office: Monsanto Company**  
800 North Lindbergh Blvd.  
St. Louis, MO 63167  
(314) 694-5462

**Los Angeles** 1401 Dove Street,  
Suite 250  
Newport Beach, CA 92660  
(714) 535-7700

**Sales Offices: Chicago** 9701 West Higgins Road  
Suite 600  
Rosemont, IL 60018  
(312) 299-5061

**Northeast** North Sixth Street & Monroe Avenue  
Asheville, NC 28803  
(803) 276-2000

**Cincinnati** 6041 Heebrey Road  
Cincinnati, OH 45236  
(513) 934-1160

**St. Louis** 500 N. Lindbergh Blvd.  
St. Louis, MO 63167  
(314) 694-5462

**Detroit** 20100 Telegraph Road  
Suite 420  
Farmington Hills, MI 48334  
(313) 286-1000

**Springfield** 709 Webster Street  
Indianapolis, IN 46202  
(317) 755-0200

Customer Service Center (800) 635-6665

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**Monsanto**

## A N E X O 4. 6.

### BREVE DESCRIPCION DEL DESARROLLO DE LAS PRUEBAS DE CARACTERIZACION

#### 1. Impacto Izod

El Impacto Izod es una prueba utilizada para medir la resistencia de los plásticos a golpes aplicados súbitamente de canto. Esta situación se utiliza para simular choques, patadas, etc., y demás condiciones severas de uso. Como es obvio, la determinación del Impacto Izod nos da una medida comparativa de la resistencia de diferentes materiales, pero tales valores no deben tomarse en cuenta para especificaciones de diseño.

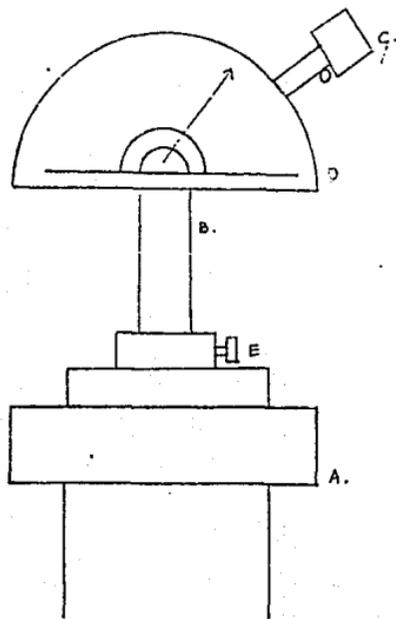
#### Aparato.

El aparato utilizado para la determinación del Impacto Izod se denomina comúnmente impactómetro. Fundamentalmente consta de una estructura pesada con un soporte en el centro que sostiene un péndulo en voladizo. Este péndulo puede estar o no cargado con pesas. El péndulo se deja caer desde una altura preestablecida, generalmente fija, para mantener una velocidad constante de caída y una fuerza también constante de impacto. Una carátula al frente indica la diferencia en energía entre el valor cero (oscilación sin ningún obstáculo) y la oscilación disminuida al poner un obstáculo ( en este caso el espécimen de plástico ) en el paso del péndulo. La Figura 1 muestra un esquema de un Impactómetro típico.

#### Especímenes.

El Impacto Izod se determina en barras de  $1/2" \times 1/2"$ ,  $1/2" \times 1/4" \times 1/2"$  o  $1/2" \times 1/8"$ . Los especímenes tienen una longitud de  $2 1/2"$ , y pueden o no estar ranurados. La ranura es una incisión de forma singular (triangular para ASTM, redonda, cuadrada o triangular para ISO, redonda para DIN), generalmente de  $0.1"$  de profundidad. Se prefiere que la ranura sea fabricada con un buril. La Figura 2 muestra los diferentes tipos de ranura.

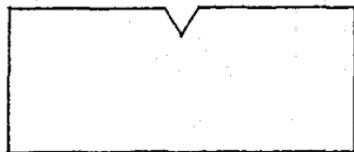
El propósito de la ranura es el de debilitar al material para provocar una situación más severa de prueba, concentrar el esfuerzo en una sola zona, y más importante, mantener el nivel del esfuerzo constante.



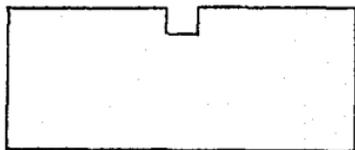
- A. ESTRUCTURA PESADA (BANCO)
- B. SOPORTE
- C. PENDULO EN VOLADIZO
- D. CARATULA
- E. BANCO PARA LA COLOCACION DE ESPECIMENES

ESQUEMA DE UN  
IMPACTOMETRO TIPICO

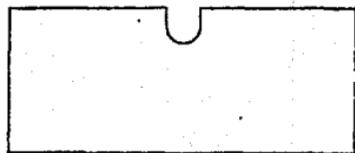
FIGURA 1. ESQUEMA DE UN IMPACTOMETRO TIPICO



RANURA TRIANGULAR



RANURA CUADRADA



RANURA REDONDA

FIGURA 2. DIFERENTES TIPOS DE RANURA

## Procedimiento.

Las barras se identifican, cortan y ranuran según la Norma a la que esté referida la prueba. Posteriormente se acondicionan por 48 hrs a condiciones estándar ( 23 ° C y 50% de Humedad Relativa) para evitar que los efectos del moldeo tengan alguna influencia en los resultados. La barra se coloca en el porta especímenes del aparato, cuidando que la ranura quede centrada horizontalmente (Figura 3). El Impactómetro ha sido previamente calibrado en cero, dejando que el péndulo oscile libremente una vez y marcando la energía necesaria (altura necesaria) como el punto cero. En un segundo paso, el péndulo se deja caer sobre el espécimen, cuidando de que el golpe sea centrado y de canto sobre el espécimen. La diferencia en alturas o en energías se observa y anota, y la medida de la energía referida al espesor del espécimen es el Impacto Izod.

## **2. Impacto Gardner**

A diferencia del Impacto Izod, en el Impacto Gardner se mide la resistencia del plástico a un impacto súbito sufrido de lleno por el material. Esta situación simula las condiciones de una caída de la pieza o de un material dejado caer en la pieza o golpes como los producidos por un martillo.

### Aparato.

El aparato utilizado para el Impacto Gardner consiste generalmente en un tubo hueco de metal, en cuyo interior se deja caer una bala de peso constante desde diferentes alturas sobre el espécimen de prueba. En la parte inferior se encuentra un dispositivo para sujetar el espécimen de prueba. La Figura 4 muestra un Impactómetro tipo Gardner.

### Especímen.

Los especímenes de prueba son generalmente fichas de apariencia o cualquier tipo de especímenes planos y relativamente delgados con relación a sus dimensiones superficiales. Un requisito para esta prueba es contar con una gran número (mínimo 30) de especímenes.

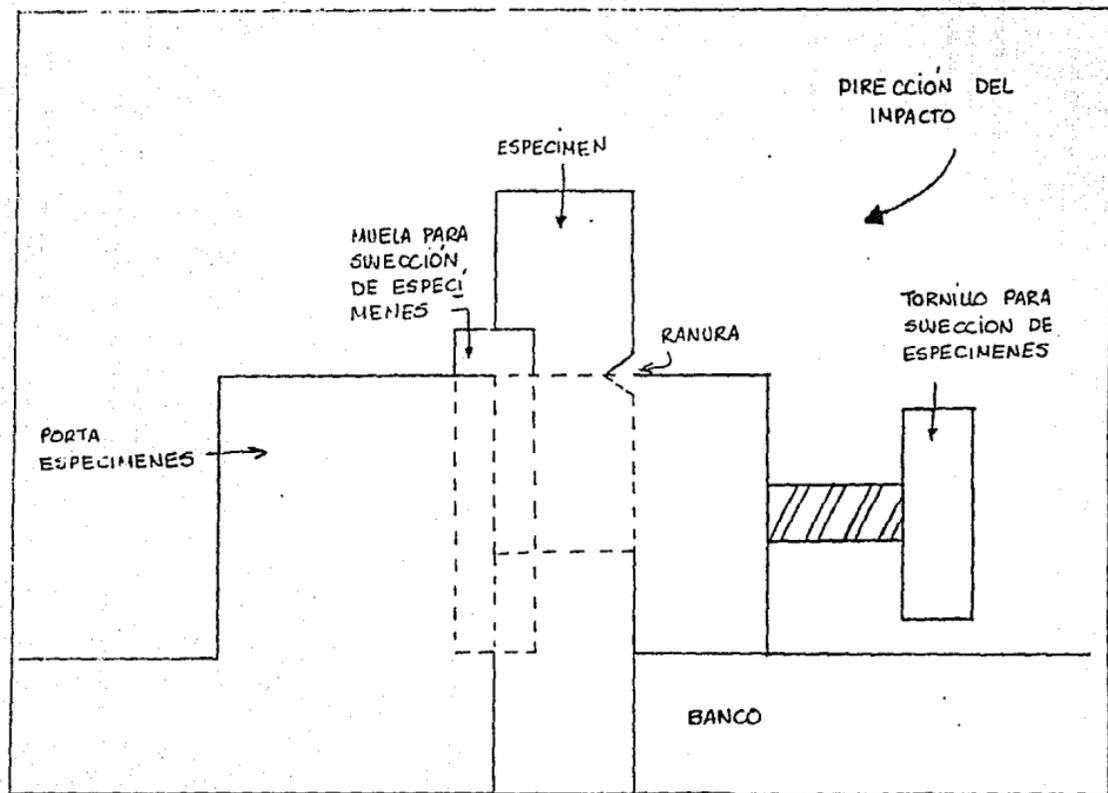


FIGURA 3. CENTRADO HORIZONTAL DE LA RANURA EN LA PRUEBA DE IMPACTO ZOD

### Procedimiento.

1. Se coloca la ficha en el soporte para especímenes. Debe cuidarse que el punto de impacto no se encuentre muy cerca de la orilla.
2. Se levanta la pesa a una altura pequeña, y se deja caer.
3. Se observa el efecto del impacto en la ficha. El criterio de rechazo es que en la concavidad de la ficha aparezca una fractura. Las deformaciones, cambios de color y concavidades no se consideran fallas si no existe una ruptura presente.
4. Si la ficha resistió el impacto, se aumenta la altura. Si la ficha se rompió, se disminuye la altura. Una vez que se determina el punto de pasa/no pasa, se prueban un número determinado de fichas hasta que un cierto porcentaje de la población presente un comportamiento determinado, es decir, rompa o no rompa. Este porcentaje de éxito o fracaso depende de la exactitud de la norma. El más común es que el 95% de las fichas pase y el 5% no pase. Esto representa que 1 de 20 fichas se rompa. En caso de que se rompa más de una, se repite el procedimiento una escala abajo. Esta es la causa de que se utilicen tantas fichas.

### **3. Flujo Melt Index**

El Flujo Melt Index es una propiedad directamente relacionada con la procesabilidad del material. Es una medida de la facilidad de flujo del material. A mayor FMI, menor viscosidad y menor peso molecular. El FMI constituye una de las pruebas de control de calidad más importantes para los polímeros.

### Aparato.

El aparato utilizado durante la realización del FMI se denomina plastómetro de extrusión, y consta básicamente de un cilindro hueco calentado por resistencias. En la parte inferior del cilindro se encuentra un pequeño dado con un orificio interior de dimensiones específicas. En el orificio del cilindro se acomoda un pistón de pruebas, y sobre el pistón, diferentes pesos para crear diferentes condiciones de presión. En la Figura 5 se presenta un diagrama típico de un Plastómetro de Extrusión.

### Especímenes.

En este caso se pueden utilizar pellets, polvo, gránulos, remolido, etc. Por facilidad se prefiere que si el material es remolido, que los fragmentos sean lo suficientemente pequeños como para que pasen libremente por el orificio del plastómetro sin atascarlo.

