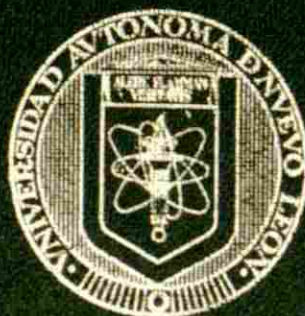


**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD A TRAVES DEL  
CONTROL ESTADISTICO DE PROCESO**

**TESIS**

**QUE EN OPCION AL TITULO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS DE LA ADMINISTRACION  
CON ESPECIALIDAD EN PRODUCCION Y CALIDAD**

**PRESENTA**

**ING. LUIS JESUS CHAPA QUINTANILLA**

**SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.  
DICIEMBRE DE 1997**

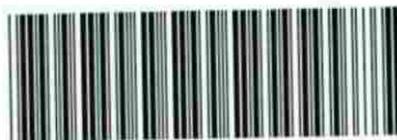


TM  
TS156  
.8  
Ch3  
c. 1

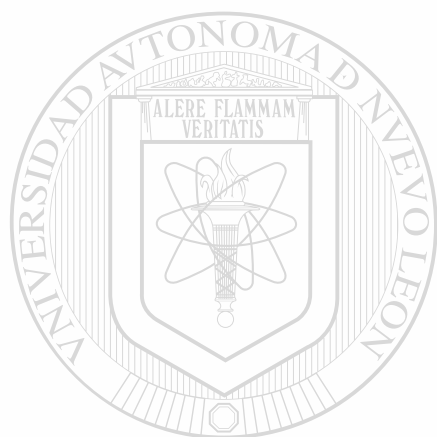
**ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD A TRAVES DEL  
CONTROL ESTADISTICO DE PROCESO**

**1997**





1080080888



# UANL

---

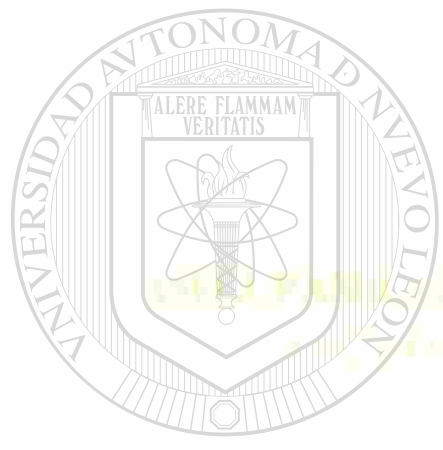
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

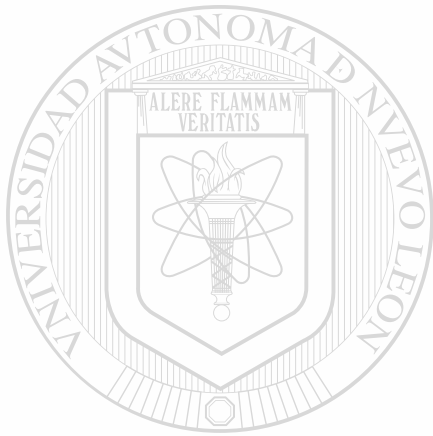
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

MAESTRO EN CIENCIAS  
CON ESPECIALIDAD EN

INGENIERIA EN SISTEMAS



TM  
TS156  
.8  
Ch3



# UANL

---

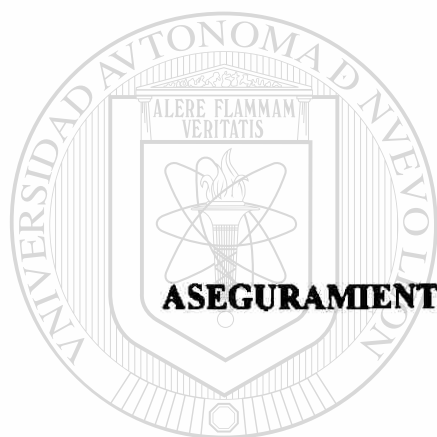
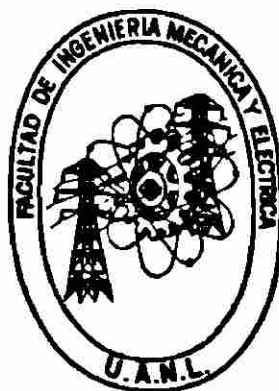
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD A TRAVES DEL CONTROL  
ESTADISTICO DE PROCESO**

**TESIS**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

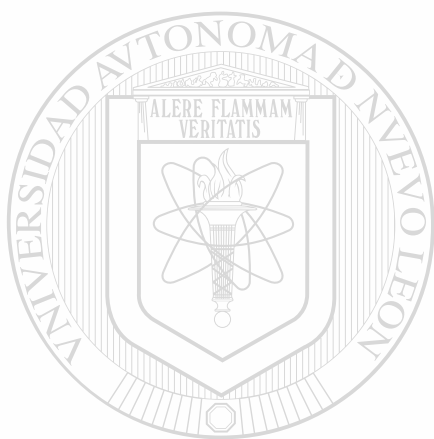
**QUE EN OPCION AL TITULO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS DE LA ADMINISTRACION  
CON ESPECIALIDAD EN PRODUCCION Y CALIDAD**

**PRESENTA**

**ING. LUIS JESUS CHAPA QUINTANILLA**

**SAN NICOLAS DE LOS GARZA N.L.  
DICIEMBRE DE 1997**





# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

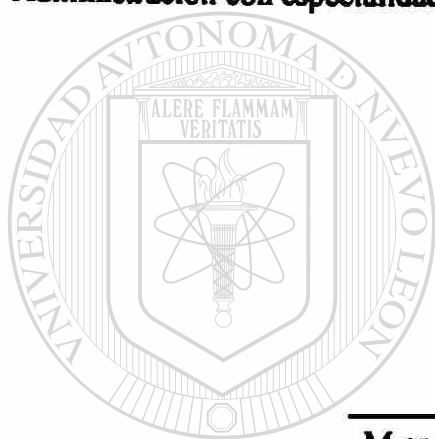
®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA**  
**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

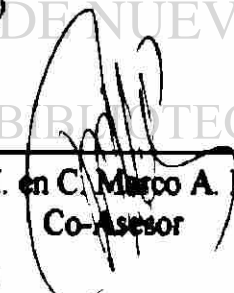
Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis Aseguramiento de la Calidad a Través del Control Estadístico de Proceso realizada por el Ing. Luis Jesús Chapa Quintanilla sea aceptada como opción para obtener el grado de Maestro en Ciencias de la Administración con especialidad en Producción y Calidad.



El Comité de Tesis.

  
M. en C. Liborio A. Manjarrez Santos.  
Asesor.

  
M. en C. Roberto Villarreal Garza.  
Co-Asesor

  
M. en C. Marco A. Méndez Cavazos  
Co-Asesor

  
M. en C. Roberto Villarreal Garza.  
División de Estudios de Postgrado

San Nicolás de los Garza, Nuevo León a Diciembre de 1997

## **Agradecimientos.**

**Agradezco profundamente a Dios Nuestro Señor por permitirme llevar a cabo la culminación de esta Maestría.**

**Agradezco también a mi familia, en especial a mi querida esposa María Teresa por su apoyo y comprensión, y su especial ayuda tanto en la elaboración de esta tesis como durante el transcurso de este tiempo de estudio y trabajo.**

**A mis dos hijas María Teresa y Jessica Priscila por su paciencia y “aguante”, ya que durante la maestría no alcanzamos a compartir juntos todo el tiempo que hubiera querido pasar con ellas, espero que la semilla de la calidad les haya quedado sembrada en su corazón para que les ayude a mejorar su futuro.**

**Agradezco muy especialmente a mis amigos, Juan José Díaz Leal y a José Manuel Torres Vargas por su desinteresada y valiosa cooperación, sin la cual la elaboración de esta tesis no hubiera sido posible**

**Pero muy en especial quiero agradecer a mis Maestros por su especial ayuda y desinterés por transmitirnos sus conocimientos y sabiduría durante el transcurso de estos años, también a todas las personas que durante el desarrollo de esta maestría de alguna manera u otra me brindaron su apoyo, amistad y comprensión.**

## **PRÓLOGO.**

**Esta tesis fue elaborada por los Ingenieros Luis Jesús Chapa Quintanilla y Miguel Carrola González con el objetivo de tener un apoyo para asesorías futuras en el campo del control total de calidad. Empleando como pieza fundamental el control estadístico de proceso.**

**Incluye información sobre los diferentes pensamientos de los grandes “Gurús” de la calidad, así como una metodología sencilla para entender el control estadístico de proceso y su aplicación.**

**Se han incluido también en este trabajo algunos modelos estadísticos así como diversas herramientas estadísticas que permite tener un proceso en control estadístico y en la vía de la mejora continua.**

**Esta tesis muestra como se emplea en las industrias el control estadístico de proceso para lograr el control y la menor variabilidad en un proceso.**

**En nuestros días existe una amplia difusión de los sistemas de calidad, lo que está provocando un cambio cultural de nuestra gente, lo cual facilitará a nuestras empresas a mantenerse en éste mundo de economía globalizada y a ser líderes en su campo.**

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



# **Aseguramiento de la Calidad a Través de Control Estadístico de Proceso.**

## **Síntesis.**

### **Capítulo 1. Introducción.**

Se indica en este capítulo el objetivo que persigue la tesis "Aseguramiento de la Calidad a Través del Control Estadístico del Proceso" así cómo la metodología empleada en el caso práctico para asegurar la calidad mediante el control estadístico de proceso, también se realizan los planteamientos de la hipótesis alternativa y la nula.

### **Capítulo 2. Marco Histórico.**

En este capítulo se podrá encontrar una reseña histórica de la evolución de la calidad desde la antigüedad hasta nuestra era, mostrando la continua preocupación del hombre por el mejoramiento de la calidad.

### **Capítulo 3. Filosofías y principios de la calidad.**

Este capítulo proporciona una semblanza sobre quienes son los principales iniciadores de lo que hoy conocemos como Control Total de la Calidad, es de utilidad para entender la filosofía que ellos llevaron a la práctica. Además se describen técnicas importantes para lograr el aseguramiento de la calidad y también se destaca el papel que juegan los recursos humanos en los procesos de mejoramiento de la calidad.

### **Capítulo 4. Métodos estadísticos empleados en el mejoramiento de la calidad.**

En este capítulo se proporciona una metodología estadística vital en el aseguramiento de la calidad, muestra además cual es la manera en que pueden utilizarse modelos estadísticos, como son las distribuciones de probabilidad empleadas como un vehículo que sirve para modelar o describir las características de calidad de un proceso. Además se emplea la inferencia estadística para deducir conclusiones y tomar decisiones con respecto a una población, y por último se analizan los costos de calidad implícitos en un programa de mejora continua.

### **Capítulo 5. Análisis de los sistemas de medición.**

Se enfatiza en éste capítulo la importancia del correcto funcionamiento del equipo de medición para lograr producir piezas dentro de especificación, aquí se describen técnicas para evaluar el sistema de medición así como la metodología que debe seguirse en proceso de inspección para lograr el aseguramiento de la calidad.

### **Capítulo 6. Procesos e instrumentos de la Calidad.**

Se demuestra en este capítulo que el control estadístico de proceso es una poderosa herramienta para analizar las causas de variación de un sistema y mantenerlo bajo control estadístico, con el empleo de gráficas de control de variables y de atributos.

Se describe la metodología para determinar la capacidad del proceso y la capacidad de la maquinaria, en un mundo donde una menor variabilidad en un proceso se ha convertido en una ventaja competitiva.

### **Capítulo 7. Descripción del caso práctico seleccionado.**

Se explican en este capítulo cuales fueron los criterios que tomaron en cuenta para seleccionar el tamaño de la muestra, la frecuencia de muestreo, número de subgrupos así como el método estadístico empleado para el control y mejora del proceso.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### **Capítulo 8. Conclusiones y recomendaciones.**

En este capítulo como parte final se indica cuales son las conclusiones a las que se llegaron al analizar el caso práctico, y se dan recomendaciones para trabajar con casos similares.

# ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD A TRAVÉS DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO.

## ÍNDICE:

**Agradecimientos.**

**Prólogo.**

**Síntesis.**

### **Capítulo 1. Introducción.**

1.1 Objetivo.	1-1
1.2 Metodología.	1-1
1.3 Planteamiento de hipótesis.	1-2

### **Capítulo 2. Marco teórico.**

2.1 Historia.	2-1
---------------	-----

### **Capítulo 3. Filosofías y principios de Calidad Total.**

3.1 Definición de la calidad total.	3-1
3.2 Cómo impactan las filosofías de la calidad total en el ámbito industrial.	3-3
3.3 Los conceptos de los maestros de la calidad.	3-5
3.3.1 W. Edwards Deming.	3-5
3.3.2 Joseph M. Juran.	3-14
3.3.3 Armand V. Feigenbaum.	3-21
3.3.4 Philip Crosby.	3-22
3.3.5 Kaoru Ishikawa.	3-26
3.3.6 Genichi Taguchi.	3-30
3.3.7 Shigeo Shingo.	3-33
3.3.8 Jan Carlzon.	3-38
3.4 Aseguramiento de la calidad.	3-41
3.4.1 Auditorías de la calidad.	3-43
3.4.2 Auditoría planes de la calidad.	3-44
3.4.3 Auditoría de comprobación de la realización de los planes.	3-46
3.4.4 Planificación y realización de auditorías.	3-47
3.4.5 Valoración de la calidad.	3-55
3.4.6 Valoración de la calidad por terceras personas.	3-65
3.5 Desarrollo y participación de los recursos humanos en los procesos de mejoramiento de la calidad.	3-66
3.5.1 El sistema Taylor de dirección.	3-67
3.5.2 Teorías de la motivación e implicaciones de la dirección.	3-69
3.5.3 Estilo Japonés de dirección de los recursos humanos.	3-73

## **Capítulo 4. Métodos estadísticos empleados en el mejoramiento de la calidad.**

4.1 Introducción.	4-1
4.2 Las siete herramientas estadísticas de la calidad total.	4-4
4.2-1 Diagrama de Pareto.	4-4
4.2.2 Diagrama causa efecto.	4-8
4.2.3 Estratificación.	4-10
4.2.4 Hoja de verificación.	4-12
4.2.5 Histograma de frecuencia.	4-13
4.2.6 Diagrama de dispersión.	4-17
4.2.7 La gráfica de control de Shewart.	4-20
4.3 Las siete nuevas herramientas.	4-24
4.3.1 Diagrama de afinidad y método kj.	4-24
4.3.2 Diagrama de Interrelación.	4-25
4.3.3 Diagrama de árbol.	4-25
4.3.4 Diagramas matriciales.	4-25
4.3.5 Análisis de datos matriciales.	4-25
4.3.6 Gráfica de programas de decisión de proceso.	4-26
4.3.7 Diagrama de flechas.	4-26
4.4 Modelos estadísticos que se pueden emplear.	4-26
4.4.1 Distribuciones de probabilidad.	4-26
4.4.1.1 Distribuciones discretas.	4-30
4.4.1.2 Distribuciones continuas.	4-35
4.4.2 Aproximaciones.	4-41
4.4.3 Distribuciones de muestreo.	4-44
4.5 Costos de calidad.	4-50
4.5.1 Costos preventivos.	4-51
4.5.2 Costos de evaluación.	4-52
4.5.3 Costos de fallas internas.	4-53
4.5.4 Costos de fallas externas.	4-54

## **Capítulo 5. Análisis de los sistemas de medición.**

5.1 Introducción.	5-1
5.2 Calibradores e instrumentos de medición.	5-1
5.3 Metrología.	5-4
5.4 Análisis de los sistemas de medición.	5-7
5.4.1 Elementos de capacidad de un sistema de medición.	5-8
5.5 Cómo evaluar la capacidad de los calibradores.	5-21
5.6 Inspección para asegurar la calidad.	5-28

## **Capítulo 6. Procesos e instrumentos de la calidad.**

6.1 Concepto de un proceso.	6-1
6.2 Cómo manejar datos de los diferentes procesos.	6-2
6.3 Control estadístico de proceso.	6-3
6.3.1 Introducción.	6-3



6.3.2 Aspectos relevantes en el diseño de una gráfica de control.	6-6
6.3.3 Metodología empleada para la elaboración y uso de las gráficas de control.	6-9
6.3.4 Fundamentos estadísticos de la gráfica de control	6-10
6.3.5. Construcción de los gráficos de control.	6-16
6.4 Patrones en las gráficas de control.	6-24
6.5 Gráficas de control para atributos.	6-33
6.6 Determinación de la habilidad del proceso.	6-47
6.7 Capacidad de maquinaria.	6-52
6.7.1 Método de la gráfica de promedio y rango.	6-53
6.8 Pre-control.	6-56
6.8.1 La calidad seis sigma	6-58
6.9 Cómo entender la variación de los procesos.	6-58

## **Capítulo 7. Descripción del caso práctico seleccionado.**

7.1 Antecedentes.	7-1
7.2 Determinación del tamaño de la muestra.	7-3
7.3 Consideraciones para la selección de un método estadístico para el control y mejora del proceso en estudio.	7-3
7.4 Aplicación de métodos estadísticos para la solución del caso práctico.	7-7

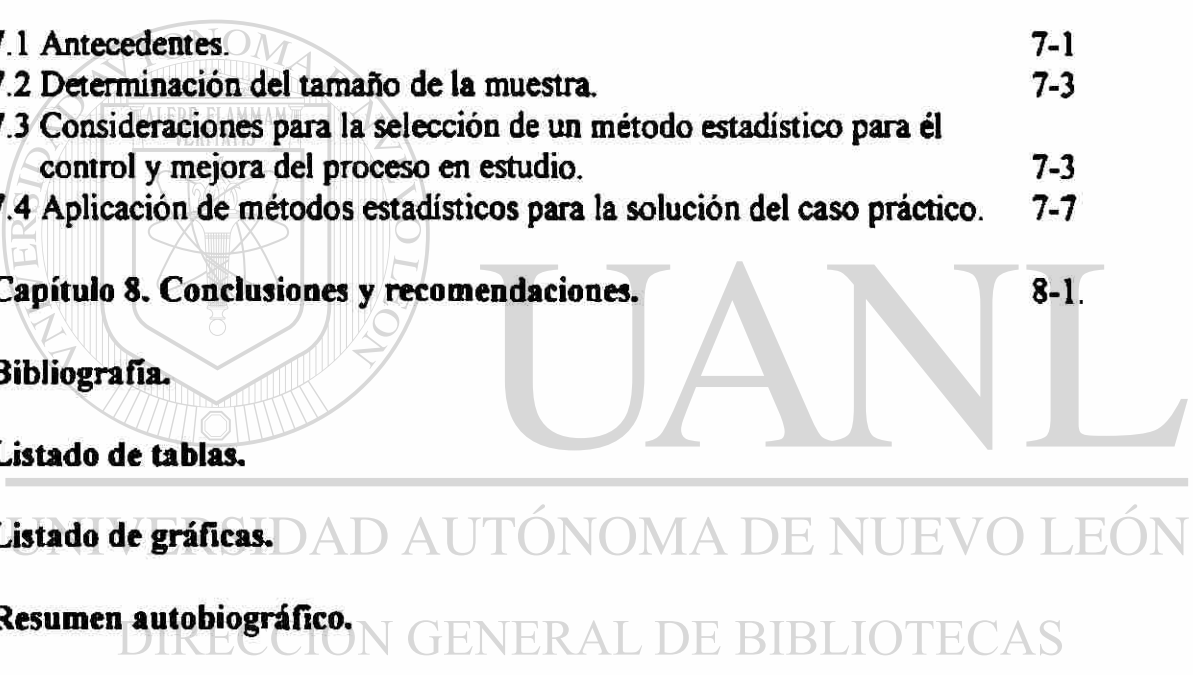
## **Capítulo 8. Conclusiones y recomendaciones.** 8-1.

### **Bibliografía.**

### **Listado de tablas.**

### **Listado de gráficas.**

### **Resumen autobiográfico.**



# Capítulo 1

## Introducción.

### Objetivo.

1) Este trabajo fue realizado con el propósito de validar en forma práctica que el Aseguramiento de la Calidad a Través del Control Estadístico de Proceso forma parte de un conjunto de herramientas necesarias en la industria de hoy para poder mantener ventajas competitivas en este mundo de globalización de mercados. Y con la aplicación de dichas herramientas se puede mantener el control y mejora de procesos.

2) Desarrollar un experimento en una empresa de la localidad con la finalidad de validar el punto anterior. Tomando muestras de mediciones de una dimensión crítica en el proceso de fabricación de una llave tipo española de tuercas de dos bocas, la cual es una herramienta que se emplea para apretar y aflojar tuercas especiales de calentadores de agua.

### Metodología.

Una vez definido el plan de calidad, se tomará este como guía para producir piezas (llave de boca tipo española) que estén dentro de especificación y que cumplan con las expectativas de los clientes.

Ya que el equipo de calidad conoce las dimensiones críticas a controlar se hará una primer corrida de fabricación y medición empleando el gráfico de control de promedios y rangos, lo cual servirá para definir los límites de control superior e inferior iniciales. Y también se evaluará la capacidad del proceso para la producción de piezas dentro de especificación. Lo anterior realizando un muestreo de la dimensión crítica ya mencionado.

Diseñando un plan de reacción ante diversas circunstancias que puedan poner el proceso fuera de control estadístico. Además se hará un planteamiento de hipótesis que es el siguiente.

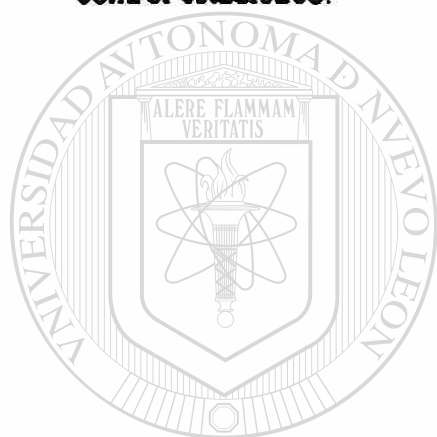
## **Planteamiento de hipótesis.**

### **A) Hipótesis alternativa.**

Que los estándares de calidad del proceso que estudiamos cumplen con las especificaciones del cliente y que la capacidad del proceso es tal que no hay duda de que se producirán piezas dentro de especificación y que se mantendrá la ventaja competitiva.

### **B) Hipótesis nula.**

En caso contrario a lo planteado en el inciso A hacer las recomendaciones pertinentes para que el proceso en cuestión pueda mejorar y que se mantenga bajo control estadístico.



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## **Capítulo 2. Marco Teórico**

### **2.1. Historia.**

La calidad existe en nuestro mundo desde tiempos inmemoriales, nos damos cuenta que la selección natural es el método que la naturaleza escoge para incrementar la calidad de las especies. Entendemos como selección natural el comprender que solo los mejores sobreviven y por consecuencia natural se mejora la especie.

El hombre aprendió a transformar su medio ambiente para hacerse de ventajas en la competencia por la vida, y una vez que empieza a desarrollarse inventa utensilios y se da cuenta de que necesita mejorar la calidad de estos para incrementar su nivel de vida. Inicia el desarrollo de métodos de aseguramiento de calidad rudimentarios, que estaban basados en el "orgullo", pero estos métodos, los ejercía de manera indiscriminada y sin sentido tal es el caso de los pequeños talleres artesanales que laboraban artículos y trataban de hacerlos bien por el "orgullo de la comunidad". Estos métodos dan paso a sistemas más formales que se manifiestan en la época de los egipcios en cuyos murales de alrededor del año 1450 A.C. ya muestran actividades de medición e inspección. Los egipcios tuvieron éxito debido a que pudieron desarrollar métodos y procedimientos uniformes, además de que desarrollaron instrumentos de medición. Esto se manifiesta en la construcción de sus pirámides y monumentos que están hechos con tal precisión que se aprecia un ensamble perfecto entre las piezas que las componen. ®

### **DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS**

Con el paso del tiempo estos talleres artesanales pasaron a ser factorías que seguían procesos de medición basados en las especificaciones escritas y detalladas en planos y dibujos. En esta etapa del crecimiento en el campo de la calidad, el operador era parte inherente de la fabricación y del "sistema de calidad" existente en esa época, en ese sistema un número muy reducido de trabajadores, tenían la responsabilidad de la manufactura completa del producto y por tanto, cada trabajador podía controlar totalmente la calidad de su trabajo. En los principios del siglo XX se progresó y surgió el supervisor de control de calidad. Durante este período se pudo percibir la gran importancia del arribo del concepto de fabricación moderna, en la que muchos hombres agrupados desempeñan tareas similares en las que pueden ser dirigidos por un supervisor, quien entonces asume la responsabilidad por la calidad del trabajo.



Los sistemas de fabricación se hicieron mas complicados durante la primera guerra mundial, e incluyó el control de gran número de trabajadores por cada uno de los supervisores de producción. Como resultado aparecieron en escena los primeros inspectores de tiempo completo y se inició el tercer paso, que podemos denominar control de la calidad por inspección.

Este paso condujo a las grandes organizaciones de inspección en las décadas de 1920 y 1930, separadas de la producción y suficientemente grandes para ser encabezadas por superintendentes. Este programa permaneció en boga hasta las necesidades de la enorme producción en masa requerida por la segunda Guerra Mundial, hasta que las necesidades obligaron al surgimiento del cuarto paso de control de calidad, que se designa como control estadístico de calidad. En efecto, esta fase fue una extensión de la inspección y se transformó hasta lograr mayor eficiencia en las grandes organizaciones de inspección. A los inspectores se les proveyó de herramientas estadísticas tales como muestreo y gráficas de control.

En un principio había bastante holgura para la equivocación y de esta manera aprendimos, pero conforme creció la sociedad esta holgura se fue haciendo más pequeña. Así es como la lucha del hombre por superarse lo ha llevado a sistemas más complejos, que han generado nuevos retos no solo con la naturaleza sino con el hombre mismo, de tal manera que la historia del hombre es una continua lucha por "ser mejor".

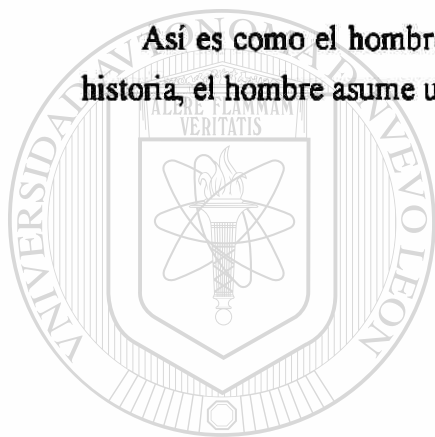
En los años cincuenta después de la segunda guerra mundial surge el milagro Japonés, Japón perdió la guerra y quedó desbastado en su economía y era de vital importancia él empezar a producir bienes de calidad, en el año de 1950 el Dr. W. Edwards Deming visita el país, y en conjunto con la Unión De Ingenieros Y Científicos Japoneses (JUSE) desarrolla las bases de la Administración De La Calidad teniendo como alumnos a los líderes empresariales y a los ejecutivos de mas alto nivel a quienes les hizo saber que había mucho por hacer en cuanto a la mejora de la calidad. Con esto surge una nueva cultura y lo que hoy conocemos como Control Total De La Calidad.

En los finales de los setenta se empezaron a abrir las fronteras de los países a la entrada de diferentes productos y se empieza a hablar en el nuevo concepto de comercio internacional llamado globalización de mercados, pero algo que causaba problemas de comunicación entre exportadores e importadores era que cada país tenía su propio estándar comercial, y como no había una referencia común entonces no se podía hacer comparación entre la calidad de los diversos bienes producidos. Fue entonces que surge la necesidad de definir una terminología común que pudiera derribar las fronteras de

entendimiento entre estos y tener así una metodología mínima para la administración y el aseguramiento de la calidad de productos procesos y servicios y es cuando surge el concepto ISO 9000.

Hoy en día la preocupación de la sociedad se enfoca más hacia una cultura de mejoramiento del medio ambiente. El cuidado del medio ambiente así como cuidar el balance de los sistemas de convivencia humana a sido la principal preocupación de nuestra sociedad en los últimos tiempos. Se creo un sistema para producir satisfactores que resulta bastante complejo de administrar y que además requiere del empleo de nuevas tecnologías lo que en ocasiones representa nuevos riesgos para nuestro ecosistema. Es imperativo que nuestro desarrollo sea sostenible y que nuestro progreso eleve la calidad de vida sin comprometer el futuro.

Así es como el hombre y la naturaleza están ligados con la calidad, a lo largo de la historia, el hombre asume un papel primordial en el resultado y control de la calidad.



UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## **Capítulo 3**

### **Filosofías y Principios de la Calidad Total.**

#### **3.1. Definición de la calidad total.**

El concepto y el vocabulario de la calidad son esquivos. Las distintas personas interpretan la calidad de diferentes maneras. Muy pocos pueden definir la calidad en términos que sea posible medir y traducir en operaciones. Por ejemplo un trabajador de la salud define calidad como: “calidad en la atención medica”; un empleado de un hotel diría: “calidad significa la satisfacción del cliente”, el personal de manufactura se expresaría: “la calidad del producto es lo más importante”.

No obstante cuando se les pide una definición más específica del término, muy pocos son capaces de definir la calidad en términos de medición y que además se puedan traducir en operaciones.

La definición básica de administración dice: “Si no lo puedes medir, no lo podrás administrar”. Y lo mismo sucede con la calidad, si el sistema de administración y la ventaja competitiva se van a basar en la calidad, entonces todos y cada uno de los miembros de la organización tendrán que conocer con claridad el concepto, la definición y la medición de la calidad, tal como se habrá de aplicar en su propio trabajo. Es conveniente que la calidad sea definida o percibida en distintas formas dentro de la compañía, según la fase específica del ciclo de vida del producto que se trate.

La gente viaja a los museos más importantes para ver obras de arte como el David de Miguel Ángel y todos coinciden en que son obras de arte de calidad, sin embargo la mayoría no puede definir esa “calidad”, simplemente dirá: “No la puedo definir, pero la reconozco en cuanto la veo”. La gente de publicidad es muy afecta a promover productos bajo los mismos términos, “donde comprar es un placer” para supermercados “nos encanta volar y lo demostramos” para aerolíneas etc. La publicidad está repleta de estas declaraciones , imposibles de concretar, y en eso reside el problema: la calidad es un concepto difícil de definir o traducir en operaciones concretas. Por lo tanto este

concepto es un enfoque esquivo cuando se usa como base para tener una ventaja competitiva.

El profesor David Garvin de la Universidad de Harvard enmarca cinco enfoques más concretos para definir la calidad: el trascendente, el que se apoya en el producto, el que se basa en el usuario, el que se basa en la manufactura y el que se basa en el valor.

El que se basa en la trascendencia es difícil de definir ya que enmarca conceptos de atributo que no se pueden cuantificar pero que son universales tal como el caso de obras de arte. Aquí la calidad se basa en el gusto o la preferencia individual.

Las definiciones basadas en el producto son diferentes. En ese caso, la calidad se percibe como una característica o atributo que se puede cuantificar o medir. Por ejemplo, la durabilidad, o la fiabilidad son susceptibles de medición (ejemp. El tiempo medio entre una falla y otra, el grado de ajuste etc.) y el ingeniero puede elaborar diseños de acuerdo con ese parámetro de comparación. Por lo tanto la calidad se determina de un modo objetivo. Esta aproximación tiene muchas ventajas, pero también algunas limitaciones. Cuando la calidad se basa en el gusto individual, el parámetro de medición puede ser desorientador.

Las definiciones basadas en el usuario se apoyan en la idea de que la calidad es un asunto individual y que los productos capaces de satisfacer esas preferencias (es decir la calidad percibida) son los de más alta calidad. Esto implica dos problemas, primero las preferencias del consumidor varían mucho y es difícil combinarlas para encontrar el producto que sea atractivo para todos los usuarios.

El otro problema consiste en responder a la pregunta: ¿La satisfacción del cliente y la calidad son la misma cosa?. La respuesta es “probablemente no”. Un Rolls Royce es un coche de atributos de calidad reconocidos pero no significa que esté al alcance de todos los usuarios como sería el caso de algún automóvil de más bajo precio pero que reúne los atributos necesarios para satisfacer la necesidad de algún segmento específico de población (ejemplo clase media).

Las definiciones basadas en la manufactura se refieren sobre todo a las prácticas de ingeniería y fabricación, y parten de la definición universal de calidad como “la conformidad con los requisitos”. Las especificaciones o requisitos se establecen por medio del diseño, y cualquier desviación a este respecto implica una merma en términos de calidad. Este concepto se aplica tanto a los servicios como a los productos. Así, la



excelencia de calidad no se encuentra necesariamente en los ojos de quien la contempla, sino más bien en las normas que ha establecido la organización. Este enfoque también tiene una debilidad. La organización parte del supuesto de que la conformidad mencionada equivale a la percepción de calidad que tiene el consumidor, y por lo tanto, la atención se enfoca hacia lo interno. Al hacer énfasis en este concepto se tiende a elegir como objetivo la reducción de costos, y esto se percibe en términos limitados: invertir en el mejoramiento de diseño y la manufactura sólo hasta que el punto en que el aumento sea igual a lo que costaría la mala calidad atribuible a la ausencia de esas mejoras, por concepto de desperdicios y operaciones de rectificación.

La calidad basada en el valor se define en términos de costos y precios, además de muchos otros atributos. De éste modo la decisión de compra que toma el consumidor se basa en la calidad (como quiera que se la defina) a un precio aceptable. Aquí los productos y servicios se clasifican acorde a dos criterios principales: la calidad y el valor. Esto significa que el producto de más alta calidad no es siempre el que implica el mejor valor. Esta designación se asigna al producto o servicio que constituye la “mejor compra”.

### 3.2. Como impactan las filosofías de calidad en el ámbito industrial.

La administración total de CALIDAD se basa en varias ideas. Implica pensar en calidad en términos de todas las funciones de la empresa, y es un proceso de principio a fin, donde se integran las funciones relacionadas entre sí en todos los niveles. Es un enfoque de sistemas que considera todas las interacciones entre los diversos elementos de la organización. De este modo, la eficacia general del sistema es mayor que la suma de las aportaciones individuales de su subsistemas. Entre estos últimos figuran todas las **FUNCIONES ORGANIZACIONALES** que interviene en el ciclo de vida de un producto tales como:

1. Diseño.
2. Planificación.
3. Producción.
4. Distribución.
5. Servicio de Campo.

También los subsistemas de administración tienen que ser integrados, lo cual requiere:

1. Una estrategia enfocada en el cliente.
2. Los instrumentos de CALIDAD.
3. La participación del empleado (este es el proceso que permite integrar todo el conjunto).

Con esto podemos decir que, cualquier producto, proceso o servicio se puede mejorar y que las organizaciones que buscan su éxito, deben encontrar las oportunidades de mejoría en todos los niveles de su organización, para poder subsistir en el mercado globalizado de la época actual.

La consigna es: **MEJORAMIENTO CONTINUO** en todas y cada una de las áreas de la empresa. Prestando especial interés en los departamentos más rezagados al implementar mejoras de calidad.

**Temas claves y terminología de la administración por calidad total.**

El costo de la calidad como medida de la falta de la misma (todo aquello en lo que no se satisfacen las exigencias del cliente) y como un modo de medir los progresos del proceso de mejoramiento de calidad.

Un cambio cultural que permita apreciar la necesidad primordial de satisfacer los requisitos del cliente, e instaure una filosofía administrativa en la cual se reconozca este imperativo que aliente la participación del empleado y profese la ética del mejoramiento continuo.

La habilitación de mecanismos para el cambio, entre ellos los destinados a capacitación y educación, comunicación, reconocimiento, comportamiento de la gerencia, trabajo en equipo y programas para lograr la satisfacción del cliente.

La aplicación de la administración total de la calidad mediante la definición de la misión, la identificación de la producción, el conocimiento de los clientes, la negociación de los requisitos de estos, el desarrollo de una "especificación de proveedores" que

permita detallar los objetivos de los clientes, y la determinación de las actividades necesarias para el logro de esos objetivos.

El comportamiento de la gerencia, lo cual incluye la actuación de sus miembros como modelos o prototipos dignos de emulación, el uso de procesos e instrumentos para elevar la calidad, el fomento de la comunicación, el patrocinio de actividades de refuerzo y la voluntad de propiciar y proveer un entorno favorable.

### **3.3. Los conceptos de los maestros de la calidad.**

#### **3.3.1. W. EDWARDS DEMING.**

W. Edwards Deming es quizá el más conocido de los primeros precursores de la calidad, se le acredita ser el pionero de la calidad en Japón en los albores de lo 50's, y en ese país se le considera un héroe nacional y a él se debe el mundialmente conocido Premio Deming a la Calidad. Se le admira sobre todo por la creación del sistema de control estadístico, pero sus aportaciones van mucho más allá de esas técnicas. Su filosofía comienza con la alta gerencia, pero sostiene que las compañías deben adoptar los 14 puntos de su sistema en todos los niveles. Deming considera también que la calidad se debe incorporar al producto en todas las etapas, a fin de alcanzar un alto nivel de excelencia. Aún cuando no se puede decir que Deming haya sido el autor de la elevación de la calidad en Japón o en los EUA, él desempeña un papel muy importante para dar mayor visibilidad al proceso y para despertar la conciencia en torno a la necesidad de mejorar.

Deming define la calidad como cero defectos o menos variaciones y se basa en el control estadístico del proceso. Como la técnica esencial para la resolución de problemas, con el fin de distinguir entre las causas sistemáticas y las causas especiales. La búsqueda de la calidad se traduce en costos más bajos, mayor productividad y el éxito en el plano competitivo. Si bien es cierto que, a fin de cuenta quien elabora productos de calidad es el trabajador, Deming hace énfasis en el orgullo y la satisfacción de éste que en la imposición de metas que sea posible medir. El enfoque general se centra en el mejoramiento del proceso, considerando que la causa de las variaciones en el proceso radica en el sistema, más que en el trabajador.

**Los catorce puntos universales de Deming para la administración de calidad son:**

**1.- Crear la concordancia entre los propósitos por medio de un plan para mejorar productos y servicios.**

Crear un plan para hacer competitivo y asegurar la permanencia del negocio, a corto, mediano y largo plazo, mediante:

a) La innovación.

Crear nuevos productos o servicios.

Crear nuevas tecnologías.

Desarrollar nuevos procesos y materiales.

b). La investigación y educación.

c). La mejora continua del diseño de los productos y servicios con un enfoque centrado en el cliente.

d). El mantenimiento de instalaciones y equipos.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**2.- Adoptar la nueva filosofía de Calidad.**

Para entrar en la nueva era económica, conociendo las responsabilidades de la administración y estableciendo un liderazgo dirigido al cambio. Esta situación hace que la cultura de vivir con el error o los productos defectuosos no tengan cabida en un entorno de calidad, pues no les aseguran a la compañía su estancia en el mercado globalizado cada vez más competitivo. Los artículos defectuosos no son gratis. Corregir los defectos cuesta tanto o más que producir uno nuevo.

El cambio de cultura no es fácil, lleva tiempo y constancia de propósito. Sólo la alta gerencia puede lograr este cambio para mejorar la competitividad del negocio y asegurar el éxito en el futuro.

### **3.- Acabar con la dependencia de la inspección en masa.**

La cultura de inspeccionar el 100% de la producción reconoce que en el proceso no pueden hacerse las cosas correctamente, o que las especificaciones no tiene razón de ser. La inspección siempre es tardía, ineficaz y costosa, enviar sobrantes en una orden o pedido, degradar un producto o reprocesarlo no son acciones correctivas del proceso. El nuevo objetivo de la inspección es la auditoría para comprobar las medidas preventivas y detectar cambios en el proceso.

La calidad no viene de la inspección, sino del mejoramiento del proceso.

### **4.- Poner fin a la práctica de elegir a los proveedores bajo el criterio exclusivo del precio.**

Ya no podemos dejar que la competitividad de un producto esté basada únicamente en el precio, menos ahora que las necesidades del cliente recaen en la uniformidad del producto.

El precio de un producto no tiene significado si no cumple con la medida de calidad por la que se está comprando. Si continuamos con la práctica de comprar con base en el precio, encontraremos en muchas ocasiones productos de baja calidad y alto costo, o sea "Lo barato sale caro". Por esta razón hay que buscar minimizar los costos totales y desarrollar proveedores confiables (y a veces únicos) para cada artículo.

### **5.- Detectar los problemas y trabajar sin cesar en el mejoramiento del sistema.**

Debemos trabajar en forma continua para reducir los desperdicios y errores, buscando mejorar la calidad en todas y cada una de las actividades de la empresa. Un aumento continuo en la calidad producirá una mejora continua en la productividad.

La mejora en los procesos está en manos de la alta administración, con la aportación de los trabajadores de producción que, aunque es vital es generalmente limitada. La administración debe buscar la participación activa de expertos en la materia: Ingenieros,

especialistas en producción, investigadores de mercado, vendedores, etc., para apoyar la mejora continua como mejora de trabajo

#### **6.- Adoptar métodos modernos de capacitación en el trabajo.**

Históricamente, la capacitación y el adiestramiento se habían restringido a los conocimientos que los maestros transmitían a sus aprendices. En la historia moderna de la industria estos procesos no se han visto muy favorecidos, y es común encontrar trabajadores pobremente entrenados o sin ningún entrenamiento.

Los cambios que se requieren para adoptar esta filosofía son muy amplios, por lo que el entrenamiento debe reconstruirse totalmente, apoyándolo en métodos estadísticos que permitan decidir cuando es completo y cuando no.

Un gran problema del entrenamiento y la supervisión es que no hay un estándar fijo de cual es un trabajo aceptable y cual no lo es. El estándar se ligaba con la necesidad del supervisor de alcanzar su cuota diaria de producción en términos de cantidad y no de calidad.

---

#### **7.- Adoptar e implementar el liderazgo.**

La tarea de la dirección no consiste en supervisar, sino en el liderazgo. La dirección debe trabajar en las fuentes de mejora, la idea de la calidad del producto y del servicio, y en la traducción desde la idea del diseño y al producto real. La necesaria transformación del estilo de gestión occidental requiere que los directores sean líderes. Se debe abolir la focalización en la producción, (gestión por cifras, gestión por objetivos, estándares de trabajo, cumplir con las especificaciones, cero defectos, valoración del comportamiento) y poner en su lugar el liderazgo.

Los líderes deben conocer el trabajo que supervisan, deben estar facultados para informar a la alta dirección de las condiciones que necesitan corregirse (defectos heredados, máquinas sin mantenimiento, malas herramientas, definiciones confusas de lo que es un trabajo aceptable, énfasis en las cifras y no en la calidad). La dirección debe



actuar sobre las correcciones propuestas. En la mayoría de las organizaciones es tan sólo un sueño vano, ya que el supervisor no sabe nada de su trabajo.

### **8.- Desechar el temor.**

Muchas personas en especial quienes ocupan posiciones administrativas no entienden lo que hacen, lo que esta bien o mal, y mucho menos saben que hacer para aclararlo. Muchas tienen miedo de preguntar acerca de las tareas a realizar, en que consisten, que es aceptable y que no, o tomar una posición al respecto.

Se requiere gente que no tenga miedo a expresar sus ideas, aclarar dudas, pedir instrucciones mas precisas o informar acerca de las condiciones que dañan la calidad y la productividad.

Algunos resultados del miedo se presentan en el hecho de que los supervisores registran incorrectamente los resultados de una inspección, por temor a exceder su cuota de defectos en la producción. El miedo es un síntoma de fallas en la contratación, la capacitación, la supervisión y la desatención a las metas de la empresa. El miedo desaparecerá en la medida en que la administración se vuelva un apoyo y los empleados desarrollen confianza en ella.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

### **9.- Derribar las barreras que separan los departamentos.**

El personal de los departamentos de Investigación, Diseño, Compra de Materiales, Ventas y recibo de materiales, deben conocer los problemas que ocasionan los materiales y las especificaciones de cada una de las diferentes áreas de producción y ensamble. Desconocerlos traerá como consecuencia pérdidas en producción por el reproceso causado al usar materiales inadecuados.

¿Por qué no invertir tiempo en la fabrica, ver los problemas y oír acerca de ellos? Los casos que se presentan a continuación son un ejemplo del desconocimiento en que se vive actualmente:



- Cada departamento hace las cosas muy bien para sí mismo.
- La prioridad por la producción nos hace omitir detalles que otros deberán resolver.
- La administración complica las cosas con cambios de último minuto.

Estos casos tienen como factor común la falta de trabajo en equipo que repercute en pérdidas de tiempo e incremento en los costos. Equipos integrados por personal de las diferentes áreas pueden obtener logros importantes en el diseño, calidad, costos y servicios de los productos.

**10.- Dejar de exigir más productividad sin proveer los métodos necesarios para lograrlo.**

Eliminar los slogans, exhortaciones y las metas numéricas como “cero defectos” o nuevos niveles de productividad sin ofrecer un método para lograrlo. Estas exhortaciones dividen el bloque de problemas que pertenecen al sistema y presionan a los trabajadores para resolverlos, cuando que están fuera de su alcance. Lo que se requiere no es una exhortación sino una guía proporcionada por la gerencia para el mejoramiento del trabajo.

La administración puede publicar carteles donde explique a los trabajadores los esfuerzos que están realizando mes a mes para mejorar los sistemas y aumentar la calidad y productividad, sin impactar las cargas de trabajo sino trabajando con mas inteligencia. La gente entendería con esto que la administración está asumiendo su responsabilidad.

Fijar metas sin dar la metodología para lograrlas causa efectos más negativos que positivos.

**11.- Suprimir las normas de trabajo en las que se prescriben cuotas numéricas.**

Eliminar estándares de trabajo y metas numéricas pues normalmente estos sustituyen al liderazgo. Las cuotas que toman en cuenta sólo la cantidad, ignorando la calidad, son una garantía de ineficiencia y alto costo.

Los estándares de trabajo garantizan que la compañía obtendrá cierta cantidad de artículos defectuosos y desperdicios especificados, y que nunca se mejoraran. Los estándares establecidos en éste sentido, son manifestaciones de la incapacidad de entender y proporcionar una supervisión apropiada.

La gerencia que esté interesada en incrementar sus utilidades deberá eliminar estándares de trabajo que no incluyan los parámetros de calidad y costos.

## **12.- Suprimir las barreras que menoscaban el orgullo del trabajador por su propio oficio.**

¿Cómo puede estar alguien orgulloso de su trabajo si no sabe cuándo éste es aceptable o no?, los problemas que se presentan en tal caso son:

- Inspectores que no saben cuándo el trabajo esta bien y cuando no.
- Los instrumentos y su calibración no sirven.
- Los supervisores presionan por cantidad y no por calidad.
- Materiales defectuosos.
- Se corrigen errores de pasos anteriores.
- Se cumple con las cuotas preestablecidas.
- Máquinas descompuestas o desajustadas.

Estas barreras pueden ser uno de los más importantes obstáculos para la reducción de costos y el mejoramiento de la calidad.

Sólo la administración puede eliminar las barreras que impiden al trabajador sentir orgullo por el trabajo que desarrolla.

## **13.- Instituir sistemas vigorosos de educación y readiestramiento.**

Es necesario que la administración incorpore algunos métodos estadísticos sencillos para el control de la operación diaria. Para ello se requiere capacitar a las personas en el uso de la estadística y su aplicación en sus tareas de compras, calidad, ventas, etc.

Unas pocas horas bajo la guía de un instructor competente suelen bastar para empezar con los trabajadores y supervisores que deseen adoptar estos métodos. El proceso de capacitación es sencillo y puede hacerse en todos los niveles.

**14.- Crear una estructura de alta gerencia que todos los días haga énfasis en los 13 puntos anteriores.**

La alta administración requerirá la orientación de un consultor experimentado, aunque este no podrá asumir las obligaciones que a ella competen.

Una tarea importante del consultor será formar maestros e instructores en métodos estadísticos pero la principal será desarrollar, en conjunto con un estadístico de la compañía, una estructura de calidad que eventualmente pueda desarrollar sus funciones sin la necesidad de su presencia.

**Plan de acción.**

Deming provee también un plan de acción para el cambio de siete puntos que van desde la problemática de administración en la aplicación de los catorce puntos, hasta las grandes causas de quiebra y obstáculos que afectan a la mayor parte de las compañías en el mundo occidental. De hecho, algunas son peculiares de la industria de Norteamérica. Algunas de las causas de quiebra propias del mundo occidental son:

- Muy poca constancia en el propósito.
- Énfasis en las utilidades a corto plazo.
- Administrar con base en la evaluación del desempeño y reconocimientos al mérito.
- Demasiados cambios en la administración.
- Administrar sólo a través de símbolos, sin considerar en ellos lo desconocido para la fuerza de trabajo.

Los obstáculos que Deming vió, además de las causas de quiebra son variados: motivación, educación, usos de estándares de trabajo y dependencia de nuevas tecnologías.

**Los pasos del plan de acción de siete puntos de Deming son los siguientes:**

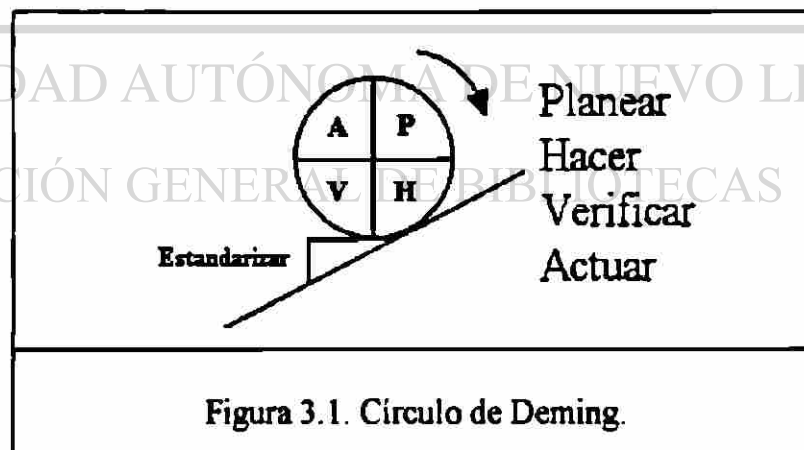
Generar un plan de acción para eliminar la problemática de la administración en la aplicación de los catorce puntos para resolver los problemas críticos y reconocer los obstáculos.

La administración genera un sentimiento de orgullo y energía hacia el plan de acción.

La administración explica a los empleados el porque de la necesidad del cambio.

Divide todas las actividades de la empresa, identificando los clientes de cada una de ellas. Se inicia una mejora continua de métodos de cada etapa trabajando en equipo para la mejora de la calidad.

Iniciar tan pronto como sea posible la construcción de una organización que conduzca a la mejora continua. Deming sostiene que el Círculo de Deming o Shewhart es el procedimiento más útil para mejorar cualquier etapa. Como puede observarse en la figura 3.1.



Todos los trabajadores deben tomar parte en los equipos para mejorar las entradas y salidas de cada etapa.

Involucrarse en la construcción de la organización para la calidad.

### 3.3.2 JOSEPH M. JURAN.

Juran, igual que Deming fue invitado a Japón en 1954 por la Unión de Científicos e Ingenieros Japoneses JUSE, en sus conferencias expuso las dimensiones administrativas de la planificación, la organización y el control, centrandó la atención en el logro de la calidad como una responsabilidad de la gerencia y en la necesidad de establecer metas y objetivos para la mejora. Enfatizó que el control de calidad debe realizarse como una parte integral del control administrativo.

Juran define la calidad como la adecuación para el uso en términos de diseño, conformación, disponibilidad, seguridad y uso práctico. De este modo, en su concepto se incorpora más íntimamente el punto de vista del cliente. Él está dispuesto a medirlo todo y se basa en sistemas y técnicas para la resolución de problemas. A diferencia de Deming, Juran enfoca su atención en la administración vista de arriba hacia abajo y en métodos técnicos, antes que en el orgullo y la satisfacción del trabajador.

También la trilogía de la calidad la cual consiste en planeación de la calidad, control de calidad y mejora de la calidad es una de las aportaciones más importantes de Juran.

Todas las instituciones humanas se han involucrado en la prestación de productos o servicios para los seres humanos. La relación es constructiva solo cuando los productos o servicios responden a las necesidades de precio, fecha de entrega y adecuación al uso. Cuando cumplen todas las necesidades del cliente, se dice que el producto o servicio es vendible.

La adecuación al uso implica todas aquellas características de un producto que el usuario reconoce que le benefician. La adecuación al uso siempre está determinada por el usuario, no por el vendedor o la persona que repara el producto. Y a continuación en la figura 3.2 se pueden apreciar las interrelaciones entre parámetros.

La calidad en el diseño es la parte de la calidad que asegura que el producto diseñado satisfaga las necesidades del usuario y que su diseño contemple el uso que se le va a dar, así como el ciclo completo del producto hasta su reciclaje final. Para que esto se lleve a cabo tiene que realizarse primero una completa investigación del mercado, donde se definan cada una de las características del producto y las necesidades del cliente, para posteriormente establecer las especificaciones del proceso.

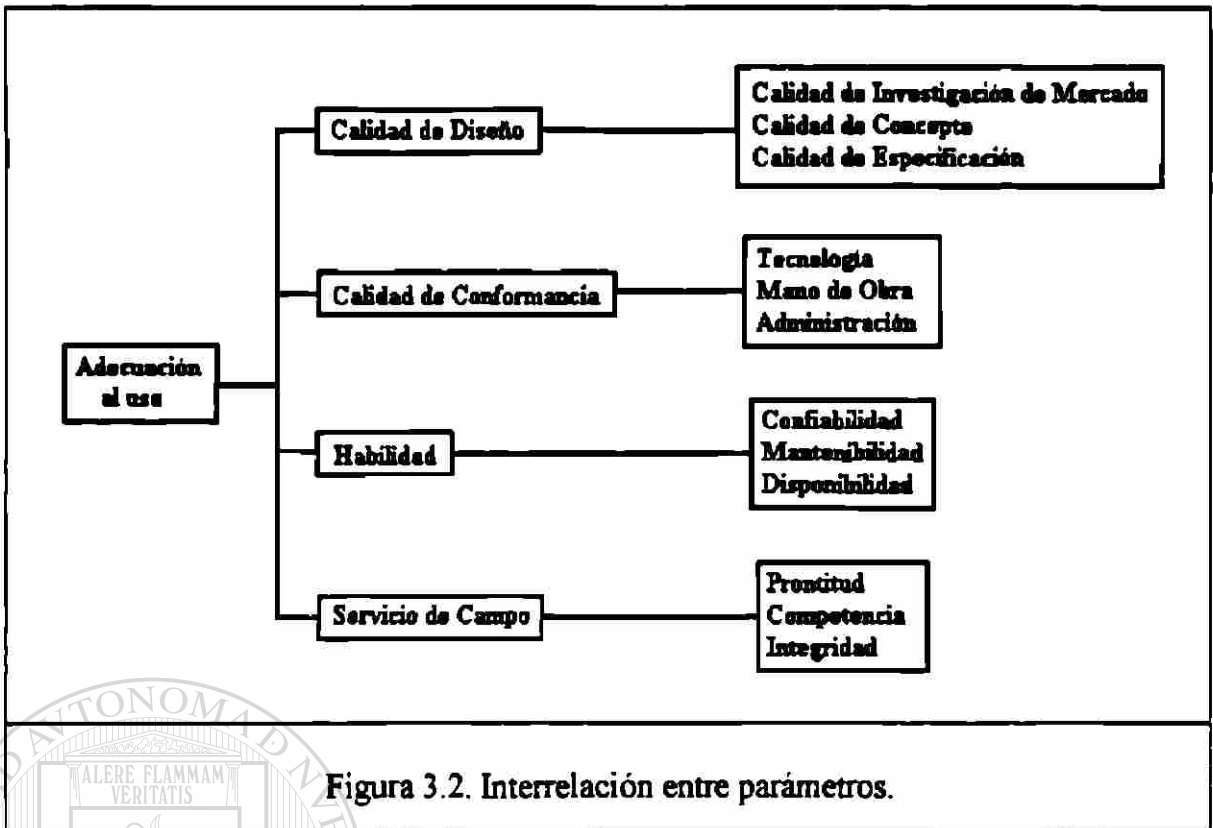


Figura 3.2. Interrelación entre parámetros.

**La calidad de conformancia** se define como el proceso de elaboración de un producto o servicio. Tiene que ver con el grado en que el producto o servicio elaborado se apege a las características diseñadas y que se cumplan las especificaciones de proceso y de diseño. Para ello, debe contarse con la tecnología, mano de obra y administración adecuadas a las necesidades.

**La disponibilidad** es otro factor de calidad de la adecuación al uso. Esta parte de la calidad del producto se define durante el uso del producto y tiene que ver con su desempeño y su vida útil. Si falla una semana después de comprado, entonces no tiene buena disponibilidad, aunque aparentemente haya sido la mejor opción de compra. Debe asegurarse que el producto una vez recibido por el usuario, proporcione el servicio para el que fue diseñado, en forma continua y confiable y en el caso de que se requiera mantenimiento, este sea sencillo de realizarse, con instrucciones fáciles de entender y de uso amigable.

- Por último, el **servicio técnico** del producto define la parte de la calidad que tiene que ver con el factor humano de la compañía. El servicio de soporte técnico debe tener una velocidad de respuesta óptima, ser íntegro y competente, es decir, que los empleados estén bien capacitados y den la confianza al cliente de que se está en buenas manos.



## **La Trilogía de la Calidad.**

De acuerdo con Juran, el mejoramiento de la calidad se compone de tres tipos de acciones:

**Control de Calidad.**

Mejora de nivel o cambio significativo ("breakthrough").

**Planeación de la Calidad.**

En un proceso existente, se empieza con las acciones de control y en uno nuevo, con las de planeación.

**Acciones de control:** Un proceso no se puede mejorar si antes no está bajo control o sea, que su variación tenga un comportamiento normal.

Los procesos que no están bajo control presentan la influencia de causas especiales de variación, cuyos efectos son tan grandes que no permiten ver las partes del proceso que se deben cambiar. Las oportunidades de mejora son externas al sistema.

Trabajar en acciones de control implica eliminar las causas especiales. Así se reduce la variación del proceso pero normalmente no se cambia el nivel promedio de calidad.

**Acciones de mejora de nivel:** van encaminadas a realizar cambios en el proceso que nos permitan alcanzar mejores niveles promedio de calidad, para lo cual hay que atacar las causas comunes más importantes.

Para reducirlo y causar una diferencia en la calidad de vida debe atacar las causas comunes con acciones de mejora.

**Acciones de planeación y Calidad:** en ellas trabajamos para integrar los cambios y nuevos diseños de forma permanente a la operación normal del proceso, buscando asegurar no perder lo ganado. Los cambios pueden provenir de acciones de mejora, de acciones de control o de rediseño, para satisfacer nuevos requerimientos del mercado.

**El viaje por la trilogía de Juran constituye el aprendizaje de la organización en sus procesos de calidad.**

**En la gráfica 3.3 pueden identificarse dos diferentes zonas de control: una zona original de control de calidad, en la que puede apreciarse una condición esporádica fuera de control que puede asumirse fue causada por una situación extraordinaria no repetitiva. En general, se trata de un proceso que está en control por lo que puede implementarse un plan de mejora.**

**Para poder cambiar de nivel de control a otro es necesario resolver problemas crónicos que permitan lograr un cambio verdaderamente significativo o "breakthrough", bajo el rubro Mejoras de Calidad.**

**Para que el proceso se siga en forma ordenada, es necesario realizar una planeación de la calidad que asegure el mantenimiento de la nueva zona de control de Calidad.**

**En su manual Planeación para la Calidad, Juran presenta una guía para desarrollar la Planeación de la Calidad en toda la empresa. Su creencia principal es que "la calidad no se da por accidente, debe ser planeada". La planeación de la Calidad es el proceso de preparación para alcanzar objetivos de calidad.**

**El "mapa de la planeación de la calidad" de Juran consiste en los siguientes pasos:**

- 1.- Identificar quién es el cliente.**
- 2.- Determinar las necesidades de los clientes.**
- 3.- Traducir esas necesidades al lenguaje de la compañía.**
- 4.- Desarrollar un producto que pueda responder a esas necesidades.**
- 5.- Optimizar las características del producto, de forma que cubran las necesidades de la empresa y del cliente.**
- 6.- Desarrollar un proceso que pueda producir el producto.**
- 7.- Optimizar el proceso.**
- 8.- Probar que el proceso pueda producir el producto en condiciones normales de operación.**
- 9.- Transferir el proceso a operación.**

**Otros elementos clave en la implantación de la estrategia de planeación de calidad en toda la compañía son:**

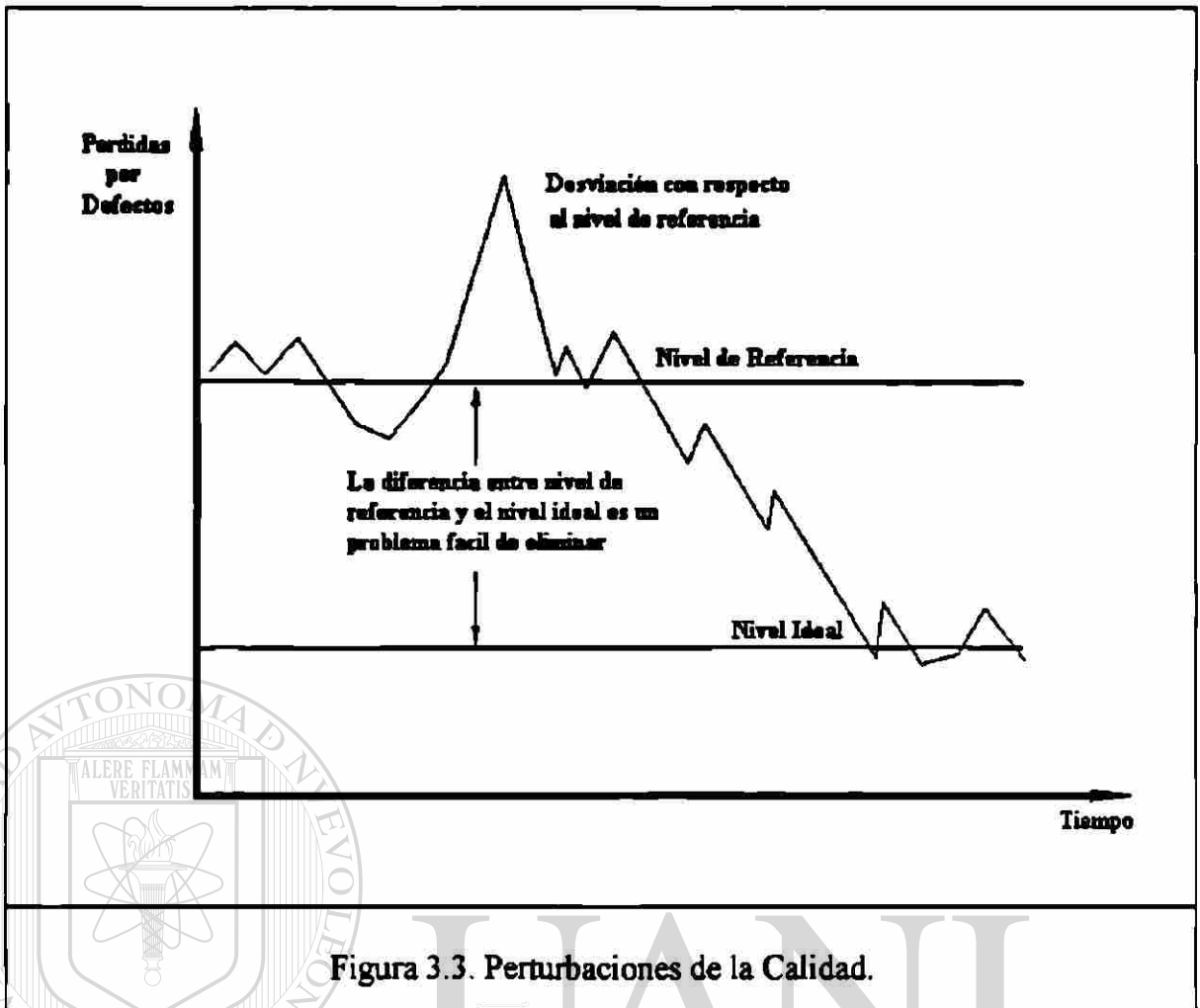


Figura 3.3. Perturbaciones de la Calidad.

Establecer metas de calidad.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Elaborar herramientas para la medición de la calidad.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Planear procesos capaces de alcanzar las metas de calidad en condiciones de operación normales.

Mejoras continuas en los resultados, incrementando el valor de la compañía; precios especiales y reducción del rango de error, tanto en los procesos de fabricación como en la administración.

Tanto Deming como Juran sostiene que el 85% de los problemas de calidad son responsabilidad de la administración y no de los trabajadores. La razón es que en la mayoría de la compañías estadounidenses, los administradores no han organizado el trabajo para llevar a sus trabajadores a un estado de autocontrol.

Cuando el trabajo se organiza de manera que le permita a una persona tener control total sobre el logro del resultado planeado, la persona puede decir que el trabajo está en un estado de autocontrol y que sólo así se le puede hacer responsable de los resultados en calidad y cantidad. "Autocontrol" es un término aplicable tanto a la gerencia de una compañía como a una persona que trabaja en un turno.

Para que alguien pueda decir que está en un estado de autocontrol, debe tener los siguientes elementos:

1.- Saber cuál es el resultado que se espera de ella, cuáles son los niveles de calidad que debe obtener.

2.- Tener los medios para saber si lo está logrando; esto es, contar con los indicadores y sistemas de medición para conocer la calidad que está produciendo y tener la información en el tiempo preciso.

3.- Tener los recursos para lograr estos niveles de calidad, o para corregirlos en caso de desviación. Ello implica estar perfectamente capacitado para desempeñar su trabajo tomar medidas correctivas, tomar a tiempo las decisiones requeridas y contar con las herramientas y materiales necesarios.

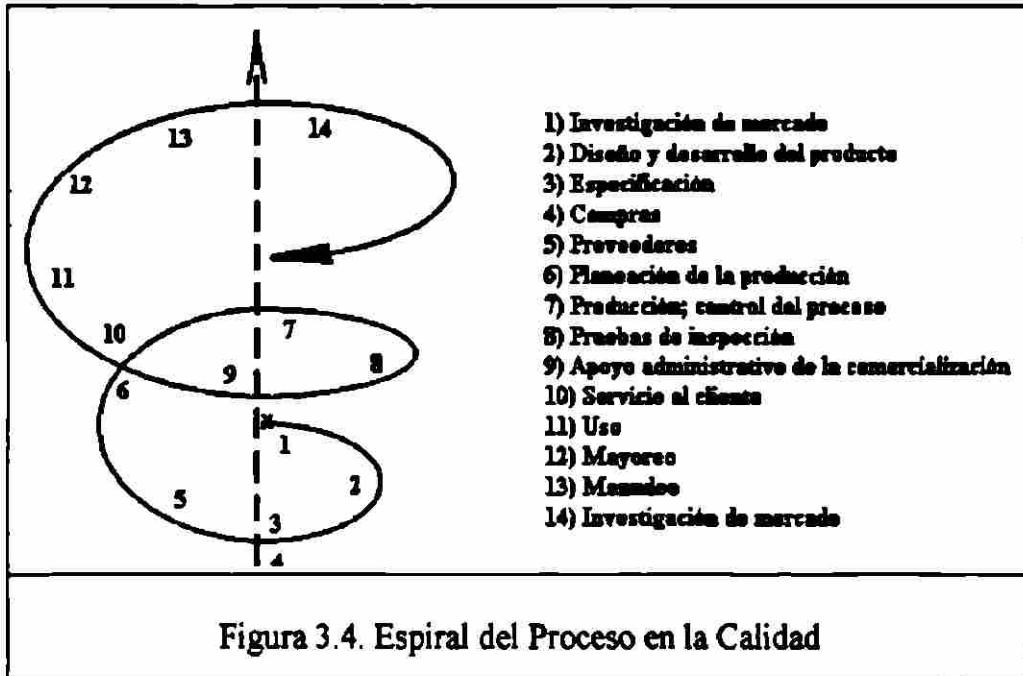
---

### La Espiral de la Calidad.

Para Juran, toda la compañía tiene una responsabilidad especial en la mejora de la calidad. Todos los departamentos forman parte de una cadena interna de servicios que se deben apoyar para un mismo fin. Así lo expresó en el modelo de la espiral de la calidad que se aprecia en la figura 3.4.

El trabajo de Juran enfatiza la necesidad de contar con herramientas y conocimientos específicos para conducir con éxito la función de calidad. Resalta la necesidad de vigilar continuamente al cliente en todas las funciones.

El Dr. Juran advierte que no hay atajos para alcanzar la calidad. Como ya mencionamos él sostiene que el 85% de los problemas de calidad son fallas de una mala administración, mas que de una falta de habilidad en la operación.



Juran cree que el entrenamiento a largo plazo para incrementar la calidad debería iniciarse en los niveles altos de la organización, aunque sabe que esto irrita a los altos ejecutivos.

Los altos ejecutivos creen instintivamente, que ellos saben lo que se necesita hacer, y que la capacitación es para otros: los trabajadores, supervisores e ingenieros. Es tiempo para reexaminar estas creencias.

### Secuencia universal de mejoramiento.

Juran identificó que en un cambio planeado siempre se sigue lo que él llama secuencia universal de mejoramiento la cual está compuesta por:

1.- Probar que el cambio significativo es necesario, por lo que hay que crear una actitud que favorezca un programa vigoroso de cambio.

2.- Identificar los proyectos vitales que justificarían el esfuerzo para alcanzar la mejora.

3.- Organizarse para asegurar los nuevos conocimientos requeridos, para tomar acción eficaz:

- a) Guía y coordinación de los trabajos del proyecto.
- b) Conducir a un análisis y estudio del proyecto.
- c) Negociar con la resistencia a los cambios tecnológicos.

4.- Impartir capacitación.

5.- Diagnóstico o análisis del comportamiento actual.

6.- Comunicar los resultados.

7.- Tomar acciones concretas para implementar la mejora.

8.- Instituir los controles necesarios para asegurar los nuevos niveles de desempeño.

9.- Dar el debido reconocimiento a cada persona.

10.- Mantener el ímpetu haciendo que el mejoramiento anual sea parte integral de los sistemas y procesos habituales de la compañía.

Juran preconiza el concepto conocido como Calidad del Proceso de Administración de Empresas, que es una técnica para la aplicación del mejoramiento de la calidad a través de todas las funciones. A la larga, la aportación de Juran puede ser mayor que la de Deming, porque aquél tiene un concepto más amplio que éste, aún cuando es cierto que el enfoque Deming centrado en el control estadístico del proceso está más orientado hacia los aspectos técnicos.

### 3.3.3 Armand V. Feigenbaum.

Igual que Deming y Juran, Armand Feigenbaum se hizo célebre a través de su trabajo con los japoneses. Sin embargo, a diferencia de sus colegas, este aplicó un enfoque para el control total de calidad que bien podría ser el precursor de lo que hoy conocemos como "Control Total de la Calidad". Él promovió un sistema para integrar los esfuerzos de los diversos grupos que forman una organización y para orientarlos hacia la meta de adquirir, mantener y mejorar la calidad. Según Feigenbaum, el enfoque contrario



consistiría en inspeccionar y controlar la calidad después de los hechos, en lugar de incorporarla al proceso en una etapa más temprana.

En su libro: "Principios de control de calidad: principios, prácticas y administración", Feigenbaum propone inicialmente cambiar los métodos técnicos de control de calidad, al control de calidad como método para hacer negocios. De este modo, pone énfasis en el punto de vista administrativo y considera a las relaciones humanas como fundamentos de las actividades de control de calidad.

### **Control Total de Calidad.**

Feigenbaum sostiene que los métodos individuales, como la estadística o el mantenimiento preventivo, son segmentos de un programa exhaustivo de Control de Calidad, definido de la siguiente manera:

Un sistema eficaz para coordinar el mantenimiento de la calidad y los esfuerzos de mejora de varios grupos en una organización, de tal forma que se optimice el costo de producción para permitir la completa satisfacción de los clientes.

#### **3.3.4 Philip Crosby.**

Philip Crosby, autor del popular libro "Quality is Free" (la calidad es gratuita), sostiene que la mala calidad en la empresa término medio le cuesta a ésta casi el 20% de sus ingresos de ventas, en retrabajos, desperdicios, descuentos por calidad inferior, pago de garantías y daños a los clientes y otros costos relacionados con la mala calidad, y que esa merma se podría evitar casi en su totalidad con la adopción de buenas prácticas de calidad. Sostiene que la calidad no es sólo responsabilidad del departamento de calidad o del de producción sino de todos los empleados de la organización. La calidad empieza con la gente no con las cosas. En su best seller llamado Calidad Sin Lágrimas, explica como el involucramiento de toda la organización en el proceso de la calidad se resume en el trabajo en equipo. De tal forma, los problemas de calidad de una área específica se convierten en problemas de toda la organización, rompiéndose las barreras interdepartamentales. Empero, la calidad sólo podrá alcanzarse si la administración de la organización se decide a emprender acciones deliberadas para este fin, ya que los problemas de calidad normalmente se relacionan con decisiones y acciones que son responsabilidad de los administradores, no de los trabajadores. Sus conceptos "absolutos" sobre la calidad son los siguientes:

La calidad se define como el fiel cumplimiento de los requisitos y no como lo “bueno”.