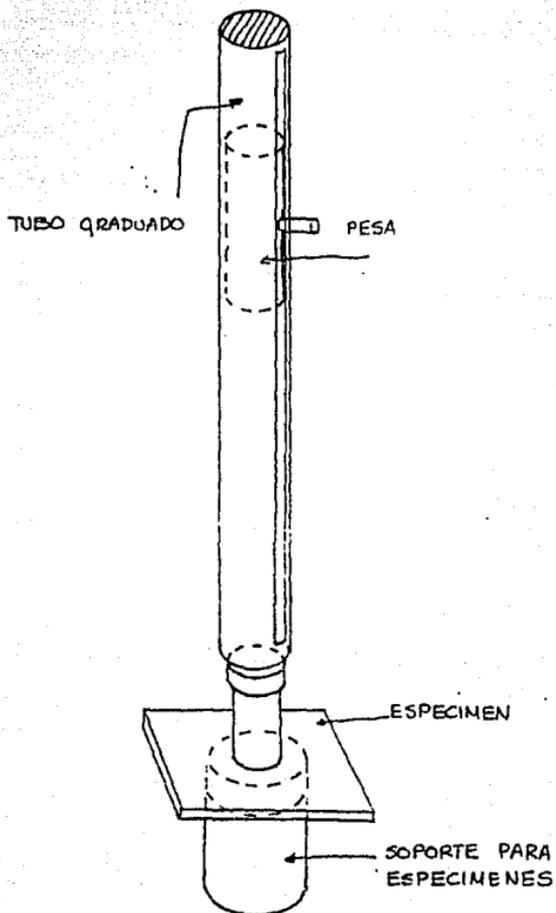


FIGURA 4. IMPACTOMETRO TIPO GARDNER

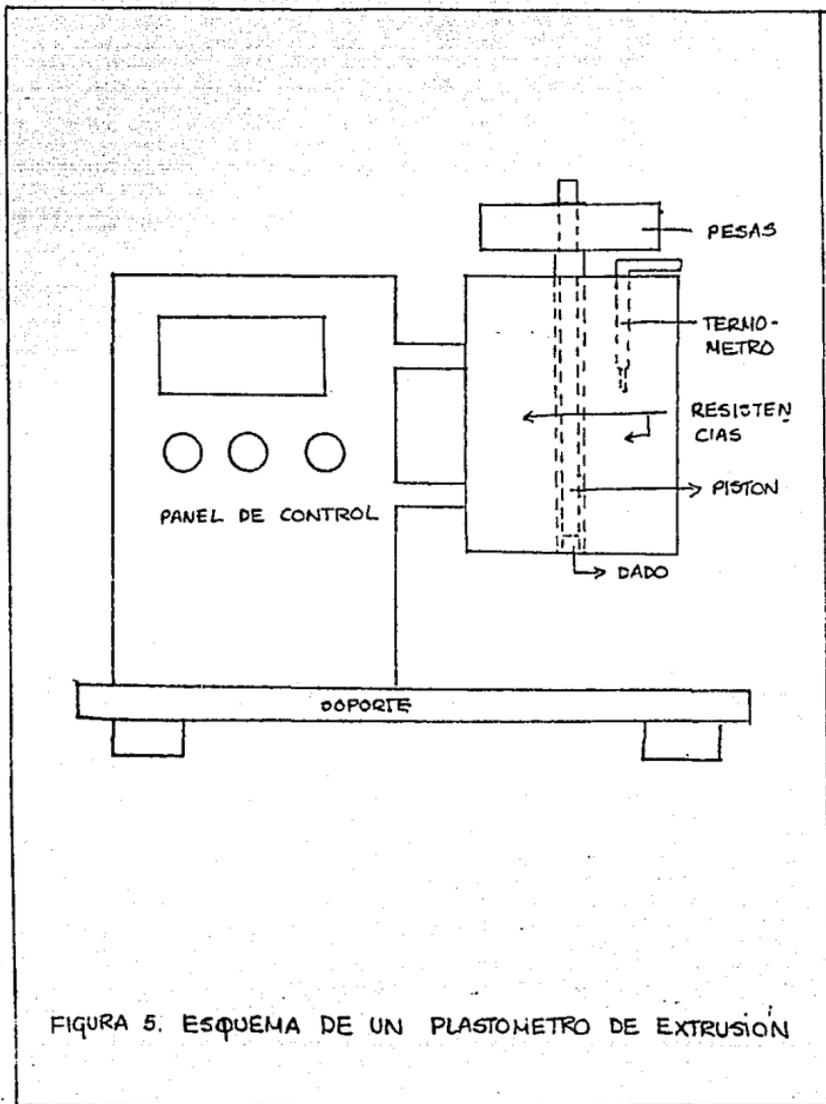


FIGURA 5. ESQUEMA DE UN PLASTOMETRO DE EXTRUSION

### Procedimiento.

El Plastómetro se prepara calentando el cilindro a una cierta temperatura y colocando ciertas pesas sobre el pistón. Las condiciones de presión y temperatura están determinadas para la mayoría de los plásticos. Una vez listo el cilindro, se deposita rápidamente una cierta cantidad de material en el cilindro, y se coloca la presión. Se deja que el material se funda y estabilice dentro del cilindro y después se cortan fragmentos del extruido durante uno cierto lapso. El FMI se reporta como g/10 min.

#### **4. Temperatura de Distorsión bajo Carga (HDT)**

El objetivo de la prueba de Temperatura de Distorsión bajo Carga es el de determinar el punto de vida útil del material respecto a su comportamiento por el calor. Esto es, el HDT es una prueba que mide a qué temperatura se deforma el material 0.25 mm cuando se le aplica una carga ya sea de 66 o 264 psi. Esta prueba es vital para todo el desarrollo de los plásticos.

### Aparato.

El aparato utilizado para determinar el HDT se denomina Probador de Temperatura y es una caja llena de aceite de silicón en donde se colocan ensambles en donde el plástico se sujeta de tal forma que se le aplique una carga en el centro y que la distorsión o deflexión causada por el calor sea fácilmente medible. La Figura 6 muestra un Probador de Temperatura y un ensamble.

### Especímenes.

Los especímenes pueden ser barras de 1/2", 1/4" o 1/8" de espesor y 1/2" de ancho. La carga se deposita en el ancho de los especímenes.

### Procedimiento.

1. Las barras se colocan horizontalmente sobre el soporte, de manera que no se apoyen totalmente en él, sino en dos cilindros en los extremos. En el centro se deja caer la carga que corresponde a la condición deseada de prueba (66 o 264 psi). Este punto se calibra como cero. Después se sumerge el ensamble en el aceite, y éste se pone a calentar a una velocidad constante ( 2 grados por minuto). Conforme avanza la prueba el aceite se calienta hasta una temperatura tal que el plástico se combe, provocando una distorsión que se mide por cualquier método adecuado, hasta que llega a 0.25 mm, en donde se lee y anota la temperatura.

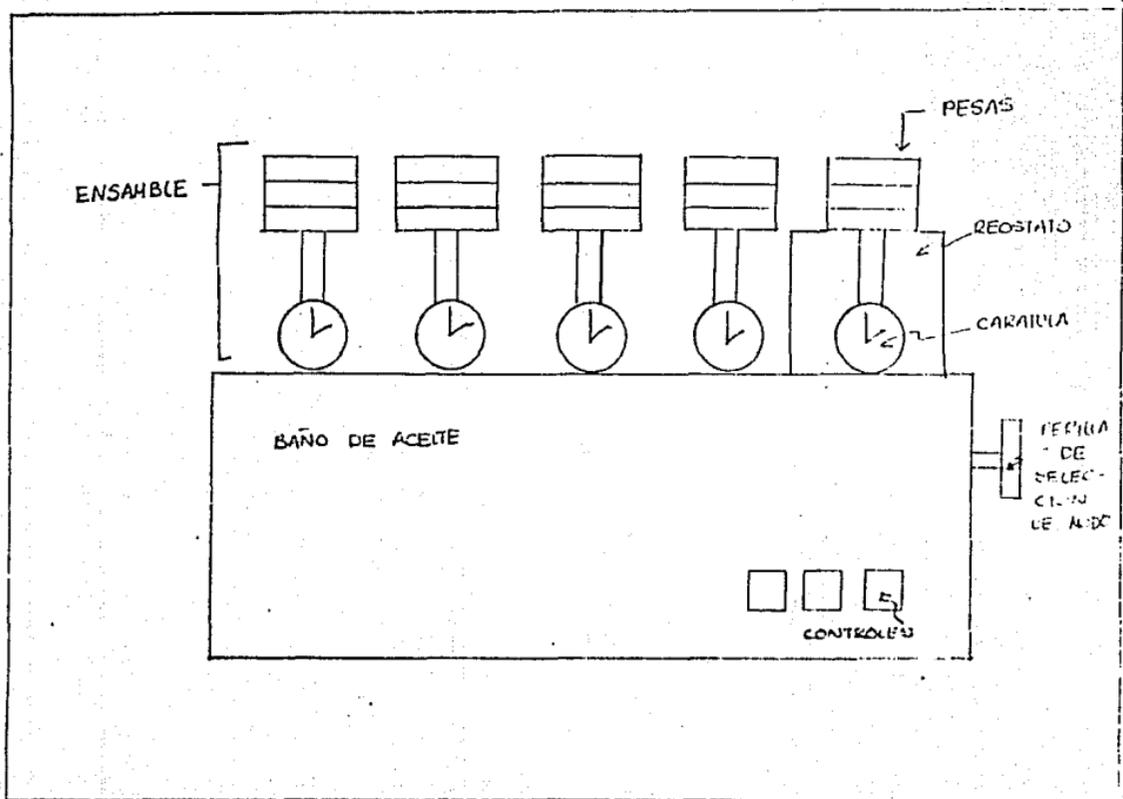


FIGURA 6. PROBADOR DE TEMPERATURA

## **5. Propiedades Mecánicas en Tensión**

El objetivo de esta prueba es determinar la resistencia de los plásticos al ser sometido a fuerzas de tensión. Esto es particularmente importante, ya que la mayoría de los materiales plásticos se ven sometidos a diferentes esfuerzos.

### **Aparato.**

El aparato de prueba se denomina Probador Universal y consta de dos mordazas sujetas a dos carros. El carro superior es fijo, mientras que el carro inferior se desplaza hacia abajo a una velocidad constante. Un espécimen se coloca entre ambas mordazas, de manera que al bajar el carro se vaya estirando. Una celda de carga aplica la fuerza necesaria para deformar el material. La Figura 7 muestra un esquema de estos aparatos.

### **Especímenes.**

Los especímenes para esta prueba son probetas moldeadas en forma de "corbata" o de "hueso de perro". Ellas presentan una garganta en su parte central para provocar que la ruptura se presente en esa porción y no en la parte que sujetan las mordazas, ya que así la prueba no es representativa. La Figura 8 muestra un esquema de esta probeta.

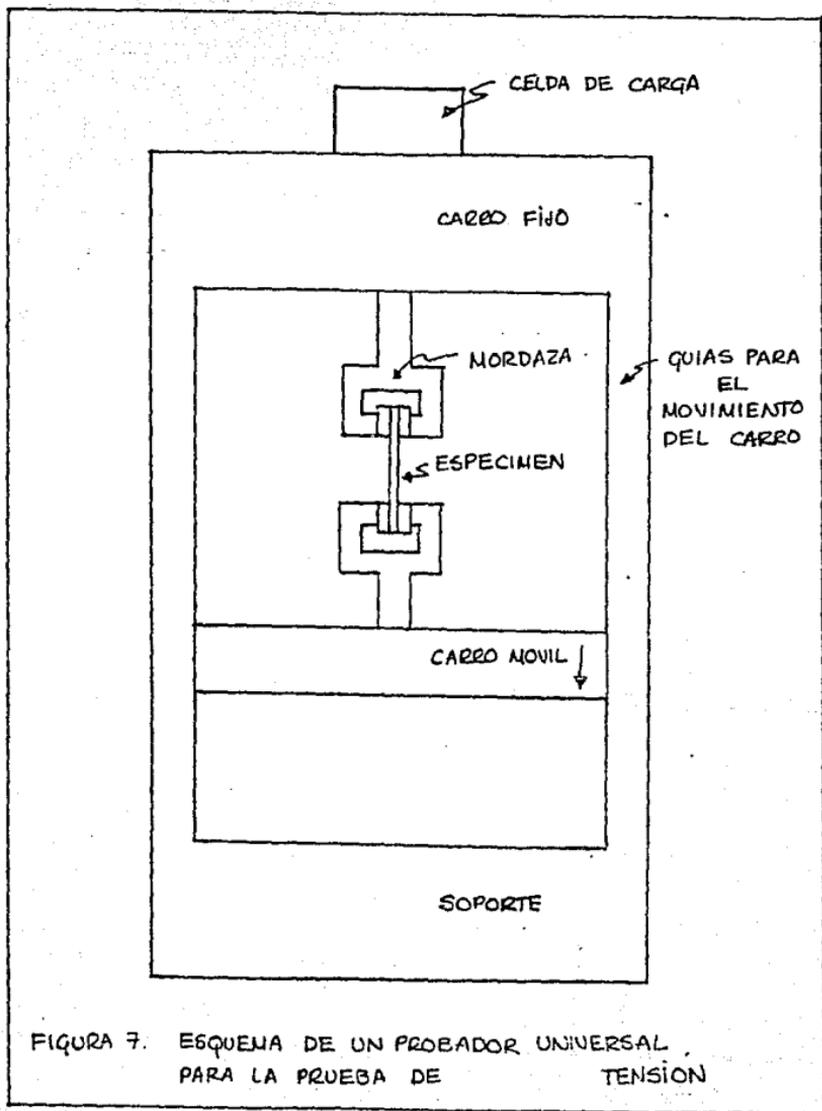
### **Procedimiento.**

La probeta se sujeta en las mordazas y se somete al esfuerzo de tensión. Los plásticos presentan dos puntos importantes: un punto de cede que es el límite elástico del material, es decir, antes de este punto el material puede regresar a su forma original; después de este punto la deformación sufrida por el material es permanente, y un punto de ruptura, que es donde el material se fractura.

Esta prueba mide la resistencia a la tensión al cede y a la ruptura como un esfuerzo, es decir el cociente de la fuerza ejercida por la celda de carga entre el área de sección transversal de la garganta de la probeta. También se mide la elongación al cede y a la ruptura como la diferencia de longitudes entre la inicial y la del cede o ruptura.

## **6. Propiedades Mecánicas en Flexión**

En este caso se mide la resistencia de los materiales a ser doblados por su punto medio. Para la mayoría de los materiales estructurales, esta propiedad es básica para un servicio satisfactorio.



### Aparato.

El aparato es el mismo usado para la determinación de las Propiedades Mecánicas en Tensión, sólo que en este caso, la forma de las mordazas es diferente, colocándose el espécimen entre dos dispositivos con tres puntos de apoyo, como se ilustra en la Figura 8.

### Especímenes.

En este caso los especímenes de prueba son barras de  $5" \times 1/2" \times 1/8"$ .

### Procedimiento.

Se coloca el espécimen como indica la Figura 9, de manera que al desplazarse el carro inferior hacia abajo, el espécimen se doble en forma de "V". Se determinan las mismas propiedades que para la tensión.

## **7. Flamabilidad**

El carácter combustible de los materiales plásticos ha sido un tema de debate desde hace tiempo. Siendo de naturaleza hidrocarbonada, los plásticos se quemarán siempre que se les presenten las condiciones adecuadas. El propósito de los formuladores de materiales retardantes a la flama es, como su nombre lo indica, hacer más lenta la combustión, no eliminarla.

De esta manera, la prueba de flamabilidad se relaciona con la velocidad de combustión de los materiales. Se mide la facilidad de ignición, si son autoextinguibles, y también la cantidad y calidad de humo generado.

### Aparato.

Puede consistir en un soporte universal con un mechero, o una caseta especial. Ambos se ilustran en la Figura 9.

### Especímenes.

Pueden ser barras de  $1/2" \times 1/8"$  o  $1/2" \times 1/16"$ , o fichas de apariencia o secciones planas de una pieza moldeada.

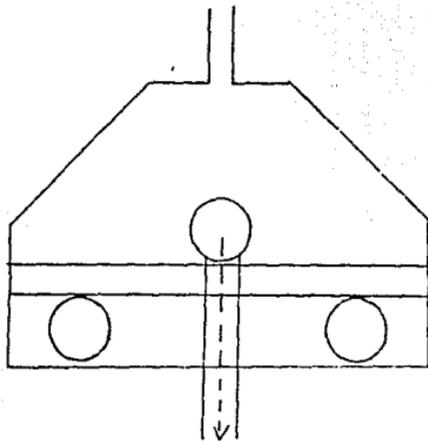


FIGURA 8. ESQUEMA DE LA PRUEBA DE FLEXIÓN

Procedimiento.

Se coloca el espécimen ya sea en el soporte o en la caseta y se enciende por un extremo. Se mide el tiempo en que tarda la flama en recorrer una distancia prefijada, observándose cómo se quema el material, si gotea encendido, el humo que desprende, etc.

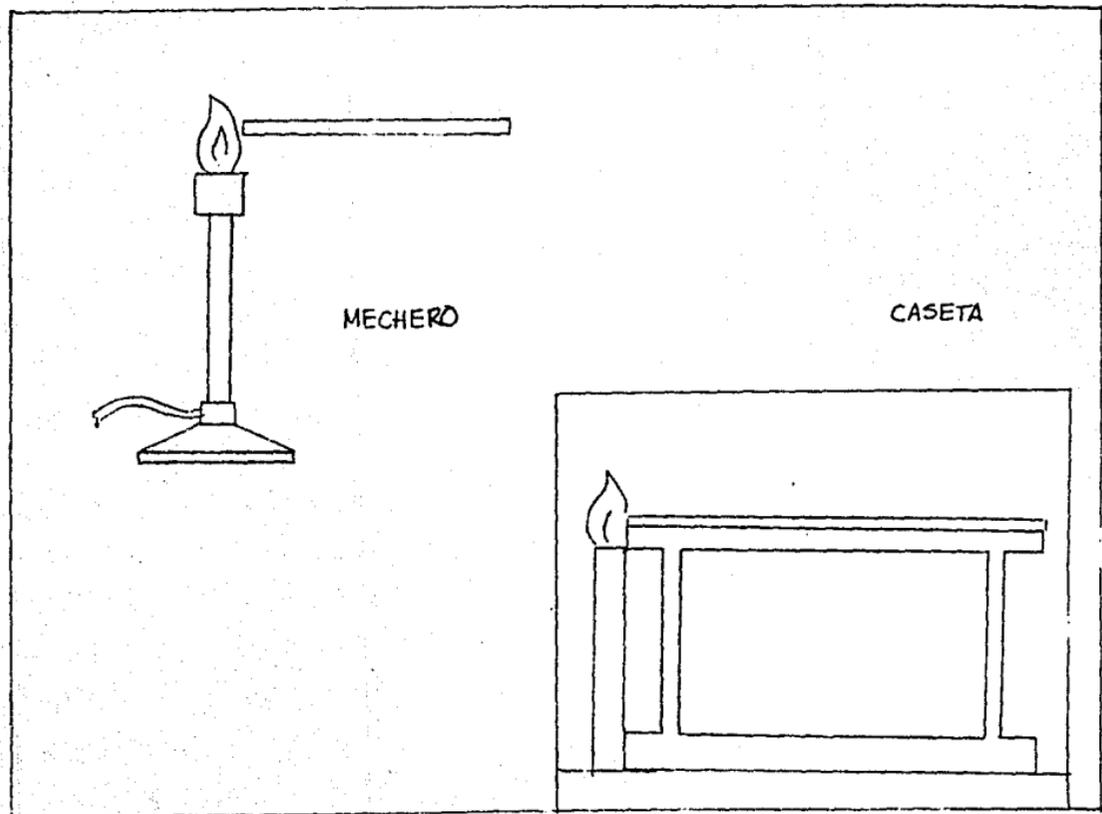


FIGURA 10. PRUEBAS DE FLAMABILIDAD

**TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN**

MATERIAL: LMI 452 1002 NAT

FECHA CARAC: 10/XI/90

LADAZO: MOCHA SRVIM G.

HUMEDAD: 26.5% TEMP: 19 ° C

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio	Desv. Std.
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----------	------------

WASAS 1/8"

Waga	4.956	4.958	4.965	4.966	4.967						4.9624	0.004498
Arho	0.505	0.503	0.506	0.503	0.505						0.5046	0.001256
Waga	0.128	0.129	0.137	0.129	0.128						0.1302	0.003429
Waga	7.4903	7.3741	7.3348	7.3779	7.375						7.3824	0.037
Gravedad Especifica												

WASAS 1/2"

Waga	5.011	5.001	4.998	5.003	5	5.011	5.006	5.006	5.012	5.011	5.0097	0.00509
Arho	0.508	0.5	0.499	0.501	0.498	0.513	0.51	0.513	0.508	0.508	0.5053	0.00543
Waga	0.505	0.506	0.497	0.504	0.501	0.508	0.506	0.508	0.509	0.513	0.5053	0.00419
Waga	29.0365	29.0384	29.0355	29.0481	29.0293	29.0707	29.0924	29.0872	29.0969	29.068	29.0603	0.0245
Gravedad Especifica												

PROJETAS

Waga	0.118	0.118	0.118	0.118	0.118	0.12	0.12	0.12	0.119	0.12	0.1184	0.0009
Arho garganta	0.502	0.503	0.504	0.5	0.5	0.502	0.5	0.504	0.5	0.501	0.5016	0.0016
Arho mordazas	0.777	0.77	0.774	0.77	0.772	0.77	0.771	0.777	0.77	0.769	0.772	0.0028
Waga	12.38	12.3864	12.4073	12.3827	12.398	12.4585	12.3976	12.3666	12.4438	12.3862	12.4003	0.0275

WALLETS

Waga												
Arho												
Waga												

Impacto Izod 1/8"	10	8	8	8	8	8	8	7.5	7	8	8.055	0.7617
Waga despus corte												
Profundidad ranura	-5.5	4.5	10	5	-7	3	-16.5		-13	13	8.6111	4.43
Impacto Izod 1/2"	26.5	27	25	26.5	26	26	27	27	25.5	24.5	26.1	0.83
Waga despus corte												
Profundidad ranura	7.5	-11	-4.5	-3.5	-20.5	2.5	-5.5	-5		-5	7.22	5.24

R  
10-7 = 3  
29.5  
2.5  
20

**PR**  
**TESIS CON**  
**VALIA DE ORIGEN**

								Promedio	Desv. Std
Flujo Melt Index (g/10m)	2.55	2.574	2.439	2.565	2.406	2.505	2.523	2.5086	0.059
Gramos iniciales:									
Gramos extruidos:	0.085	0.0558	0.0813	0.0815	0.0802	0.0835	0.0841	0.0836	0.00192
Tiempo (seg)	20	20	20	20	20	20	20	20	0

								Promedio	Desv. Std.
MDT a 264 psi 1/2"	91	83	90	93	92	89	92	90.5	3.54
Unión al codo	6164	6201	5835	6207	6535	6109	64	221.86	
Elongación al codo	3.637	3.583	3.464	3.496	3.572	3.554	3.554	0.0624	
Unión a la ruptura	4653	4353	4554	4768	5180	4701	46	775.79	
Elongación ruptura	17.96	17.08	38.9	25.91	18.79	22	22	8.72	
Resistencia flexión	11440	10200	11180			10090	10090	523.92	
Módulo flexión	502593	441380	358600	440974	440642	434874	434874	40199.9	
Módulo rotación	312200	336000	340700			329633	329633	24726	

TESIS CON  
 FOTO DE ORINA  
 NOO CISIS

MATERIAL: LMI 452 1002 MAT

FECHA CARAC: 29/X/90

CARAC: MONICA GONZALEZ C.

umedad: 40% TEMP: 22 o C

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio	Dev. Std.
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----------	--------------

BARRAS 1/8"

Largo	4.9665	4.969	4.9695	4.9685	4.9685	4.971	4.9715	4.966	4.969	4.9685	4.9689	0.0019
Ancho	0.503	0.503	0.503	0.5025	0.503	0.503	0.503	0.503	0.5025	0.503	0.5029	0.0002
Espesor	0.128	0.128	0.128	0.128	0.128	0.128	0.128	0.1275	0.1275	0.128	0.12785	0.000229
Peso	7.3977	7.3787	7.3902	7.3897	7.3823	7.3765	7.3956	7.3998	7.3814	7.3972	7.43724	0.14728
Gravedad Especifica												

BARRAS 1/2"

Largo	4.9985	5.001	5.002	5.004	5.005	4.997	4.999	5.006	5.0025	5.0045	5.00195	0.00287
Ancho	0.501	0.506	0.5035	0.507	0.507	0.504	0.505	0.502	0.501	0.505	0.50465	0.00249
Espesor	0.5	0.501	0.502	0.4995	0.499	0.499	0.499	0.4985	0.498	0.5025	0.4998	0.001369
Peso	29.0171	28.9671	29.0288	29.0137	29.0468	29.0092	28.9833	29.0137	29.0095	29.0456	29.01683	0.02229
Gravedad Especifica												

PROBETAS

Espesor	0.118	0.119	0.119	0.1185	0.118	0.119	0.118	0.1185	0.1185	0.1185	0.1185	0.000387
Ancho garganta	0.521	0.515	0.5005	0.499	0.499	0.499	0.4995	0.4995	0.499	0.499	0.503	0.00763
Ancho mordazas	0.764	0.765	0.762	0.762	0.764	0.762	0.764	0.761	0.758	0.76195	0.00243	
Peso	12.4442	12.4184	12.4571	12.4575	12.4144	12.4147	12.3999	12.4342	12.4151	12.4285	12.4216	0.0176

FELLES

Largo	0.1225	0.1185	0.1235	0.113	0.1195	0.1225	0.1235	0.1195	0.1175	0.1225	0.12025	0.003172
Diámetro	0.0755	0.079	0.069	0.067	0.0815	0.0835	0.0705	0.0705	0.0995	0.0905	0.07665	0.01069
Peso	0.0162	0.0178	0.0141	0.0115	0.0187	0.0125	0.0159	0.0148	0.0166	0.0139	0.01597	0.002579

Impacto Izod 1/8"	9.75	9.7	9.7	9.5	10.625	7.6	7.8	7.25	7.325	7.5	8.67	1.2161
Largo después corte	2.54	2.535	2.535	2.534	2.5435	2.388	2.391	2.398	2.386	2.39	2.46425	0.0733
Profundidad ranura	4.03	4.06	4.045	4.05	4.04	4.03	4.05	4.05	4.01	4.015	4.038	0.0155

Impacto Izod 1/2"	29.9	27.4	28.25	29.1	27.75	26.5	27.5	27.5	26.4	26.75	27.705	1.06335
Largo después corte	2.497	2.4995	2.505	2.513	2.516	2.484	2.4785	2.485	2.47	2.462	2.4915	0.01642
Profundidad ranura	3.95	3.91	3.975	3.975	4.03	3.88	3.93	3.925	3.89	3.91	3.9275	0.04507

R  
 5 395  
 0 155  
 0 05  
 5 5  
 0 05  
 0 1

					Prmedio	Desv.Std.						
Flujo Melt Index (g/10m)	2.826	2.61	2.532	2.508	2.619	0.1253						
Gramos iniciais	4.9979		5.0185									
Gramos extruidos	0.1413	0.1305	0.1256	0.1254	0.13095	0.00626						
Tiempo (seg)	30	30	30	30								

						Prmedio	Desv.Std.					
MDT a 264 psi 1/2"	90	90	91	91	92	90.8	0.7483					
Tension al cede	6153	6129	6341	6366	6313	6260	111.2					
Elongacion al cede	4.07	4.338	4.011	4.202	4.262	4.177	0.1348					
Tension a la ruptura	4803	4920	4890	4936	5102	4934	109.5					
Elongacion ruptura	30.32	20.53	27.6	24.56	46.02	29.81	9.768					
Resistencia flexión	11620	11680	11600	11610	11500	11602	58.165					
Módulo flexión												
Módulo elástico	336300	384500	426300	342100		370800	37834.6					

MATERIAL: LMI 452 1002 MAT

FECHA CARAC:

CARAC: GRACIELA MUÑOZ D.