El sistema adecuado para lograr la calidad se basa en la prevención, no en la evaluación.

La norma de desempeño consiste en reducir a cero los defectos y no sólo en lograr “una buena aproximación”.

La medición de la calidad es el precio que se paga por las discrepancias en relación con los requisitos; y no un medio de obtener índices útiles.

Crosby hace énfasis en la motivación y la planificación, y no presta atención ni al control estadístico del proceso ni a las diversas técnicas que Deming y Juran proponen para la resolución de problemas. Él afirma que la calidad es gratuita porque el modesto costo de la prevención siempre será menor que los costos derivados de la detección, la corrección y el fracaso. A semejanza de Deming, Crosby plantea también sus catorce puntos para la buena administración:

**1.- Compromiso de la gerencia.** La alta gerencia tiene que estar convencida de la necesidad de lograr la calidad y debe ser capaz de comunicar con claridad esta convicción a toda la compañía, resumiéndola en una política por escrito donde se aclare que se espera de todas las personas un rendimiento que se ajuste a ese requisito o que, llegado el caso, ellas mismas pugnen por que tal requisito se modifique en forma oficial de modo que en él se reflejen las verdaderas necesidades de la compañía y de la clientela.

**2.- Equipo de mejoramiento de calidad.** Formar un equipo, con los jefes de departamento, que supervise las mejoras dentro de sus respectivas secciones y en toda la compañía.

**3.- Medición de la calidad.** Adoptar mediciones apropiadas para cada actividad, con el fin de identificar los aspectos que sean necesarios mejorar.

**4.- Costo de la calidad.** Estimar los costos de la calidad para las áreas donde podría ser rentable un mejoramiento.

**5.- Conciencia de la calidad.** Infundir en los empleados una mayor conciencia de la calidad. Ellos deben comprender tanto la importancia de que el producto se ajuste a los requisitos, como el alto costo de no adaptarse a estos.

**6.- Acción correctiva.** Tomar las medidas correctivas necesarias, de acuerdo con los resultados obtenidos en los pasos 3 y 4.

**7.- Planificación para lograr la meta de cero defectos.** Formar un comité que elabore el plan de un programa apropiado para la compañía y la cultura de esta.

**8.- Capacitación del supervisor.** Se debe impartir capacitación a los miembros de todos los niveles de la gerencia, para mostrarles cómo deben hacer su parte en el programa de mejoramiento de la calidad.

**9.- El día de cero defectos.** Designar un día para anunciar a los empleados que la compañía ha adoptado una nueva norma.

**10.- Establecimiento de metas.** Los individuos se deben de poner metas de mejoramiento, tanto para sí mismos como para su respectivo grupo.

**11.- Eliminación de las causas de error.** Se debe alentar a los empleados a que informen a la gerencia si hay algún problema que les impida realizar su trabajo sin cometer errores.

**12.- Reconocimiento.** Se debe otorgar un reconocimiento público, no de tipo económico, a las personas que alcancen las metas de calidad o tengan un desempeño sobresaliente.

**13.- Consejos de calidad.** Estos grupos o consejos integrados por profesionales de la calidad y jefes de grupos de trabajo, se deben reunir con regularidad para compartir sus experiencias, problemas e ideas.

**14.- Hágalo todo otra vez.** Repita los pasos 1 al 13 para poner de relieve que el proceso de mejoramiento de la calidad nunca termina.

Toda organización que aplica la administración por calidad atraviesa por seis etapas de cambio llamadas 6 C's.

**1.- Comprensión.** La comprensión comienza en el nivel directivo, con la identificación y comprensión total de los cuatro principios fundamentales de administración por calidad, y termina con la comprensión de todo el personal.

**2.- Compromiso.** En el compromiso, la organización liderada por la administración, establece un compromiso con la calidad y con sus cuatro principios fundamentales.

**3.- Competencia.** Para lograr la competencia, se define un método o plan en la organización, que garantice que todos entienden y tienen oportunidad de participar en el mejoramiento de la calidad.

**4.- Comunicación.** La organización debe contar con un plan de comunicación que ayude a documentar y difundir las historias de éxito.

**5.- Corrección.** La corrección implica contar con un sistema formal que incluya todos los departamentos y empleados, para que ataquen los problemas incumplimiento.

**6.- Continuidad.** Para garantizar la continuidad se debe dar a la calidad la prioridad número uno entre los aspectos importantes del negocio.

---

Otra responsabilidad de la administración es aportar la tres T's.

---

**1.- Tiempo.** El directivo debe invertir su tiempo en las actividades del programa de calidad.

**2.- Talento.** Debe aportar su capacidad y talento participando en los equipos para mejora de calidad, en algunos equipos de acción de la calidad y en actividades de calidad.

**3.- Tesoro.** Debe aprobar los recursos para la soluciones propuestas por los equipos de acción en calidad.

### **3.3.5 Kaoru Ishikawa.**

El Doctor Ishikawa obtuvo la licenciatura en Química aplicada en 1939, en el Departamento de Ingeniería de la Universidad de Tokio. Fue profesor asistente y después profesor de dicha universidad, donde obtuvo su Doctorado en ingeniería en 1960. Ha sido reconocido con diversos premios como: el Deming, el Nikon Keizai press, el Industries Standardisation por sus escritos de Control de Calidad, y en 1971, el Grant de la Asociación Americana de Control de Calidad por su Programa de Educación en Control de calidad.

Hay algunas indicaciones de que los Círculos de Calidad pudieron haberse utilizado en los Estados Unidos en los años cincuentas; sin embargo, se atribuye al Profesor Ishikawa ser pionero del movimiento de los Círculos de Calidad a principios de los sesentas.

#### **Aportación del Dr. Ishikawa.**

Como los otros Gurús japoneses de la calidad, Ishikawa puso especial atención en desarrollar el uso de métodos estadísticos prácticos y accesibles para la industria. En forma sencilla, su trabajo se centra en la recopilación y presentación de datos, el uso del Diagrama de Pareto para priorizarlas mejoras de calidad y el Diagrama Causa-Efecto, también llamado Diagrama Ishikawa o de Pescado.

De hecho, una valiosa aportación de Ishikawa es el diagrama causa-efecto que lleva su nombre. Ishikawa desarrolló el primero en la Universidad de Tokio en 1943, para explicar a los ingenieros de la acerera Kawasaki la relación entre algunos factores y la calidad del producto. El diagrama fue adoptado después en toda la industria japonesa y extranjera.

Ishikawa presentó el Diagrama Causa-Efecto como otra herramienta de apoyo para los Círculos de Calidad en su proceso de mejora. Destacó también el papel crucial de la comunicación abierta en los grupos para la construcción de diagramas. El Diagrama Causa-Efecto se utiliza como una herramienta sistemática para encontrar, seleccionar y

documentar las causas de variación de calidad en la producción, y organizar la relación entre ellas.

A Ishikawa se le relaciona con el movimiento de Control de Calidad en toda la empresa, iniciado en Japón entre 1955 y 1960, después de las visitas de Deming y Juran. De acuerdo con él el control de calidad en Japón se caracteriza por la participación de todos, desde los altos directivos hasta los empleados de más bajo rango, más que por los métodos estadísticos de estudio.

Así como en el proceso participan los departamentos de ingeniería, diseño, investigación y producción, lo hacen también los de ventas, materiales, y los administrativos, como planeación contabilidad y recursos humanos. Los conceptos y métodos de control de calidad se usan lo mismo para resolver problemas en los procesos de producción, control del abastecimiento de materiales, control del diseño de nuevos productos, que para apoyar a la alta dirección en la revisión de políticas, solución de problemas de ventas, personal y administración. Las Auditorías de Calidad, internas y externas, forman parte de esta actividad.

El Dr. Ishikawa expone que el movimiento de Control de Calidad en toda la empresa no se dirige sólo a la calidad del producto, sino también a la calidad del servicio después de la venta, la calidad de la administración, de la compañía, del ser humano, etc. Los efectos que se logran son:

- 1.- La calidad del producto se ve mejorada y llega a ser más uniforme: se reducen los defectos.
- 2.- Mejora la confiabilidad de los productos.
- 3.- Bajan los costos.
- 4.- Los niveles de producción se incrementan y es posible elaborar programas más racionales.
- 5.- Se reducen los desperdicios y reprocesos.
- 6.- Se establece y mejora la técnica.
- 7.- Se reducen los gastos por inspección y pruebas.
- 8.- Se racionalizan más los contratos entre vendedor y comprador.
- 9.- Crece el mercado para las ventas.
- 10.- Mejora la relación entre los departamentos.
- 11.- Disminuyen los datos y reportes falsos.
- 12.- Se discute con más libertad y democracia.
- 13.- Las juntas se realizan más tranquilamente.



14.-Las reparaciones y las instalaciones de equipos y facilidad se hacen más racionalmente.

15. Mejoran las relaciones humanas.

### **Círculos de Calidad.**

Una de las principales características de las organizaciones japonesas que han puesto en operación el Control de Calidad en toda la empresa es el Movimiento de Círculos de Calidad, iniciado en 1962 y 1963 con el primer círculo registrado en la compañía de teléfonos y telégrafos Nippon. En un principio, el movimiento se dirigió al sector industrial de Japón; ahora se ha extendido a los sectores bancario y de comercialización y se ha exportado a muchos a otros países, aunque su éxito en el mundo occidental no ha sido tan amplio como en Japón. La naturaleza y los objetivos de los Círculos de Calidad varía según la empresa en que se implanten. En Japón, se trata por lo general de un grupo voluntario de 5 a 10 trabajadores del mismo taller, quienes se reúnen regularmente, encabezados por un supervisor, asistente de supervisor o trabajador líder. Las metas de los Círculos de Calidad son:

- 1.- Contribuir a la mejora y el desarrollo de la empresa.
- 2.- Respetar las relaciones humanas y construir talleres que ofrezcan satisfacción en el trabajo.
- 3.- Descubrir las capacidades humanas mejorando su potencial.

---

Las metas son amplias y consistentes con la definición de calidad usada en los países occidentales, y las actividades de los Círculos lo reflejan.

### **DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS**

Los miembros de los Círculos aprenden a dominar el control de calidad estadístico y otros métodos relacionados y usados para: mejorar la calidad, estandarizar la operación y lograr resultados significativos en la mejora de la calidad, reducción de costos, productividad y seguridad. Se enseñan siete herramientas a todos los empleados:

- 1.- Diagrama de Pareto.
- 2.- El Diagrama de Causa-Efecto.
- 3.- La Estratificación.
- 4.- La Hoja de Verificación.
- 5.- El Histograma.
- 6.- El Diagrama de Dispersión.
- 7.- La Gráfica de Control de Shewart.

**Estas siete herramientas serán tratadas mas a fondo posteriormente.**

Los miembros del Círculo reciben capacitación continua en las áreas de control y mejora. Cuando es posible, el mismo Círculo pone en práctica las soluciones aprendidas; en otras ocasiones, sus integrantes presionan para que las realice la alta gerencia, siempre dispuesta a escuchar y actuar, dado su compromiso con los Círculos. Los miembros de los círculos reciben reconocimientos no financieros por las mejoras conseguidas.

Las experiencias japonesas con los Círculos de Calidad proporciona una perspectiva de los posibles problemas de su puesta en marcha en países occidentales, aún y que no son solución cuando se implantan sistemas de calidad, sino mas bien son un resultado de un programa vigoroso de Calidad. Sin embargo muchas organizaciones han intentado minimizar, incluso encubrir, su origen japonés, aparentemente para evitar el rechazo o el antagonismo hacia la cultura del “compulsivo trabajador japonés”.

Aún en Japón, muchos Círculos de Calidad han fracasado, bien sea por el exceso de interés de la administración o por su intervención excesiva. En cambio, muchos han tenido éxito. A la fecha, los Círculos cuentan con más de 10 millones de integrantes. Sus beneficios suelen considerarse menores pero, si se suman las mejoras obtenidas, las ventajas para la empresa aumentan sustancialmente. Acaso sea más importante la alta participación y motivación generadas a través de:

Una atmósfera en la que los empleados buscan continuamente la manera de resolver problemas.

Una gran conciencia comercial.

Un cambio de actitud.

En el mundo occidental, a los Círculos de Calidad se les ha “vendido” con insistencia como una forma de mejorar la calidad. Sin embargo, no pueden utilizarse ingenuamente; se necesita adaptarlos a la cultura de la empresas occidentales, e introducirlos con sumo cuidado. De hecho, se han realizado adaptaciones, con diversos grados de eficacia: éxito en algunas compañías, fracaso en otras.

### 3.3.6 Genichi Taguchi.

El control de calidad desde la etapa de diseño del producto.

Ingeniero en Electrónica con Doctorado en Estadística. El doctor Taguchi trabajó para el Departamento de Astronomía de la Fuerza Naval Imperial japonesa, el Ministerio de Salud pública y Bienestar, el Instituto de Matemáticas y Estadística del Ministerio de Educación; ha sido profesor universitario y consultor de Calidad y Estadística.

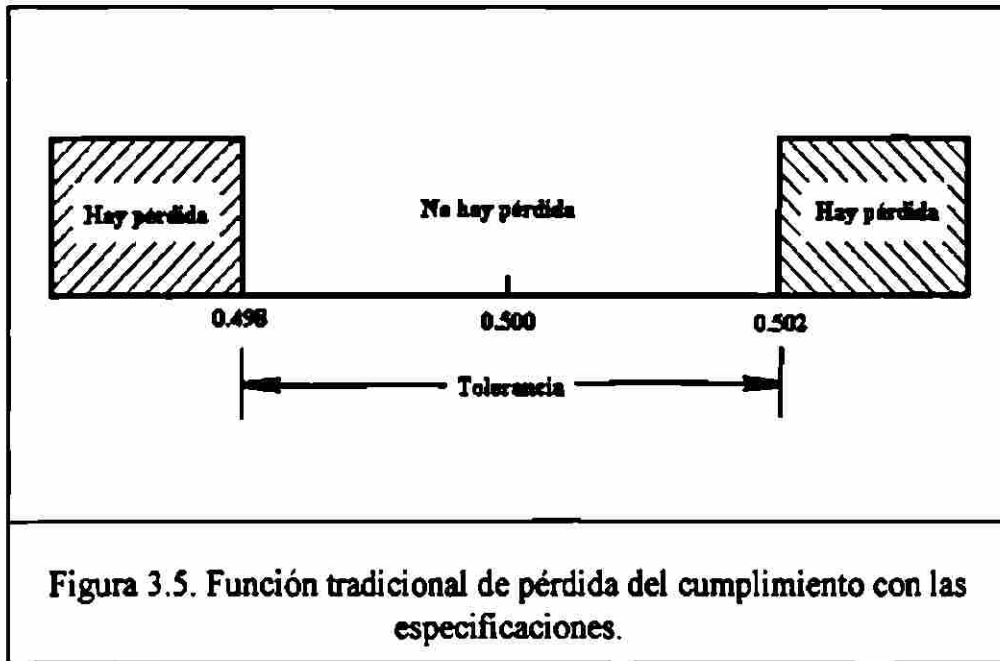
En 1950, trabajando par el Laboratorio de Comunicaciones Eléctricas de la compañía de teléfonos y telégrafos Nippon, desarrolló sus propios métodos estadísticos de diseño de experimentos aplicados al incremento de la productividad y calidad en la industria. Publicó su primer libro en 1951.

#### Aportación de Taguchi.

El doctor Taguchi es creador del concepto “diseño robusto”, el cual basa su estrategia para lograr la satisfacción del cliente, en exceder sus expectativas de calidad.

Normalmente, al diseñar un producto lo hacemos pensando en que al fabricarlo toda la producción tendrá la misma calidad, y despreciamos la variabilidad de los procesos de manufactura, es decir, que el producto fluctuará en un rango determinado de calidad. Buscamos diseñarlo en la forma más económica posible, aunque no se cumpla con las especificaciones del cliente en un pequeño porcentaje; a esto es le llama “una calidad aceptable”. Cuando el cliente no tiene otra opción de compra, al productor le resulta más económico reponer algunos productos defectuosos que asegurarse de no producirlos. Pero esto, a la larga, acaba con la credibilidad de la compañía y aleja a los clientes. Como puede apreciarse en la figura 3.5.

El diseño robusto implica diseñar un producto que sobrepase las expectativas del cliente en sus características más importantes, y ahorrar dinero en las que al cliente no le interesan. Implica diseñar un proceso de producción capaz de fabricar el producto con todo su rango de variación normal, dentro de las especificaciones del proceso.



Taguchi establece que es más barato trabajar en el rediseño de los productos y sus procesos de fabricación, que en el control de calidad mismo, porque las acciones de mejora son más económicas, en cuanto más cercanas estén a la etapa de diseño.

Es más económico un diseño robusto del producto en las características importantes para el cliente, que pagar los costos del control de procesos y las reclamaciones por fallas.

En el diseño robusto de un producto se minimiza su posibilidad de falla, buscando que tenga la mínima variación en las características de calidad importantes para el cliente y, en consecuencia, se minimiza el costo de calidad.

Parecía que podríamos caer en buscar productos infalibles y de producción muy cara, pero la metodología de Taguchi, precisamente, nos ayuda a reducir otros costos de control de calidad que a fin de cuentas redundan en procesos de producción más económicos.

La metodología para mejorar el diseño de los productos y sus procesos de manufactura simplifica la utilización de las técnicas de diseño de experimentos, haciendo las aplicaciones estadísticas lo suficientemente prácticas y sencillas como para que los trabajadores, con un mínimo apoyo de especialistas, puedan integrarlas a sus procesos.

Para orientar el trabajo de mejora de calidad hacia el diseño, Taguchi definió la calidad de otra forma, desde el punto de vista de las consecuencias que tiene para el cliente el que la característica de calidad del producto se aleje del valor ideal. Para Taguchi la calidad es:

“La mínima pérdida ocasionada a la sociedad, desde el envío del producto al cliente hasta su uso total”.

Estas pérdidas incluyen no sólo los costos de calidad de la compañía que inciden en elevar su precio, sino también los costos ocasionados a cualquier persona que se ve afectada por la calidad del producto.

### Función de pérdida de Taguchi.

Esta definición orienta a los productores a buscar continuamente reducir la variación en las características de calidad.

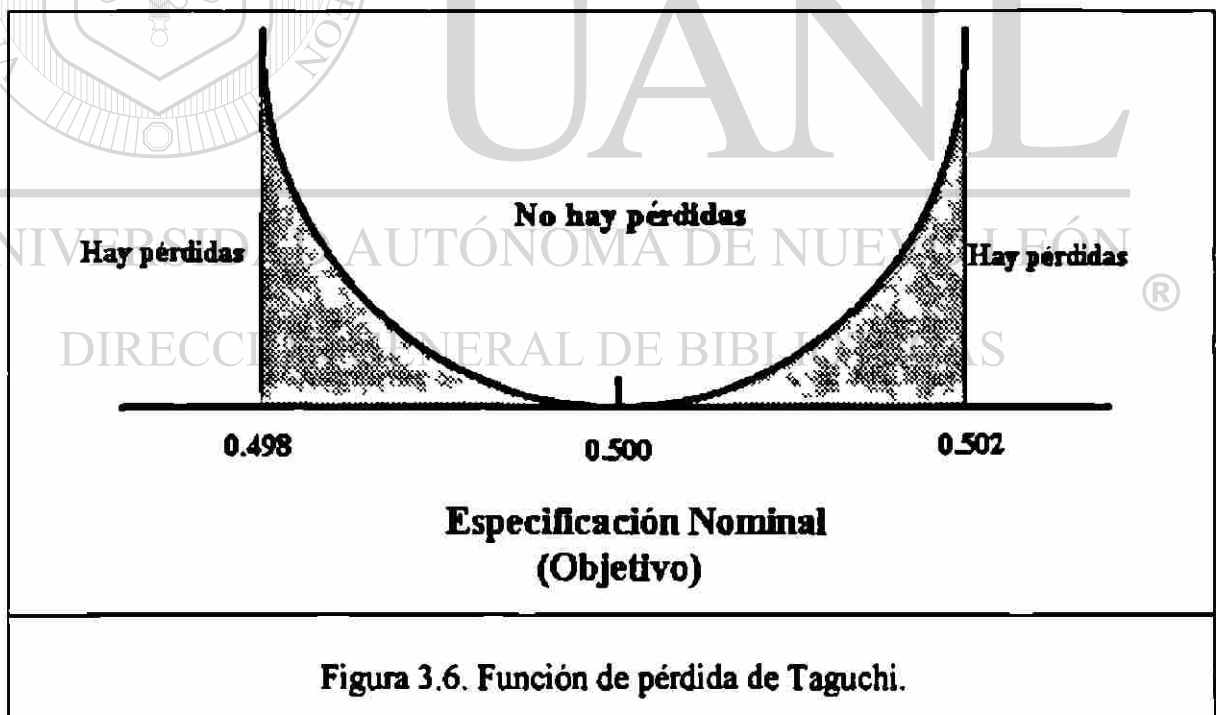


Figura 3.6. Función de pérdida de Taguchi.

Para evaluar la pérdida, Taguchi utiliza una ecuación cuadrática que se ajusta con datos de la historia de costos y desempeño del producto. No toma en cuenta los límites de especificación, ya que la función de pérdida de calidad sólo se minimiza cuando la calidad del producto es igual al valor objetivo de la calidad, el valor ideal.

Conforme el desempeño del producto o procesos se aleje del valor objetivo aún hallándose en los límites de especificación, la ecuación aumenta de valor y se incrementa el costo de calidad para la sociedad. Lo anteriormente se puede apreciar en la figura 3.6.

### 3.3.7 Shigeo Shingo.

Shigeo Shingo es quizá el menos conocido de los Gurús de la Calidad japoneses en América y Europa. No obstante, su impacto en la industria japonesa y, recientemente, en algunas industrias estadounidenses ha sido bastante grande. A decir de algunos especialistas en economía, “es uno de los Gurús en calidad que más impacto ha tenido en el nivel de vida de los pueblos”, debido a que sus contribuciones a las técnicas modernas de manufactura ayudaron a las empresas a abatir costos en un 60 y hasta un 80 por ciento.

Shingo nació en Saga, Japón en 1909 y se graduó de Ingeniero Mecánico en el Colegio Técnico de Yamanaski en 1930. Fue empleado por la fábrica ferroviaria Taipei en Taiwan, donde conoció la administración científica. En 1945 llegó a ser un profesional de la consultoría administrativa, con la Asociación de Administración de Japón. Más tarde fue Administrador del departamento de Educación de Japón, del departamento de Computación y de la Oficina Fukioko. En 1951 conoció y aplicó por primera vez el Control de Calidad Estadístico. En 1955 tomó a su cargo las áreas de Capacitación e Ingeniería Industrial en la Toyota Motor Company, para capacitar tanto a empleados como a proveedores de 100 compañías. Ahí, conoció a Taiichi Ohno, el director de Producción de Toyota, y juntos desarrollaron una serie de innovaciones en el campo de la administración de la producción a las cuales se les llama “ el sistema de producción Toyota”.

De 1956 a 1958, en la compañía Mitsubishi Heavy Industries en Nagasaki, Shingo fue responsable de reducir el tiempo de ensamble de cascos de super tanques de 65000 toneladas, de cuatro meses a dos meses. Esto establece un nuevo récord mundial en la construcción de barcos que cambió el sistema de expansión de cada astillero en Japón.

En 1959 dejó la Asociación de Administración de Japón y estableció el Instituto de la Administración para la Mejora, quedando él como Presidente. En 1962 inició la capacitación en mejora e ingeniería industrial en la planta Matsushita Electric Industrial



Company. Como lo había hecho previamente, esta se realizó en gran escala, capacitando a siete mil personas.

En 1968, en la compañía Saga Ironworks, creó el Sistema pre-automatizado, cuyo uso posteriormente se extendió a todo Japón. En 1970 se le galardonó con la Condecoración de la Cinta Amarilla por sus servicios en la mejora de la producción, y elaboró el Sistema "SMED" (Cambio Rápido de Datos en un Minuto), que forma parte del Sistema Justo a Tiempo.

Sus contribuciones se caracterizan por el gran cambio de dirección que dió la administración y diseño de los métodos de producción, ya que sus técnicas de manufactura van en sentido opuesto a las tradicionales. Tal es el caso del concepto de "jalar" la producción en vez de "empujarla", y sus premisas de parar toda la producción cuando aparece un defecto, hasta dar con la causa y eliminarla, a lo que se ha dado en llamar "cero control de calidad", enunciado que desorienta a los que se quedan en el puro título. Muchas personas que estudian sus métodos superficialmente no creen en ellos, piensan que disminuyen la producción; sin embargo, Shingo tiene una de las pruebas más contundentes del beneficio de sus métodos: Toyota, el sinónimo de calidad y competitividad mundial de la industria automotriz.

#### **Aportación de Shigeo Shingo.**

#### **El sistema de producción de Toyota y el Justo a Tiempo.**

El sistema de producción Toyota se constituye por sistemas que interactúan entre sí. En conjunto se les conoce como el Sistema Justo a Tiempo, cuya filosofía es "cero inventarios en proceso". No es un sólo sistema a instalar, sino una serie de sistemas que se van sumando y permiten llegar a tener una capacidad de producción que garantice la entrega justo a tiempo, es decir, en el momento en que su cliente va a incorporarla a su propio proceso productivo. Según Shingo, perfeccionar este proceso puede requerir varios años.

Las ventajas del sistema de "cero inventarios en proceso" son además del ahorro financiero:



Los defectos de producción se reducen a cero, ya que al presentarse se detiene a producción, hasta eliminar sus causas.

Al reducir a cero los defectos, los desperdicios de materias primas por productos rechazados se reducen a cero y los consumos en energéticos y otros materiales consumibles se reducen al mínimo.

Las fábricas ocupan menos espacio porque no tienen que guardar inventarios en procesos ni materiales desviados o defectuosos.

El sistema de producción se obliga a trabajar sin defectos, lo que hace predicable y, por lo tanto, confiable en cuanto a la entrega justo a tiempo.

El sistema “Jalar” versus “Empujar”.

El concepto de jalar contra empujar se refiere a que uno no debe producir una pieza para la línea siguiente, si esta no lo necesita. Las estaciones de trabajo emplean “Kambans”, es decir, tarjetas que indican cuándo la siguiente requiere que le envíen materia prima, y cuanta. Para esto también utilizan los “Andons”, tableros de luces que mejoran la comunicación a distancia.

El sistema Justo a Tiempo constituye un verdadero reto que sólo pueden alcanzar aquellas fábricas que logran resolver todos sus problemas e imprevistos, y dominar y prevenir con bastante exactitud todas las eventualidades de su proceso productivo. ®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### **Poka -Yoke.**

Otra parte importante del sistema Justo a Tiempo es el concepto Poka-Yoke, que quiere decir a Prueba de Error , también conocido como “cero defectos”.

La idea básica es detener el proceso donde ocurra un defecto, definir las causas y prevenir aquellas que son recurrentes. En este proceso no se utiliza el muestreo estadístico. Una parte clave del procedimiento es la inspección de toda clase de defectos que se presentan durante la producción, para identificar errores antes de que se conviertan en defectos. A diferencia del muestreo estadístico, Shingo utiliza el cien por

ciento de inspección. En el proceso productivo, con la ayuda de aparatos especiales, se comprueba, pieza por pieza, que el producto está libre de defectos.

Otra parte importante del Poka-Yoke es el Sistema de Control Visual: los aparatos de control, información, código de colores, distribución de tableros, están estandarizados y crean un lenguaje visual común para distinguir rápidamente lo normal de lo que no lo es. Esto ayuda a llevar la decisión al pie de la máquina. El objetivo es que el operador actúe como fuente de una falla tenga la información lo más pronto posible, de manera que pueda tomar decisiones y evitar que el error avance en el proceso. Cuanto más pronto y cerca de su origen se pueda prevenir la falla, costará menos resolverla.

Otro concepto de gran importancia es su definición de desperdicio. Para Shingo, el objetivo del control de calidad es evitar el desperdicio, entendiendo este como cualquier elemento que consume tiempo y recurso, pero que no agrega valor al servicio. El Poka-Yoke debe ayudar a identificar el desperdicio fácil y rápidamente.

**Cinco S's: orden y limpieza.** Dos características importantes del sistema de producción Toyota son el orden y la limpieza. No se puede avanzar en la eliminación del desperdicio, si el lugar no está debidamente limpio y ordenado. Es posible organizar la estación de trabajo recurriendo a la técnica japonesa de las cinco S's:

1.- **Seri:** Selección. Distinguir lo que es necesario de lo que no lo es.

2.- **Seiton:** Orden. Un lugar para cada cosa, y cada cosa en su lugar. Hay que establecer indicadores de dónde va cada artículo, y cuántos de ellos van ahí.

3.- **Seiso:** Limpieza. Establecer métodos para mantener limpio el lugar de trabajo.

4.- **Seiketsu:** Estandarización. Establecer estándares y métodos que sean fáciles de seguir.

5.- **Shitsuke:** Mantenimiento. Establecer mecanismos para hacerlo hábito.

**Niveles de prevención de Poka-Yoke:** Los sistemas de prevención Poka-Yoke pueden ponerse en práctica con sistemas de control en diferentes niveles, cada uno más poderoso que el anterior.

**Nivel cero.** En este nivel se da información mínima a los trabajadores sobre las operaciones estándar. Sólo se les notifica cuándo su trabajo es insatisfactorio, pero en pocas ocasiones saben cuándo y cómo sus esfuerzos contribuyen al éxito o fracaso de la organización.

**Nivel uno.** (Información de resultados de actividades de control): Se informa de los resultados de actividades de control para que cada trabajador, no necesariamente el de nivel superior, pueda ver claramente cómo su desempeño cumple las expectativas. Por ejemplo, los resultados de calidad se exponen en el área de trabajo.

**Nivel dos.** (Información de estándares): Se publican los estándares y métodos para que cada trabajador empiece a identificar las no conformancias en cuanto ocurren, y ayude a corregirlas. Por ejemplo, se exponen instrucciones, procedimientos, muestras de defectos o diagramas cerca de los procesos donde deben aplicarse, como los instructivos de armado de los juguetes.

**Nivel tres.** (Construir estándares directamente dentro del lugar de trabajo): Hacer un estándar de su propio ambiente de trabajo, con sus materiales, equipo o espacio. Explicar cuál es la manera correcta de hacer las cosas. Construir métodos y procedimientos estándar dentro de su propio ambiente de trabajo. Por ejemplo, colocar objetos en carritos de trabajo de colores que coinciden con las líneas dibujadas en los lugares donde deben ir. Cuando se colocan en un lugar equivocado, los colores no coinciden y todos se percatan de ello, como las diagonales en las esquinas, que nos dicen dónde cruzar la calle, o el dibujo en las grabadoras portátiles que nos indica la posición en que deben ir las baterías.

**Nivel cuatro.** (Alarmas): Para reducir el tiempo de verificación y la velocidad para reaccionar, se debe instalar una alarma visible que avise a los trabajadores tan pronto ocurra un defecto o anomalía. Usar alarmas que avisen que los insumos son insuficientes, o que se necesita ayuda. Por ejemplo, la luz intermitente que aparece cada vez que encendemos el coche y no nos hemos puesto el cinturón de seguridad.

**Nivel cinco.** (Prevención): El sistema de control visual nos da el tiempo y la perspicacia para detectar y eliminar anomalías. A través del proceso de verificación, se descubren las causas de las anomalías y se desarrollan maneras para impedir su recurrencia. Por ejemplo, las tapas de los envases de alimento para bebés que se botan si el frasco es abierto.

**Nivel seis. (A prueba de errores):** El uso de una variedad de dispositivos para verificar el cien por ciento de los productos, de manera que estén diseñados a prueba de errores o fallas, y se garantice que la anomalía no se presente de nuevo en el proceso. Por ejemplo, el auto no enciende si la palanca de velocidades no se encuentran en la posición de parking.

### **3.3.8 Jan Carlzon.**

Nacido en Suecia en 1941 y graduado en la escuela de Economía de Estocolmo, con maestría en administración, es reconocido como uno de los especialistas en calidad mas importantes en el área de servicios. A los 32 años se convirtió en director general de la mayor operadora turística sueca, en un momento en que el turismo se veía afectado por la primera crisis mundial de energía.

Carlzon rediseño la estrategia comercial de su compañía y rápidamente, revirtió su declinante economía, haciéndola ganar mercados a sus competidores. Fue director general de Linjeflyg, la mayor aerolínea doméstica de Suecia, y presidente de “SAS” (Aerolíneas Escandinavas), el consorcio de líneas nacionales de Dinamarca, Noruega y Suecia. En ambas empresas, Carlzon asumió el liderazgo y, en menos de un año, convirtió sus pérdidas en altas utilidades, lo que lo prestigió como uno de los directivos más exitosos de la industria turística y aeronáutica.

#### **Aportación de Carlzon.**

“Momentos de la Verdad”.

Jan Carlzon es el creador del concepto “momentos de la verdad”, a partir del cual desarrolló un programa de administración de la calidad para empresas de servicio.

Los momentos de la verdad son intervalos que pueden durar sólo 15 segundos, en los que los empleados de una organización tiene contacto con sus clientes para realizar la entrega de un servicio. De acuerdo con Carlzon, en esos momentos la compañía entera se pone a prueba. Su imagen depende de la capacidad del empleado para dejar satisfecho al

cliente y causarle una grata impresión. De su libro *Momentos de la Verdad* resalta el ejemplo del señor Peterson:

Un hombre de negocios sale del Gran Hotel de Estocolmo hacia el aeropuerto, va a hacer un viaje muy importante de un sólo día para atender una junta de negocios en Copenhage.

Al llegar al mostrador para registrarse se da cuenta que dejó su boleto en el cuarto del hotel. Todo mundo sabe que no se puede abordar un avión sin boleto, así que como no tenía tiempo de ir al hotel, recoger su boleto y regresar a tiempo, se resigna a perder el vuelo y su junta de negocios, pero cuando explica el problema a la empleada, recibe una agradable sorpresa.

“No se preocupe, señor Peterson”, le dice con una sonrisa, “aquí tiene su pase de abordar. Le estoy dando un boleto temporal de regreso, si usted me dice el número de su cuarto yo me encargo del resto”.

Mientras Peterson espera para abordar el avión, la empleada habla al hotel, comprueba que el boleto está donde él dijo, manda un taxi a recogerlo mientras Peterson vuela a Copenhage.

La empleada actúa con rapidez y transfiere el boleto al aeropuerto de Copenhage. Al descender Peterson del avión un empleado de la aerolínea se le aproxima y le dice “señor Peterson, aquí tiene su boleto”.

#### DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Mientras en otras aerolíneas, seguramente la respuesta habría sido: “Sin boleto, no hay vuelo”, en SAS la empleada de mostrador tomó una decisión fuera de sus funciones, decidió hacer un gasto sin saber si lo recuperaría y logró cambiar un momento de la verdad negativo en positivo, salvar al cliente de su problema, lo cual seguramente retribuirá a la compañía un cliente leal.

En su libro, Carlzon habla de que estas situaciones no pueden ser previstas en los cursos de capacitación y que son estos momentos de la verdad, los que construyen la lealtad de los clientes. Menciona que, en un año, cada uno de sus 10 millones de clientes entra en contacto con cinco empleados de su empresa. Cada contacto dura en promedio 15 segundos; esto representa 50 millones de momentos de la verdad que se dan de muy diferentes maneras. Y sólo si el empleado se siente motivado, libre y confiado del

respaldo de su compañía, estos podrán ser positivos y ayudar a lograr la lealtad de los clientes.

En la estrategia de calidad de Carlzon se documentan todos los pasos que el cliente sigue para recibir el servicio, desde el punto de vista del cliente. Esto se le llama “el ciclo de servicio”, y se identifican los momentos de la verdad que pueden presentarse, quién estará a cargo en esos momentos y qué necesita saber o decidir para poder administrarlos.

Según Carlzon: “Una persona sin información no puede asumir responsabilidades; una persona con información tal vez no pueda ayudar, pero si asumir responsabilidades”.

No importa cuán famosa o grande sea la empresa, toda su reputación dependerá de la motivación y libertad que tenga ese empleado que se encuentra sólo ante el cliente; y todo se definirá en los “momentos de la verdad”.

Es por eso que las estrategias de calidad de Carlzon consisten en apoyar y hacer de la persona que se encuentra en contacto directo con el cliente, la más importante y poderosa de la organización, para así poderle dar autoridad de pasar cuando se requiera, por encima de las políticas y reglas internas con tal de lograr la satisfacción del cliente. A esto Carlzon le llama invertir la pirámide organizacional: en vez de que los empleados trabajen para los jefes, que los jefes trabajen para los empleados, y estos puedan trabajar para los clientes.

Al proceso de transferir la autoridad de tomar decisiones sobre las políticas y reglamentos de la organización, le llamó “empowerment” o “apoderamiento”. En él, con base en una adecuada capacitación y sensibilización de los objetivos de la compañía y de la importancia de los clientes, los empleados se responsabilizan de las decisiones.

Según Carlzon, todos los empleados necesitan sentir y saber que son necesarios, por lo que la motivación resulta una pieza fundamental para alcanzar la calidad a través de la gente.

Dar a alguien la libertad de tomar responsabilidades libera recursos en las personas que de otra manera permanecerían ocultos. Al darle libertad, el personal se vuelve más poderoso, más capaz y con él la empresa.



A los clientes no les interesa saber que son parte de un gran mercado definido por estereotipos. Todos queremos ser tratados como individuos, por lo que el empleado de mostrador no debe sentirse atado por políticas de la organización que se diseñaron pensando que todos los clientes son iguales. Sólo ese empleado se dará cuenta de las diferencias entre cada cliente y deberá tomar decisiones para darle lo que necesita.

### **3.4 Aseguramiento de Calidad.**

Podemos definir el término "aseguramiento de calidad" como la actividad que nos proporciona la evidencia de que podemos confiar en que la función de la calidad se ha llevado a cabo con efectividad. Aún y cuando ésta definición es adecuada, nos encontramos con algunas otras, que pueden causar algo de confusión. Esto nos puede llevar a malos entendidos. Por ejemplo, "Aseguramiento de la Calidad", con las letras mayúsculas es el título del departamento relacionado con la mayor parte de las actividades de esta materia, tales como la planificación, el control, la mejora, la auditoría y la fiabilidad.

El aseguramiento de la calidad nos previene problemas al primer aviso de dificultades futuras. Estos avisos juegan un papel importante en la prevención, tanto de los problemas internos como externos. El aseguramiento parte de evidencias objetivas, pero el tipo de evidencias es muy diferente según las personas que lo exigen y la clase de producto.

Para los productos naturales, el aseguramiento de calidad se alcanza a través de un examen sensorial directo, como el caso de la frescura en las verduras en el mercado local. Para los productos manufacturados sencillos, de corta vida, la evidencia sensorial puede, en general ser reemplazada por ensayos de laboratorio; quienes no disponen de estas instalaciones han de confiar en la palabra del fabricante o en la retroalimentación de los clientes.

Para los productos de larga vida, son necesarios ensayos más elaborados (ambientales, de vida) para los que carecen de instalaciones la mayor parte de los comerciantes y usuarios. Por lo tanto, deben obtener el aseguramiento de calidad por otros medios, ya sea la reputación del fabricante, de ensayos de laboratorio independiente o a través de la garantía.



Para productos complejos, ni siquiera los datos obtenidos de sofisticados ensayos ambientales y de vida nos dan un absoluto aseguramiento de calidad, ya que no nos pueden proteger de inadecuados diseños del producto o del proceso, o de una inadecuada planificación. Y tampoco nos protegen de fallos de la calidad que pueden aparecer después de la inspección final (por ejemplo, en el embalaje, en el transporte, almacenamiento, utilización o mantenimiento).

Para satisfacer todas estas necesidades de aseguramiento de la calidad, el fabricante debe no sólo producir el artículo sino también preparar y poner a disposición del consumidor la prueba de que es apto para su utilización.

En los productos complejos esta prueba puede ser:

1. Un plan formal que explique de forma clara, para todas las fases del producto de la cuna a la tumba, como se alcanza la aptitud de uso.
2. Un sistema de revisiones para verificar que el plan, si se sigue, alcanza la aptitud de uso.
3. Un sistema de auditorías para verificar que los planes se siguen realmente.
4. Un sistema que suministre datos sobre la calidad final.

Los anteriores conceptos tienen bastante similitud con el concepto de auditoría financiera, que garantiza la integridad financiera estableciendo a través de auditorías financieras "independientes", que el plan contable es tal que (1) si se sigue, reflejará correctamente la situación financiera de la compañía., (2) es realmente seguido. Hoy en día, los auditores financieros independientes se han convertido en un influyente poder en el campo de las finanzas.

Las actuaciones que proporcionan las evidencias de un aseguramiento de la calidad quedan expresadas bajo los nombres de "auditorías, examen, vigilancia, evaluación y algunos otros". Hablaremos de éstos temas a continuación.

### **3.4.1 Auditorías de la calidad.**

#### **Generalidades.**

Una auditoría de la calidad es una revisión independiente realizada para comparar algunos aspectos de la calidad de los resultados con las normas correspondientes. El término "independiente" es crítico y aquí lo hemos utilizado en el sentido de que el revisor (llamado auditor) no es ni la persona responsable de los resultados en revisión ni su inmediato supervisor. Un auditor independiente ha de dar una visión sin sesgos de los resultados. Las empresas utilizan las auditorías de la calidad, sobre todo para evaluar su propia calidad final y la de sus proveedores, agentes etc. y demás, los organismos reguladores para evaluar los resultados finales de las organizaciones a las que se han de controlar. El habitual propósito de las auditorías de la calidad es obtener, de una fuente independiente la seguridad de que:

Los planes para alcanzar la calidad son tales que, si se siguen, esta será alcanzada sin ninguna duda.

Los productos son aptos para su uso y seguros para su usuario.

Se cumple con las leyes y reglamentos.

Hay conformidad con las especificaciones.

Los procedimientos son adecuados y se siguen.

Los sistemas de datos suministran información precisa y adecuada sobre la calidad a todos los sistemas.

Se identifican las deficiencias y se toman las acciones correctivas correspondientes.

Se identifican las oportunidades de mejora y es avisado el personal adecuado.

Las auditorías también ayudan a la dirección en la toma de decisiones, en la asignación de recursos y en la mejora de la moral.

Las materias motivo de auditorías de la calidad abarcan todo el espectro de la función de la calidad, pero las principales son las siguientes:

1. Auditorías de políticas y objetivos. La revisión es realizada al más alto nivel operativo de la compañía y, por lo tanto, generalmente es llevada a cabo por la alta dirección.

2. Auditoría de los resultados en comparación con los objetivos de la empresa. Como los objetivos de la empresa son muy amplios, esta revisión debe ser conducida por la alta dirección y basada fundamentalmente en los datos presentados en los informes ejecutivos de la calidad.

3. Auditoría de planes, sistemas, estas auditorías son las que se llevan a cabo para juzgar si son adecuados para que la compañía cumpla con sus políticas y objetivos de calidad. Comprenden sistemas informáticos para detectar errores en los programas del sistema computacional.

4. Auditoría de la ejecución. Se realiza para determinar si la ejecución sigue los planes, sistemas y procedimientos. La expresión "auditoría de sistema de calidad" es, con frecuencia utilizada en contraposición a "auditoría del producto" descrita a continuación.

5. Auditoría del producto. Se lleva a cabo para determinar si el producto cumple con las especificaciones y las necesidades de aptitud para el uso.

### 3.4.2 Auditoría de planes de la calidad.

La expresión "auditoría de planes de calidad" se refiere a la revisión de todos los elementos de planificación de la calidad para juzgar si son adecuados para cumplir los propósitos de calidad en la empresa. Cuanto más complejo es el producto, mayor es la necesidad de revisar los planes, sistemas y los procedimientos, y de tomar otras medidas para juzgar su adecuación.

**Materias a analizar.** El ámbito de estas auditorías es muy amplio: todas las funciones que afecten a la calidad; una función determinada (por ejemplo, desarrollo de producto); un proceso de gran alcance (por ejemplo, el tratamiento de las reclamaciones); una determinada actividad (por ejemplo, la calibración de instrumentos de medición).

Como las actividades relacionadas con la calidad son numerosas hay que establecer prioridades.

Las prioridades deben hacer hincapié en las actividades que afectan a la aptitud de uso y/o a exigencias de contratos, y luego a las que afectan el costo por baja calidad. Al fijar las prioridades, debe prestarse atención a la oportunidad de mejora frente al costo de realizar la auditoría. Así, si la auditoría identifica y ayuda a corregir el problema, sus recursos se desviarán hacia otras áreas y la frecuencia de auditoría en las áreas mejoradas deberá ser reducida.

La definición exacta de que puntos han de ser objetos de auditorías específicas, generalmente se hace mediante:

1. Identificación de las grandes áreas de actividad de la calidad. En la tabla anexa se mencionan 23 elementos a auditar en una empresa.

2. Establecimiento, para cada tema elegido, de una detallada lista de control de las características que han de ser estudiadas y de las cuestiones que han de ser planteadas. Estas listas ayudan tanto al auditor como al auditado.

Requisitos de los programas de la calidad:

- |  |   |
|--|---|
| 1. Política de la calidad.                       | 13. Compras y subcontratos.                 |
| 2. Organización.                                 | 14. Actividades de fabricación.             |
| 3. Documentación de los programas de la calidad. | 15. Identificación y control de materiales. |
| 4. Selección y calificación del personal.        | 16. Examen, inspección y ensayo.            |
| 5. Control de documentos.                        | 17. Disconformidades.                       |
| 6. Equipos de medición y ensayo.                 | 18. Procesos especiales.                    |
| 7. Registros.                                    | 19. Manipulación, almacenamiento y entrega. |
| 8. Retroinformación del resultado.               | 20. Software disponible.                    |
| 9. Costos de calidad.                            | 21. Instalación y servicios postventa.      |
| 10. Acción correctiva.                           | 22. Auditorías.                             |
| 11. Actividades de marketing.                    | 23. Mejora de resultados.                   |
| 12. Aseguramiento del diseño.                    |   |

Fuente: Kane, 1984.

**Normas de referencia para la auditoría. La auditoría de los planes de la calidad requiere normas de referencia con respecto a las cuales poder juzgar su adecuación. ( Si esto falla, la auditoría es absolutamente subjetiva). Las normas de que se puede disponer generalmente son:**

**Las políticas escritas de la compañía, aplicables a la calidad.**

**Los objetivos establecidos en los presupuestos, programas, contratos, etc.**

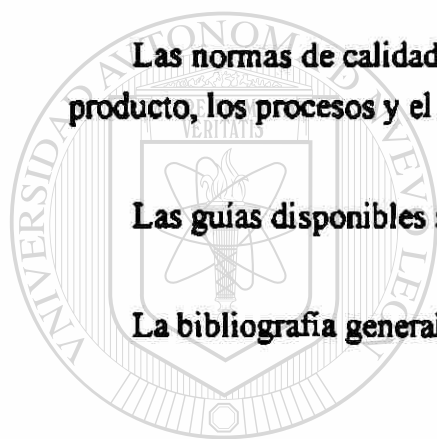
**Las especificaciones de calidad de los consumidores y de la compañía.**

**Las correspondientes especificaciones del gobierno y los manuales.**

**Las normas de calidad de la empresa, de la industria y otros organismos, relativas al producto, los procesos y el software informático.**

**Las guías disponibles sobre conducción de auditorías de la calidad.**

**La bibliografía general sobre auditorías.**



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

### **3.4.3 Auditorías de Comprobación de la Realización con Los Planes.**

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Este tipo de auditoría tiene por objeto determinar si las operaciones se llevan a cabo de acuerdo con los planes, los procedimientos, las especificaciones, etc. Las actividades controladas pueden ser extensas (control y mejora de los costos de la calidad respuesta de las señales de alarma de la calidad) o muy específicas (calibrado de los instrumentos de medida, documentación de los cambios técnico).

Esta auditoría puede descubrir gran variedad de actividades cuya ejecución no es correcta. Algunas de las corrientes son:

**La retroinformación de datos de inspección al personal operativo es deficiente.**

No se recogen datos sobre costos de calidad.

No se identifican y persiguen los problemas crónicos.

Todavía se usan en la fabricación documentos con especificaciones obsoletas.

En las especificaciones a los proveedores se incluyen exigencias de calidad inadecuadas o no existen.

Los equipos de ensayo son usados con fechas de recalibrado vencidas.

Las instrucciones detalladas de los procesos y de las inspecciones son inadecuadas o no existen.

Hay personal que está realizando operaciones críticas sin estar calificado para ello.

En casos en que las relaciones con los proveedores se desarrollan sobre la base de un plan de aseguramiento de calidad en vez de la habitual verificación de recepción, es muy utilizada la comparación de los resultados con el plan, operación a la que, a veces, se le llama "examen".

Un importante estímulo de este tipo de auditorías ha sido la creciente intervención del gobierno en la regulación de algunos productos. A medida que los organismos correspondientes van ganando experiencia, se van inclinando hacia el concepto de la auditoría como medio para cubrir el máximo terreno con el personal disponible. Cuando estas auditorías descubren discrepancias que crean una atención y una publicidad indeseable para las compañías, estas reaccionan, en parte, creando o fortaleciendo sus propias auditorías.

#### **3.4.4 Planificación y Realización de Auditorías.**

ANSI/ASQC indica que las principales etapas de la realización de auditorías son iniciación, planificación, implantación, información y terminación.

**Iniciación de la auditoría .** El derecho a realizar se deriva de la "carta" aprobada por la alta dirección. Permitiendo la participación de todos los afectados.

Una auditoría específica es iniciada por el director de la actividad que hay que auditar, o a requerimiento o a través de la aprobación de un programa de auditoría. Lo mejor es que una auditoría sea realizada solamente a requerimiento del director de la actividad.

**Planificación de la auditoría.** Un plan de auditoría debe prepararse informando al directivo de la actividad correspondiente y a los auditores que la han de realizar para que vayan pensando en los detalles. Son elementos vitales del plan: Una definición de la magnitud y de los objetivos de la auditoría, la identificación del área a auditar, la identificación de los auditores, un programa que incluya la fecha esperada de comienzo y de terminación, una referencia a cualquier norma o procedimiento importante y la documentación de la auditoría.

A continuación aclaramos algunos de estos elementos.

**Programación.** La mayor parte de las auditorías se hacen a base de un programa. Esto permite a todos los afectados organizar su carga de trabajo, asignar el personal y llevar a cabo otras actividades de manera ordenada. Esto también minimiza las irritaciones que inevitablemente se producen cuando los auditores llegan sin ser anunciados. (Hay, sin embargo algunas situaciones, por ejemplo, en las auditorías de los bancos, en las que, a fin de evitar posibles "encubrimientos", puede ser necesaria la sorpresa).

**Áreas que han de ser auditadas.** El trabajo que comporta un plan es simplemente enorme, lo que obliga a determinar prioridades. Consecuentemente la auditoría de la ejecución debe basarse en el muestreo; incluso la elección del método de muestreo puede ser un problema complicado. En cambio el muestreo para la auditoría de planes es muy simple.

**Documentación.** Los "planes de trabajo" necesarios para la auditoría han de ser identificados y/o creados. Hay todo tipo de documentos para una efectiva auditoría, listas de control, formularios para informar de las observaciones y resultados de auditorías previas.



**Objetividad.** Se espera que el auditor sea objetivo. Cuando se puede disponer de normas objetivas, el auditor no ha de hacer juicios subjetivos y, por tanto hay menos posibilidades de diferencia de criterio. Sin embargo, se deben tomar las medidas necesarias para poder discutir las propias normas.

**Descubrimiento de causas.** En muchas compañías, se espera que el auditor investigue las deficiencias importantes, en un esfuerzo para determinar las causas. Esta investigación se convierte en la base de las recomendaciones del auditor. En otras compañías, se espera que el auditor encargue esa investigación al personal de línea; las recomendaciones del auditor incluyen las propuestas para que tal investigación se lleve a cabo.

**Competencia de los auditores.** La formación básica y la experiencia de los auditores ha de ser tal que puedan aprender rápidamente los aspectos técnicos de las operaciones que han de auditar. Si no tendrán que confiar en el personal operativo. Por otra parte, tendrán que recibir formación especial en los aspectos humanos de la auditoría.

**Implantación de la auditoría.** La esencia de esta fase es la recogida, análisis y evaluación de datos sobre los hechos y la elaboración de conclusiones a partir de ello. Se propone que sean cuatro los elementos a cubrir al auditar una actividad: 1) Personal, 2) Producto, 3) Equipo y 4) Documentación.

Al hacer las observaciones, es importante que la muestra sea representativa; por ejemplo, si varios turnos resultan afectados, todos ellos han de ser, al menos, parcialmente auditados.

La información recogida en la práctica, consiste en una combinación de evidencias documentadas y de datos obtenidos mediante entrevistas a distintas personas.

Como guía la información recogida se considera suficiente cuando el análisis de las evidencias realizado por otras personas calificadas que no han recogido la información llega a las mismas conclusiones.

**Relaciones humanas.** En teoría una auditoría, es una especie de instrumento conectado a las operaciones para conseguir una fuente independiente de información. Cuando se conecta un instrumento físico, (por ejemplo, el indicador de la velocidad del

proceso de una máquina cualquiera), no se produce ningún conflicto de personalidades. Pero los auditores son seres humanos y, en la práctica, su relación con los que trabajan puede llegar a ser conflictiva. Las deficiencias reveladas por la auditoría pueden sentar mal a causa de la crítica que implican. Las recomendaciones de la auditoría pueden considerarse como una invasión de responsabilidades. Y a la inversa, los auditores pueden ver lentitud de respuesta a sus solicitudes de información, una forma desganaada colaboración. Estas realidades provocan muchas discusiones y, además crean situaciones que deben considerar tanto los auditores como los auditados:

**1. Las razones que motivan las auditorías.** Estas razones tienen que haber sido discutidas con los directores. Es también necesario explicar a supervisores y no-supervisores el "porqué" de las auditorías. (No es suficiente explicar que la alta dirección quiere auditar). Se puede aclarar que los directivos, los consumidores, los organismos reguladores y otros entes asimismo afectados quieren aseguramiento. Idealmente, los directivos de la actividad que se está auditando han de ser los que explican el propósito de la auditoría a su personal.

**2. Evitar una atmósfera de censura.** Una manera segura de deteriorar las relaciones humanas es buscar quién tiene la culpa, en vez de tratar de conseguir una mejora. Los directivos de línea, así como los auditores, pueden caer en esta trampa. Una atmósfera de censura no solamente crea resentimiento si no que cierra las fuentes de información. Los informes y las recomendaciones de las auditorías deben estar orientados a la solución de problemas y no a la crítica de las personas.

**Mostrarse sensitivo a los aspectos humanos que comportan las auditorías reporta otras ventajas.** Por ejemplo, es conveniente para el supervisor del área que está auditando, acompañar al auditor durante su trabajo. Esto ayuda a eliminar posteriores discusiones sobre qué fue lo realmente observado durante la auditoría. En aquellas auditorías que duran muchos días es bueno hacer un repaso de ellas con los auditados y mostrarles la información recogida y las conclusiones a las que se va llegando, al menos de forma preliminar, esto da la oportunidad de comprobar algunas de ellas.

Una autoauditoría y auditoría independiente pueden combinarse para obtener una auditoría " a dos bandas ".

La finalidad de ambas auditorías es la de crear una atmósfera de confianza basada en la reputación de los auditores, la aproximación establecida durante la auditoría y el énfasis en que será útil para la actividad auditada. Incluso pequeñas cosas, como el título

de la auditoría, deben ser cuidadosamente consideradas. A veces hay quien trata de evitar el uso del término "auditoría", diciendo, en cambio, que lo que se va a realizar es una observación y evaluación. Asimismo las auditorías pueden disfrazarse como parte de un programa de formación de la empresa. Estos subterfugios desmerecen la confianza que debe desarrollarse hacia las auditorías a fin de que sean efectivas y útiles para todos los afectados.

**Reunión postauditoria.** Una parte importante de la fase de implantación es la reunión que, con posterioridad a la auditoría debe realizarse con el director de la actividad auditada. En esta reunión, se presentan al directivo las observaciones de la auditoría a fin de que pueda planear la acción correctiva. Además, este puede aclarar con el auditor cualquier error con respecto a los hechos que hayan sido reseñados.

**Informe de la auditoría.** Los resultados de la auditoría deben quedar reflejados en un informe, cuyo borrador debe ser repasado (preferentemente en la reunión postauditoria) con la dirección de la actividad que ha sido auditada. El informe debe ser emitido conjuntamente por el auditor y el auditado, y, para que se considere creíble, debe ser mesurado y despersonalizado.

**Mesura en los informes.** Una auditoría que informa sólo de deficiencias puede ser tan objetiva como se quiera, pero será tomada a mal, ya que no se dice nada de la gran cantidad de cosas que se han hecho bien. Algunas empresas piden a los auditores que empiecen sus informes con "observaciones loables". Otros incluyen resúmenes globales o clasificaciones en las que se consideran no sólo las deficiencias sino también los posibles riesgos de deficiencia.

Una crítica seria y corriente que se hacen a los informes de auditorías es la tendencia a enfatizar deficiencias de carácter secundario (al menos, desde el punto de vista de los auditados). Para que las auditorías se consideren útiles y constructivas, ha de analizarse la relativa importancia de las deficiencias detectadas. Este análisis ha de basarse en la determinación del impacto de la deficiencia en otras actividades.

**Despersonalización del informe.** En muchas compañías los auditores adquieren gran influencia por el hecho de que sus informes son revisados por la alta dirección. Los departamentos de auditoría deben evitar con todo cuidado que se haga un mal uso de esta influencia. Lo ideal es despersonalizar los informes y recomendaciones. La base real de las recomendaciones deben ser los hechos y no la opinión del auditor. (Algunos auditores acostumbran a indicar en los informes cuándo una manifestación es una

impresión o una opinión, sin base en los hechos). Cuando cabe una diferencia de opinión los auditores tienen el derecho y el deber de dar la suya como un dato más para el proceso de la toma de decisiones. Sin embargo, se debe evitar cualquier posición de apoyo insistente, que reduciría la credibilidad del auditor como observador objetivo. (La responsabilidad última de los resultados la tienen los directivos de línea y no los auditores). Una práctica comúnmente seguida para ayudar a despersonalizar es la de omitir los nombres del personal involucrado, refiriéndose sólo a los hechos que afectan el caso.

Los informes deben incluir los siguientes temas:

**Propósito y alcance de la auditoría.**

Detalles del plan de auditoría, incluido personal auditor, fechas, actividad que fue auditada (personal contactado, material revisado, número de observaciones hechas, etc.). Estos detalles pueden indicarse en un apéndice.

Normas, lista de control y otros documentos de referencia que fueron utilizados durante la auditoría.

Observaciones de la auditoría, incluidas evidencias, conclusiones y recomendaciones.

Recomendaciones para las oportunidades de mejora. ®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Recomendaciones para el seguimiento de las acciones correctivas propuestas y puestas en marcha por la dirección de línea, incluidas las correspondientes auditorías si se necesita.

**Lista de distribución del informe.**

Resumen de los datos de la auditoría. En una auditoría, la mayor parte de los resultados se encuentran adecuados, aunque algunas veces se descubre que no son correctos. El informe de estos descubrimientos requiere de dos niveles de comunicación:

1. Informes de cada discrepancia para garantizar una acción correctiva. Estos informes se hacen llegar rápidamente al personal operativo responsable, con copia a alguno de los niveles de dirección.

2. Un informe del estado global del tema en revisión. Para ello el informe debe de:

a) Evaluar los resultados globales de la calidad, de manera que den respuesta a las principales cuestiones planteadas por la alta dirección (por ejemplo, ¿es seguro el producto? ¿Cumplimos con las exigencias legales? ¿El producto, es apto para su uso? ¿Es comercializable? ¿Es adecuado el rendimiento del departamento auditado?).

b) Proporciona evaluaciones sobre el estado de las principales partes integrantes del resultado global: los sistemas y subsistemas de la calidad, las divisiones, las plantas, los procedimientos, etc.

c) Proporcionar alguna estimación de la frecuencia de las discrepancias en relación con el número de oportunidades de que se produjeran.

d) Proporcionar alguna estimación de la tendencia de las discrepancias halladas respecto a discrepancias posibles, y de la efectividad de los programas para controlar la frecuencia de ocurrencia.

---

**Clasificación de gravedad.** Algunos programas de auditoria aplican una clasificación de gravedad de las discrepancias. Esto es muy común en el caso de auditorias de productos, en las que los defectos hallados se clasifican en críticos, mayores y menores, cada alguno con algún "peso" en forma de demérito. Estos sistemas están estandarizados.

Algunos programas de auditoria también aplican la clasificación de gravedad a las discrepancias halladas en la planificación, en los procedimientos, en la toma de decisiones, en el registro de datos, etc. Enfoques similares son utilizados en la auditoria de productos. Las definiciones usadas son: "seria", "mayor" y " menor"; se asigna un valor a los distintos deméritos y se calcula el demérito total.

**Unidades de medida.** Para la auditoria de planes, procedimientos, documentación, etc., es deseable comparar las discrepancias halladas con alguna estimación de las oportunidades de que produzcan. Para ello, algunas compañías hacen un recuento de



oportunidades, tales como el número de criterios o de listas de control utilizados en los planes o en los procedimientos. Otra forma de hacerlo es contando las discrepancias por informe con un factor de corrección basado en el tiempo consumido en la realización de la auditoría; obviamente a más tiempo invertido más trabajo realizado y más discrepancias halladas.

**Publicación del informe.** Ha de llegarse a un acuerdo en cuanto a formato del informe, responsabilidad de la edición, lista de los directivos que han de recibirlo, etc. En algunas organizaciones, el informe se da solamente al director de la actividad que se ha auditado. Puede distribuirse a la alta dirección el de una auditoría de seguimiento (sobre los progresos que se realizan). El diseño de los informes de las auditorías es frecuentemente modular, lo que permite una distribución selectiva. Los informes deben ser emitidos lo más pronto posible y no más de un mes después de la reunión postauditoria.

**Terminación de la auditoría.** La auditoría sé a completado cuando el informe es sometido al cliente, excepto en aquellas circunstancias en que la verificación de la acción correctiva forma parte del plan.

**Responsabilidad de la acción correctiva.** Los auditores, en general, deben evitar verse envueltos en el diseño de los remedios y en su puesta en práctica. Los directores operativos son los que han de responder por escrito sobre lo que planean hacer con respecto a las discrepancias o las recomendaciones realizadas. (Estos directivos no están obligados a seguir las recomendaciones. Puede llegar a la conclusión de que no es conveniente seguirlas, pero deberá decir por qué). Esta formalidad ayuda a asegurar que las auditorías de la calidad tienen alta prioridad en la atención de la dirección. Los auditores hacen un seguimiento de sus recomendaciones a fin de asegurar que se realiza alguna acción: que sean aceptadas o que, luego de su estudio sean rechazadas.

Se produce una situación especial cuando un auditor informa de los síntomas de un problema pero es incapaz, durante la auditoría de identificar la causa, en éste caso, el informe de la auditoría debe ser dirigido al director de la actividad auditada, tanto si la causa subyacente está en esta actividad como si está en otra parte. El informe debería fijar los pasos a dar para determinar esa causa.

Cuando las deficiencias halladas en una auditoría son graves, el auditor puede recomendar que se ponga en marcha otra auditoría que asegure que se llevará a cabo la necesaria acción correctiva.

Finalmente, un resumen del resultado de la auditoría debe incluir la decisión de qué registros de la auditoría deben conservarse, por qué período de tiempo y a qué personas se autoriza para que tengan acceso a ellos cuando necesiten consultarlos.

**Aseguramiento de la calidad de las auditorías.** El propio proceso de auditoría puede beneficiarse del concepto del aseguramiento de la calidad. La evaluación de una muestra de auditorías puede incluir el examen de la competencia y formación de los auditores, el mantenimiento de la independencia del auditor, la documentación de la información de los hechos durante la auditoría, la utilidad de los informes de la auditoría, la utilidad de los informes de auditoría, el manejo de los problemas de relaciones humanas y la conservación de los registros de las auditorías. Una manera de conseguir esa información es mediante retroinformación de los directivos cuyas actividades han sido auditadas.

### **3.4.5 Valoración de la calidad.**

Las auditorías como las acabamos de describir, se refieren casi exclusivamente a dos tipos de conformidad: conformidad con las normas de buena planificación, y conformidad con la ejecución con el plan. Tales auditorías dan respuesta a algunas cuestiones vitales y deben considerarse como elemento esencial del aseguramiento de calidad.

#### **Situación en el mercado con respecto a la calidad.**

Análisis de la opinión de los usuarios con respecto a costo, conveniencia, etc., a lo largo de la vida del producto.

Oportunidad de reducir los costos de la baja calidad.

Exigencias de desarrollo de producto, ingeniería de diseño y otros departamentos sobre adecuación de calidad.

Exigencias de la propia alta dirección con respecto a políticas, objetivos, premisas y creencias axiomáticas.



## **Percepciones del personal sobre la calidad.**

Para proporcionar estos elementos que faltan del aseguramiento de la calidad, es necesaria una visión más amplia de la auditoría, la frecuentemente llamada valoración de la calidad. La palabra auditoría implica la existencia de un criterio ya establecido con respecto al cual se comprueban el plan y la ejecución. En cambio, la palabra valoración incluye aspectos no cubiertos por aquel criterio. Podemos decir que la auditoría descubre discrepancias y señales de alarma; la valoración va más allá y también descubre oportunidades y amenazas inesperadas.

Una primera forma de valoración de la calidad fue la utilizada por la Bell System al revisar la adecuación de su enfoque de la calidad. Esta valoración fue realizada por personal ocupado de tiempo completo en cuestiones de calidad. La valoración que se obtuvo con esta información fue enfocada a seis campos de investigación:

1. Un examen de las especificaciones de diseño del producto desde el punto de vista de su aptitud de uso, de su completión y de su ausencia de ambigüedades.
2. Un examen de las especificaciones y procedimientos de fabricación, desde el mismo punto de vista.
3. Una revisión de las reclamaciones de los clientes y de las acciones llevadas a cabo en cuanto a diagnóstico y remedio.
4. Una revisión de los datos de auditoría del producto y de actuación de los talleres, para evaluar el estado de calidad del producto y de control de procesos.
5. Un estudio de resultados de la inspección, precisión de los inspectores, precisión de los equipos de ensayo, y de otros aspectos de integridad de la inspección.
6. Un examen de la comprensión de la calidad por parte del personal de los talleres y de los resultados obtenidos.

Estas investigaciones fueron desarrolladas por especialistas de staff, a tiempo completo, y sus descubrimientos fueron estudiados por los directivos que eran miembros

del comité de valoración. Los informes finales y el seguimiento recibieron atención de la alta dirección, así como de la dirección local.

Otro ejemplo de valoración de la calidad es el que realiza el Comité Japonés de los Premios Deming cuando examina las empresas propuestas para este premio. Los principales elementos examinados son los siguientes:

Políticas de calidad de la empresa.

Organización y dirección.

Formación y divulgación de las ideas prácticas de control de calidad.

Recopilación y retroalimentación y utilización de información.

Análisis de los datos de la información.

Utilización activa de los métodos estadísticos.

Estandarización.

Control de procesos.

Aseguramiento de la calidad.

Resultados alcanzados.

Planificación futura.

El premio Deming es el más prestigioso galardón que, con respecto a la calidad, puede obtener una empresa japonesa.

---

Como ejemplo de valoración de amplio alcance tenemos el de una gran compañía de procesos que contrato a un consultor para que evaluase las operaciones de una de sus divisiones. Los objetivos de la valoración se establecieron en los siguientes términos:

1. Descubrir dónde deseaba estar la empresa respecto a la calidad.
2. Descubrir dónde está ahora la empresa, respecto a la calidad.
3. Recomendar planes y políticas con los cuales la empresa pueda, económicamente alcanzar sus objetivos.

Se estudiaron las operaciones de seis diferentes plantas; fueron repasados distintos datos; y se discutieron con el personal de la planta y con el personal de las funciones de fabricación y no fabricación a nivel de división.

**El consultor llegó a cinco conclusiones:**

1. La división estaba en general bien equipada para hacer un trabajo de buena calidad en cuanto a procesos adecuados, tecnología moderna, personal capacitado y un favorable clima en la organización.

2. El personal estaba haciendo un buen trabajo para alcanzar las políticas de la calidad tal como él las interpretaba.

3. Sin embargo, la interpretación que el personal hacía de las políticas no coincidía con la de la mayor parte de los ejecutivos.

4. Se ha malgastado una considerable cantidad de dinero en pérdidas de calidad sin que nadie tenga una idea clara de cuál o de cuánto se hubiera podido ahorrar fácilmente.

5. Hay buenas posibilidades de lograr una interesante reducción de costos, mejorando al mismo tiempo la calidad de salida.

El consultor presentó luego 14 recomendaciones específicas en áreas tales como política de la calidad, pérdidas debidas a la baja calidad, estudios sobre capacidad de las máquinas, responsabilidad para decidir si las máquinas han de funcionar, planes de relaciones con los proveedores, medición de la calidad de salida, evaluación de las reclamaciones de los consumidores y de otra información sobre la calidad, evaluación de la utilidad de las cartas de control de proceso y evaluación de la efectividad de los planes de aceptación por lotes.

En otro tipo diferente de valoración, donde hay que determinar las responsabilidades específicas de un programa de calidad para los diferentes departamentos de una compañía, se pueden utilizar las siguientes preguntas:

1. ¿Qué tareas de su departamento afectan a la calidad?

2. ¿Se tendría que realizar, en su departamento, alguna otra tarea relacionada con la calidad?

3. ¿Se tendría que realizar alguna otra tarea relacionada con la calidad en cualquier otra parte de la empresa?

4. ¿En que tareas relacionadas con la calidad no está clara la responsabilidad?

5. ¿Qué tareas relacionadas con la calidad corrientemente realizadas en su departamento requieren definirse mediante documentos escritos?

### **Preguntas para la valoración de la calidad.**

A continuación enfocaremos algunas preguntas que consideramos clave para obtener una evaluación detallada de la situación de nuestra empresa.

**Temas relativos a la empresa.** Las preguntas relacionadas con todo el ámbito de la empresa se pueden clasificar en dos aspectos: (1) responsabilidad ante la sociedad y (2) dirección de la calidad.

#### **Responsabilidad ante la sociedad.**

¿En que extensión, la calidad de su producto está relacionada con la seguridad y la salud humana?. ¿Y con el medio ambiente?. ¿Y con las regulaciones de los organismos del estado?.

Estas responsabilidades ante la sociedad; ¿han generado algún problema importante?, ¿cuáles son los tres principales problemas?, ¿cómo se ha organizado la prevención de estos problemas desde que sucedieron por primera vez?.

#### **Dirección de la calidad.**

¿Las políticas, planes y procedimientos son tales que, si se siguen, la calidad puede ser competitiva en el mercado?.

¿En que extensión la planificación de la calidad y la coordinación son discrecionales del departamento de la calidad, en oposición a los directivos de línea?.

¿Cuál es el clima para la formación de los directivos y supervisores de línea a fin de que puedan asumir algunas de las funciones que actualmente realizan los especialistas del departamento de calidad?

¿Se ha hecho una estimación del costo de la baja de calidad?

¿Está la organización en disposición de identificar y seguir las oportunidades de incrementar ingresos por ventas y/o reducción de costos?

El concepto de cliente interno ¿es entendido y aplicado por todas las unidades afectadas?

¿Hay un sistema efectivo para una rápida detección de los problemas potenciales de la calidad?

¿Hay manera de juzgar la motivación del personal (directivos, supervisores, mano de obra) con respecto a la calidad en relación con otros parámetros (productividad, plazos de entrega, costos, etc.)?

Sobre la base de estas maneras, ¿cuál es la adecuación de la motivación actual?

---

¿Cómo es de amistosa la relación entre la dirección y la mano de obra?

¿Cómo está dispuesta la mano de obra a recibir formación para la resolución de problemas y luego emprender proyectos para solucionarlos?

**Áreas funcionales.** Las preguntas relacionadas con las áreas funcionales se pueden clasificar como: (1) preguntas comunes a todas las áreas funcionales y (2) preguntas específicas de áreas determinadas:

**Preguntas comunes a todas las áreas funcionales.**

¿Qué medidas se utilizan para juzgar la calidad de salida? ¿Cuál es el resultado según se refleja en esas medidas?

¿Se han estimado los recursos gastados en la detección y corrección de problemas relacionados con la calidad?

¿En qué extensión el personal entiende las responsabilidades relacionadas con la calidad?

¿En qué extensión el personal ha sido entrenado en las disciplinas de la calidad?

¿En qué extensión ha sido cuantificada la capacidad de los procesos clave?

Los sistemas de datos ¿satisfacen las necesidades del personal?

### **Preguntas para áreas determinadas.**

**Relaciones con los consumidores.**

La calidad servida al consumidor, ¿es un activo o un pasivo del equipo de ventas?