K.MEDAD:

TEMP:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio	Desv. Std.
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----------	------------

## BARRAS 1/8"

Largo	4.963	4.96	4.961	4.962	4.966	4.966	4.961	4.969	4.967	4.961	4.966	0.00177
Ancho	0.508	0.504	0.503	0.503	0.5035	0.506	0.504	0.503	0.505	0.504	0.5045	0.001517
Espesor	0.13	0.13	0.1285	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.00045
Peso	7.3725	7.3853	7.381	7.3741	7.3847	7.383	7.3773	7.3785	7.3862	7.3766	7.37992	0.00459
Gravedad Especifica												

## BARRAS 1/2"

Largo	5.006	5.004	4.966	5	4.998	5.002	5.012	5	5	5.001	4.999	0.0112
Ancho	0.503	0.505	0.507	0.499	0.4995	0.5	0.501	0.497	0.5	0.497	0.5005	0.001979
Espesor	0.5015	0.501	0.504	0.496	0.4975	0.496	0.497	0.5	0.496	0.4965	0.4995	0.002715
Peso	29.058	29.108	29.099	29.0326	29.0595	29.002	29.0245	29.106	29.0149	29.0718	29.0554	0.03446
Gravedad Especifica												

## PROBETAS

Espesor												
Ancho garganta												
Ancho mordazas												
Peso												

## PELLETS

Largo												
Diámetro												
Peso												

Impacto Izod 1/8"	7.25	8.75	7.5	8.75	8.25	7.25	8	5.95	6.75	8.35	7.25	0.002
Largo después corte	2.459	2.464	2.446	2.484	2.469	2.44	2.406	2.439	2.481	2.448	2.4456	0.00167
Profundidad ranura	18.5	19.5	23	22	17	8.5	10	23.5	21	9		
	4.19	5.06	4.34	5.06	4.77	4.19	4.62	4.82	5.06	5.61	4.67	

Impacto Izod 1/2"	29	27	27	26	25.5	27	27	26.5	26.5	25.4	26.7	0.00111
Largo después corte	2.483	2.497	2.48	2.47	2.515	2.450	2.477	2.483	2.487	2.467	2.4817	0.00177
Profundidad ranura	18.5	13	3.5	7	-6.5	10	11	14		8		
	4.19	3.9	3.9	3.76	3.68	3.9	3.9	3.83	3.83	3.64	3.857	

										Promedio	Desv. Std.
Flujo Melt Index (g/10m)	2.88	2.76	2.841	3.162	3.048	2.988	2.91	2.97	2.955	2.95	0.1137
Granos iniciates	5.0077		5.004		5.0034					5.00503	0.00170
Granos extruidos	0.048	0.046	0.0474	0.0527	0.0508	0.0498	0.049	0.0495	0.0493	0.04916	0.0018432
Tiempo (seg)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	

						Promedio	Desv. Std.
HDI a 264 psi 1/2"	93	90	90	90	91	90.2	0.4
Tensión al cede	6655	6570	6610	6560	6520	6583	46
Elongación al cede	3.476	3.407	3.472	3.413	3.334	3.4204	0.05187
Tensión a la ruptura	5055	5350	5375	5270	5295	5269	113.375
Elongación ruptura	18.5	19.41	28.1	25.66	23.11	22.956	3.6394
Resistencia flexión	11050	11100	11100	11250	11250	11150	83.66
Módulo flexión	359815	348786	337830	360527	348786	351148.8	8385.82
Módulo elástico							

MATERIAL: UNI 452 1002 MAT

FECHA CARAC: 30/X/90

CARAC: ARTURO MEDINA C.

HUMEDAD: % TEMP: 21 - 24 o C

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio	Dev. Std.
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----------	--------------

**BARRAS 1/8"**

Largo	4.972	4.9705	4.9775	4.9735	4.9755	4.974	4.9725	4.975	4.975	4.9745	4.974	0.001884
Ancho	0.5055	0.503	0.503	0.5075	0.5035	0.503	0.503	0.5035	0.505	0.503	0.504	0.001449
Espesor	0.1285	0.1285	0.1285	0.1285	0.1285	0.1285	0.1285	0.1295	0.1285	0.1285	0.1285	0.000000
Peso	7.3881	7.386	7.3884	7.3846	7.3838	7.3836	7.3833	7.3899	7.3833	7.389	7.386	0.00248
Gravedad Especifica	1.4	1.4	1.4	1.39	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.399	0.0003

**BARRAS 1/2"**

Largo	4.998	5.004	5.004	5.004	5	5.0055	5.004	5.009	5.001	5.0058	5.00355	0.002928
Ancho	0.509	0.5085	0.509	0.5085	0.5065	0.4985	0.498	0.501	0.498	0.499	0.5036	0.00481
Espesor	0.504	0.503	0.5045	0.503	0.5025	0.4935	0.4955	0.4965	0.497	0.496	0.49955	0.00397
Peso	29.0229	29.0219	28.9938	29.0512	29.0368	29.0461	29.0331	29.0841	29.0367	29.0126	29.0339	0.023
Gravedad Especifica	1.38	1.38	1.38	1.39	1.39	1.44	1.44	1.42	1.43	1.43	1.408	0.0248

**FRUJETAS**

Espesor	0.12	0.1195	0.12	0.119	0.12	0.119	0.119	0.12	0.1205	0.12	0.1197	0.000509
Ancho garganta	0.501	0.5	0.5025	0.5045	0.5035	0.5025	0.5	0.5005	0.502	0.501	0.50175	0.001436
Ancho mordidas	0.762	0.767	0.7655	0.766	0.767	0.775	0.772	0.772	0.767	0.772	0.7655	0.00378
Peso	12.4602	12.4061	12.3616	12.4149	12.3778	12.4046	12.3979	12.3515	12.4139	12.4285	12.413	0.055

**FELLEIS**

Largo	0.1225	0.12	0.125	0.127	0.125	0.135	0.124	0.122	0.1245	0.118	0.1243	0.00435
Diámetro	0.065	0.072	0.071	0.0785	0.079	0.085	0.0675	0.08	0.088	0.059	0.0745	0.00087
Peso	0.0127	0.0155	0.0158	0.0173	0.0171	0.0203	0.0122	0.0169	0.0195	0.0094	0.01567	0.0052

Impacto Izod 1/8"	4.35	4.05	4.34	4.31	4.31	5.16	5.31	5.5	5.09	5.54	4.796	0.5648
Largo después corte	2.442	2.434	2.458	2.441	2.401	2.497	2.504	2.472	2.49	2.449	2.4673	0.0233
Profundidad ranura			0.1017	0.1037	0.1014		0.1013	0.1024	0.1033	0.1016	0.1022	0.00089

Impacto Izod 1/2"	4.31	3.94	3.9	3.99	3.96	4.06	4.25	3.93	4.21	4.46	4.103	0.18298
Largo después corte	2.519	2.4525	2.445	2.472	2.458	2.4605	2.533	2.509	2.5115	2.462	2.48835	0.0319

1.49  
 0.062  
 0.0024  
 0.56  
 0.074

**ANÁLISIS CON  
 BALZA DE OPTICOM**

	2.79	2.8785	2.7345	2.735	2.8965	2.8785	Promedio	Desv. Std.
Modulo de Elasticidad (kg/10m)	5.5309		6.9401		5.9598		2.819	0.068
Coeficiente de Poisson	0.186	0.1919	0.1823	0.1824	0.1931	0.1919	0.18793	0.00455
Modulo de Torsion	40	40	40	40	40	40	40	

	89	90	90	90	90	89.8	Desv. Std.
Diámetro 254 psi 1/2"	6257	6180	6121	6153	6139	6170	47.58
Elongacion al ceder	3.862	3.907	3.84	3.716	3.767	3.8184	0.068
Elongacion a la Ruptura	4562	4704	4804	4521	4561	4750.8	157.95
Elongacion ultima	44.68	23.84	41.36	30.5	29.55	33.966	7.8
Resistencia Flexion	11350	11380	11130	11010	11010	11176	160.698
Punto de Flexion	356385	358157	387232	354981	355375	362426	12651.5
Modulo elastico	287390	312500	299900	283300	311900	295380	17837.75

**TESTES CON FALLA DE ORIGEN**

MATERIAL: LMI 452 1002 MAT

FECHA CARAC: 30/11/90

CARAC: ARTURO MEDINA C.

MEMEDAD: 36 % TEMP: 22 o C

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio	Desv. Std.
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----------	------------

**BARRAS 1/8"**

Largo	4.9665	4.9665	4.9755	4.968	4.969	4.971	4.971	4.973	4.972	4.9705	4.9703	0.002722
Ancho	0.5025	0.5035	0.5045	0.503	0.5015	0.5015	0.503	0.503	0.503	0.503	0.50325	0.000512
Espesor	0.128	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.1289	0.0003
Peso	7.3854	7.3926	7.3996	7.3857	7.392	7.3862	7.3968	7.3985	7.3916	7.3936	7.39218	0.004866
Gravidad Especifica												

**BARRAS 1/2"**

Largo	5.013	4.998	5.011	5.007	5.009	5.005	5.008	5.003	5.005	5.007	5.0066	0.004005
Ancho	0.5	0.5	0.498	0.496	0.504	0.498	0.496	0.499	0.493	0.501	0.4985	0.002907
Espesor	0.499	0.498	0.501	0.502	0.498	0.5	0.5015	0.502	0.502	0.4975	0.5001	0.0017435
Peso	29.0937	29.0369	29.0761	29.057	29.0165	29.0278	29.0386	29.0709	29.067	29.1465	29.0631	0.03588
Gravidad Especifica												

**PROJETAS**

Espesor	0.12	0.12	0.12	0.1195	0.12	0.12	0.119	0.1205	0.119	0.119	0.1197	0.0005099
Ancho garganta	0.501	0.501	0.501	0.5005	0.501	0.501	0.501	0.501	0.501	0.501	0.50095	0.00015
Ancho mordazas	0.7675	0.7675	0.768	0.769	0.766	0.765	0.7695	0.767	0.766	0.767	0.76725	0.001308
Peso	12.4309	12.4406	12.4224	12.38	12.4575	12.4511	12.4047	12.5303	12.5826	12.3731	12.42732	0.0447

**PELETS**

Largo												
Diámetro												
Peso												

Impacto Izod 1/8"	9.25	9.25	9.25	9.25	9.25	8	8	8	8	8	8.625	0.625
Largo después corte	2.4075	2.4005	2.3985	2.3975	2.3825	2.532	2.5285	2.5265	2.5235	2.5365	2.46335	0.0664
Profundidad ranura	1	5	5.5	5	7	6	3.5	3.5	4	4		