¿Qué calidades son de primordial importancia para sus consumidores?

¿Cómo es su calidad comparada con la de sus competidores?

El rendimiento en servicio, ¿satisface las necesidades de los usuarios?

**DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS**

¿Cuáles son los 10 problemas de la calidad más necesitados de solución desde el punto de vista de las relaciones con los consumidores?

¿Cómo conocen las respuestas a las preguntas precedentes, a partir de qué fuentes (reclamaciones, ensayos, investigación de mercados, etc.)?

¿Cuáles son las principales causas de fallos en servicio (diseño de producto, componentes comprados, errores de fabricación, etc.)?

Entre un diseño para un inicial bajo precio de venta y uno para un bajo costo de ciclo de vida ¿por cuál se inclinaría?



**¿Qué parte de su beneficio deriva de la venta de piezas de recambio?**

### **Desarrollo de producto.**

**¿Cuál es la relación de lanzamiento de nuevos diseños?**

Las especificaciones, ¿se determinan con los consumidores? Si no, ¿cómo se determina qué calidad es necesaria para que los siguientes fabricantes, comerciantes, últimos usuarios y talleres de mantenimiento alcancen la aptitud de uso?

¿Cómo es de adecuado el sistema de alarma para detectar los problemas que los nuevos productos crean en cualquier parte de la organización o en cualquier punto de servicio?

¿En qué extensión los diseños nuevos y los modificados son revisados por especialistas de otros departamentos para evaluar su producibilidad, fiabilidad y mantenibilidad?

¿Cuáles son, hoy, los 10 mayores problemas de calidad? ¿Cuáles eran hace dos años?

¿Y hace tres? ¿(En qué grado son problemas que han pasado de un modelo a otro?)

¿En qué grado los diseñadores del producto se han visto involucrados en cuestiones de no-conformidad que afectan sólo a la economía interna de la empresa?

### **Relaciones con los proveedores.**

Los costos de fábrica o los fallos en servicio, ¿están clasificados de manera que se puedan separar los problemas relacionados con proveedores?

¿Cuál es la filosofía básica en las relaciones con los proveedores? ¿Énfasis en la preparación y cumplimiento de los contratos? ¿Menos formulismo pero no se comparte

toda la información?. ¿Trabajo en equipo? ¿En qué extensión se realizan esfuerzos conjuntos con los proveedores para planificar la calidad? ¿Y para mejorarla?

Y especialmente ¿en base a qué se elige un proveedor?. ¿Para repartir las compras entre varios proveedores?

### **Fabricación.**

¿Cuál es el producto fundamental de los procesos de fabricación?

¿Quién hace la planificación de la fabricación (especialistas técnicos, supervisores de producción, operarios, etc.)?

¿Dónde se pone el principal énfasis para la fabricación de buenos productos (procesos a prueba de errores, atención de los supervisores, motivación de la mano de obra, inspección y ensayos de seguimiento de la producción, etc.)?

¿Quién diseña el sistema de control de fabricación, supervisores de producción, los propios operarios, los ingenieros de control de calidad, etc.)?

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

**Servicio postventa.**

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

¿Se está actuando sobre los fallos en servicio?

¿En qué extensión el servicio postventa emite informes adecuados para suministrar retroinformación (sobre la calidad) a Diseño, Fabricación, Compras, Calidad, etc.?

### **Calidad.**

¿Qué actividades se han dispuesto que dirija el departamento de calidad?

**¿En qué extensión se considera que el departamento de la calidad contribuye constructivamente a la calidad (y que no es fuerza policial)?.**

**Los departamentos de línea, ¿hacen uso de los conocimientos especializados del departamento de la calidad?.**

### **Alta dirección.**

**¿Qué participación activa tiene la alta dirección en materias relacionadas con la calidad?.**

**¿En qué extensión hay políticas específicamente relacionadas con la calidad?.**

**¿En qué extensión el sistema de dirección por objetivos (formal o informal) incluye objetivos relacionados con la calidad?.**

**¿Qué clase de información relativa a resultados de la calidad recibe la alta dirección? ¿En qué extensión dirección?.**

### **Resumen sobre el estado de la calidad.**

#### **DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS**

**Una visión global del estado de la calidad puede obtenerse recogiendo información relativa a tres aspectos.**

**1. Costo de una pobre calidad representa las pérdidas internas que una empresa ha experimentado a causa de una pobre calidad.**

**2. Estado de la calidad de la empresa con relación a la competencia. Una importante parte de la información de servicio es para saber donde sitúa la empresa en cuanto a calidad con respecto a la competencia.**

**3. Percepciones del personal respecto a la calidad. Un enfoque para comprender la cultura de la calidad incluye la utilización de un cuestionario que es distribuido al personal para preparar un <<Perfil de Orientación sobre la Calidad>>.**

Estos tres conjuntos de datos, más las respuestas a las preguntas de más arriba pueden proporcionar una valoración global de la calidad.

### **3.4.6 Valoración de la calidad por terceras personas.**

Dos partes están involucradas en la compra de productos: el comprador y el proveedor. En el pasado, el comprador evaluaba la calidad del proveedor, pero ahora se está utilizando el concepto de <<terceras personas>>, esto es encontrar una persona u organización que realice una evaluación para el comprador pero que es independiente tanto de este como del proveedor. Esto releva al comprador de mantener un staff con los conocimientos necesarios. Una tercera persona puede inspeccionar el producto, evaluar la calidad del sistema, o las dos cosas.

La valoración por una tercera persona es, con frecuencia asociada a una certificación formal y, a veces, unida a una lista de valoraciones aprobadas, o a la emisión de un símbolo o de una marca. Tal es el caso de las Normas ISO 9000 en la cual se otorga un certificado y una marca o símbolo acreditando al poseedor como "certificado".

Cuando se hace un examen realmente fundamental, los directivos que conducen la valoración han de ser conscientes de que ellos son parte del problema. Para lograr un aseguramiento ante sus propios sesgos, han de recurrir a personal exterior que tenga independencia y competencia para identificar aquellos problemas y causas que tienen su origen en la alta dirección.

Una posterior necesidad es la de tomar nota de las fuerzas y fenómenos a los que los programas tradicionales no han dado importancia. Por ejemplo, hace unos años, la seguridad del producto, las reglamentaciones del gobierno, los altos niveles de expectación de los consumidores, la competencia tanto nacional como internacional en relación con bajos costos y alta calidad, la creciente demanda de consumidores de un mejor servicio de los productos, el impacto de la informática tantos problemas relacionados con la calidad, no eran considerados como factores importantes a la hora de preparar las políticas, los objetivos y los planes de calidad. Consecuentemente, cada uno de estos temas pasaba a convertirse en un problema importante. Aquellas empresas que los tuvieron en cuenta en su planificación, sacaron una importante ventaja inicial a sus competidores. La utilización de consultores, profesorado, mandos seleccionados y otro

personal "externo" puede ser muy útil para valorar el actual y el futuro estado de la compañía en relación con la calidad.

**Normas de referencia para valoraciones.** Una valoración del sistema global de la calidad se hace frecuentemente comparándolo con normas emitidas por organismos reguladores o contratantes. Son buenas las normas ISO9000, la QS9000, etc.

**Estas normas proporcionan importantes beneficios.** Ayudan a definir las actividades que son necesarias para alcanzar los objetivos de calidad proporcionan criterios para la evaluación, definen políticas de calidad, normas de productos, con lo cual, incrementan la objetividad de las auditorías, y son útiles en la preparación de ofertas para contratos al facilitar un conocimiento uniforme de las actividades que se requieren de todos los ofertantes.

Sin embargo, debemos hacer algunas observaciones. La más importante es que no ha sido probado que valoraciones basadas en estas normas sean buenas predictores de los subsiguientes resultados de la calidad. (No obstante, las valoraciones suministran información objetiva sobre la presencia o ausencia de instalaciones tangibles, procedimientos escritos, etc.). El mejor predictor de la calidad del producto es la calidad conseguida en el pasado en productos similares. Por supuesto, una alta calidad puede ser conseguida con un excesivo costo interno. Por esto, es importante evaluar, no sólo los resultados finales, sino también las actividades mediante las cuales se alcanzan éstos resultados. Otra observación es que hay normas que omiten algunos elementos importantes, como la capacidad del proceso, la formación, consideraciones sobre la aptitud de uso, la calidad de los productos previamente expedidos, etc. Finalmente, Juran (1977) analiza la evolución del aseguramiento de la calidad y comenta la influencia de las pautas culturales de los diferentes países sobre las distintas formas de aquél.

Si se van a utilizar normas de referencia y no se ha especificado ninguna determinada, habrá que elegir alguna. Pereira (1987) explica como cinco factores de evaluación pueden ayudar a decidir la norma a emplear.

### **3.5 Desarrollo y Participación de los Recursos Humanos en los Procesos de Mejoramiento de la Calidad.**

Un punto clave del proceso de dirección es el establecimiento y mantenimiento de un clima de trabajo que aliente y haga posible que el comportamiento de los empleados

contribuya a un efectivo rendimiento individual y de la organización. Sólo la dirección puede crear las condiciones que hagan posible que los operarios controlen los procesos en los que actúan y que participen en los proyectos en los que intentan conseguir nuevos niveles de calidad. A su vez el trabajo debe proporcionar, a cada operario, una retribución significativa. Los factores que más influyen son la participación y contribución del personal en la planificación, control y mejora de la calidad.

A partir del advenimiento de la producción masiva, los sistemas de dirección occidentales han asignado a los operarios papeles muy limitados. Su contribución, en general, ha estado limitada a ejecutar las tareas encomendadas. Su intervención en la planificación del trabajo, en la gestión del proceso y en los esfuerzos de mejora se ha limitado, por lo general a proporcionar información cuando les era requerida. Un enfoque alternativo en la gestión de los recursos humanos ha surgido con nombres tales como <<calidad de la vida del trabajo>>, << rediseño del trabajo >>, << sistemas sociotécnicos >>, << círculos de la calidad >>, << implicación del personal >> << y dirección participativa >>. Estos esfuerzos tiene objetivos relacionados con la mejora de la productividad y de la calidad, con la satisfacción del personal en su trabajo, con la cooperación sindicatos dirección, con la reducción de los conflictos y con la creación de un clima de confianza.

Estos enfoques se intensifican especialmente a partir de tres influencias interrelacionadas: ( 1 ) la de los científicos del comportamiento que, con el apoyo de la dirección, intentan hallar caminos para hacer el trabajo más significativo para los operarios y más productivo de la empresa; ( 2 ) la de los líderes sindicales, que intentan llevar a los lugares de trabajo los mismos derechos y privilegios democráticos que existen en la sociedad, y (3) la de los directivos, que intentan aplicar a la dirección de las relaciones con los trabajadores, prácticas que las empresas japonesas han utilizado para obtener productos de alta calidad y conseguir otros buenos resultados.

### 3.5.1 El Sistema Taylor de Dirección.

Muchos de los obstáculos que han impedido obtener una significativa contribución del personal en los resultados de la calidad tiene su raíz en la filosofía, valores y creencias, y sus manifestaciones los sistemas de control de la dirección- desarrollados durante el liderazgo de Frederick W. Taylor.



Fué a finales del siglo XIX, cuando las factorías estaban empezando su conversión de <<muchos operarios y pocas máquinas>> a <<muchas máquinas y pocos operarios>>. Taylor llegó a la conclusión de que los capataces y los operarios de aquel entonces no tenían los conocimientos necesarios para poder decidir cómo debía hacerse el trabajo, qué constituía un día de trabajo, o cómo seleccionar y entrenar a los obreros.

Taylor intentó remediar todo esto mediante cambios en la organización del taller. Creó ingenieros industriales que planificaban los métodos de trabajo y que establecían los estándares de un día de labor. En otras palabras, transfirió la planificación del trabajo a distintos especialistas, dejando a los capataces y operarios únicamente la tarea de realizar los planes preparados por otros. Los operarios, prácticamente, no tenían ninguna posibilidad de opinar sobre cómo tenía que ser hecho el trabajo. Su motivación era considerada como una situación de todo o nada; o estaban motivados o no lo estaban. Se creía que una vez establecido el adecuado incentivo por pieza (basado en unas tareas perfectamente definidas), los operarios ya tenían que estar motivados para alcanzar los estándares de un día de labor. El establecimiento del adecuado esquema de incentivos debía eliminar al operario como fuente de variación y dejar libres a los ingenieros para trabajar en la mejora de las máquinas, los materiales y los métodos que habían de contribuir a la eficiencia de las operaciones.

El enfoque de Taylor produjo substanciales incrementos de la productividad. Estos resultados fueron publicados por Taylor en sus escritos y atrajeron notablemente la atención. Su idea de separar la planificación de la ejecución se convirtió y se mantuvo como norma práctica de dirección en E.E.U.U. en las décadas que siguieron a la II Guerra Mundial, cuando las empresas industriales ampliaron notablemente su trabajo de planificación de la calidad, se siguió aplicando el concepto de Taylor de separar la planificación de la ejecución. Ello llevó a la creación de nuevos tipos de especialistas (Ingenieros de control de calidad, ingenieros de la fiabilidad, etc.) para realizar las tareas de planificación y análisis, dejando a los supervisores de línea, a los operarios y a los inspectores el trabajo de ejecución.

El enfoque de Taylor para mejorar la producción masiva de los primeros años de este siglo fue innovador en muchos campos:

En el desarrollo de conceptos y métodos para la medida del trabajo y para el análisis de las tareas mediante de descomposición en elementos más simples.

En el reconocimiento de la necesidad de compaginar las habilidades de los operarios con las necesarias en cada puesto de trabajo mediante selección y formación.

En el concepto en que los incentivos serían más efectivos si dependían de los buenos resultados y eran abonados inmediatamente después de que el trabajo fuera completado.

En el reconocimiento de la necesidad de que los objetivos han de ser específicos y claramente entendidos por todo el personal involucrado en su consecución pero, a medida de que el nivel económico y de formación de operarios creció y aumentó la posibilidad de cambiar de trabajo, la insatisfacción que producían tareas simples y repetitivas que sólo proporcionan dinero como retribución sin ninguna participación en la planificación de las actividades diarias (en contraste con las realizadas fuera del trabajo), empezaron a manifestarse de diferentes maneras. Así, pasaron a ser normas: un creciente absentismo y rotación de personal; la discusión de convenios colectivos y unas controvertidas relaciones sindicatos-dirección.

Los sindicatos, que entonces aparecían, tenían dos opciones, debían luchar por incrementar la participación del personal en la decisión de cómo debía hacerse el trabajo; o debían aceptar la estructura de poder existente y luchar por obtener mejoras cuantitativas en la retribución de los operarios. Enfrentados a la dirección y al gobierno, y faltos de soporte de personal, eligieron conseguir un mayor control sobre las oportunidades de trabajo, trabajando para reemplazar los esquemas de pago de incentivos (que la dirección prefería) con estructuras de tasas normalizadas. El mutuo interés de sindicatos y dirección en conseguir ajustadas definiciones de las tareas reforzó e intensificó la división del trabajo. Los sindicatos aceptaron la ingeniería industrial como un camino para definir sin ambigüedades las tareas, con lo cual institucionalizaron la antigüedad, como un camino para definir sin ambigüedades las tareas, y como base para la asignación de trabajos y pagas.

### **3.5.2 Teorías de la Motivación e Implicaciones de la Dirección.**

Se han investigado los factores que afectan la satisfacción de los operarios en el trabajo, ha habido una gran proliferación de teorías y estudios sobre el tema. Una característica común a todos los enfoques, y la más significativa, ha sido su focalización

en los procesos de trabajo, incluidos el clima social y psicológico, y no en los incentivos económicos, como fuente de satisfacción.

La gente trabaja para satisfacer necesidades, pero, según un orden jerárquico de importancia y que, hasta que no han sido parcialmente satisfechas las necesidades de nivel más bajo, no empieza a trabajar para satisfacer una necesidad de nivel superior.

Esto ha sido enseñado a muchos directivos y ha constituido el fundamento de los enfoques contemporáneos de motivación de la calidad.

Otro esquema para entender la actuación humana, es el de que los factores motivadores existen en el propio trabajo, por ejemplo, trabajo excitante, desarrollo y aprendizaje, identificación con un grupo y responsabilidad de planeación. Estos factores dan satisfacción, pero no estimulan una mejor actuación, a menos que el trabajo se realice en adecuadas condiciones, con un adecuado salario y con otros adecuados factores de <<higiene>>. La inadecuada aplicación de estos factores de higiene son fuentes de insatisfacción. Una vez adecuados, son aceptados como normales. Son prerequisites, pero no estimulan la actuación. Se han de utilizar también prerequisites <<motivadores>>.

Se describen las creencias y suposiciones relativas al personal bajo el título de teoría X y teoría Y.

**Teoría X.** Las principales creencias implícitas en el sistema de dirección de Taylor son: DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El trabajo es una mercancía necesaria que debe ser comprada, como cualquier otro material.

El trabajo es fundamentalmente desagradable para la mayor parte de la gente y tratarán de evitarlo si es posible; lo que la gente haga en el trabajo es menos importante que lo que se les pague por hacerlo.

El personal debe ser inducido a actuar de una determinada manera mediante incentivos monetarios si alcanza los objetivos y con penalización si falla.

Pocos trabajadores desean o pueden realizar trabajos que requieran creatividad, autodirección o auto control.

Según la teoría X se asume que los operarios no tienen ningún interés en la calidad. Es trabajo de la dirección y de los supervisores combatir esta actitud negativa mediante incentivos si se alcanzan los estándares, y mediante penalizaciones en caso contrario, supervisando estrechamente y controlando directamente a los trabajadores. Los trabajos deben ser divididos en operaciones específicas, simples, repetitivas, y fáciles de aprender, que los trabajadores se esperan puedan realizar. Se han de establecer y hacer cumplir detalladas rutinas y procedimientos de trabajo. La calidad de los productos se alcanza mediante la utilización de un equipo separado de inspectores e ingenieros de la calidad.

**Teoría Y.** Se propone que la dirección adopte, respecto del personal, un conjunto alternativo de suposiciones, la teoría Y, que conducirá a una mayor eficiencia y eficacia de la organización. Según este enfoque:

Se considera que el personal, es el más importante activo de la organización.

Se considera que el propio trabajo es una potencial fuente de satisfacción para los trabajadores si proporciona oportunidades de realizarlo con éxito.

Se considera que la mayor parte de los trabajadores son aptos y están dispuestos a ejercitar el autocontrol y la autodirección.

#### DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Se considera que los operarios tienen una disposición innata para la realización de los trabajos de la que se deriva satisfacción al alcanzar resultados de calidad artesanal. Sin embargo, la organización da a los operarios trabajos monótonos y vacíos de significado, que ahogan esa natural disposición.

El personal se frustra al no poder alcanzar la satisfacción que ellos esperaban de su trabajo. Es tarea de la dirección crear las condiciones bajo las cuales los empleados pueden contribuir significativamente a su trabajo y a ejercitar el autocontrol.

En la tabla 3.1 compara los enfoques del control de la calidad en dos talleres, uno que opera según las creencias de la teoría X y el otro según las de la teoría Y. Se indican algunas de las más habituales diferencias entre ambos. Mientras algunos aspectos

operativos del taller son semejantes en ambas teorías (por ejemplo, especificaciones, procesos, inspección, instrumental), hay grandes diferencias en el diseño de los trabajos, es decir en cómo deben hacerse y quién los debe hacer. Simplificando, la dirección según la teoría X no confía en la gente y, por lo tanto, depende de un sistema de control externo. En la teoría Y, la dirección confía en la gente y manifiesta esta confianza mediante una amplia delegación de responsabilidades y de autocontrol del personal.

Teoría X	Teoría Y
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amplia la dirección de las primas por pieza y otros incentivos económicos para alcanzar los objetivos.</li> <li>• Énfasis en las cláusulas de penalización económica o medidas disciplinarias para castigar la baja calidad.</li> <li>• Confianza fundamental depositada en el personal de inspección como herramienta de control.</li> <li>• Confianza fundamental depositada en los inspectores volantes para comprobar que las preparaciones son correctas.</li> <li>• Confianza en el personal de inspección para detectar los defectos.</li> <li>• Discusiones en el propio taller sobre autoridad para detener las máquinas y establecer la culpa de los problemas.</li> <li>• Relaciones entre operarios e inspectores tensas, a menudo hostiles y aseras.</li> <li>• La alta dirección responde al exceso de rechazos criticando a inspección y a producción.</li> <li>• Los operarios no muestran interés o no desean hacer un trabajo de calidad.</li> <li>• Los operarios son totalmente ignorados como fuente de ideas para la mejora.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor énfasis de los incentivos económicos, mayor utilización del liderazgo de los supervisores.</li> <li>• Énfasis en el "porqué" y el "cómo" para mejorar la baja calidad.</li> <li>• Confianza fundamental depositada en el personal de producción como herramienta de control.</li> <li>• Confianza fundamentalmente depositada en los operarios y en los preparadores para asegurar la dirección de las preparaciones.</li> <li>• Confianza en la inspección del propio operario para controlar el proceso y prevenir los defectos.</li> <li>• Discusiones en el taller sobre la interpretación de las especificaciones y de las mediciones, y sobre la determinación de los problemas.</li> <li>• Relaciones entre operarios e inspectores como el resto de la empresa, a menudo, afables.</li> <li>• La alta dirección responde al exceso de rechazos en forma de preguntas para la resolución del problema dirigidas a producción y a los sistemas de apoyo.</li> <li>• Los operarios muestran interés y desean hacer un trabajo de calidad.</li> <li>• Los operarios son frecuente consultados para obtener ideas y comprometidos en los esfuerzos de mejora.</li> </ul>
<p>Tabla 3.1. Teoría X - Y.</p>	

¿ Teoría X o Teoría Y?. Existe la creencia, ampliamente extendida, de que las organizaciones que operan según la teoría Y tienen mejores relaciones humanas. Hay evidencias de que un grupo que participa en los procesos de solución de problemas y de tomas de decisiones (por ejemplo, los círculos de calidad). - aspecto clave de las actuaciones según la teoría Y - puede producir soluciones y decisiones de más alta calidad (según los criterios internos o las normas). Y un alto nivel de compromiso de los operarios en la adecuada ejecución de éstas decisiones. Sin embargo, hasta hoy no ha



habido ninguna investigación exhaustiva que establezca que una de esas teorías es mejor que la otra en cuanto a una mejor medición de la calidad: aptitud de uso para el consumidor, costos de la baja calidad, etc. Se pueden citar casos en apoyo a cada una de las teorías. La cuestión fundamental para la dirección es saber si los empleados serán capaces de contribuir a la calidad en cada una de las etapas de la <<espiral de la calidad>>. No hay nada en la teoría Y que estimule el compromiso de los operarios en las actividades del departamento necesarias para elaborar un producto desde su inicio, a través del diseño, desarrollo, fabricación, venta y servicio. Un ambiente de trabajo participativo no puede, por sí sólo garantizar la masiva contribución de los operarios para dar un salto adelante en la calidad si ellos mismos no son capaces de trabajar en la mejora del sistema. En las organizaciones en las que la participación del personal en la solución del problema ha sido dirigida a la mejora de la calidad y de la productividad, generalmente, tienen medios (por ejemplo, distintos tipos de comités, para pasar a tratar problemas que requieren la atención de la dirección).

### **3.5.3 Estilo Japonés de Dirección de los Recursos Humanos.**

El éxito que han conseguido los japoneses en la exportación de sus productos y en la penetración en el mercado, ha llevado a los empresarios occidentales a centrar su atención en las técnicas de dirección de los recursos humanos. (Así como los técnicos) utilizadas por aquellas empresas. Las más visibles (círculos de calidad, consenso en toda la escala jerárquica para la toma de decisiones, autoinspección, rotación de trabajos) son estudiados por los directivos a fin de poderlas trasplantar a sus propias empresas con la esperanza de conseguir mejoras de la calidad. Desde la perspectiva de las empresas occidentales tradicionales, es difícil a menudo determinar que hay que copiar, especialmente para mejorar la calidad. Lo que se pasa por alto (o no lo observa un espectador con la adecuada formación) son los controles sociales, culturales y económicos del comportamiento de la gente que hacen posibles las técnicas de trabajo. Estas técnicas de trabajo. Estas técnicas funcionan porque son consistentes con los valores y las normas de la sociedad japonesa y de la vida empresarial. Muchos que han intentado utilizar esas técnicas de mejora de la calidad y de la productividad, no han tenido éxito, debido a que no han sabido captar la perspectiva global (<<orgánica>>) del sistema. En vez de asegurarse de que el trasplante será aceptado por la organización, se han introducido, en general, de una manera mecánica semejante a como se haría para la instalación de una nueva maquinaria. Si esas técnicas son incompatibles o están en conflicto con el resto del sistema, son rechazadas. Muchos investigadores han intentado entender las condiciones sociales, culturales y económicas que han hecho posible la



contribución de los operarios en la mejora de la calidad y de la productividad en Japón. Sus descubrimientos han proporcionado la base para analizar los éxitos y fallos de estas técnicas en las empresas norteamericanas.

**Influencias occidentales sobre Japón.** Las costumbres empresariales japonesas - en la superficie parecen consistentes con los preceptos y valores de la teoría Y. Pero a menudo, se sorprenden al descubrir que, en la práctica la dirección norteamericana se ajustaba más al modelo de la teoría X mejor que al de la teoría Y. Los directivos y técnicos norteamericanos se aferraron a la solución de la dirección científica para mejorar la productividad del personal. Las versiones japonesas de la dirección científica permitían una innovación basada en los enfoques de la moderna ciencia social. La historia de la industrialización Japonesa en el siglo XX es la de una adaptación de métodos externos a una cultura ya existente. Los Principios de la Dirección Científica de Taylor fueron traducidos al Japonés inmediatamente después de su publicación en 1911 bajo el título de El Secreto de Ahorrar Movimientos Inútiles. (Se dice que vendieron un millón y medio de copias). La mayor parte de los esfuerzos de esta época se centraron en la estandarización de los métodos de trabajo más que en realizar estudios de tiempos y movimientos. Por ejemplo, equipos de ferroviarios realizaron concienzudos análisis de las operaciones de mantenimiento de los vagones de ferrocarril. Los operarios realizaron programas detallados de trabajo destinados a la reducción de los tiempos de reparación. Los sistemas de salarios de la mayor parte de las industrias Japonesas, durante este periodo, no se regían por los logros individuales. El principio de Taylor de los altos salarios para la alta eficiencia fue ignorado. Los salarios eran determinados por la antigüedad y no por el ritmo de trabajo. Durante los años veinte y treinta, los estudios de tiempos y movimientos fueron aplicados a instancias del gobierno para superar la depresión de la economía mundial, pero fueron abandonados en los cuarenta, así como también el recurso al consumo. Por estas fechas, una disposición legal sobre incrementos de salarios impidió vincularlos directamente con el rendimiento personal.

Cole hace notar que el énfasis en el paternalismo creció paralelamente con el resurgimiento de la dirección científica. Cuando fueron introducidos, los principios de la dirección científica se adoptaron para complementar las prácticas del empleo permanente, y pagar y promocionar de acuerdo con la antigüedad. Los estudios de tiempos y movimientos se utilizaron principalmente para determinar procedimientos de trabajo <<correctos>> y jugaban un papel secundario en la determinación de los salarios. La dirección estaba comprometida en la motivación de los operarios para conseguir una reducción de costos y otros objetivos empresariales como un desafío personal. De este modo, aunque los japoneses tuvieran todas las posibilidades para incorporar la dirección

científica de estilo occidental, lo hicieron siguiendo un camino consistente con las prácticas y valores sociales existentes y con las características de su mercado de trabajo.

Cole observa también que la relación de los intereses entre sindicatos y dirección que, en Estados Unidos, se dirigía hacia una rígida delimitación de trabajos, tenía exactamente la orientación opuesta en Japón. Dado que los salarios se basaban históricamente en la antigüedad más que en el tipo de trabajo, no hubo ningún modelo de control de trabajo que pudiera ser adoptado por los sindicatos recientemente aparecidos. La dirección tuvo y todavía tiene la prerrogativa, sin interferencia de los sindicatos, de decidir las asignaciones de trabajos, la delimitación de tareas y la reestructuración para aplicar los cambios tecnológicos. A fin de garantizar el empleo hasta la jubilación, la dirección tiene la facultad, para superar los altibajos económicos, de realizar transferencias y resignaciones. Las delegaciones y las asignaciones no deseadas se toleraban, ya que se consideraban como condicionamientos temporales. Esto ya está cambiando.

Los principales procedimientos a través de los cuales los operarios contribuyen a mejorar la calidad y el subyacente control social y económico se describen a continuación.

**Círculos de Calidad.** Estos círculos son grupos de estudio para la mejora de la calidad y para el automejoramiento. Un círculo, generalmente, está formado por varios operarios (no más de diez) y su supervisor que actúa de líder. Los círculos surgieron como una consecuencia natural de un proceso de formación sobre estadística y dirección de la calidad que empezó con los ejecutivos más veteranos y fue descendiendo por la pirámide de la organización hasta llegar a los ingenieros, supervisores, capataces de línea. Frecuentemente citados como hitos, fueron los seminarios de Deming de 1950 - 51, y las conferencias de Juran de 1954. El primer círculo fue registrado por la UJCI (Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros). En 1962.

Los círculos son, generalmente, la manifestación, al nivel de taller, de una amplia gama de actividades relativas al control de la calidad al nivel de empresa, que da a cada empleado responsabilidades sobre este tema. Esto deriva de una filosofía que considera que toda persona tiene un potencial no utilizado que puede ser desarrollado a través de la formación y el estudio. La mejora de cada individuo posibilitará que la empresa mejore. Los operarios, por consiguiente, son más que unas máquinas son un activo que ha de ser desarrollado. El procedimiento de los círculos ayuda también a los supervisores a desarrollar sus aptitudes de líder.

De acuerdo con Juran (1967 a 1980) una de las primeras contribuciones de los círculos de la calidad de Japón ha sido la mejora de los conocimientos y de las habilidades de los operarios y el desarrollo de su interés en el trabajo, al proporcionarles oportunidades para la planificación y la toma de decisiones no habituales en la rutina diaria. Los círculos hacen que los operarios capaces se relacionen con la dirección (por ejemplo, a través de la selección de proyecto, la conducción de estudios, de la presentación de resultados), lo que ayuda a preparar a algunos de ellos para responsabilidades de supervisión y dirección. A medida que los círculos ganan en experiencia y competencia, sus miembros pueden formar subcírculos (a veces llamados << minicírculos >>) y a elegir a alguno de sus colegas para que lo dirija. El ámbito del grupo puede ampliarse para incluir temas como la reducción de costos, la seguridad, el abstencionismo, las entregas, la planificación de las instalaciones, los calibres y las herramientas, y el control de la producción. Los círculos pueden abarcar desde el taller al almacén, desde la factoría a la oficina, desde la fabricación al servicio posventa.

La participación de los operarios se supone que ha de ser <<voluntaria>>, pero este es un término relativo dado el gran control social que existe. El supervisor, se supone que tiene la necesaria habilidad de líder para animar a la participación de sus hombres. El deseo de participación de los operarios procede de una mezcla entre el entusiasmo personal del supervisor, la información que haya recibido sobre la necesidad de que contribuya al bien común del grupo y de la empresa, y al grado de confianza que se haya creado en el operario. La confianza se logra a través de la propia formación, del éxito al abordar proyectos que el personal pueda desarrollar y en el reconocimiento de los esfuerzos de mejora.

Cole (1980 1981) también ha observado que, incluso en fábricas Japonesas en las que se reconocen que tienen los mejores círculos, la dirección debe trabajar continuamente para revitalizar sus actividades a fin de que no degeneren hacia comportamientos ritualizados, por ejemplo, personas que asisten a las reuniones porque se espera su participación. Cole (1979) cuenta que en una encuesta sobre la moral de una empresa mostró que el 30 por ciento de los operarios creían que los círculos de la calidad eran una carga a causa de la competencia entre grupos y de las presiones para adoptar sugerencias. Los círculos no se sustentan, necesariamente, por sí mismos. Algunas técnicas empresariales para mantener el interés son las visitas interempresas de los miembros de los círculos, las convenciones en Japón, el paso de las reclamaciones de los clientes a los círculos, e incluso el objetivo de ayudar a la empresa a ganar el Premio Deming. Cole hace notar que los directivos Japoneses le dijeron que ellos no tenían todas las respuestas para el mantenimiento del interés y de la participación del personal. La

UJCI ha cumplido su parte a estimular las actividades de los Círculos de la Calidad mediante la selección de los proyectos más sobresalientes para su publicación y presentación fuera de Japón.

En opinión de Juran y otros autores los círculos de la calidad por sí solos no han sido el origen de la mejora de la Calidad Japonesa, ya que sus miembros se han limitado a trabajar en los más perentorios problemas diarios, dentro del departamento. El paso adelante dado en la calidad se ha producido principalmente trabajando sobre los problemas de los sistemas controlables por la dirección. Estos requieren una relación entre departamentos. Cole cree que es difícil separar el efecto de los círculos de la Calidad del rediseño de las tareas, y de las mejoras técnicas.

Aunque los círculos pueden haber contribuido directamente sólo en un diez por ciento de las mejoras de la calidad, sus esfuerzos, indirectamente, han hecho posible gran parte de las mejoras en áreas controlables por la dirección al permitir al ingenieros y directivos dedicarse a trabajar en los problemas <<pocos y vitales>>.

**Equipos de proyecto.** Son equipos multifuncionales creados por la dirección para identificar, analizar, y resolver problemas crónicos que, generalmente, van más allá del campo de acción de los círculos. A veces el problema es sacado de la superficie por un círculo. Generalmente, estos equipos se componen de responsables de círculos, supervisores e ingenieros. En algunos casos, puede ser necesario que un equipo resuelva primero un problema de gran alcance después de lo cual los círculos pueden trabajar en proyectos de alcance más reducido. A diferencia de los círculos que se intenta que sean permanentes, estos equipos, habitualmente, se forman para trabajar en problemas u objetivos específicos y luego se disuelven.

**Toma de decisiones por consenso.** Este es un proceso que se desarrolla de abajo a arriba, y por el cual, cambios que se desea realizar en el sistema (por ejemplo, procedimientos, métodos) pueden originarse en cualquier nivel y ser propuestos hacia arriba o lateralmente para su aprobación. La aplicación de este método tiene tendencia a consumir mucho tiempo, pero hace que todo el personal afectado conozca el problema, elimina sorpresas y evita desacuerdos en cualquier nivel de la organización. Los directivos de cada nivel pueden estar seguros de que sus subordinados respaldan completamente las recomendaciones que les piden que aprueben.

**Autocontrol.** En sentido estricto, autocontrol significa inspección del producto por quien lo ha fabricado, en vez de que sea un inspector del departamento de control de la



calidad. En un sentido amplio, significa que el operario participa en la planificación (diseño del proceso, programación, etc.) del trabajo y ejercicio autónomo y libertad en la forma de realizarlo. El autocontrol se puede aplicar al trabajo individual, así como a las actividades de grupo.

Hay un gran número de factores sociales, culturales y económicos que interaccionan de manera compleja para asegurar que los operarios aprenderán y aceptarán las normas, valores y objetivos de la empresa. Estos factores crean un punto de vista común que guía el comportamiento de cada empleado. Ishikawa (1981) ha contrastado los valores culturales Japoneses y occidentales, y considera que la mayor diferencia entre las dos sociedades es su visión de la humanidad. Mientras que oriente considera a la gente como esencialmente buena y digna de confianza, occidente la considera esencialmente mala y en la que no se debe confiar.

Esta podría ser la razón fundamental por la cual el sistema Taylor, con todos sus controles externos, se ha institucionalizado en las industrias occidentales y por lo que las japonesas han tenido pocas dificultades para crear sistemas que institucionalicen la responsabilidad de cada individuo hacia la calidad. Schein (1981) ha observado que la mayor parte de los estudios norteamericanos de los enfoques de dirección japoneses, no se dan cuenta del sutil camino mediante el cual se llega al autocontrol del personal. El sistema hace esto posible enseñando a los operarios los objetivos que la empresa está intentando alcanzar y el valor que tiene esta forma de hacer las cosas. Con esto se proporciona al personal un conjunto de criterios que le permiten determinar el comportamiento apropiado de una situación ambigua. El operario puede deducir qué hacer sin preguntar ni esperar órdenes del supervisor.

Kondo (1975) indica, por ejemplo, que el manual de taller es sólo una referencia y no un conjunto de procedimientos paso a paso que el operario debe seguir sin discusión .