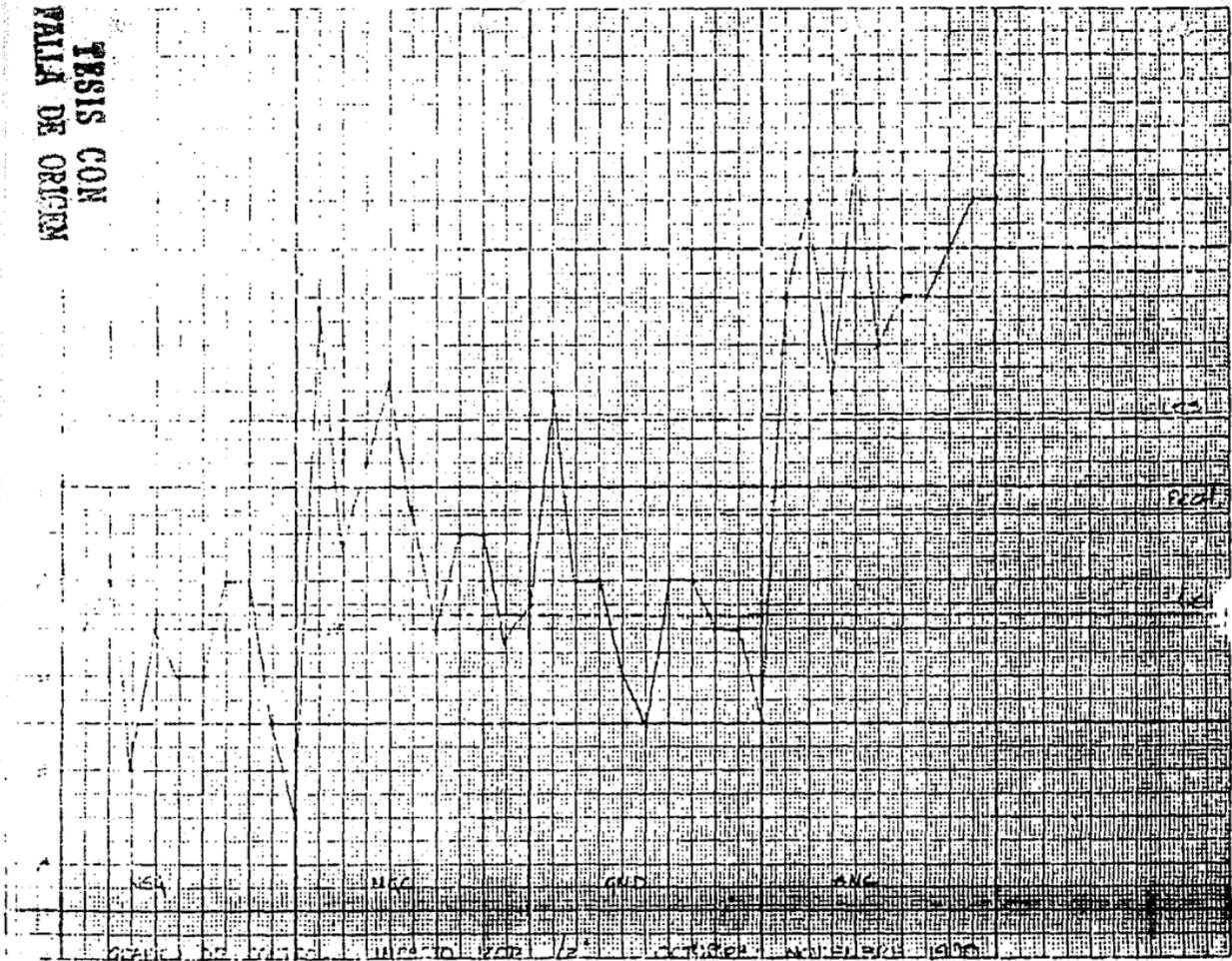
1.25  
0.154  
6

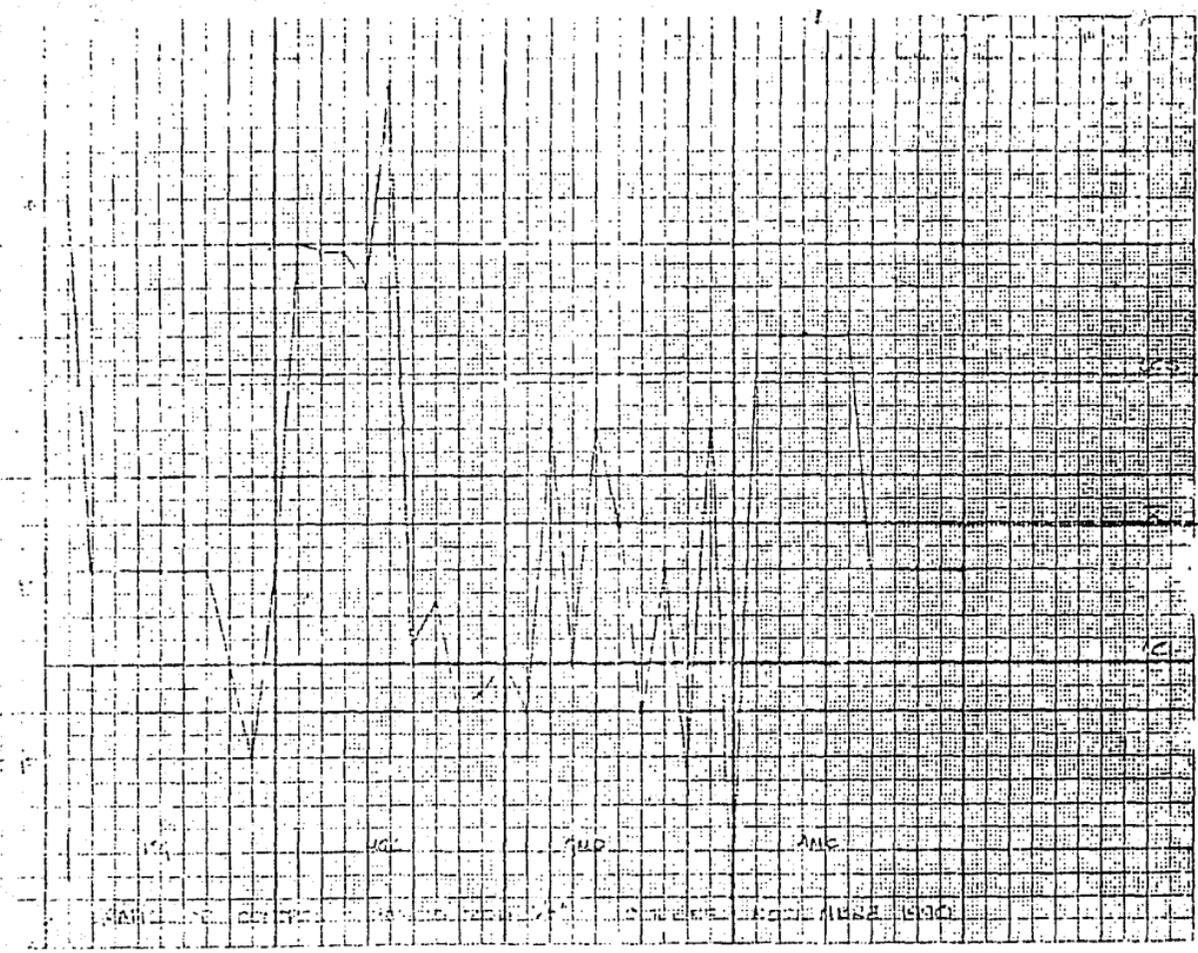
Impacto Izod 1/2"	30	31	29	31.5	30	30	30.5	31	31	30.35	0.7433	
Largo después corte	2.4895	2.4295	2.5105	2.4985	2.4195	2.442	2.5065	2.4525	2.4355	2.539	2.4723	0.0392
Profundidad ranura	-15	-9	-5.5	-11	-1	-17	-13	-11	-2	-18.5		

7.5  
6.1145  
17.5



PRISMA CON  
VALVA DE ORDEM





100

100

100

100

1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000 8000 9000 10000

MATERIAL: LMI 452 1002 NAT

FECHA CARAC: feb 91

CARAC: WSG/GMO

HUMEDAD: 40% TEMP: 22 o C

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio	Desv. Std.
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----------	------------

BARRAS 1/8"

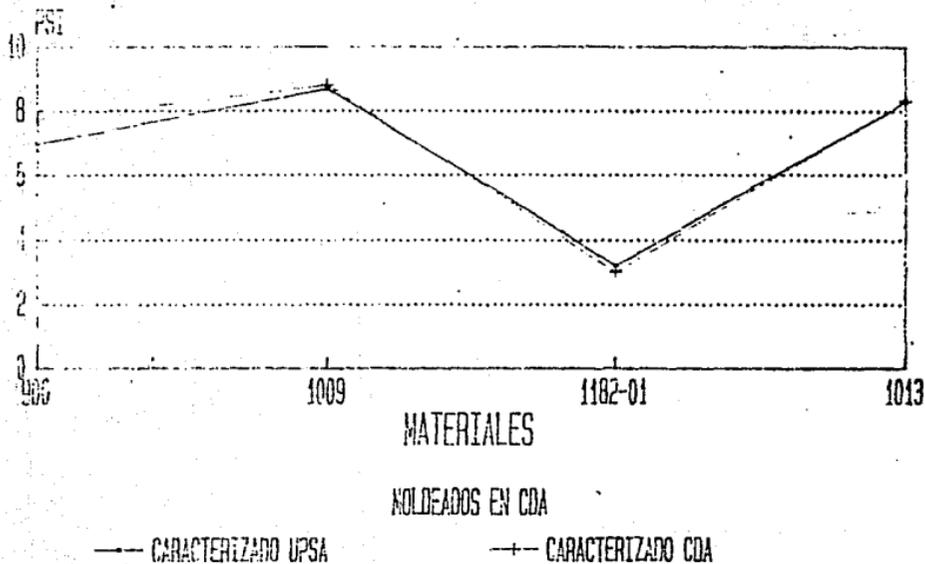
WSG

GMO

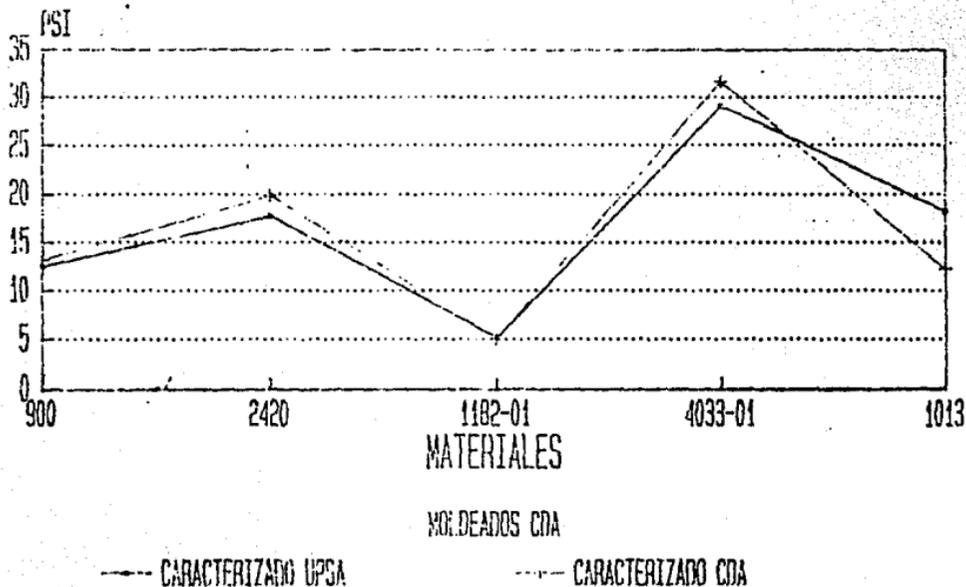
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio	Desv. Std.
Largo	4.969	4.967	4.969	4.969	4.966	4.965	4.967	4.964	4.967	4.9655	4.96605	0.001784
Ancho	0.507	0.504	0.504	0.505	0.511	0.5075	0.506	0.5065	0.506	0.506	5063	0.00213
Espesor	0.129	0.128	0.128	0.128	0.129	0.129	0.129	0.129	0.1285	0.129	0.12865	0.000229
Peso	7.3912	7.3618	7.392	7.3476	7.3859	7.3796	7.3817	7.3385	7.344	7.3616	7.36839	0.0202
Long. punto inyección	2.414	2.416	2.411	2.398	2.404	2.41	2.418	2.408	2.421	2.417	2.4117	0.007008
Long. punto cpi	2.51	2.531	2.51	2.526	2.521	2.514	2.504	2.5175	2.498	2.525	2.51365	0.015
Profundidad ranura H	0.056	0.061	0.052	0.042	0.041	0.054	0.048	0.052	0.06	0.055	0.051	0.006756
G	19.5	24	21.5	24	23	22	18	21.5	23	34	22.33	1.92
Lectura M	12	12	12	12.5	12	10	10	9	10	10	10.95	1.2572
Lectura G	13	13	13	13	13	11	11	11	11	11	12	1.054
BARRAS 1/2"												
Largo	5.005	4.985	5.003	5.005	5	5.008	5.001	4.992	5.001	5.002	5.0002	0.00681
Ancho	0.502	0.502	0.501	0.503	0.506	0.5	0.502	0.503	0.5	0.505	0.5024	0.001855
Espesor	0.494	0.49	0.503	0.493	0.499	0.495	0.493	0.495	0.494	0.505	0.4961	0.004748
Peso	28.7515	28.6615	28.8013	28.738	28.757	28.777	28.7535	28.671	28.7233	28.7425	28.737	0.043
Long. punto inyección	2.456	2.449	2.456	2.472	2.464	2.425	2.446	2.49	2.558	2.601	2.4817	0.057
Long. punto cpi	2.513	2.527	2.507	2.516	2.482	2.536	2.511	2.409	2.484	2.356	2.4841	0.057
Profundidad ranura H	0.03	0.037	0.036	0.04	0.042	0.048	0.043	0.037	0.048	0.041	0.0402	0.005533
G	21	14	13.5		12	5	6.5	25	10.5	7	10.45	7.765
Lectura M	17.5	36	41	38	41	40	36	39	38	38	38.55	1.878
Lectura G	44	43	45	41	41	44	40	39	42	47	42.6	2.458