**Controles sociales y culturales.** Los empleados hacen que la sociedad y la organización esperen que hagan. Para poder hacer lo que los superiores aprobarían, es preciso saber lo que están pensando. No hacerlo así violaría la estructura de autoridad jerárquica. El proceso de toma de decisiones por consenso refleja una cultura empresarial y social que valora la evidente conformidad de puntos de vista con los propios superiores y la sustracción de conflictos. Las relaciones han de ser armónicas. El proceso de consenso capacita para saber lo que los demás piensan y sienten acerca de un tema, así como a no tomar ninguna acción que pueda violar las expectativas de los superiores y las normas de la organización.

La gente participa en los círculos de la calidad, aporta sugerencias y hace cualquier otra cosa que se espere de ella. Dejar de hacerlo puede conducir al ostracismo social y a la consiguiente pérdida de prestigio. La identidad y el estatus de los empleados y de sus familias mejoran a través del grupo; no hay ninguna identidad aparte de la identidad del grupo. El despido de la empresa significa pérdida del estatus social derivado de trabajar en ella.

**Controles económicos.** Las consecuencias económicas de no cumplir con las expectativas de la jerarquía son también desastrosas. Un trabajador puede perder el aprecio hasta el punto de ser despedido. (El empleo de por vida alcanza al cuarenta por cada cien del personal de una empresa). Si alguno es suficientemente afortunado para encontrar trabajo en una empresa, el sistema de salarios basado en la antigüedad lo colocará en el extremo inferior de la escala. El empleo de por vida, y la remuneración y promoción por antigüedad, son a propósito, para promover la cooperación, el trabajo en equipo y el cumplimiento de los objetivos del grupo y de la empresa. Se supone que los empleados reconocen que, a medida que desempeñan su trabajo y la empresa progresa, ellos participaran de los beneficios. La ausencia de movilidad externa, combinada con las consecuencias de tener bloqueada la movilidad interna, ejerce una enorme presión sobre los individuos para conformarse y participar.

**Reclutamiento, selección, educación y formación.** Las entrevistas y los extensos exámenes que se realizan antes del empleo, aseguran la consistencia entre los objetivos del candidato y los de la empresa. La rotación en los trabajos desarrolla una amplia base de conocimientos técnicos, y enseña a los operarios cómo la filosofía y los valores de la empresa guían el comportamiento de la organización, y dan al personal una mejor comprensión de los trabajos y necesidades de otras funciones de la compañía. Esto facilita la comunicación y la cooperación a través de los departamentos en el ámbito directivo, la rotación en los puestos forma directores generalistas con un gran conocimiento del negocio, y desarrolla una red de amistades que será necesaria para el consenso. La rotación en los puestos de trabajo forma operarios competentes que son valorados por sus habilidades más que por el trabajo que están haciendo en un momento determinado. Esto ayuda a desarrollar su relación con la empresa como un todo, más que con una unidad particular.

Este adoctrinamiento y formación no se llevan a cabo para conseguir una ciega conformidad, sino para ejercitar el criterio guiado por los objetivos y valores de la organización. Con ellos se intenta crear un autocontrol individual y minimizar la necesidad de supervisión. El papel de supervisor es más el de enseñar que el de dar



órdenes directas. Las investigaciones de Cole le han llevado a la conclusión de que la dirección del personal practicada en Japón refleja la creencia de que la naturaleza humana puede perfeccionarse; de aquí la voluntad de invertir en educación y formación, en el desarrollo de las carreras y en los círculos de la calidad, y en aplicar las ideas y descubrimientos de los científicos del comportamiento.

A partir de la habitual práctica industrial, la dirección colaboraba con los científicos del comportamiento para investigar los efectos de diversas condiciones de trabajo; por ejemplo, la iluminación, el número de períodos de descanso, la duración del día de trabajo, productividad y calidad según las horas del día. Los experimentos fueron realizados con operarios en pequeños grupos (había unas cinco personas por grupo, con aproximadamente cien por planta). Aunque los experimentos se realizaron simulando las condiciones del taller, se introdujeron ciertas características inusuales, tales como preguntar a los operarios sobre la manera de trabajar más confortable y discutiendo con ellos los cambios antes de efectuarlos. Se observó que los rechazos disminuían y que la productividad aumentaba cuando, en los primeros estudios se hacían cambios favorables; por ejemplo mejor iluminación, más y más largos períodos de descanso, más corta jornada de trabajo. Las mejoras continuaron incluso después de que los investigadores invirtieran los cambios y volvieran a las condiciones iniciales. Estos favorables resultados fueron atribuidos a la mejor atmósfera de relaciones humanas que envolvió los estudios, particularmente por el inusual análisis de la dirección.

En las décadas siguientes, los estudios continuaron en varias empresas. Los sistemas de selección y formación desarrollados durante la segunda Guerra Mundial fueron implantados tan pronto los científicos del comportamiento volcaron su atención hacia la industria. El período que empezó con los años cincuenta pudo ver gran cantidad de intentos de mejora del trabajo; por ejemplo, enriquecimiento de las tareas, rediseño de los trabajos, sistemas sociotécnicos, dirección participativa, calidad de vida en el trabajo y el compromiso del personal. (Los círculos de la calidad pueden ser una forma de participación de grupo dentro de la calidad de vida en el trabajo o del esfuerzo de compromiso del personal). La <<calidad de vida en el trabajo>> puede ser considerada como un proceso para cambiar una organización, desde la teoría "X" (con su tecnología y sus sistemas de control, las creencias, actitudes, comportamientos y relaciones asociadas) a la teoría "Y". También ha sido considerado como un producto del proceso de cambio, midiendo su éxito en función de la actitud del personal y de la satisfacción en el trabajo.

La tendencia que actualmente está surgiendo es la integrar completamente a los expertos en dirección de los recursos humanos (directivos y especialistas) dentro del equipo de dirección de la empresa. La función de desarrollo de los recursos humanos está siendo elevada al status del sistema clave que requiere una planificación estratégica y una observación de amplio alcance para acompasar los cambios culturales y no una simple técnica u orientación programática. Los especialistas en recursos humanos están ampliando sus perspectivas, aprendiendo más acerca de los negocios y de los caminos por los cuales sus enfoques pueden contribuir al éxito de las empresas (especialmente a lo que se refiere la calidad). Previamente, los especialistas habían considerado a la calidad de vida en el trabajo o al proceso de compromiso del personal como un fin en sí mismo, con la calidad y la productividad como un deseable subproducto. Ahora, está creciendo el convencimiento de que la calidad es también un objetivo deseable ya que: (1) es necesaria para la salud del negocio, y (2) requerirá un mayor compromiso y auto control del personal. A la inversa, los directivos de línea están adquiriendo más conocimientos sobre desarrollo de recursos humanos y desempeñan papeles que antes habían delegado en la función de personal. Este ha sido realmente un desarrollo paralelo al cambio de otras funciones claves de la calidad, desde el departamento del control de la calidad hasta la dirección de línea.

Ciertamente, ha habido falsas salidas y retrocesos debidos a intentos de jugar a ponerse al día a la japonesa, comprimiendo el tiempo necesario para preparar una relación de colaboración con los sindicatos y realizar los cambios necesarios. Ha habido también algunas drásticas demostraciones de contribuciones de los operarios para mejorar el diseño de productos y procesos cuando la dirección compartió sus prerrogativas con los empleados, y los sindicatos relajaron la aplicación de las reglamentaciones del trabajo. Los objetivos a largo plazo están empezando a prevalecer, así como el reconocimiento de la necesidad de integrar mejor los sistemas de dirección de los recursos humanos y las innovaciones tecnológicas (automatización, programación, control de stocks etc.) dentro de un sistema de trabajo coherente.

El interés de los directivos por los círculos de la calidad fue estimulado fundamentalmente por las observaciones que Juran hizo de su funcionamiento en Japón así como otros esfuerzos para comprometer a los operarios en pequeños grupos en la mejora de la calidad los círculos fueron introducidos en las empresas mediante el material de formación de la Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros debidamente adaptado. Durante los siguientes años, hubo gran proliferación de investigaciones, consultores, material de formación, presentación de convenciones, artículos y libros.

Los círculos han sido aplicados en los talleres y en las oficinas, en industrias de fabricación y en empresas de servicios.

Algunas compañías en nuestro país han intentado implantar círculos de calidad como una moda, para tratar mejorar sus sistemas de calidad pero estas empresas generalmente han fracasado en su intento debido a que los círculos de calidad son la consecuencia de un largo trabajo en programas de mejora continua de la calidad, y requieren un alto grado de participación y convencimiento de quienes integran dichos círculos, otro de los obstáculos que se presentan es que hay poca gente con los conocimientos adecuados para implantar dichas políticas.

La introducción va acompañada de una gran publicidad y el énfasis se pone en transmitir al personal y a la comunidad la imagen de que la compañía mira hacia delante en sus relaciones industriales, y está dispuesta a experimentar con nuevos modos de mejorar la productividad y las relaciones con el personal. Pero, el concepto de una dirección de arriba abajo permanece inalterado. Los programas son dirigidos por los departamentos de personal o de relaciones públicas y la alta dirección está poco comprometida o involucrada en ellos.

Hay una inadecuada asignación de recursos, y una vez que el programa se ha iniciado, el control de seguimiento es insuficiente.

Las nuevas prácticas son introducidas, con demasiada frecuencia, sin la suficiente información a los operarios y supervisores de planta involucrados, sobre lo que se espera de ellos y cómo se supone que han de funcionar los círculos. Se presta más atención a la forma que a la sustancia.

Con frecuencia, el programa es dirigido por consultores. Una convincente presentación lleva a la dirección a esperar grandes resultados, pero según la experiencia demostrada muchos (aunque no todos) los consultores tienen pocos conocimientos de la especialidad, más allá de lo que se explica en un curso teórico.

No trabajan con la alta dirección para eliminar las inhibiciones que impiden una significativa participación de los operarios.

En estas condiciones, los círculos tienen una vida entre nueve meses y dos años. Su crecimiento y declinación siguen un esquema característico. El programa entra en

dificultades cuando la dirección ha de ir más allá de las palabras e involucrarse en él; por ejemplo, cuando en una reunión con los operarios a de hacer frente a una propuesta de proyecto para la que solicitan su apoyo. Aunque algunos problemas muy localizados pueden resolverse, la dirección no forma unos verdaderos círculos con los que pueda dirigir la emisión de sistemas desarrollados por los operarios. Ni conduce a los círculos a otras formas de participación (por ejemplo, como equipos multifuncionales para el desarrollo de proyectos) en las que los operarios puedan trabajar con la dirección en la mejora de sistemas. El entusiasmo de los operarios es reemplazado por la frustración y la participación decae, cuando las expectativas de la dirección respecto a los resultados no se cumplen. Siempre se encuentra un chivo expiatorio (por ejemplo, los sindicatos, el método, la cultura) para justificar el fallo. La moral y la confianza son peores que antes de implantar los círculos de calidad. Se han identificado algunos tipos de compañía que siguen un enfoque que ellos llaman de <<explotación>>, en el cual la mejora de la calidad y de la productividad se obtiene a través de, en vez de en colaboración con los operarios. Sus características son:

La estrategia de la dirección en lo que respecta a las relaciones con los operarios, es esencialmente de carácter autoritario, combinada con una gran dosis de paternalismo.

Se insiste más en el aspecto máquina de producción que en el aspecto humano de dirección.

Se pone mucho énfasis en la medición de la productividad individual de los operarios, y el sistema de recompensas da más importancia a la producción individual que a la de grupo.

El principal factor de motivación de los operarios para su participación en las actividades de grupo, si estas afectan el control de la calidad o el incremento de la producción, es el miedo. La orientación altamente paternalista de la dirección asegura que este miedo no será nunca brutalmente aplicado o abiertamente manifestado, pero la cooperación y la aquiescencia por parte del personal es esperada y es dada por segura.

La dirección hace todos los esfuerzos posibles para mantener tan grande como se pueda su parte de los beneficios obtenidos de la mejora de la productividad. La parte de los operarios es con frecuencia mínima, dada de mala gana, y, en gran medida para que sea aclamada la generosidad de la dirección.



**La dirección se mantiene aislada del personal.** La comunicación de arriba a bajo consiste en peticiones de información, no de sugerencias o de opiniones. La comunicación de abajo a arriba es sólo para la provisión de datos. La dirección hace lo mínimo necesario para implicar a los operarios sin delegar ninguna porción de su autoridad y prerrogativas. La atención se centra en las cosas que pueden ser llevadas a cabo en el taller y que afectan la modernización de los procesos de producción y a la reducción del número de operarios más que a incrementar la contribución intelectual de los obreros.

Las compañías que utilizan este enfoque aún están aplicando los sistemas de dirección de la teoría "X". No quieren la participación del personal porque temen perder su propia autoridad. Los operarios no confían en la dirección. En consecuencia, el sistema no anima significativamente a la participación del personal ni facilita los mecanismos para ello. Los círculos de la calidad, cuando se utilizan, se observan desde un punto de vista exclusivamente técnico y no desde la perspectiva de las relaciones humanas. Los resultados son periódicamente evaluados para ver si su costo está justificado.

### **Papel de la Dirección.**

**Lecciones de Japón.** El éxito que obtuvieron los japoneses en la aplicación de esas técnicas, como hemos visto, fue posible porque fueron consistentes y fueron apoyados por el entorno social, cultural y económico. Occidente no pudo cosechar plenamente los beneficios de estos métodos ya que los requisitos que se requerían para el éxito no existían, o la organización no creó los sistemas de personal ni el clima de trabajo que animara, hiciera posible y premiara a los empleados que contribuían con su energía y sus ideas. La importancia de este control ambiental en apoyo de las prácticas de dirección relativas a personal, la evidenciaron los japoneses a lo largo de la historia de su industrialización y, particularmente, desde 1950. La importancia de estos factores queda hoy demostrada en Japón, pero de diferente forma. En muchas compañías, especialmente las de alta tecnología la reducción en el crecimiento económico ha limitado las posibilidades de la dirección de retribuir la lealtad y la dedicación de sus operarios a la empresa con la garantía de trabajo de por vida, la promoción interior y los aumentos de salario.

En consecuencia por la presión de unos costos y una tecnología competitiva, las técnicas de dirección relacionadas con los empleados, utilizadas por un gran número de compañías japonesas, se han hecho parecidas con las norteamericanas, con similares malos resultados en cuanto a actitudes y lealtad del personal. Los empleados jóvenes con conocimientos de alta tecnología tienen más movimiento que antes y están menos dispuestos a aceptar un sistema que requiere conformidad o que no les compensa adecuadamente.

**Definición y creación de una cultura corporativa sensible.** Los sistemas y prácticas de dirección relativas al personal deben permitir que la empresa sea sensible y flexible para poder anticiparse y satisfacer las necesidades y requerimientos de los consumidores, cualesquiera que sean las condiciones del mercado, económicas, políticas, sociales y de regulación del gobierno. Las recientes experiencias de las empresas de América y Japón sugieren que los trabajadores no pueden y no contribuirán plenamente si la compañía opera de manera inconsistente con la capacidad, necesidad, valores y expectativas establecidas por la sociedad. (En cierto sentido, los operarios, como consumidores internos de los sistemas de dirección de la empresa tiene requisitos de recepción de usuario).

Las características del trabajo y el personal cambian de manera que la dirección necesita evaluar explícitamente como sus sistemas y prácticas afectan a la lealtad, dedicación y compromiso de los empleados (de todos los niveles) hacia la compañía si promueven o inhiben la plena contribución de sus conocimientos, su pericia y su creatividad.

En investigaciones hechas en la industria, el 75% de los encuestados consideran que podrían ser mucho más efectivos; el 63% considera que dispone de un gran margen de maniobra en relación con la calidad en su trabajo; pero el 44% informa que sólo aporta una pequeña parte del esfuerzo necesario. A medida que la tecnología vaya cambiando los trabajos, incluso al nivel de taller, haciéndolos más discrecionales en cuanto a la calidad, al procesado de la información, a las posibilidades y la capacidad del personal para contribuir al control y la mejora de la calidad crecerán. La dirección debe tratar de ver si las características de la organización tradicional en cuanto a prácticas de remuneración, recompensas y penalizaciones, como forma de implicar en la planificación y en la toma de decisiones, son consistentes con la habilidad de la compañía en ser competitiva en calidad y productividad.



Los operarios tienen mejores conocimientos que sus predecesores, tanto técnicamente como en los aspectos financieros de la empresa. Ellos esperan que las libertades, derechos y responsabilidades que ejercen en su vida privada se extiendan a su lugar de trabajo. Se considera que las organizaciones empresariales occidentales no pueden satisfacer las demandas futuras copiando las técnicas de las compañías que actualmente tiene éxito. Relaciones armónicas, espíritu de cooperación y lealtad del personal no pueden ser creadas por imposición mimética. Más bien, las prácticas de dirección americanas son mejor que se base en las tradiciones y cultura propias que asignan gran valor a la libertad individual de elección, particularmente en cuanto a participación en las actividades y selección de los propios compañeros. En un ambiente de gran libertad, la imposición de controles rígidos no puede producir más que una contribución mínima. El personal necesita sentir que la dirección es razonable, que es competente para hacer lo requerido, y que saldrá beneficiado.

La gente acepta la imposición de controles de la organización después de varias recompensas. Hay siempre un intercambio. Los individualistas extremos están fuera de lugar en las organizaciones burocráticas, o, si pueden hacerlos, están mejor en trabajos de gran autonomía, como, por ejemplo, en la investigación.

Un importante cometido de la dirección es conocer cuándo las contribuciones individuales son necesarias y cuándo son necesarias las de un equipo a fin de poder crear las normas y los sistemas de recompensas que produzcan apropiadas formas de comportamiento. Esto es muy parecido al trabajo del entrenador de un equipo deportivo que ha de conseguir la máxima potencia global maximizando la contribución individual de cada jugador. Además, esto debe ser hecho de manera que mantenga la responsabilidad individual, lo que requiere autocontrol.

Las empresas competirán con éxito si crean un sistema de valores, creencias y comportamientos (individuales y colectivos), una cultura, necesaria para el éxito.

Es típico que la alta dirección desarrolle estrategias financieras, comerciales y de producto sin preguntar si el entorno de trabajo posibilitará y animará a la gente que cumpla los planes de la empresa. En el futuro, la dirección necesitara definir y crear la cultura necesaria para optimizar los resultados de la empresa. El logro de esa cultura requiere planificación. Se han identificado ocho valores fundamentales (generales) que promueven la lealtad del personal, la productividad y la innovación en las empresas: objetivo, consenso, excelencia, unión, resultados, empirismo, amistad e integridad. Sus ideas son representativas de lo que piensa un gran número de científicos del

comportamiento y directivos, que observan los nuevos papeles a que ha de hacer frente la dirección. Muchas de estas ideas no son nuevas. Hace décadas Juran propuso que los directivos que desearan realizar cambios positivos aplicarían a las organizaciones empresariales los conceptos antropológicos de cultura.

**Los ocho valores proporcionan en un entramado para definir la cultura actual y la deseada, y poder luego desarrollar un plan para cambiar.**

**Objetivo.** Los objetivos de la compañía son establecidos no en términos contables (por ejemplo, retorno de la inversión) sino en términos de productos y servicios, beneficios al consumidor. Miller habla acerca del <<poder del objetivo>>, el efecto energético de trabajar por una causa digna, por un objetivo noble, por una quimera, esto da sentido a los esfuerzos de la gente.

**Consenso.** Las organizaciones, según Miller, podrían ampliar su habitual forma de toma de decisiones más allá del tradicional estilo de mando de arriba abajo. Cómo y por quién han de ser resueltos los problemas, ser tomadas las decisiones y llevarlas a cabo, podría determinarse de la manera que produjera los resultados de más elevada calidad. Miller describe tres estilos de toma de decisiones empresariales que pueden ser aplicados a cada situación particular.

**Mando.** El directivo toma la decisión sin discutirla con sus subordinados o con sus colegas. Esto se hace en las decisiones con efecto a corto plazo, en las que podría ser inapropiado interrumpir o robar tiempo a los demás. También podría ser adecuado en situaciones de crisis en las que no hay tiempo de pedir la opinión de los demás.

**Consulta.** El directivo toma la decisión después de comentarla, bien uno a uno, bien en pequeños grupos, con otras personas que tienen conocimiento o intereses relacionados con ella.

**Consejo.** Un grupo de subordinado o colegas del directivo, que tienen los necesarios conocimientos e información y a los que afectará la decisión, participan en la discusión hasta que llegan a una conclusión, que estén de acuerdo en apoyar.

**Excelencia.** No es función de la dirección estimular que el personal se sienta satisfecho por las cosas hechas a medias sino, por lo contrario, crear insatisfacción

cuando se hacen las cosas así. Solucionar esta situación requiere actuar con energía. La dirección puede crear un entorno de cultivo intelectual en el cual la obtención de conocimientos se convierta en la norma: (1) pidiendo y recompensando las iniciativas y mejoras individuales; (2) reconociendo públicamente lo que es excelente, y (3) diseñando los sistemas y estructuras en la organización que hagan sentir al personal que controlan sus propios destinos de manera que se promuevan la aceptación de responsabilidades.

**Unión.** Consistentemente con los puntos de vista de Juran se considera que las empresas deben intentar volver a las originales tradiciones de los gremios norteamericanos para sus operarios. Propiedad e identidad con el trabajo y el producto eran una fuente de orgullo. La propiedad personal, reemplazada por la alineación de los impersonales sistemas de producción en masa, puede ser otra vez posible con las tecnologías de la información que cambia la naturaleza del trabajo pasando de hacer a pensar. Los trabajadores están preparados para aceptar nuevas relaciones y responsabilidades. Las divisiones burocráticas que separaban a los directivos, como gente que piensa, de los operarios como gente que hace, son barreras para la calidad y la productividad competitivas que pueden ser superadas por las prácticas de elección dirigidas a crear armonía de objetivos de intereses comunes. Miller cita varias plantas en la que la dirección incrementa su capacidad de actuar efectivamente mediante la delegación al personal de un mayor autocontrol para las decisiones del día a día. Para que esto se pueda llevar a cabo, considera que la dirección debería:

---

Diseñar la estructura de la organización de manera que eliminara estratos innecesarios y diera la mayor responsabilidad posible a los niveles más bajos.

Rediseñar los sistemas de compensación para hacer de la empresa un asunto de interés común en vez de acentuar las distinciones entre dirección y mano de obra (por ejemplo, pago por horas frente al salario mensual).

Intentar el mayor grado posible de compromiso del personal, la confianza y unión que siente hacia el personal.

La unificación de personas, procesos, y elementos de la organización se traten con detalles más adelante, en los apartados: El sistema de procesado, la participación de los operarios en la Dirección del proceso, y el rendimiento de un equipo: Punto de vista del sistema de procesado.

**Resultados.** Estos tendrán importancia para el personal si hay recompensas que dependan de ellos, las recompensas financieras son parte de la lista de consecuencias positivas de los resultados.

**Empirismo.** Los resultados efectivos de la organización se promueven con el uso de la lógica científica, con la estimulación de la curiosidad intelectual y cuestionando él por qué de las cosas y la confianza en el pensamiento estadístico que proporciona la base de la interpretación de los datos.

**Amistad.** Con esto, nos referimos a la posibilidad del personal de compartir ideas, sentimientos, y necesidades de manera abierta y confiada, sin temor al castigo.

**Integridad.** La actuación se basa en lo que es ético y no en lo que es legal. Los hechos son consistentes con las palabras, los directivos deben ser modelos de integridad que animan a sus subordinados a creer que los objetivos de la organización son rectos, justos y dignos de sacrificarse por ellos.

**Tareas de la dirección:** La aplicación de los conocimientos de la ciencia del comportamiento es, con frecuencia, una tarea difícil. Incluso si uno cree que la teoría Y es el camino más efectivo y ético de gestionar de los recursos humanos.

La efectividad de la organización no depende solamente de los buenos sistemas de gestión del personal, o de los buenos sistemas de gestión de la tecnología, sino más bien de la interacción de todos los sistemas de la empresa, puede ser útil considerar los resultados de la empresa como dependientes de los tres siguientes tipos de sistemas:

**Sistemas técnicos de procesado.** Conocimientos y habilidades técnicas del personal, equipos, tecnologías, métodos, etc.

**Sistemas socioculturales.** Creencias, valores y modelos preferidos de comportamiento; sistemas de recompensas; disponibilidad de las personas para contribuir y cooperar.

**Sistemas de dirección de los procesos.** Conceptos, métodos, herramientas para integrar los sistemas socio/culturales y técnicos a fin de controlar y mejorar los procesos y enlazarlos adecuadamente a través de todas las áreas de la empresa.

Si hay deficiencia en algunas de estas áreas, puede degradarse la calidad y poner en peligro la viabilidad competitiva.

### **Participación de los Operarios en la Dirección del Proceso.**

Hay dos diferentes pero interrelacionados conjuntos de actividades de dirección del proceso, necesarios para producir continuamente productos y servicios de calidad:

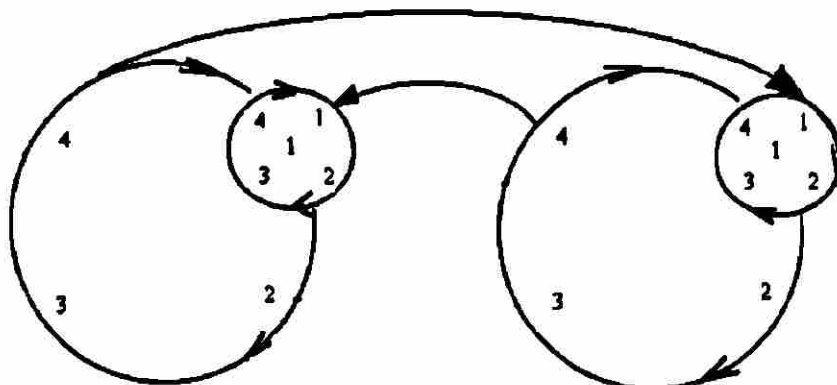
**Control del proceso.** Prevención de cambios incorrectos e indeseados; mantenimiento del statu quo, de una situación estable.

**Mejora del proceso.** Planificación y creación beneficiosa, cambios deseados.

**Control de proceso y ciclos de mejora.** Para cada conjunto de autocontroles, existe un ciclo de cuatro etapas, las etapas han sido llamadas <<planear, hacer, controlar, actuar>> por los Japoneses. Un proceso debe ser estable antes de que pueda ser mejorado. Sin un control estadístico, no hay ningún proceso consistente reproducible, observar tabla 3.2.

Para obtener resultados estables se requiere retroinformación que controle el proceso. En la etapa de planificación indica que la planificación para el control y la mejora también requiere una serie de actividades, tales como identificar proveedores y consumidores que puedan formar equipos para trabajar en control y mejora del proceso.





	CONTROL	MEJORA
1. Planificar.	Definir los requisitos de los consumidores internos. Desarrollar requisitos y medidas de las salidas. Establecer bucles de retroinformación y otros elementos del plan de control. Informar a los proveedores de los requisitos de entrada. Planificar el trabajo (hojas de procesos, etc.).	Formar el equipo de proyecto identificar las oportunidades de mejora entre la situación actual y deseadas. Planear el cambio (por ejemplo, con experimentos en línea o fuera de la línea).
2. Hacer.	Ejecutar el plan. Recoger datos del proceso (observaciones, mediciones, etc.).	Hacer los cambios. Recoger datos.
3. Controlar.	Analizar los datos. Decidir la actuación (no hacer nada, identificar y eliminar las posibles causas de las variaciones esporádicas; ajustar).	Analizar los resultados. Observar los efectos de los cambios. Valorar lo que se ha aprendido.
4. Actuar.	Actuar según se haya determinado en la etapa 3. Ir a la etapa 1 del ciclo de control o a la etapa 1 del ciclo de mejora para eliminar problemas crónicos.	Ir a la etapa 1 del ciclo de control para mantener lo conseguido o a la etapa 1 del de mejora para seguir las investigaciones.

Tabla 3.2. Ciclo PHACA.

Quando la industria occidental se organizó para la producción masiva con su dependencia de grandes cantidades de mano de obra sin cualificación, separó él <<hacer>> del resto del ciclo, la mayor parte de las funciones, si no todas, estaban integradas en un mismo individuo. El operario era a la vez productor y empresario, realizaba todas las actividades del ciclo de dirección, desde la planificación y el diseño del producto y del proceso, hasta la fabricación y venta de las mercancías. El control del comportamiento del operario se hacía directamente con la retroinformación proveniente del consumidor en el mercado. Ganancias y reputación, se obtenían haciendo mercancías aptas para el uso. Para permanecer en el negocio, había que utilizar eficientemente los recursos, con poco desperdicio. Cada individuo tenía el control y la flexibilidad necesarios para tomar las decisiones debidas, y hacer los intercambios precisos, entre



costos internos y fuerzas del mercado, para lograr un adecuado retorno de su inversión. En la mayor parte de las organizaciones industriales occidentales que se basan en el modelo de Taylor. Las etapas del ciclo de control son realizadas por diferentes personas, los ingenieros planifican el trabajo y diseñan el proceso e indican a los operarios la <<forma correcta>>de hacerlo. Los operarios siguen el método prescrito y los inspectores controlan su trabajo. Se da por supuesto que cuando las cosas marchan bien es debido al sistema. Ya que la dirección, no los operarios, diseña el proceso y fija los objetivos, la dirección, no los operarios, se apunta el mérito.

Los sistemas de dirección aplicados para la producción masiva pueden haber hecho tres cosas para los trabajadores:

1. - Reducido su efectividad por no darles la información que necesitaban para regular y mantener el control del proceso.
2. - Debido al propio trabajo esencialmente vacío de significado, al eliminar la planificación y otras actividades necesarias para darle continuidad, un objetivo claro, y proporcionarle sentido de compleción.
3. - Evitando la participación en la planificación de proyectos de mejora para dar un paso adelante hacia nuevos niveles de calidad.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
Dirección del proceso y autocontrol del operario. ®  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Autocontrol en los deportes y el recreo. Algunos directivos en un intento para entender mejor los factores que afectan al comportamiento, han quedado intrigados por la disposición de la gente en participar e intentar hacerlo bien en deportes, juegos y otras actividades de ocio y recreo, bajo condiciones que no tolerarían en el trabajo por ejemplo, por que la gente se levanta a las 5 de la mañana para hacer ejercicio o porque juega a las cartas en locales llenos de humo y ruido etc.

Las respuestas a estas preguntas pueden aclarar por que trabajar es <<trabajar >>y jugar es <<divertido>>y ayudan a entender los elementos esenciales del trabajo que animan a la gente a gastar energía, intentar mejorarlos y hacer posible que ella mejore el resultado de sus esfuerzos.

El análisis de estas actividades indica que la gente atraída por los deportes tiene medios para el autocontrol, saben lo que han de hacer, saben lo que están haciendo, tienen la posibilidad de regularse.

La libertad estimula la creatividad, la inteligencia y la habilidad de los individuos.

**Autocontrol en los sistemas de procesados.** Cuando el personal, tanto del taller como de las oficinas, no tiene los medios para aplicar el autocontrol, no puede considerarse responsable por no alcanzar los resultados deseados. Pueden existir deficiencias en el propio proceso, por ejemplo, en el diseño del equipo, en la organización y distribución del trabajo, en las herramientas y en los trabajos auxiliares; o puede haberlas en la retroalimentación, por ejemplo, falta de comunicación con los proveedores o los consumidores, o en las consecuencias de los resultados. Esto afecta al conocimiento del operario de lo que ha de hacer, de lo que está haciendo y a su habilidad de regular.

**Conocimiento de lo que <<hay que hacer>>.** Los operarios conocen las salidas que se pretende obtener del proceso a partir de las especificaciones técnicas, presupuestos, cuotas de venta, programas de entrega, u otras finalidades, metas, objetivos, etcétera. Hay también conocimiento de cómo hacer el trabajo que puede proceder de la formación, instrucciones, ayudas, manuales de taller, etcétera.

**Conocimiento de lo que <<se está haciendo>>.** Los operarios han de ser capaces de determinar la relación entre su propio comportamiento y las salidas que el proceso está produciendo esto requiere retroinformación, y se puede obtener de las siguientes maneras.

Durante el funcionamiento del proceso, continuamente se suministra información al operario, directamente, a través de sus sentidos o mediante instrumentos de medida. Retroinformación directa después de salida la producción. En el taller, las fichas de control pueden suministrar información sobre la estabilidad del proceso.

**Retroinformación de los consumidores.** La retroinformación que se obtiene de los consumidores, directamente o a través de terceros, puede mostrar a los operarios la importancia de su trabajo para la calidad global del producto.

**Posibilidades de regulación.** Los operarios tienen a la vez la autoridad y los medios para actuar cuando es evidente. Algunas compañías aportan criterios que guían a los operarios para que actúen en tales casos. Un cambio puede ser esporádico o permanente. El operario tiene la habilidad de diagnóstico necesaria para identificar las causas y responder con ajustes u otras acciones que corrijan la situación. Puede ser necesario, en alguna ocasión pedir ayuda adicional, por ejemplo, a la supervisión, o a la ingeniería.

**Reparto de responsabilidades.** Cuando se cambia un proceso por ejemplo, cuando entra un nuevo proveedor de materiales o se instala un nuevo equipo, es responsabilidad de la dirección ponerlo bajo control estadístico. El autocontrol posibilita que los operarios mantengan la calidad solamente al nivel que el proceso es capaz de alcanzar, lo que no garantiza un resultado libre de defectos. Corresponde a la dirección establecer las políticas y procedimientos necesarios en todos los sistemas de la organización; por ejemplo, compras, mantenimiento, formación, etc. para que la variación debida a los materiales, equipo, personal, etc. sea pequeña en relación con los objetivos, especificaciones, etc.

Los operarios también son responsables de llamar la atención de la dirección ante situaciones que no tienen medios de autocontrolar. Algunas veces sucede, cuando el personal intenta informar a la dirección de estas deficiencias, que son ignorados, o se les dice que son excusas, etc. esto les desanima de un posterior intento de comunicarse con la dirección.

En autocontrol da a cada empleado, directivo o no, un razonable número de cosas (pocas y vitales) que regular, que hace posible ampliar el abanico de controles de la dirección.

### **Diagnóstico del rendimiento de los trabajadores.**

Las personas son parte integrante del sistema de procesado en el que trabajan. Lo que hagan o dejen de hacer para lograr productos y servicios depende de:

1. La capacidad del sistema en el que trabajan y la extensión en que pueden aplicar el autocontrol, como se ha descrito anteriormente.

2. Lo que realmente les suceda como resultado de su rendimiento, es decir, las consecuencias de la calidad (o cantidad, costo, variedad, etc.) de las salidas o de cómo y qué hacen para producir estas salidas: de su comportamiento. Estas consecuencias tienen gran influencia en los resultados futuros. Las deficiencias que pueden aparecer en la contribución de los operarios al resultado del sistema de procesado se clasifican a continuación.

**Deficiencia de ejecución.** A veces aunque los operarios quieran obtener buenos resultados, no pueden. No tienen la pericia, los conocimientos, la habilidad, la información, los enlaces de comunicación u otros recursos del proceso (antecedentes de resultados) necesarios para alcanzar los objetivos. El proceso no es capaz. Estas deficiencias puede corregirla la dirección con mejores sistemas de selección, formación, información (hacia delante: por ejemplo, hojas de proceso; hacia atrás: retroinformación), equipo, diseño, etcétera.

**Deficiencias en la motivación.** Otras veces, aunque el proceso es técnicamente capaz de alcanzar los objetivos, es decir, el personal y el equipo son capaces de hacer las cosas correctamente, el resultado es malo ya que la gente tiene pocas o ninguna razón para hacerlas bien y, de hecho, puede haber razones para abstenerse de hacerlas bien.

La mayor parte de estos comportamientos son respuestas racionales de los operarios al sistema de recompensas de la organización. La gente tiende a actuar de manera que su comportamiento les ayude a lograr consecuencias positivas y evitar las negativas. Mientras que las deficiencias de ejecución ponen límites a lo que los empleados pueden hacer, las deficiencias en la motivación ponen límites a lo que quieren hacer. La inmensa mayoría de estas deficiencias motivacionales son corregibles mediante una adecuada gestión de las consecuencias que el proceso tiene para el personal y mediante un liderazgo que aliente a la gente a trabajar hacia unos objetivos cuyo logro es beneficioso para ella. Sin embargo, habrá circunstancias en las que la naturaleza del trabajo no proporcione al operario el estímulo suficiente, ni ninguna otra recompensa, para que alcance el resultado deseado. Esto puede remediarse con un mejor diseño del sistema de selección de personal.