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

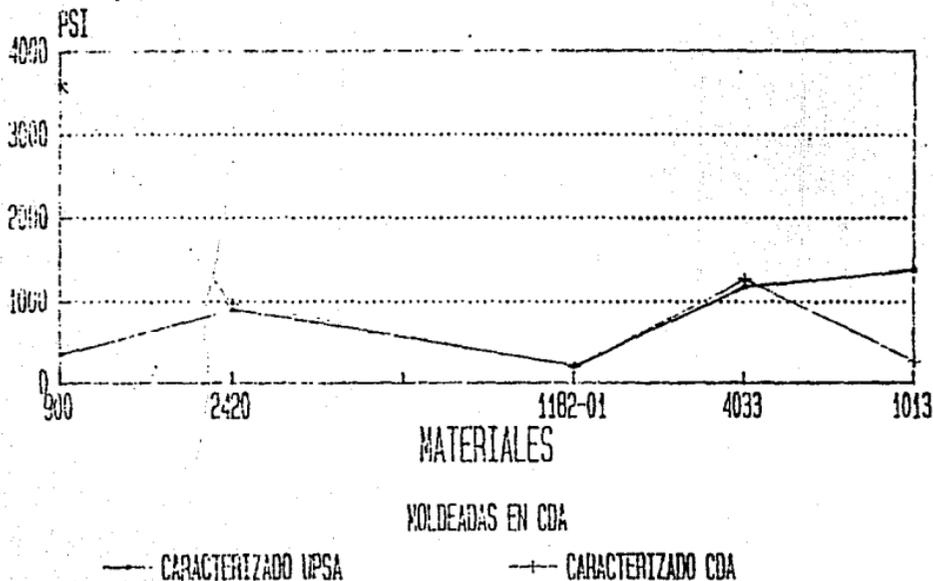
# CORRELACION UPSA-CDA TENSION AL CEDE



# CORRELACION UPSA-CDA RESISTENCIA A LA FLEXION

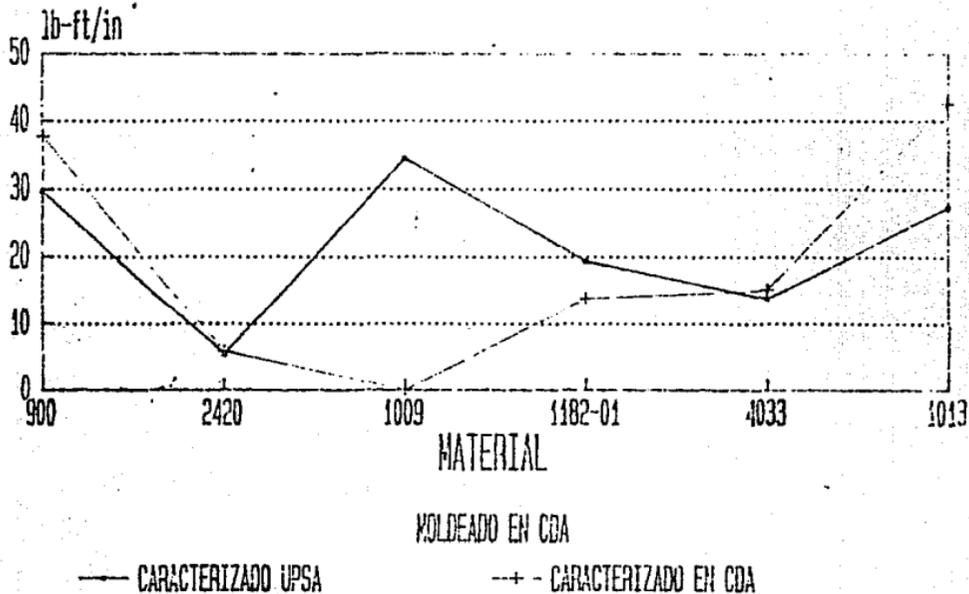


# CORRELACION UPSA-CDA MODULO EN FLEXION



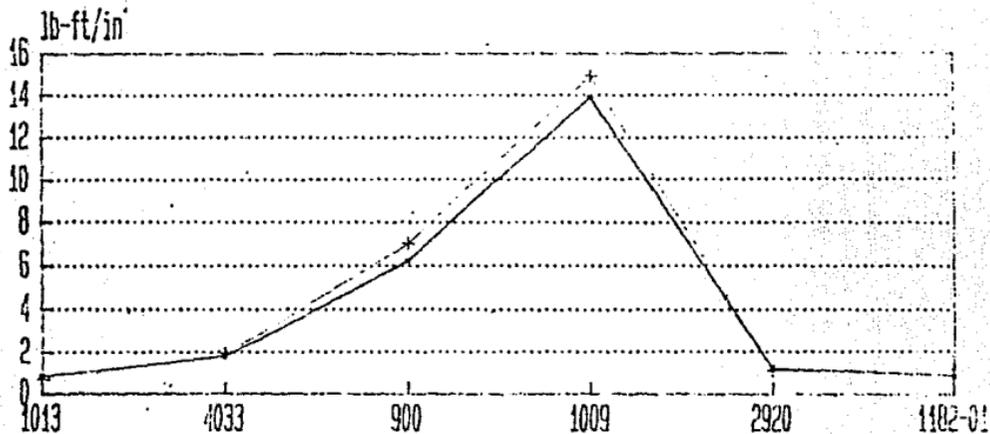
# CORRELACION UPSA-CDA

## IMPACTO IZOD 1/2x1/8 SR



# CORRELACION UPSA-CDA

## IMPACTO IZOD 1/2x1/8 CR



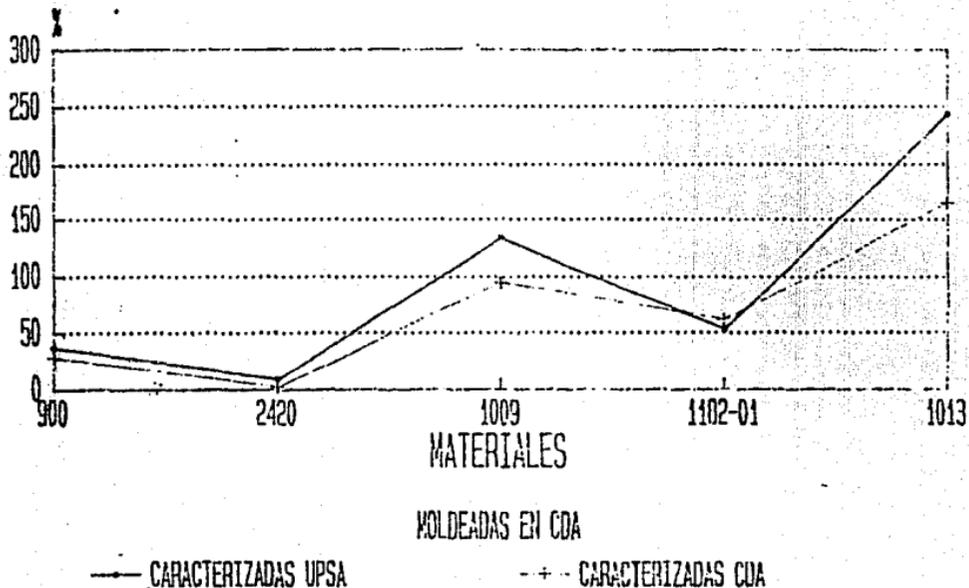
MATERIALES

HOLDEADO EN CDA

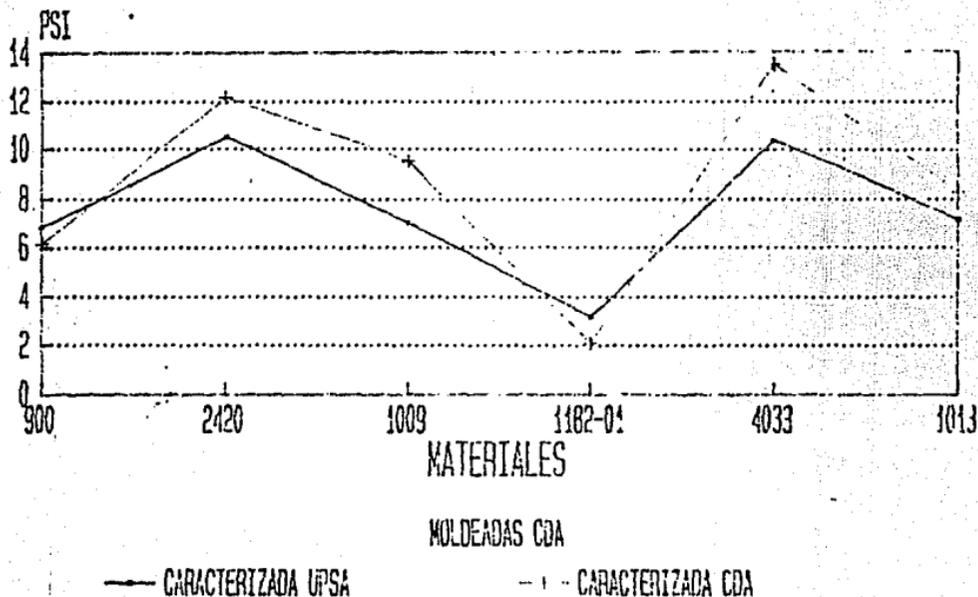
— CARACTERIZADO EN CDA

- + - CARACTERIZADO UPSA

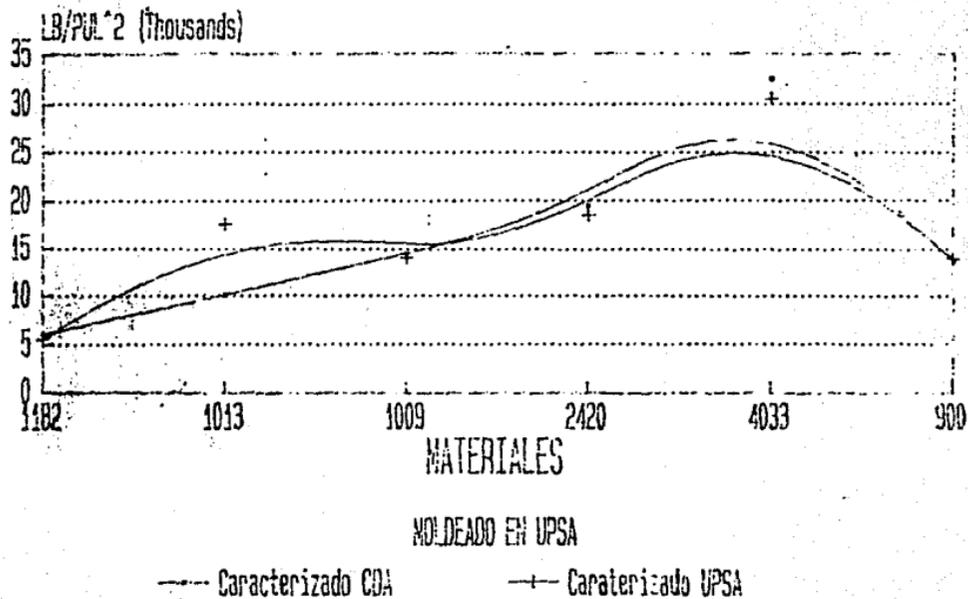
# CORRELACION UPSA-CDA % DE ELONGACION



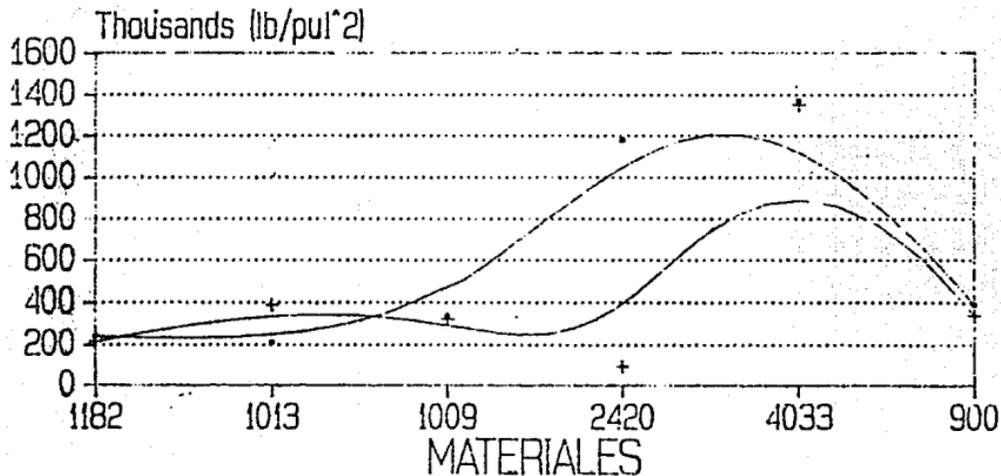
# CORRELACION UPSA-CDA TENSION A LA RUPTURA