**Combinación de las deficiencias de ejecución y motivación.** Muchos problemas de rendimiento de los operarios son difíciles de diagnosticar, ya que son el resultado de una combinación de deficiencias de ejecución y motivación. Cuando los operarios, por ejemplo, no tienen la información necesaria, el equipo adecuado y discreción para actuar, pueden sentirse frustrados y desanimados hasta el punto de que no quieran esforzarse

más allá del mínimo indispensable. Incluso personas eventualmente muy motivadas pueden desmotivarse por los fallos que, por experiencia, saben que producirá un proceso incapaz. Por ejemplo: un equipo puede estar mal diseñado; grasa, aceite, limaduras de metal amontonadas por el suelo pueden hacer que sea difícil y desagradable realizar los controles; puede ser inconveniente contactar con el supervisor o los ingenieros para discutir el problema. Puede que no valga la pena hacer el esfuerzo de lidiar con el problema en comparación con las posibles reducidas consecuencias negativas de no actuar.

### **Gestión de las Consecuencias de los Resultados.**

La gente tiene tendencia a comportarse de manera que pueda lograr consecuencias positivas y evitar las negativas, las consecuencias pueden ser negativas positivas o neutras, dependiendo del empleado y de las consecuencias.

Un refuerzo positivo, es la consecuencia deseable que hace que la gente mantenga o incremente su nivel de contribución (de energía física o mental) un hombre hace algo, porque lo que obtiene le produce una consecuencia deseable, por ejemplo, el reconocimiento de sus compañeros o del supervisor por la resolución de un problema, o por el mantenimiento de un proceso bajo control.

Un refuerzo negativo, es una consecuencia indeseable. También mantiene o incrementa el comportamiento del empleado, pero un tipo de comportamiento que capacita al individuo a evitar las consecuencias. Por ejemplo, un empleado vuelve a la oficina o a la máquina después de almorzar para evitar perder la paga o ser amonestado.

El castigo se produce cuando el empleado no evita una consecuencia negativa. Su defecto es reducir la tendencia del personal a comportarse de manera que se produzca un nuevo castigo, por ejemplo, después de una reprimenda por llegar tarde al trabajo, el empleado llega a tiempo; después de que el departamento ha sido cargado con el costo de los errores, el supervisor advierte a los operarios que sus cifras de rendimientos se reducirán si los errores continúan, sin embargo, el castigo sólo reduce o elimina temporalmente la ocurrencia de comportamientos indeseados (no siguiendo las instrucciones, llegando tarde, omitiendo información, etc.).



Aunque el castigo es una rápida solución a corto plazo, no es un camino viable para cambiar el comportamiento a largo término debido, principalmente a dos razones: (1) depende del control externo de otra persona, habitualmente el jefe, que debe gastar una desorbitada cantidad de tiempo haciendo de policía; (2) las personas que aplican el castigo tienen muchas posibilidades de ser castigadas a su vez por el operario, por ejemplo, saboteando la maquinaria, omitiendo información crítica en los informes, no participando significativamente en las reuniones para la resolución de problemas cuando son dirigidas por él mismo supervisor que impuso el castigo etc.

**Planificación y administración de las consecuencias de los resultados.** Utilizar las consecuencias para controlar el comportamiento del operario da a conocer al personal cuanta confianza tiene depositada en él la dirección y que confía en sus aptitudes para hacerse cargo de mayores responsabilidades.

**Balance de consecuencias.** Una persona que desea cambiar el comportamiento de otras personas (superiores, subordinados, compañeros) puede mirar el efecto de las consecuencias, como en un balance después de restar los débitos (consecuencias negativas) de los créditos (consecuencias positivas) o como en una balanza con los pesos acumulados en los lados positivo y negativo. La tendencia de la gente a actuar de diferentes maneras es consecuencia de este balance.

**Determinación de qué consecuencias son positivas.** En las investigaciones de mercado hechas por los supervisores, es probable que sea necesario determinar la clase de cosas que los operarios valoran y por las que trabajan. Esto se puede hacer de diferentes maneras: preguntándoles directamente que les gusta del trabajo, y qué les gusta hacer fuera de él, hacer encuestas mediante cuestionario, escuchar lo que la gente habla en ella, prueba y error.

**Posibles consecuencias positivas.** Una de las más poderosa consecuencias para los operarios es la retroinformación positiva que les dice cómo lo están haciendo con respecto a los objetivos en los que ellos mismos colaboraron en su redacción. Saber que uno ha alcanzado el objetivo, o al menos que se mueve en esa dirección, es una consecuencia positiva que puede acompañar a la retroinformación suministrada por la ficha de control, o la retroinformación proveniente de sus compañeros (es decir, el siguiente cliente y de las discusiones con el supervisor al estudiar los resultados).

**Evaluación del rendimiento.** A diferencia de los exámenes, del asesoramiento y de otros casos en que se produce una rápida retroalimentación del resultado de la tarea



realizada, la evaluación del rendimiento constituye un repaso general de los resultados alcanzados y de los procesos que han producido éstos resultados.

La evaluación puede proporcionar una oportunidad a los supervisores y a los subordinados para trabajar juntos en la mejora del rendimiento de los operarios, y por lo tanto, de los supervisores, como contribución individual y como miembro de un equipo de la organización, posibilidad que, en general, es infrautilizada.

### **Rendimiento de los equipos. Punto de vista del sistema.**

Un espíritu de equipo, puede desarrollarse cuando la gente reconoce que es en su propio interés y en el de la organización que debe cooperar con los demás. Obviamente, la cooperación es más fácil cuando uno conoce con quién ha de cooperar, como sucede en los grupos con especial identidad y objetivos comunes.

Cuando el objetivo común y la mutua dependencia de los miembros no es obvia para todos ellos, no hay equipo.

**Barreras que la organización plantea a los equipos de trabajo.** El conjunto de la empresa puede ser considerado como una red de personas en una relación de interdependencia proveedor (productor) cliente (usuario).

Estas relaciones, en general, no son bien entendidas, ni por los empleados de los más bajos niveles de la organización ni por los directivos de medio y alto nivel. Esto es especialmente cierto en las organizaciones burocráticas muy jerarquizadas, en las que las estructuras y los sistemas de dirección hacen difícil que las personas vean cómo contribuyen al producto común.

**El equipo de los requisitos del cliente a los del proveedor.** El establecimiento de los requisitos de salida del proceso (especificaciones, objetivos, programas, cuotas, presupuestos etc.) puede ser considerado como una calle de dos direcciones, que ha de tener en cuenta tanto las necesidades del cliente como la capacidad del proveedor. Exhortar a la gente para que coopere y ayude a los demás, puede no servir para alcanzar los resultados pretendidos. Un equipo de trabajo requiere:

1. - Un proceso que supere las barreras y complejidades burocráticas, y
2. - Un sistema de recompensas que refuerce la utilización del proceso.

Esto se está cumpliendo en las empresas japonesas a través del control de la calidad global, utilizando distintas técnicas y actividades, conocidas con el nombre de <<desarrollo de la función de la calidad>>, se identifican las independencias críticas entre los diferentes sistemas de procesado de la organización. Los requisitos mutuos (de suministrador a cliente y de cliente a suministrador) se establecen de manera que enlacen coherentemente los procesos de uno con los del otro y las exigencias del consumo final.

### **Funcionamiento de un equipo efectivo. El comportamiento de los grupos.**

Un equipo es un grupo de personas, cada una con determinados conocimientos, habilidades e intereses que posibilitan que los miembros contribuyan al logro de un objetivo común. El objetivo del equipo puede ser cumplido en un espacio de tiempo relativamente corto, después de lo cual es disuelto; o, puede tener un objetivo a largo plazo que requiere una prolongada actividad. El que la participación sea voluntaria u obligatoria depende del objetivo, del personal necesario y del tiempo disponible. Los líderes del equipo, en general, son supervisores o directivos, aunque el grupo puede elegir a un empleado no supervisor si lo considera apropiado. El equipo puede estar compuesto por gente de una misma célula, de la organización, (por ejemplo, un círculo de la calidad formado por operarios que dependen del mismo supervisor, un grupo de trabajo autónomo) o formado por personal de una determinada función (por ejemplo, electricistas, técnicos en contabilidad, etc.)

Equipos multifuncionales se forman cuando la experiencia o los intereses relacionados con el resultado afectan a diferentes unidades, departamentos o funciones de la organización. Un equipo puede tener miembros del mismo nivel en el organigrama (por ejemplo, todos operarios o supervisores o directores), dentro de una misma franja vertical dentro de la organización o de la función, o de una franja diagonal que abarque varios niveles de la organización o de la función. En algunos casos, por ejemplo, en los comités sindicato/dirección para la calidad de vida en el trabajo puede crearse una estructura especial con el fin de establecer nuevas reglas y relaciones. Finalmente, el

equipo puede caracterizarse por el campo de acción de su objetivo y por la discreción para obtener información, tomar decisiones y actuar.

Un equipo formado por proveedores y clientes internos, trabajando a lo largo de ciclos de control y mejora, puede constituir una poderosa manera de lograr cambios positivos.

El comportamiento de las personas como grupo puede ser más difícil de encauzar que su comportamiento individual. La fortaleza del grupo es producto de la diversidad de puntos de vista, orígenes y conocimientos especiales de cada uno de sus miembros. Estas diferencias pueden ser una fuente de disfunciones, a menos que se pueda orientar el comportamiento de la gente en la misma dirección.

**Círculos de la calidad:** proceso, herramientas, administración. La probabilidad de éxito puede ser incrementada notablemente si la dirección piensa qué es lo que desea conseguir con esta forma de compromiso con el personal y desarrolla la comprensión general.

Los círculos se componen de operarios que dependen del mismo supervisor, esto limita sus posibilidades de abordar e influir directamente en la solución de problemas crónicos del sistema que, generalmente, requieren la colaboración de distintas funciones, como el caso de los equipos de proyecto.

**El jefe del círculo generalmente es el supervisor.** Si un círculo es subdividido en mini círculos (de tres a cinco operarios), uno de éstos debe ser elegido como líder. La participación de los operarios puede ser obligatoria dependiendo de las previsiones del contrato laboral, pero la participación del personal no puede ser obtenida mediante coacción. El compromiso de los operarios con el proceso se ha visto que se consigue mejor mediante la participación voluntaria basada en el entendimiento de los propósitos y beneficios de los círculos. Los círculos generalmente, se reúnen una hora a la semana dentro del horario normal de trabajo. Si es necesario pueden reunirse con más frecuencia aún fuera de horas de trabajo. La costumbre varía de una empresa a otra. Los círculos de la calidad utilizan herramientas estadísticas y técnicas gráficas relacionadas a fin de proporcionar información en las distintas etapas del círculo, por ejemplo hojas de control, fichas de control diagramas de Pareto, diagramas de flujo, diagramas causa efecto etc., éstas y otras herramientas básicas y recomendaciones se necesitan estudiar para utilizarlas

**Campañas de calidad.** A veces se realizan para forzar un rápido logro de mejoras de la calidad ante resultados de baja calidad, en lo primero que se piensan muchos directivos es en que hallarán remedio en programas a corto plazo. Cuando se piensa en una campaña, lo que realmente se necesita es un cambio en los sistemas de dirección que permitan a la gente producir consistentemente altos niveles de calidad.

Se presentan, sin embargo, presiones para conseguir inmediatas mejoras de la calidad, resultado de bajos rendimientos en cierto número de áreas. Por ejemplo, posición ante la competencia, fallos en servicio, costos de las garantías, desperdicios y otros costos internos, que provocan la exigencia de los consumidores de <<hacer algo>> que cambie la situación.

Por lo general las campañas son iniciadas por la alta dirección como respuesta a un problema notablemente patente. Por consiguiente la campaña debe ser vista como una oportunidad de empezar a poner en su lugar cambios necesarios que pueden quedar instaurados definitivamente cuando la campaña termine. Durante ella, se ponen habitualmente a disposición del programa los recursos necesarios. Los obstáculos desaparecen y se produce un cambio para intentar afrontar nuevos enfoques.

Las condiciones que favorecen el éxito de una campaña son:

1. La empresa ya ha hecho un respetable trabajo de reducción de los defectos imputables a la dirección y por tanto, se presenta ante el personal con las manos limpias.

2. Los defectos controlables por los operarios son bastante sustanciales, por razones económicas o de utilización, como para exigir un serio esfuerzo de este tipo.

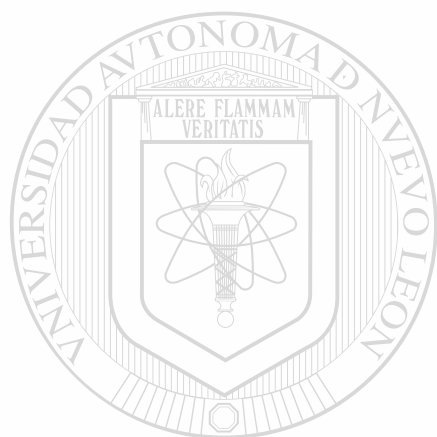
3. El grado de mutua confianza entre dirección, personal y líderes sindicales es tal que probablemente la participación de los operarios será sincera.

4. La alta dirección está dispuesta a mostrar su interés personal, especialmente dando el ejemplo al cambiar sus prioridades y centrando su énfasis en la calidad antes que en otros objetivos de la empresa.

5. La supervisión intermedia es suficientemente abierta como para estar dispuesta seriamente a escuchar las ideas y sugerencias de los operarios.

6. La dirección está dispuesta a proporcionar el personal de staff necesario para ocuparse de todos los estudios de detalle.

Las fases para las campañas de calidad son las siguientes: fase numero 1 planificación de prelanzamiento y preparación. Fase numero 2 el lanzamiento. Y fase número 3 implantación.



UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## Capítulo 4

### Métodos Estadísticos Empleados en el Mejoramiento de la Calidad.

#### 4.1 Introducción.

Existen unos principios básicos que sirven para comprender el comportamiento estadístico de los fenómenos que son los siguientes:

##### 1) No hay dos cosas exactamente iguales.

Éste principio se basa en que jamás existirán dos partes que sean iguales, pero es deseable conservar las diferencias entre esas partes al mínimo.

##### 2) Las variaciones en un producto o proceso son medibles.

Todo proceso debe ser monitoreado de manera continua, con objeto de visualizar los resultados de cierta operación para observar si se está presentando un problema o si hay un comportamiento normal en el mismo.

##### 3) Las cosas varían de acuerdo con un patrón determinado.

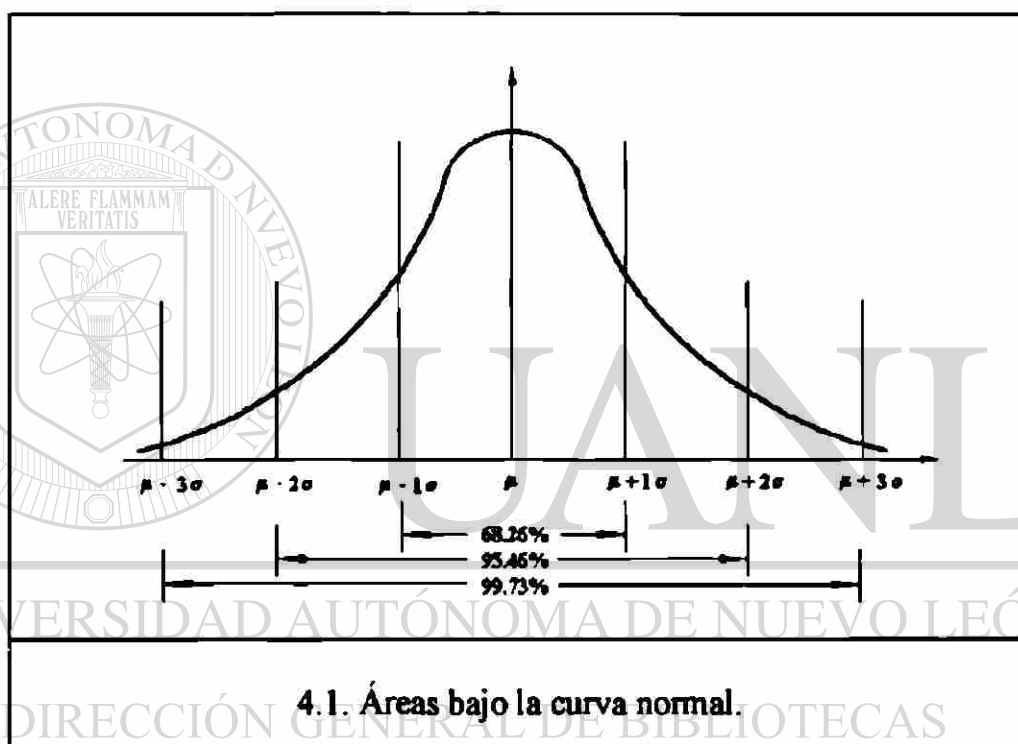
Para que el patrón tome forma se deberán registrar las lecturas de la dimensión de cualquiera de las partes y si se agrupan se observará la formación de un patrón después de haber medido y registrado varias de estas lecturas. Al patrón que se forma se le conoce como distribución de frecuencia la cual queda formada al trazar una línea



alrededor de los grupos y en esta curva se observará que hay más lecturas hacia el centro y menos en los bordes tomando la curva la forma de una campana, y esta curva de distribución de frecuencia se repetirá tantas veces como se tomen lecturas.

4) Cada vez que se miden cosas del mismo tipo, la mayoría de las lecturas tienden a agruparse hacia el centro.

Es posible predecir con bastante exactitud el porcentaje de lecturas en diferentes secciones de la curva como se muestra en la figura 4.1.



Será conveniente recordar que las lecturas tienden a agruparse hacia el centro como se muestra en la curva de campana la cual recibe el nombre de “Curva Normal de Distribución”.

5) Es posible determinar la forma de la curva de distribución para las partes fabricadas por un proceso.

Si se hace una agrupación o una distribución de frecuencias de las piezas fabricadas en un proceso podemos entonces compararlas contra las especificaciones para esa dimensión y así se sabrá que es lo que hace el proceso comparado con lo que queremos que haga. Un proceso puede tener su origen de variación en alguna de las siguientes

áreas: materiales, máquinas, procedimientos, medio ambiente y operarios. Pero la variación observada cuando medimos piezas en un proceso es resultado de dos tipos de causas a las cuales podemos llamarlas causas fortuitas y causas asignables. En algunos textos le llaman causas de sistema y causas especiales. Las causas fortuitas son aquellas contra las que no se puede hacer algo, éstas están siempre dentro del proceso y forman parte de éste, mientras que las causas asignables son aquellas contra las que si podemos hacer algo ya que pueden detectarse por no estar siempre activas en el proceso. Entonces si las variaciones en un proceso que se deban a las áreas antes mencionadas fueran por causa fortuita entonces el producto varia de manera normal y predecible y podemos decir que éste es un proceso estable. Pero si ocurre un cambio poco usual y éste cambio se refleja en la curva normal de distribución y entonces se puede decir que éste es resultado de una causa asignable. De ser así, la curva normal de distribución sufrirá una deformación y perderá su forma acampanada. Como puede verse en la figura 4.2.

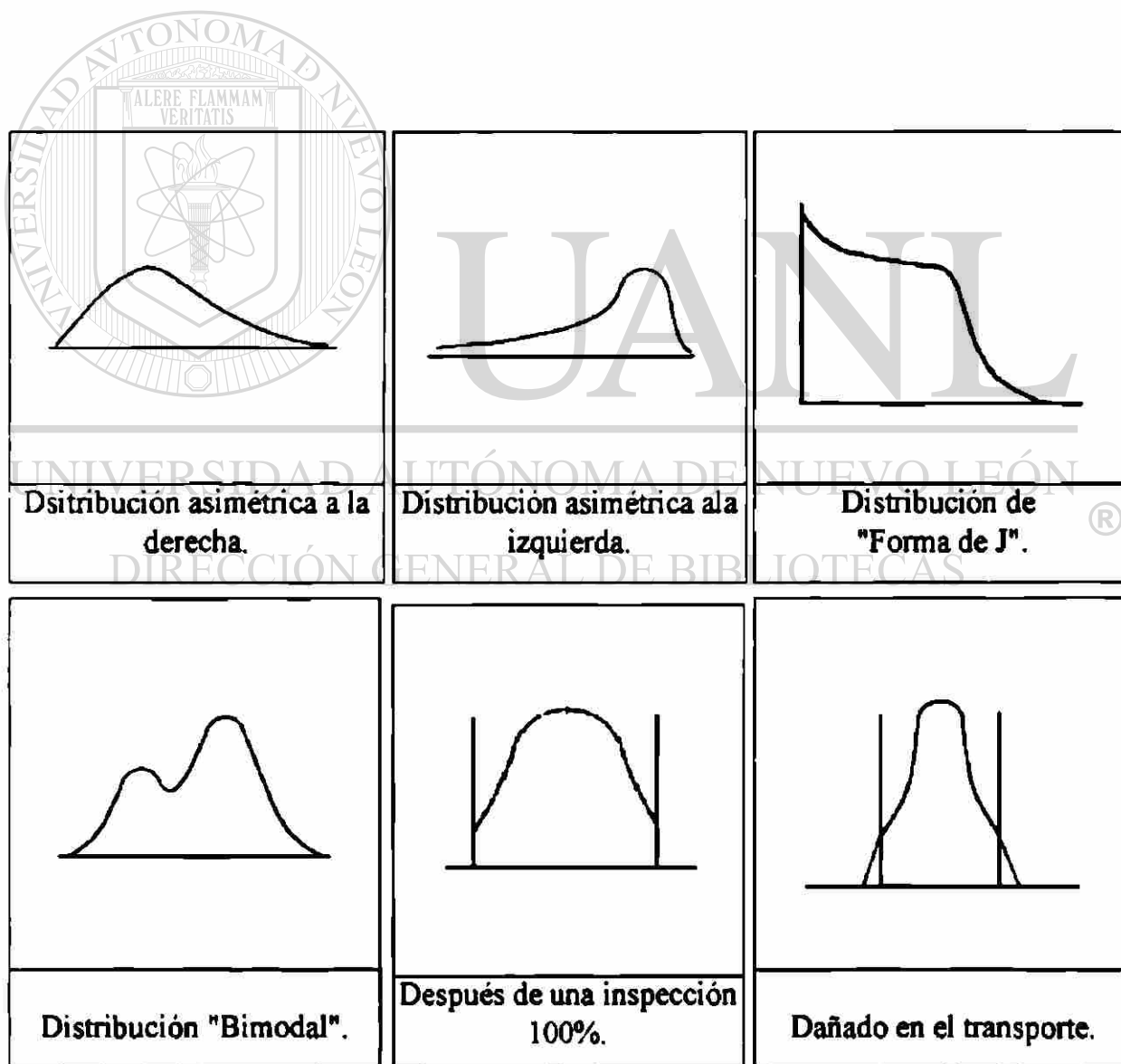


Figura 4.2. Asimetría.

## **6) Las variaciones debido a causas asignables tienen a deformar la curva normal de distribución.**

La distribución de frecuencia es una lista de mediciones que muestran cuantas veces incluye cada medida en el grupo. Es de gran ayuda para determinar si las causas fortuitas son las únicas presentes en el proceso o si también hay causas asignables.

En las distribuciones de frecuencia es posible observar los principios anteriormente mencionados.

### **4.2 Las Siete Herramientas Estadísticas de la Calidad Total.**

A continuación se describen las siete herramientas que son indispensables para llevar a cabo un adecuado control de calidad. Estas herramientas son: **Diagrama de Pareto, diagrama causa efecto, estratificación, hoja de verificación, histograma de frecuencia, diagrama de dispersión, gráfica de control de Shewart.** Se considera que un 95% de los problemas de calidad se resuelven con estas herramientas. Es importante que los miembros de la alta gerencia, así como los trabajadores de línea estén familiarizados en el manejo de estas sencillas herramientas.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

#### **4.2.1 Diagrama de Pareto.**

Llamado también el Principio de “**Pocos Vitales, Muchos Triviales**”. El diagrama de Pareto es una gráfica parecida al diagrama de barras donde se muestra en forma ordenada el grado de importancia que tienen las diferentes causas en un cierto problema, tomando en consideración la frecuencia con que ocurre cada una de las causas. O sea que prácticamente es un histograma de datos. Este diagrama tomó el apellido de Vilfredo Pareto quién era un economista italiano que observó que cuando se analizan las causas de un problema existen pocas vitales y muchas triviales. Pocos vitales son los factores que representan la parte más grande o el porcentaje más alto de un total, y los muchos triviales son los numerosos factores que están representando la parte restante. Esta herramienta fue popularizada por Joseph Juran y Alan Lakelin éste último formuló la regla 80-20 basándose en los estudios de Pareto, esta regla enuncia que el 80% de un

valor o de un costo se debe al 20% de los elementos causantes de éste. El objetivo del diagrama de Pareto es la identificación de los pocos vitales, o sea el 20%, el diagrama facilita la toma de decisiones ya que se ven agrupados por orden de importancia las causas de un problema. El análisis de Pareto es de bastante utilidad porque nos muestra la necesidad de cambio y mejora y es una ayuda para jerarquizar los problemas que necesitan ser resueltos y así poder decidir que hacer primero, tomando decisiones basadas en datos. Una aplicación de este tipo de diagrama es para mostrar los resultados de programas de mejoramiento a través del tiempo. Este tipo de análisis puede aplicarse para analizar los datos que se tienen reunidos en las hojas de verificación. Las características que se observen se deben de ordenar desde la mayor frecuencia hasta la menor.

A continuación se muestran los pasos recomendados para la elaboración de un diagrama de Pareto.

**Paso 1.** Se deberá de elaborar una lista de causas posibles del problema.

**Paso 2.** Establezca el intervalo de tiempo en que se obtendrán las mediciones.

**Paso 3.** Realice las mediciones y obtenga la frecuencia de ocurrencia de cada causa en el intervalo fijado.

**Paso 4.** Deberá de ordenar las causas o factores que influyen en el problema en orden decreciente pero de acuerdo a su frecuencia.

**Paso 5.** Calcule el porcentaje absoluto de defectuosos por cada causa respecto al número total de artículos inspeccionados.

**Paso 6.** Deberá de calcular el % relativo de defectuosos por cada causa con respecto al número total de artículos defectuosos.

**Paso 7.** Calcule el % relativo acumulado.

**Paso 8.** Elabore la gráfica trazando dos ejes verticales y uno horizontal.

Paso 9. Graficar las barras de los diferentes factores o causas donde la altura de la barra será la frecuencia con la que se está presentando la causa. Las barras tendrán la misma base y las barras adyacentes tendrán lados comunes.

Paso 10. Grafique los puntos que representan el % relativo acumulado considerando el extremo derecho de cada barra. A continuación en la figura 4.3 se puede ver la forma que tomaría el Pareto.

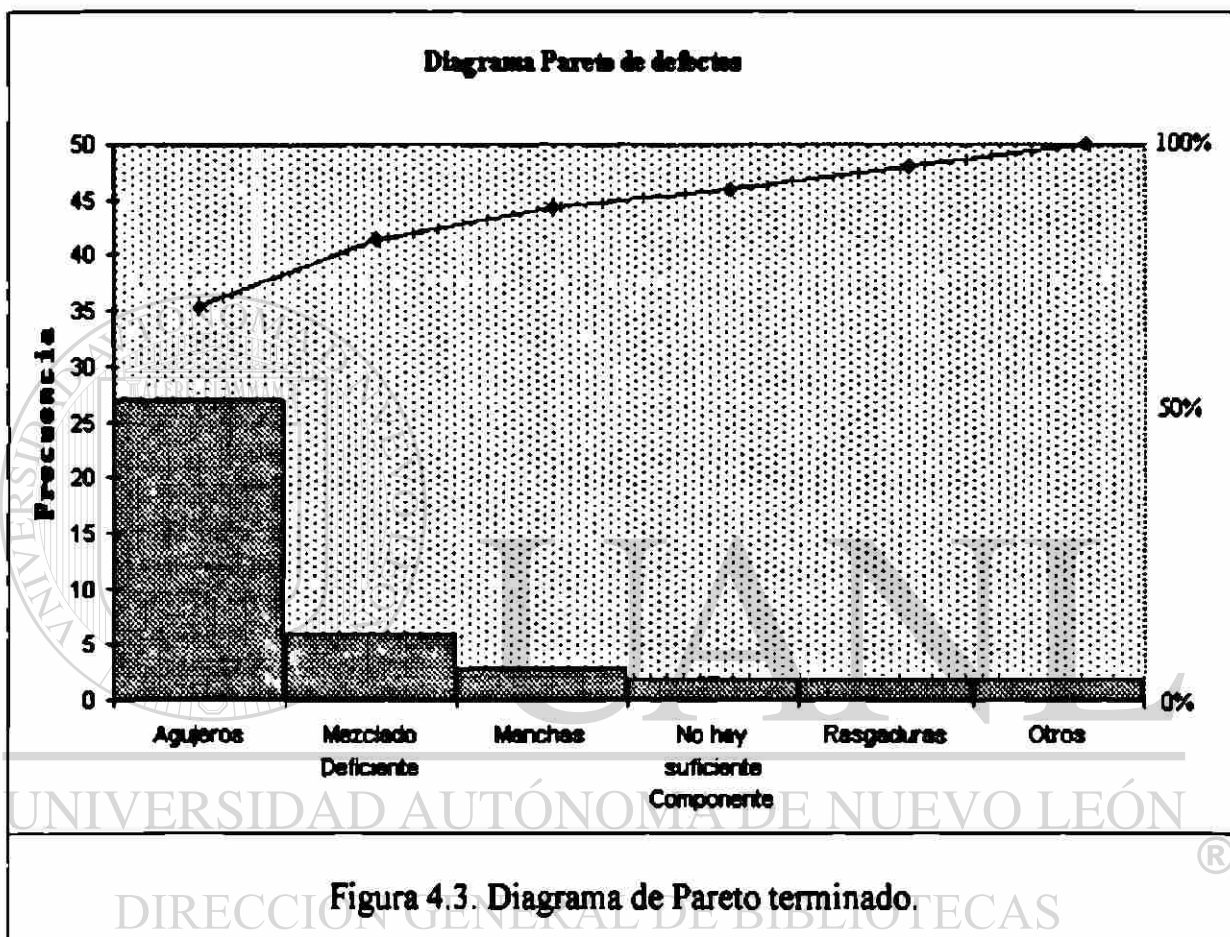


Figura 4.3. Diagrama de Pareto terminado.

A continuación se hará un análisis de Pareto para artículos defectuosos ordenándose los tipos de defectos de acuerdo a su porcentaje relativo como se muestra en la tabla 4.1.

	Número.	Porcentaje del total.
Incompletas	48	42
Rayadura superficial	32	28
Roturas	23	20
Otras	8	7
Accidentales	4	3

Tabla 4.1. Ejemplo de Pareto.

En esta tabla se puede apreciar que en cuanto a defectos la incompletas explican el 42% del total y que las tres categorías principales explican el 80% de todos los defectos. Ésto visto en un diagrama de Pareto queda como se muestra en la figura 4.4.

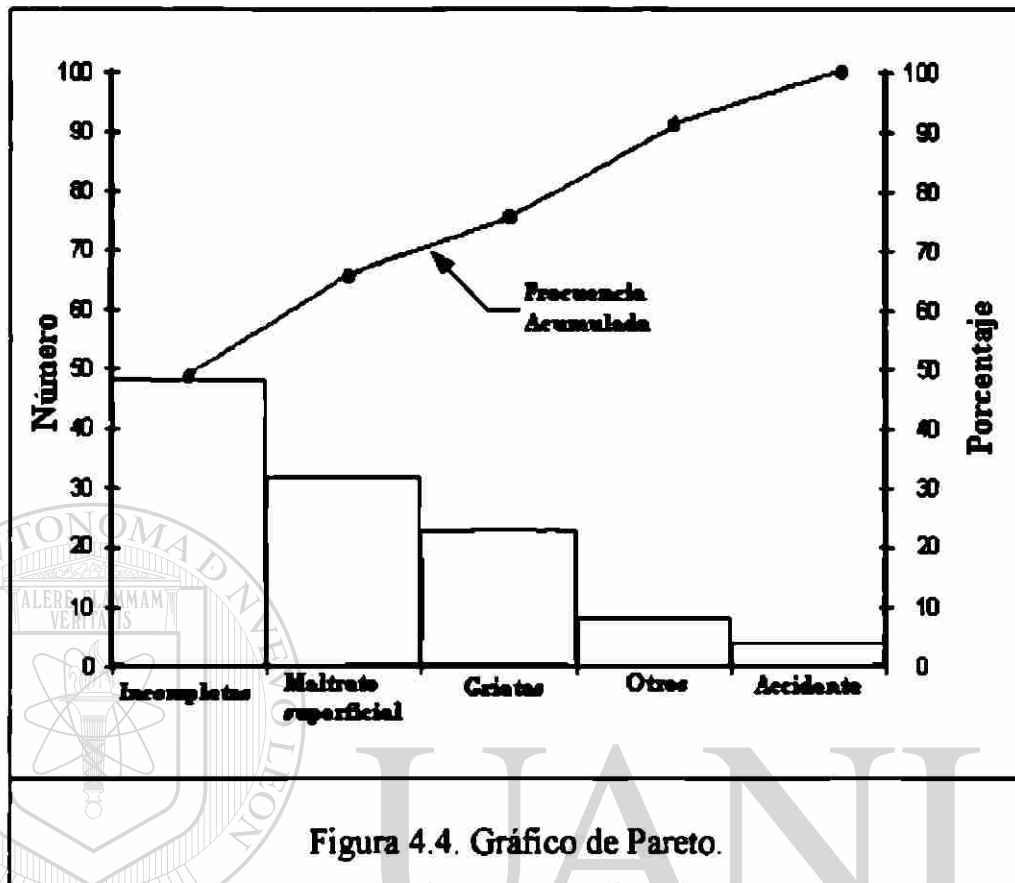


Figura 4.4. Gráfico de Pareto.

Puede apreciarse con facilidad la causa principal de un problema y de esta manera deberemos enfocar toda nuestra atención para eliminarlo.

Algunas ventajas al utilizar el diagrama de Pareto son las siguientes:

- Se puede visualizar rápidamente cuáles son las causas que afectan un proceso o sistema.
- Se sabe inmediatamente cuáles son las causas de un problema en las que debe actuarse en forma inmediata.
- Se puede verificar la eficacia de las acciones correctivas comparando el Pareto antes y después que se tomó la acción.
- Es posible expresar los costos que representa cada tipo de defecto así como la economía lograda después de las modificaciones.



### 4.2.2 Diagrama Causa Efecto.

Generalmente habrá variación en los productos derivados de un proceso y esto puede deberse a causas como materiales, mano de obra, maquinaria, métodos de trabajo y medio ambiente. Y para poder identificar las causas con claridad, es conveniente primero hacer una tormenta de ideas antes de construir el diagrama causa efecto, la tormenta de ideas es un método que permite solucionar problemas en equipo, aquí se aprovecha la habilidad creativa de la gente para identificar y resolver problemas, con este procedimiento se genera en gran cantidad de ideas en un corto tiempo.

Para hacer una tormenta de ideas se requiere lo siguiente:

a) Que halla un equipo que esté dispuesto a trabajar unido, de hecho la propia tormenta de ideas puede crear un equipo, en este grupo debe de incluirse a todas las personas que estén relacionadas con el problema ya que serán éstas las que tomarán parte activa de la solución del mismo.

b) Se deberá de elegir algún miembro del grupo para que tome el papel de líder con objeto de que mantenga el orden y al mismo tiempo alentar las ideas de la gente y su participación.

c) Deberá de establecerse un lugar de reunión donde no haya interrupciones ni distracciones.

A continuación algunas recomendaciones para lograr una buena sesión de tormenta de ideas.

a) Elegir el tema.

b) Asegurarse que todos comprendan el problema.

c) Cada persona debe de tener su turno para expresar su idea.

d) Todas las ideas deben de escribirse.

e) Deben de alentarse las ideas atrevidas ya que pueden desencadenar el pensamiento de alguien más, quedarán prohibidas las críticas hasta que termine la sesión ya que si no puede bloquearse el flujo libre de ideas.