# CORRELACION UPSA-CDA RESISTENCIA A LA FLEXION



# CORRELACION UPSA-CDA MODULO EN FLEXION

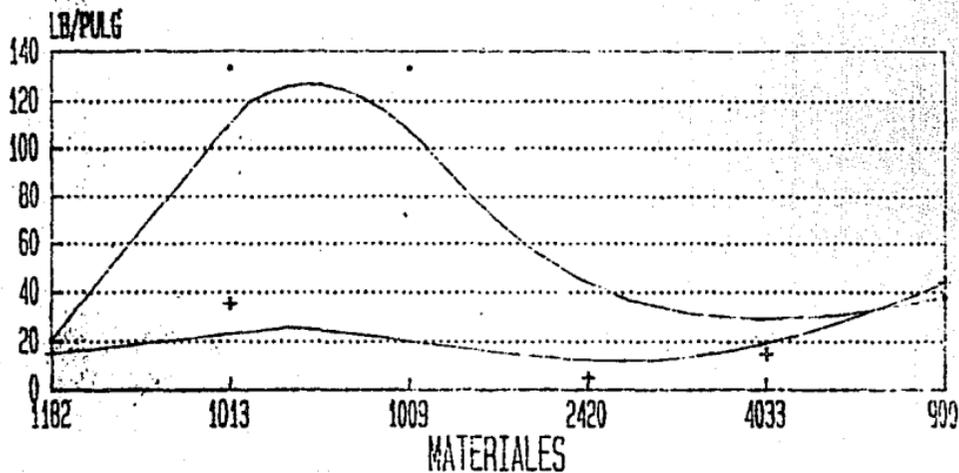


MOLDEADO EN UPSA

— Caracterizado en CDA    + Caracterizado UPSA

# CORRELACION UPSA-CDA

## IMPACTO IZOD 1/2/1/8 SR



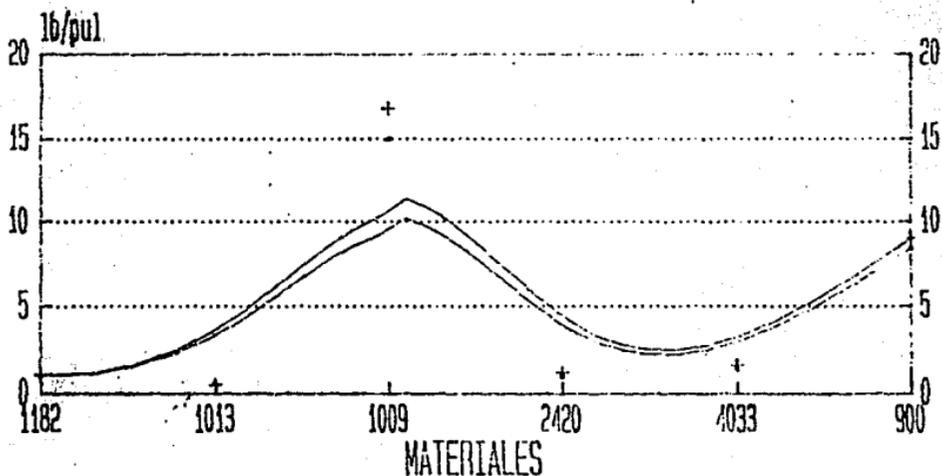
MOLDEADO EN UPSA

— Caracterizado en CDA

-+ Caracterizado UPSA

# CORRELACION UPSA-CDA

## IMPACTO IZOD 1/2\*1/2 CR

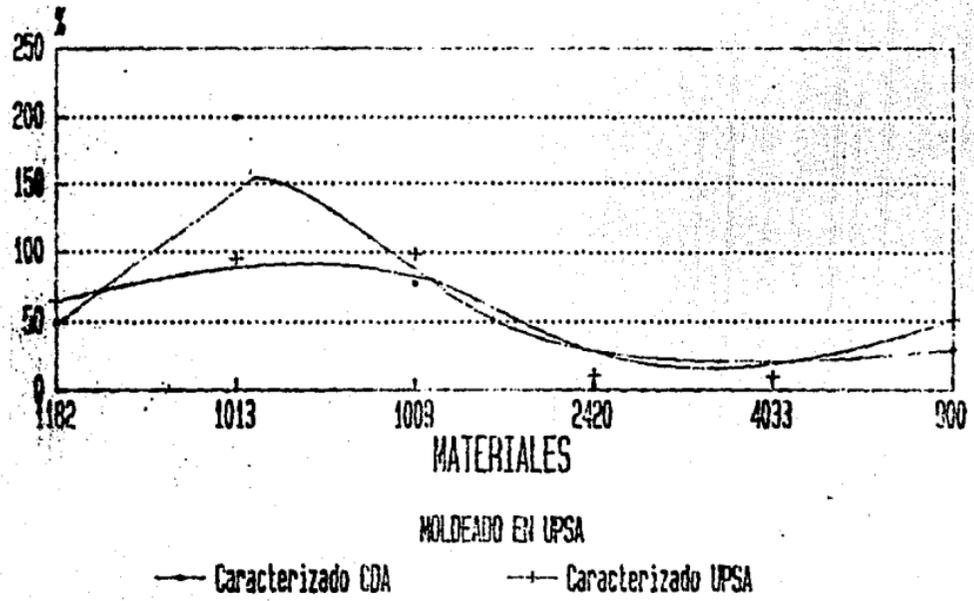


MOLDEADO EN UPSA

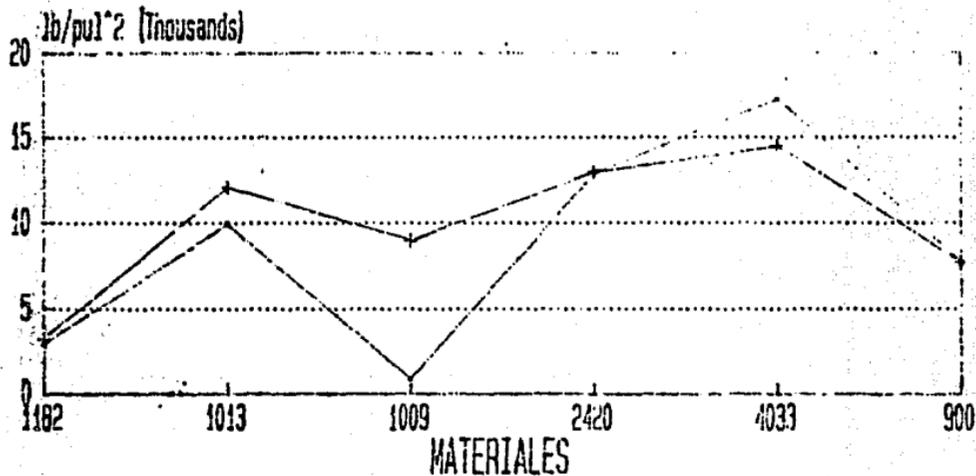
— Caracterizado en CDA      -+ Caracterizado UPSA

TESTIS CON  
PALLA DE ORIGEN

# CORRELACION UPSA-CDA ELONGACION A LA RUPTURA



# CORRELACION UPSA-CDA TENSION AL CEDE

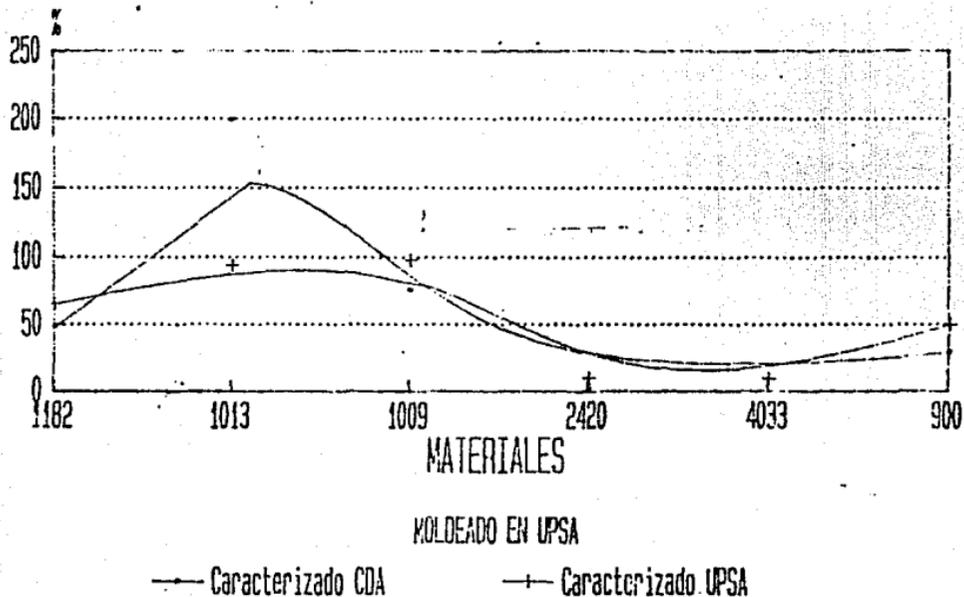


MOLDEADO EN UPSA

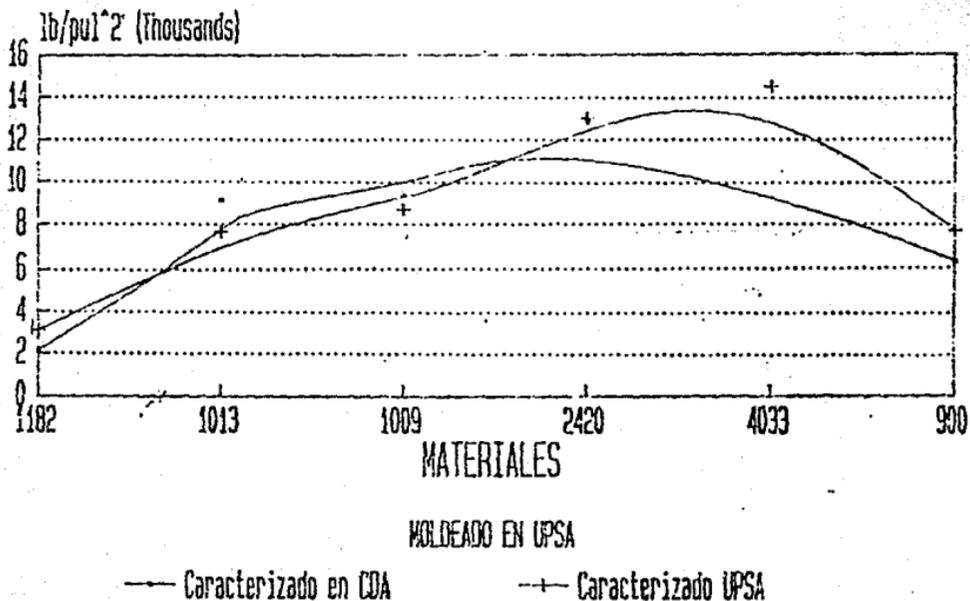
---- Caracterizado en CDA

- - - Caracterizado UPSA

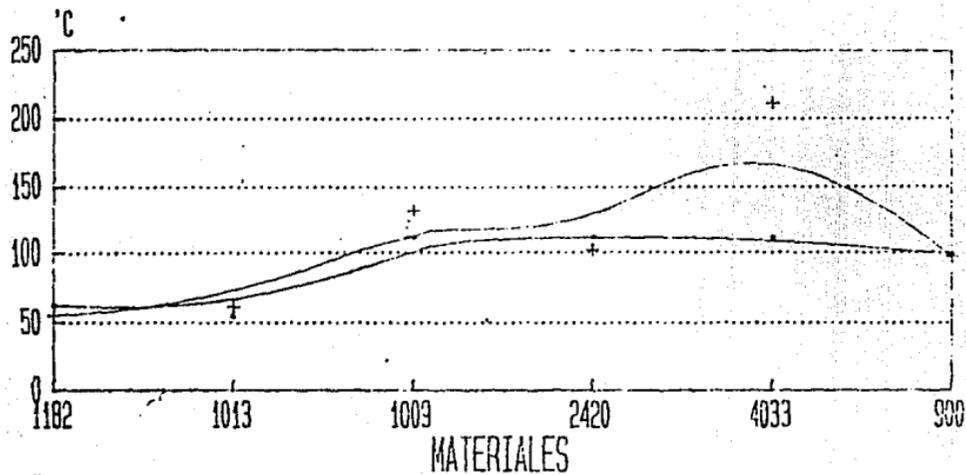
# CORRELACION UPSA-CDA ELONGACION A LA RUPTURA



# CORRELACION UPSA-CDA TENSION RUPTURA



# CORRELACION UPSA-CDA HDT A 264 EN 1/2\*1/4



MOLDEADO EN UPSA

— Caracterizado en CDA

+ Caracterizado UPSA









**DIAGRAMA DE ISHIKAWA - RESUMEN**

<b>METODO:</b>	Criterio no homogéneo de lectura Ranura inadecuada especimen mal soportado en el verificador de ranura Procedimiento no homogéneo de verif. de ranura Corte desigual Criterio no definido de posición del punto de inyección
<b>MANO DE OBRA:</b>	Error de paraleja Diferencias en la fuerza de sostén del espécimen Diferencias en la ejecución del método
<b>MEDIO AMBIENTE:</b>	Mala ubicación del plastómetro (Fuera del cuarto de caracterización) Acondicionamiento insuficiente
<b>MATERIA PRIMA:</b>	Especímenes mal inyectados Materia prima de baja calidad Material más soportado en el lado de inyección Especímenes con rebaba
<b>MAQUINA:</b>	Pesos desbalanceados Falta suela 1/6" Agarre insuficiente Equipo no asentado adecuadamente Uso de la navaja no adecuado Mal deslizamiento de la navaja Desviación del péndulo Burril no estándar Efecto de la velocidad de resacuación

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

CEDAC

ZONA: MEDIO AMBIENTE
CAUSA: ACONDICIONAMIENTO INSUFICIENTE
SITUACION: El espectrómetro se encuentra afuera del cuarto de caracterización, por lo que no se encuentra dentro de los lineamientos de ASTM
Fecha: Febrero 1991

ZONA: MEDIO AMBIENTE
CAUSA: ACONDICIONAMIENTO INSUFICIENTE
ACCION: A partir del 15 de febrero de 1991, el espectrómetro se movió dentro del cuarto de caracterización, eliminándose la desviación conforme a la norma ASTM.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

CEDAC

ZONA:
MATERIA PRIMA:
CAUSA:
MAT. HAS EMPACADO LADO PUNTO INYECCION:
SITUACION:
Se ha observado que los valores de Impacto Izod son mayores en la mitad que corresponde al punto de inyección que en la mitad contraria.

ZONA:
MATERIA PRIMA:
CAUSA:
MAT. HAS EMPACADO LADO PUNTO INYECCION:
ACCION:
1. Reportar separadamente el Impacto Izod del lado del punto de inyección y del lado contrario

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

CEDAC

ZONA:
MATERIA PRIMA:
CAUSA:
ESPECIMENES MAL INYECTADOS
SITUACION:
Se ha observado que los valores de impacto izod son dependientes de la inyección del material, tanto del volumen de material inyectado (gramos de la pieza), como de la degradación posible inducida

ZONA:
MATERIA PRIMA:
CAUSA:
ESPECIMENES MAL INYECTADOS
ACCION:
1. Rechazar todos los especímenes con burbuja (especialmente en barras de 1/2" x 1/2")
NOTA: Moldear tales barras en materiales relativamente cristalinos como PE y PP es prácticamente imposible
2. Rechazar los especímenes torcidos o conchados o con manchas o ráfagas en la superficie
3. Retabear los especímenes después del corte, para que no queden irregularidades que puedan afectar la duración.

## CEDAC

ZONA:
MÁQUINA:
CAUSA:
PESES DESBALANZADOS
SITUACION:
Se ha observado que la carrera del péndulo se inclina hacia un lado, rozando a veces con la estructura del Impectómetro. Esto se observa sólo cuando se colocan pesas en él, por lo que pueden estar desbalanceadas.

ZONA:
MÁQUINA:
CAUSA:
PESES DESBALANZADAS
ACCION:
1. Se pesaron cada par de pesas, encontrándose efectivamente pequeñas desviaciones.
2. Las desviaciones se corrigieron con masking tape hasta lograr equilibrar el peso.



CEDAL

ZONA:
SITUACION:
A pesar de controlar el peso de las pesas, la desviación continúa, al parecer provocada por el choque muy fuerte del péndulo con algún material extremadamente duro. O bien, puede ser que en alguna de las mudanzas, el impactómetro se haya descalibrado

TIPO:
MAGNITUD:
CAUSA:
DESVIACION DEL PENDULO
ACCION:
1. Se corrigió haciendo pelanca y certificación con una escuadra de 90 o.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CEDAC

ZONA: MAGUIRA
CAUSA: MUELA DE 1/8"
SITUACION: El CDA cuenta con una muela de 1/2" de ancho para sujetar los especimenes y garantizar que estén centrados. Esta misma muela se utiliza para los especimenes de 1/8", pero cuesta trabajo centrarlos, y en general, no es muy confiable.

ZONA: MAGUIRA
CAUSA: MUELA DE 1/8"
ACCION: 1. Mandar hacer en Lechería una muela de 1/8" 2. A partir de enero de 1991 ya se cuenta con la muela

## CEDAC

ZONA:
MAQUINA:
CAUSA:
BURIL NO ESTANDAR
SITUACION:
En toda la historia del laboratorio, no se tenían registros de las medidas del buril. Además, recientemente (Octubre 1990) la punta del buril fue dañada, no habiendo conocimiento de cómo había quedado después de la reparación

ZONA:
MAQUINA:
CAUSA:
BURIL NO ESTANDAR
ACCION:
1. Se envió el buril al Laboratorio de Metrología de EDSA encontrándose que el buril se encuentra dentro de la norma ASTM D 256 en lo que se refiere al ángulo del buril, pero no así en el radio de curvatura de la punta del buril, mismo que no se encuentra redondeado, lo que tal vez provoque fracturas en el material.
2. Buscar quién pueda redondear el buril y mandarlo.
3. Recheckar en EDSA

## CEDAC

ZONA:
BURILINA:
CAUSA: VELOCIDAD DE RANURACIÓN
SITUACION:
El buril cuenta con tres velocidades de giro A, B, y C; y el carro del buril cuenta con cuatro velocidades de desplazamiento. No se sabe qué combinación de velocidades pueda brindar una ranura más homogénea.

ZONA:
BURILINA:
CAUSA: VELOCIDAD DE RANURACIÓN
ACCION:
1. Se realizó una secuencia de pruebas de velocidad buril-carro encontrándose que la más óptima para la ranuración en cuanto a tiempo/calidad de ranura es la siguiente:
velocidad giro buril: B
velocidad carro buril: D

## CEDAC

ZONA:
NOMBRE DE OBRA:
CAUSA:
TIPO DE PUNTAJE:
SITUACION:
Quando el personal encargado de realizar una prueba de Inspección Izod no es demasiado alto, ocurre que no alcanza a ver bien la carátula de lectura de la prueba.

ZONA:
NOMBRE DE OBRA:
CAUSA:
TIPO DE PUNTAJE:
SITUACION:
1. Conseguir un banquillo adecuado
2. Utilizar el banquillo de manera que la parte mas alta de la carátula quede a nivel de los ojos

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

CEBAC

<b>SITUACION:</b>
La sierra de corte de los especimenes no corta los mismos exactamente a la mitad, quedando una de ellas más larga que la otra

<b>ZONA:</b>
<b>METODO:</b>
<b>PARA:</b>
<b>CORTE DESIGUAL</b>
<b>ACCION:</b>
1. Observar mediante experimentación si hay diferencia en el valor de impacto Izod entre unos especimenes cortados exactamente a la mitad y unos no exactamente a la mitad.
2. Se tomó como referencia un material A&S y se encontró que la longitud del corte no influye en los valores de impacto obtenidos

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

CEDAC

ZONA:
METODO:
ENLACE: RAMURA YUNIPUECO
SITUACION:
ESPECIMEN MAL SOPORTADO EN EL VERIFICADOR DE RAMURA
Se ha observado que la lectura de la profundidad de la ramura varia según la posición del espécimen en el verificador

ZONA:
METODO:
ENLACE: RAMURA YUNIPUECO
ACCION:
ESPECIMEN MAL SOPORTADO EN EL VERIF. RAMURA
1. Crear un soporte para el espécimen, de manera que siempre se mida de la misma manera, sin que se mueva el espécimen porque está desbalanceado
2. Se tomó como referencia un material ABS y se encontró que la longitud del corte no influye en los valores de inspección obtenidos



CEDAC

ZONA:
METODO:
CAUSA:
CRITERIO NO DEFINIDO DE IDENTIFICACION
SITUACION:
Generalmente, cada operador tiene su propio criterio para identificar los materiales, no ubicando el punto de inyección de la misma manera

ZONA:
METODO:
CAUSA:
CRITERIO NO DEFINIDO DE IDENTIFICACION
ACCION:
1. Identificar con el punto de inyección hacia arriba y a la derecha
2. Cortar en la misma posición
3. Remover con el punto de inyección hacia arriba, el lado redondeado a la derecha y con las marcas de los botado res hacia adelante
6. Efectuar el aspecto con el lado redondeado hacia arriba para especímenes CDA; para los de Lechería, con el lado del corte hacia arriba

CEDAC

<b>FINAL</b>
<b>OBJETIVO</b>
<b>CRISIS</b>
<b>RAMA: INSPECCION</b>
<b>SITUACION:</b>
FALTA DE DEFINICION DE QUE ES LO QUE MIDE EL
VERIFICADOR DE BANAJA

<b>FINAL</b>
<b>OBJETIVO</b>
<b>CRISIS</b>
<b>RAMA: INSPECCION</b>
<b>ACCION:</b>
FALTA DE DEFINICION DE QUE ES LO QUE MIDE EL
VERIFICADOR DE BANAJA
1. Definir qué mide el verificador de ranura
2. Elaborar el procedimiento correspondiente
redondeado a la derecha y con las marcas de los botado
res hacia adelante
4. Efectuar el inspecto con el lado redondeado hacia arriba
para especímenes CDA; para los de lechería, con el lado
del corte hacia arriba









**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

**EQUIPO: PROBADOR DE TEMPERATURA (NDT/VICAT)**

**FECHA:**

ELEMENTO A CHECAR	FRECUENCIA	RESPONSABLE
Velocidad de calentamiento del redstato (Graficar curva)	1 vez/mes	Técnico / Especialista
Color del aceite de silicón	1 vez/mes	Técnico / Especialista
Viscosidad del aceite de silicón	1 vez/mes	Técnico / Especialista
Verificación de que no existan especímenes caídos en la tina y/u objetos extraños	1 vez c/ turno al inicio de éste	Técnico / Especialista
Motor del redstato	1 vez /3 meses	Encargado de Mantenimiento
Sistema de enfriamiento	1 vez /3 meses	Encargado de Mantenimiento
Sistema de piñones	1 vez /3 meses	Encargado de Mantenimiento
Sistema de agitación (engrasar baleros, revisar apriete del motor)	1 vez/mes	
Limpieza e consciencia de los platinos conectores	1 vez /3 meses	Técnico / Especialista
Revisar buen funcionamiento de pistones ( que no se atoren)	1 vez/semana	Técnico / Especialista

**OBSERVACIONES:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_







# **BIBLIOGRAFIA**

## BIBLIOGRAFIA

### CAPITULO I

#### Libros.

CROSBY, P.B., "La Organización Permanentemente Exitosa", Ed. Mc. Graw Hill, México 1989, la edición.

CROSBY, P.B., "Let's Talk Quality", Penguin Books, New York 1990, 1a reimpression.

CROSBY, P.B., "Calidad Sin Lágrimas", Ed. CECSA. México 1990, 5a impresión.

DEMING, W.E., "Calidad, Productividad y Competitividad: La Salida de la Crisis", Ediciones Díaz de Santos, Madrid, 1989, 2a edición.

ISHIKAWA, K, "¿Qué es el Control Total de la Calidad? La Modalidad Japonesa", Editorial Norma, Colombia 1986, la edición.

IMAI, M. "Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success", Random House Business División. New York 1986, 1a edición.

FUKUDA, R., "Managerial Engineering: Techniques for Improving Quality and Productivity in the Workplace", Productivity Press, Cambridge, Massachusetts, 1983, 1a edición.

Memorias del Seminario de Normalización "La Normalización Nacional y su Interrelación con el principio de Calidad Total", Comité Consultivo de Normalización de la Industria del Plástico, 1 al 3 de agosto de 1990.

NABOR, A., "The Man Who Discovered Quality", Times Books, Random House, USA, 1990, 1a. edición.

JURAN, J.M., "Quality Control Handbook", McGraw-Hill Books Company, 3a. edición, USA, 1951.

FEIGENBAUM, A.V., "Control Total de la Calidad: Ingeniería y Administración", Ed. CECSA, México, 1974, 6a. reimpression.

SPRIEGEL-LANSBURGH, "Organización de Empresas Industriales", Ed. CECSA, México, 1973, 7a. reimpression.

## Revistas

NAITORE, M., "Where's the 'C' in SPC?", *Plastics Technology*, Marzo 1989, pag. 7.

KUDO, H., "How U.S. and Japanese CEO's spend their time?", *Long Range Planning*, vol. 21/6, num. 112, Dic, 1988, p. 76-82.

COLEMAN, J.R., "Quality at Every Level", *Manufacturing Engineering*, vol. 103, num. 5, Noviembre, 1989, p.35-39.

PERSICO, J. "Three Routes to the Same Destination: TOM", *Quality Progress*, vol. 23, num. 1, Enero, 1990, p. 29-33.

ESPINOSA, G., "Incidencias de los Cambios Tecnológicos en la Formación del Personal", *Alta Dirección*, num. 142, 1988, p. 87-92.

KACKAR, R., BOX, G., NAIR, V., "Quality Practices in Japan", *Quality Progress*, vo. 21, num. 3, Marzo, 1988, p. 37-41.

## CAPITULO II

### Libros.

Memorias del IV Seminario Anual México-USA, "Técnicas para el Mejoramiento de la Calidad, 28 y 29 de junio de 1990, Hotel Camino Real, México, D.F.

Memorias del Segundo Congreso Latinoamericano de Administración por Calidad Total, "Calidad Total: Competitividad mediante Diferenciación", 23-28 de septiembre de 1990, Hotel Caribe Hilton, San Juan, Puerto Rico.

### Revistas

BLAW, J.N., DURING, W.E., "Total Quality Control in Dutch Industry", *Quality Progress*, vol. 23, num. 2, Febrero 1990, p. 50-52.

CARY, M., "The Customer Window", *Quality Progress*, vol. 20, num 6, Junio 1987, p. 37-42.

HOERNSCHEMEYER, D., "The Four Cornerstones of Excellence", *Quality Progress*, vol. 22, num. 8, Agosto 1989, p. 37-40.

MOTISKA, P., SHILLIF, K., "Los Diez Mandamientos de la Calidad", *Quality Progress*, vol. 23, num. 2, Febrero 1990, p. 27-28.

ANONIMO, "Quality Cost. Cost of Quality and Quality Costs - The Difference", Small Business Report, vol. 10, num. 11, Noviembre 1985, p. 85-88.

ROY, R., "Quality Questions, Quality Answers", Quality Progress, vol. 23, num 1. Enero, 1990, p. 50-52.

ANONIMO, "Assessing Company Quality", American Machinist, vol. 133, num 12., Diciembre 1989, p. 58-59.

HOUNG, B.J., "Managing Quality in Staff Areas", Quality Progress, vol. 22, num. 12, Diciembre 1989, p. 29-34.

STRATTON, A.D., "Improving Quality in a White-Collar Environment", Quality Progress, vol. 21, num 1, Enero 1989, p. 52-53.

SINGER, D., RANDOLPH, J., "Understanding Why People Reject New Ideas Helps IE's Convert Resistance into Acceptance", Industrial Engineering, vol. 15, num. 5, Mayo 1983, p.51-57.

ZANNETOS, Z.S., "Strategies for Productivity", Readings on Strategy Management, 1984, p. 145-51.

FROHMAN, M., "Improve Group Problem Solving", Hydrocarbon Processing, Julio, 1989, p. 77-66.

TERSINE, R., "Preventive Maintenance: A Path to Higher Productivity", Advanced Management Journal, Primavera, 1983, p. 38-44.

CERCOS, M.J., "Gestionar el Cambio", Alta Dirección, Año 25, num 145, Mayo-Junio 1989, p. 113-118.

KENWORTHY, H., GEORGE, A., "Quality and Cost Efficiency go Hand in Hand", Quality Progress, Octubre 1988, p. 40-41.

RAFFIELD, B.T., BINGHAM, F.G., "Balancing Product Quality, Costs and Profits", Industrial Marketing Management, 1989, p. 292-299.

TYLCSAK, L., "Improve Quality", Chemtech, Octubre, 1989, p. 586-589.

ELMUTI, D., "Quality Control Circles in Saudi Arabia: A Case Study", Production and Inventory Management Journal, vol. 30, num. 4, 4/4, 1989, p- 52-55.