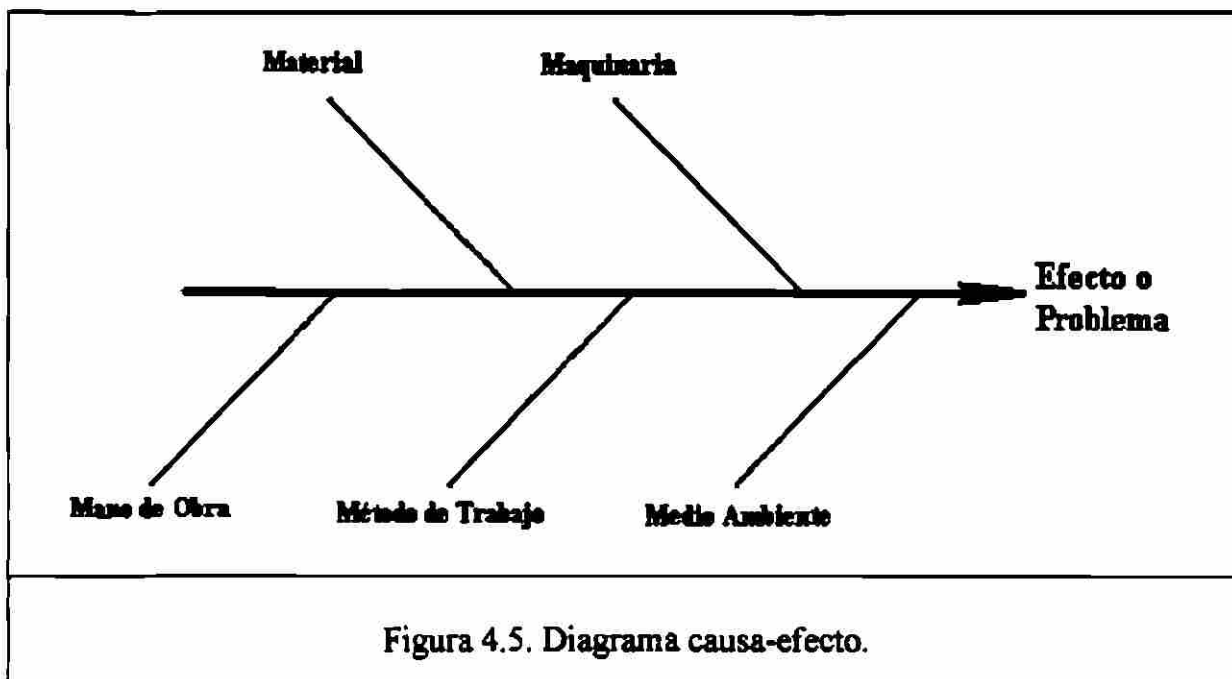
f) Debe de procurarse un ambiente agradable.

g) Se debe de permitir que transcurra tiempo para que halla pensamientos posteriores.

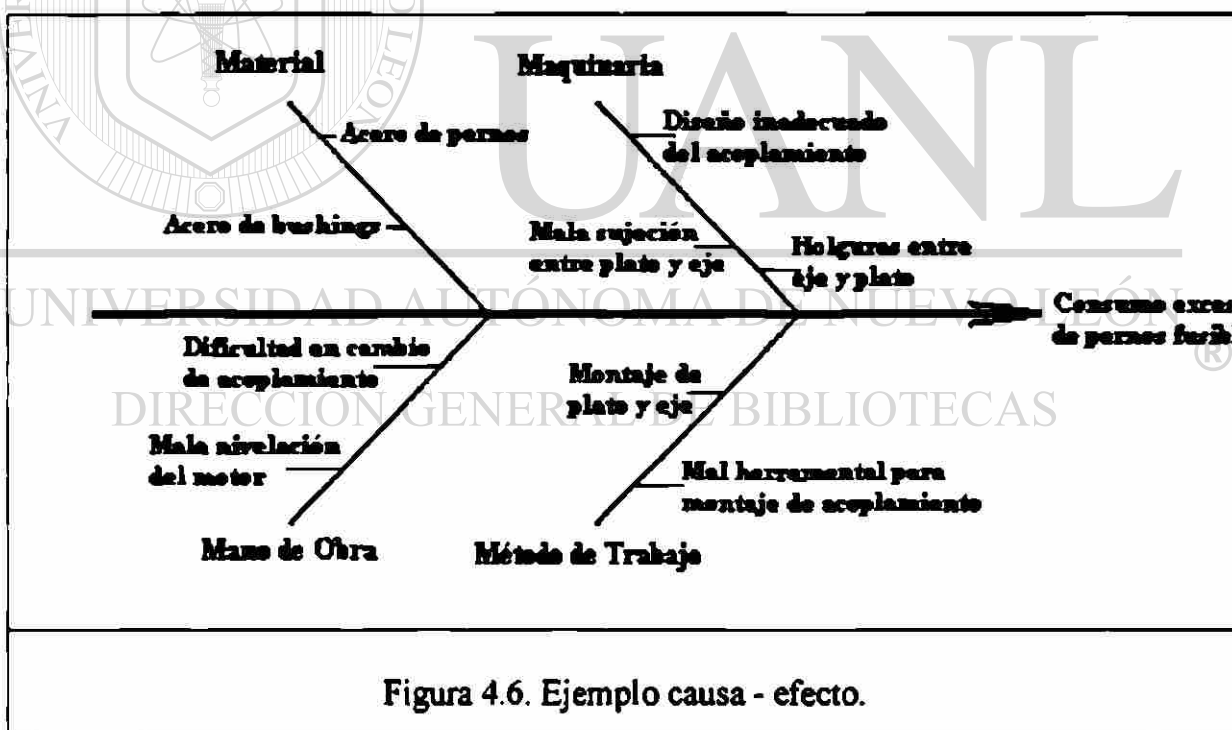
Una vez que se ha terminado la tormenta de ideas es posible ya elaborar una diagrama de causa y efecto. En este diagrama se podrá ver en forma gráfica las relaciones entre sí de las ideas que fueron expuestas en la tormenta de ideas.

Si se desea corregir la variabilidad de un proceso será necesario identificar las causas para llevar a cabo una acción correctiva. El diagrama causa efecto es una herramienta que fué desarrollada por el profesor Kaoru Ishikawa de la Universidad de Tokio en 1943, y una definición de este diagrama es proporcionada por Japan Industrial Standards “el diagrama causa efecto muestra la relación sistemática entre un resultado fijo y las causas seleccionadas”. Será conveniente definir primero el problema, el cual es un efecto o característica de la calidad y pueden haber una o varias causas potenciales de un problema, en este diagrama se ilustran precisamente las relaciones que existen entre las causas que generan una cierta característica de calidad. Las siguientes son consideradas causas universales tales como: mano de obra, materia prima, maquinaria, métodos de trabajo y medio ambiente. Por eso es que también se le llama “diagrama de las cinco m” o diagrama de pescado por la similitud con las espinas de pescado. La estructura general se aprecia en la figura 4.5.

Para construirlo una vez que se reunió el material y la gente involucrada en el problema se procedió a desarrollar el diagrama de tal forma que en el extremo derecho del papel se escribe el problema o efecto encerrado en un recuadro a partir de éste se traza la espina de pescado trazando una línea horizontal desde la izquierda del papel hacia el recuadro con terminación de flecha, posteriormente se añaden las causas principales, esto se refiere a las "m's", finalmente cada una de las ideas sobre el problema que proceden de la tormenta se agrupan en la "m" correspondiente.



En la figura 4.6 se muestra un diagrama causa efecto que se realizó para determinar la causa del consumo excesivo de pernos. Como puede apreciarse no se determinó que el medio ambiente fuera causa de problema.



### 4.2.3 Estratificación.

Estratificar significa dividir los elementos de algo en capas situadas en diferentes planos. La estratificación es utilizada para clasificar los datos en una serie de grupos con características similares. Esta herramienta sirve para encontrar la causa mayor más

facilmente, analizar la causa elegida y confirmar los efectos sobre la situación. Esta herramienta sirve porque toda la información que tenemos dispersa provocaría que se generalizaran conclusiones y en cambio si separamos la información por estratos se podrán obtener conclusiones particulares para cada segmento. Los valores observados están siempre acompañados por alguna variación, por ellos cuando los datos son estratificados de acuerdo a los factores que se piensa, causan la variación, las causas de esta variación son más fácilmente detectadas. Sucede que cuando los mismos productos se elaboran en varias máquinas o por varios operarios será mejor que los datos sean clasificados de acuerdo a la máquina u operador para obtener una comprensión más clara de su estructura y así poder identificar las causas del problema y llevar a cabo las acciones correctivas convenientes, por otra parte permitirá examinar la diferencia en los valores promedios y la variación entre diferentes estratos y tomar medidas contra la diferencia si existe alguna. Si es posible tomar medidas al instante, es necesario llevar el control del proceso usando cartas de control estratificadas. La estratificación es generalmente hecha acorde al material, máquina, condiciones de trabajo y mano de obra.

Se realizó una inspección sobre el porcentaje de piezas producidas que no cumplieran con las especificaciones o simplemente que no pasaban, y se encontró que el porcentaje era alto, por lo cual se procedió a hacer una estratificación de estas piezas tomando en cuenta la maquinaria empleada la cual se clasificó como I, II y III, para cada uno de los tres modelos distintos de máquinas y se obtuvieron los siguientes resultados, como se muestra en la tabla 4.2.

Modelo de máquina	No. de piezas	No. de piezas del tipo "NO PASA"	% de piezas del tipo "NO PASA"
I	310	42	13.5
II	198	24	12.12
II	225	33	14.67

Tabla 4.2 Ejemplo de estratificación.

Después de haber realizado el procedimiento de estratificación se observó que los datos indican que el modelo de la máquina no es el que produce diferencias significativas en los % de los artículos que no cumplen con las especificaciones "NO PASA" por lo cual será recomendable investigar otras causas que pudieran provocar este porcentaje alto de defectuosos y entre las causas pudieran estar la mano de obra, la maquinaria, materiales, medio ambiente y el método de trabajo.

#### 4.2.4 Hoja de Verificación.

La hoja de verificación es un formato especialmente diseñado para coleccionar datos de manera sencilla. Los factores que va a contener la hoja deben ser establecidos antes que su construcción, debe ser de diseño sencillo para que sea fácil de llenar. Ésta es una excelente herramienta como guía de referencia para hacer inspecciones, examinar la distribución de un proceso de distribución para revisar artículos que puedan tener defectos, analizar la localización de éstas fallas y para comprobar causas de desviaciones, entre otros usos. Básicamente la hoja de verificación tiene dos propósitos, por un lado sirve para coleccionar datos así como guía práctica para la inspección. Las hojas de verificación son utilizadas para coleccionar datos, cuando se examinan diferentes características y se requiere observar su frecuencia. Luego se construyen gráficas o diagramas, se usan también como reporte diario para evaluar la producción. Las hojas de verificación para inspección son usadas para revisar las características de calidad que son importantes de evaluar en un proceso o un producto.

Si se desea diseñar una hoja de verificación se debe determinar primero el objetivo, esto se refiere a la información que se necesita, se hace la distribución de los espacios, se orienta al personal que la va a llenar y se procede a recolectar los datos.

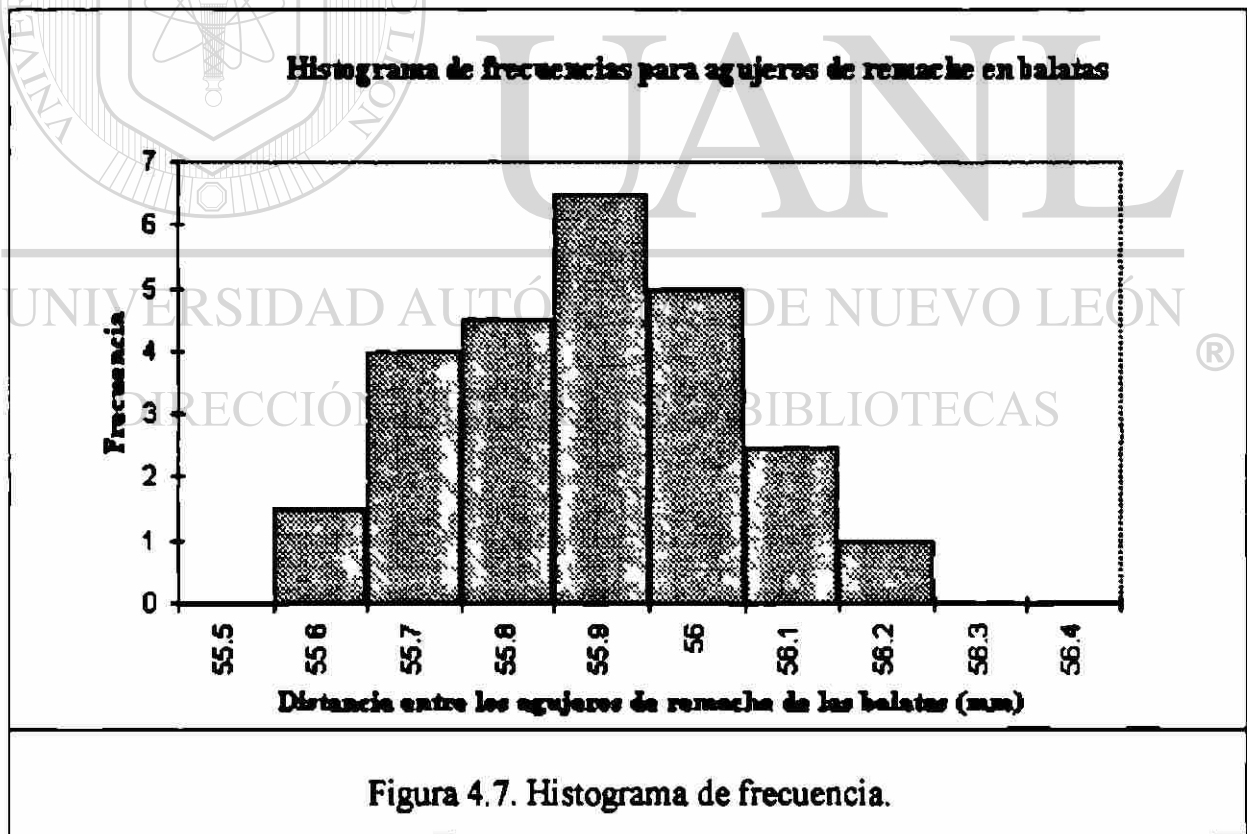
A continuación se muestra una hoja de verificación, obtenida de una muestra de datos de atributos recopilados sobre el número de llamadas telefónicas que respondieron varias recepcionistas en todas las divisiones de la compañía, como se muestra en la tabla 4.3.

Recepcionistas	Recuentos
A	//// //// //
B	//// //// //// /
C	//// //// //// //// //// //
D	//// //// ///
E	//// //
Tabla 4.3 Hoja de verificación.	

### 4.2.5 Histograma de Frecuencia.

Un histograma se puede definir como una representación gráfica de la variación en un conjunto de datos. Toda variación que se tenga en un proceso tiene determinado comportamiento el cual puede revisarse con un histograma de frecuencias, donde se podrán apreciar el número de observaciones de cierto valor o frecuencia encuadrados en grupos determinados. En el histograma se puede ver la forma que tiene la distribución y así poder hacer inferencias sobre la población y éstos comportamientos difícilmente se pueden apreciar en una tabla de números.

El histograma de frecuencia es una herramienta que ayuda a seguir con atención las variaciones. En éste tipo de diagrama se puede observar la dispersión de las lecturas así como la cantidad que hay de cada lectura. En la figura 4.7 se puede apreciar la forma de un histograma.



En el histograma mostrado el margen inferior de la gráfica se llama escala horizontal, las medidas se ordenan de izquierda a derecha, cada barra representa un grupo de medidas dentro de cierto rango. En un histograma de frecuencia se pueden ver las dispersión que hay de las lecturas de manera rápida y fácil, sin fórmulas o tablas.



Pero los histogramas de frecuencias no dan información exacta sobre la variación, así es que no se podría saber si las variaciones fueron causadas por una sola máquina o por varias y no indica relaciones de tiempo porque no puede proporcionar información en función del tiempo. En resumen, habrá que poner especial énfasis en tres propiedades que pueden observarse fácilmente en un histograma, que son: forma, acumulación o tendencia central y dispersión o variabilidad.

A continuación se describe el procedimiento para formar un histograma de frecuencia:

**Paso 1. Reunir las lecturas.**

Éstas pueden estar en los reportes de inspección, de no ser así, tal vez sea necesario compilarlas de varios lugares.

**Paso 2. Encontrar y marcar la lectura más alta y la más pequeña de cada grupo.**

**Paso 3. Encontrar la lectura mayor y la menor de toda la serie.**

**Paso 4. Calcular el rango de las medidas.**

En este paso, se restará el número más pequeño del más alto de toda la serie, y a la diferencia se le llama rango.

**Paso 5. Determinación de los intervalos de clase.**

Si ya se sabe la dimensión más pequeña y la mayor, ahora se deberá dividir este intervalo en una serie de intervalos más pequeños de la misma amplitud. Será importante la elección de la cantidad correcta de intervalos para el número de lecturas, si son pocos intervalos, se ocultará información valiosa, y si son muchos probablemente conformen un histograma tan plano que pueda omitir algo importante.

**Paso 6. Determinación de intervalos, límites y puntos medios.**

Primero dividir el rango de los datos entre el número de intervalos deseado. Redondear este resultado, si es conveniente. Ésto indicará la amplitud de cada intervalo.

Posteriormente se deberán establecer límites para cada intervalo. Cada lectura deberá quedar entre dos límites el establecimiento de límites entre los intervalos es para que ninguna lectura quede exactamente sobre estos, una forma de hacerlo es sumar o restar una decimal de cada límite extremo si los datos no tienen decimales. Restar 0.5 a cada intervalo y ésto cambiara el límite. Por último se deberá de establecer un punto medio en el centro de cada intervalo. Al límite inferior se le sumará la mitad de la amplitud de cada barra.

#### **Paso 7. Determinación de las frecuencias.**

Anotar una marca en cada intervalo de clase después de revisar las marcas sumarias y listar los totales bajo el título de “frecuencia”.

#### **Paso 8. Preparación del histograma de frecuencia.**

El histograma de frecuencia deberá de reflejar lo que dicen los datos además debe ser claro y fácil de leer.

Para trazarlo se deberá marcar la escala vertical y darle un título, marcar la escala horizontal y darle un título también así como titular el histograma.

— Algunas recomendaciones útiles para elaborar un Histograma de Frecuencia son las siguientes:

- Usar intervalos del mismo ancho.
- No usar intervalos abiertos .
- No hacer cortes en las escalas horizontal y vertical.
- No poner demasiados intervalos ni muy pocos.
- No poner demasiada información en el histograma.
- Proporcionar lo que sea necesario para identificar la información en forma completa.

La variación de un proceso es completamente normal y el Histograma de Frecuencias es una herramienta que ayuda a manejar la variación. Es una fotografía del proceso que muestra el rango de lecturas en una muestra en un momento dado e indica cuantas piezas hay en cada medida.

Los Histogramas de Frecuencia tienen diferentes patrones que revelan información importante sobre un proceso.

Un patrón podrá revelar que la información en el proceso es tan pequeña que todas las partes producidas cumplen con las especificaciones. Otro patrón pudiera mostrar que el proceso tiene problemas y que es inevitable producir partes defectuosas.

Por ejemplo en la tabla 4.4 se muestran las observaciones que se registraron del tiempo de llenado de envases, se desea, empleando un histograma de distribución, observar si la característica de calidad se distribuye de acuerdo a la distribución normal.

	1	2	3	4	5
1	52.43	51.96	49.43	46.92	61.63
2	54.11	51.54	51.67	51.48	56.36
3	57.41	49.40	52.54	53.93	56.04
4	50.68	49.88	56.91	56.73	56.73
5	56.19	55.81	56.29	52.15	46.65
6	47.74	52.04	53.82	50.72	49.01
7	52.79	53.06	51.26	53.73	56.27
8	49.84	53.98	54.35	51.06	51.95
9	48.36	49.45	54.55	52.56	56.30
10	54.32	51.51	51.97	58.53	55.22
11	53.70	54.04	53.20	49.27	50.22
12	53.99	53.09	49.05	53.82	53.45
13	50.04	48.84	54.71	50.08	58.81
14	50.28	46.55	50.65	45.31	50.43
15	46.14	52.39	49.70	52.04	49.23
16	51.94	52.48	52.21	55.46	50.09
17	50.52	55.16	55.25	52.30	51.81
18	51.60	53.12	51.13	53.90	51.27
19	46.98	55.88	50.62	52.82	52.94
20	52.76	50.34	57.51	49.61	50.71

Tabla 4.4. Ejemplo de histograma de frecuencia.

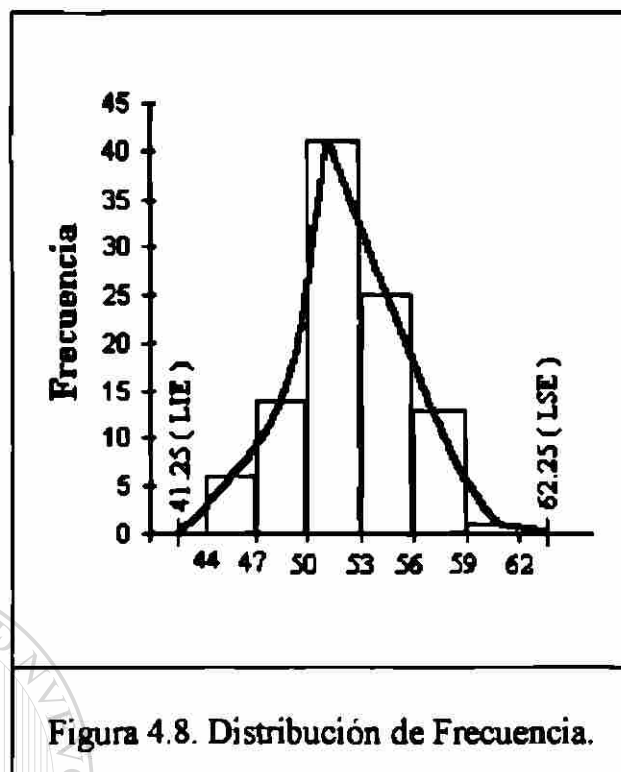
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

A continuación en la tabla 4.5 se muestran las frecuencias absolutas y relativas con las cuales se podrá construir el histograma:

Intervalos de Clase	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa Acumulada
$44 \leq X < 47$	6	0.06	0.06
$47 \leq X < 50$	14	0.14	0.20
$50 \leq X < 53$	41	0.41	0.61
$53 \leq X < 56$	25	0.25	0.86
$56 \leq X < 59$	13	0.13	0.99
$59 \leq X < 62$	1	0.01	1.00
	100	1.00	

Tabla 4.5. Tabulación histograma de frecuencia.

Como puede apreciarse puede decirse que la característica de calidad si tiene una distribución normal, lo cual se observa en la figura 4.8



#### 4.2.6 Diagrama de Dispersión.

El diagrama causa efecto nos proporciona una visión global que nos ayuda a identificar las posibles causas responsables de una característica de calidad. El ordenamiento de estas causas que se lleva a cabo en el diagrama de Pareto, facilita ver que causas deben eliminarse en forma prioritaria, a fin de reducir en gran medida el número de productos defectuosos. Con el propósito de controlar mejor el proceso y por consiguiente de mejorarlo resulta a veces indispensable conocer la forma como se comportan algunas variables o características de calidad entre sí, ésto es descubrir si el comportamiento de unas depende de otras o no y en que grado. El diagrama de dispersión es una herramienta utilizada con frecuencia cuando se desea realizar un análisis gráfico de datos bivariados, es decir los que se refieren a dos conjuntos de datos. El resultado del análisis puede mostrar que existe una relación entre dos variables y este estudio puede ampliarse para incluir una medida cuantitativa de tal relación. En estudios de mejoramiento de calidad los dos conjuntos pueden referirse a lo siguiente:

- Una característica de calidad y un factor que incide sobre ésta.
- Dos características de calidad relacionadas.
- Dos factores relacionados con una sola característica.

### **Pasos para la construcción de un diagrama de Dispersión.**

**Paso 1.-** Se deberá de recolectar y presentar en una tabla de  $n$  parejas de datos en forma  $X$   $Y$  donde se representarían con  $X$  y  $Y$  los valores respectivos de las dos variables.

**Paso 2-** Diseñar las escalas apropiadas para los dos ejes  $X$  y  $Y$  es conveniente que las longitudes de los dos ejes sean aproximadamente iguales.

**Paso 3-** Graficar los datos. Si hay parejas repetidas los puntos se muestran con círculos concéntricos.

**Paso 4-** El diagrama de dispersión deberá de incluir lo siguiente: fecha , nombre del operario, período de recolección, y nombre del proceso.

### **Interpretación y uso del Diagrama de Dispersión.**

En este diagrama se muestran en forma gráfica los dos conjuntos de datos con la idea de examinar el patrón de distribución.

La relación entre los dos conjuntos de datos recibe el nombre de correlación, así que cuando a un aumento de un valor de la variable  $X$  le acompaña un aumento en la otra variable la correlación es positiva y en caso inverso la correlación será negativa. Pero también se puede dar el caso de no haya relación entre variables y en éste caso se dice que no hay correlación. En la figura 4.9 se aprecian las posibilidades antes mencionadas.

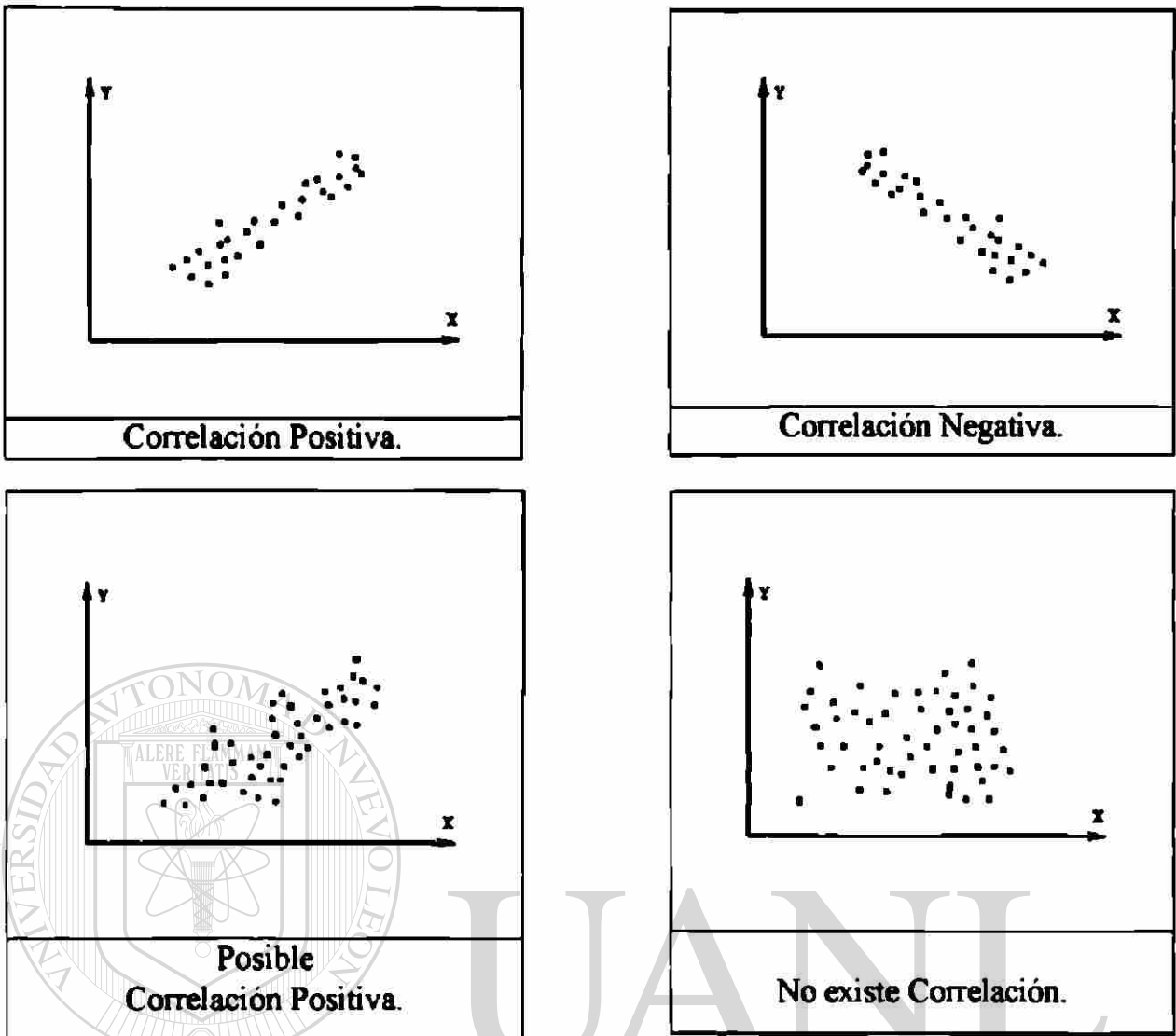


Figura 4.9. Diagrama de dispersión.

Por ejemplo para verificar el grado de relación entre esfuerzo al corte y el diámetro de los puntos de soldadura, se obtuvo la información correspondiente a 12 puntos de soldadura. Los valores resultantes se muestran enseguida en la tabla 4.6. Por lo tanto se procede a elaborar el diagrama de dispersión con el objeto de ver si hay correlación entre variables.

En la figura 4.10 muestra una fuerte correlación positiva entre estas variables, y se ha dibujado una línea recta que puede modelar la relación entre X y Y.



Dímetro de soldadura ( $10^{-3}$ pulgadas)	Esfuerzo al corte ( $lb/pulg^2$ )
370	400
1350	1600
3530	3600
1960	2000
3840	4000
580	800
2920	2500
3200	4000
910	1250
920	700
2670	3100
1700	2200

Tabla 4.6 Ejemplo de dispersión.

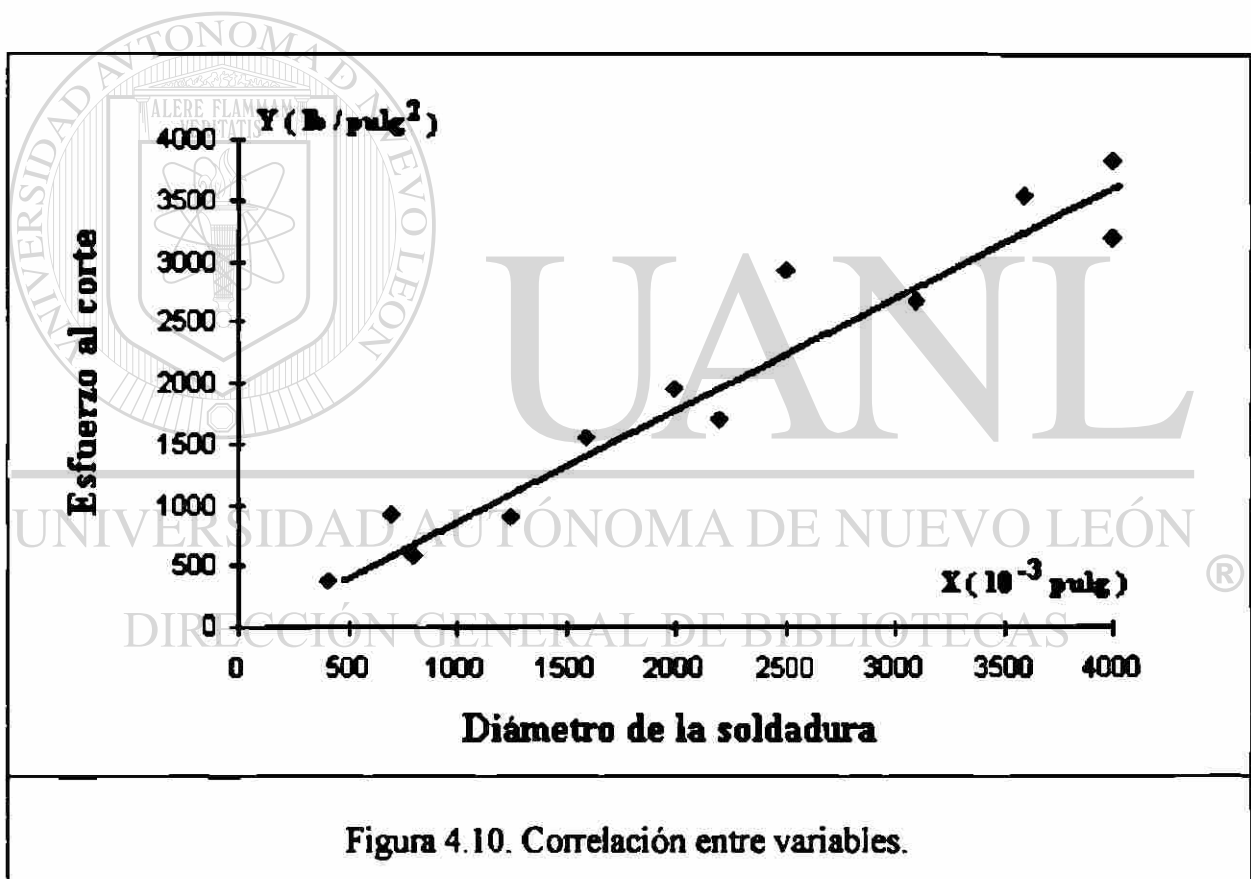


Figura 4.10. Correlación entre variables.

#### 4.2.7 La Gráfica de Control de Shewart.

La gráfica de control es una importante herramienta para mantener un proceso bajo control. Por primera vez Walter Shewart en la década de los años veintes la propuso, después de que se dió cuenta que hay causas comunes y especiales en la variación de un proceso y diseño las gráficas de control con objeto de hacer una separación.

Existen dos causas de variabilidad en un proceso, éstas pueden deberse a lo que son las causas especiales y éstas son aquellas que se deben a circunstancias que no se dan en forma ordinaria. Se detectan fácilmente y se solucionan con una acción particular que en la mayoría de los casos resulta claro como debe hacerse esto. Por otra parte, están las causas comunes las cuales son debidas en gran parte al azar. La solución de éstas requiere de acciones sobre el sistema, ésto es cambios en el diseño del proceso o en los elementos que intervienen en dicho proceso.

Es de vital importancia el empleo de las gráficas de control para hacer un análisis del comportamiento de un proceso, una gráfica de control es un registro continuo del trabajo, y nos informa si el proceso se desarrolla adecuadamente, y además nos dice cuando requiere atención el mismo. Es una buena herramienta que indica si hay problema y también si ya se ha hecho la corrección adecuada.

Existen muy buenas razones para emplear un diagrama de control y son las siguientes:

a) El diagrama de control mejorará la productividad. El diagrama de control reduce el rechazo y la reelaboración con esto hay un aumento de la productividad, los costos disminuyen y la capacidad de la producción aumenta.

b) Los diagramas de control son eficaces para evitar defectos. El diagrama de control mantiene bien el proceso bajo control, ésto implica que las cosas se hacen bien desde el principio, si no hubiera un control de proceso eficiente, se estaría pagando a la gente por fabricar con defectos.

c) Los diagramas de control evitan ajusten innecesarios al proceso. Este diagrama puede distinguir entre el ruido de fondo y una variación anormal si los operarios del proceso hacen sus ajustes con base en pruebas no relacionadas con un programa de diagrama de control tomarán demasiado en cuenta el ruido de fondo y harán ajustes innecesarios.

d) Los diagramas de control proporcionan información para el análisis. A menudo el patrón de los puntos del diagrama de control, contienen información diagnóstica para un operario o ingeniero con experiencia, lo cual facilita hacer un cambio en el proceso que mejore su rendimiento.

e) Los diagramas de control proporcionan información de la capacidad del proceso. La gráfica de control ofrece información sobre el valor del proceso y de su estabilidad en el tiempo, lo cual permite estimar la capacidad del proceso.

Existen dos gráficas de control que son:

- a) Gráficas de control de variables.
- b) Gráficas de control de atributo.

Entendiéndose por variable a la característica de la calidad medible que puede expresarse mediante un número, mientras que un atributo es la característica de la calidad que se juzga mediante expresiones calificativas como son: pasa o no pasa, aprobado, rechazado, conforme a, no conforme a.

La gráfica de control de variables se usa cuando se mide una dimensión o característica y el resultado es una cifra. Dentro de este tipo de gráficas la que más se emplea es la gráfica de promedio y rango es por esto que a continuación se describe en que consiste.

Esta gráfica en realidad son dos, una es la gráfica de promedio que se utiliza para monitorear la exactitud de la operación en la dimensión especificada y la gráfica de rango para monitorear la dispersión de la dimensión respecto al promedio, como puede verse en la figura 4.11.

Gráfica de atributos, después de que se hace una cuidadosa inspección y teniendo resultados como bueno o malo, pasa o no pasa se le dan valores a estos resultados para poder graficarlos y de ésta manera con métodos estadísticos poder controlar y monitorear dichos valores.

Por ejemplo si se desea monitorear el diámetro de un eje se podría emplear un medidor de pasa o no pasa este medidor dirá si el eje está dentro de los límites de calibración establecidos, pero no proporciona lecturas reales, pero como no se puede utilizar una gráfica de promedio y rango para este tipo de información, es que se usa la gráfica de atributo y una variedad de ésta, es la gráfica de porcentaje defectuoso que se muestra en la figura 4.12.

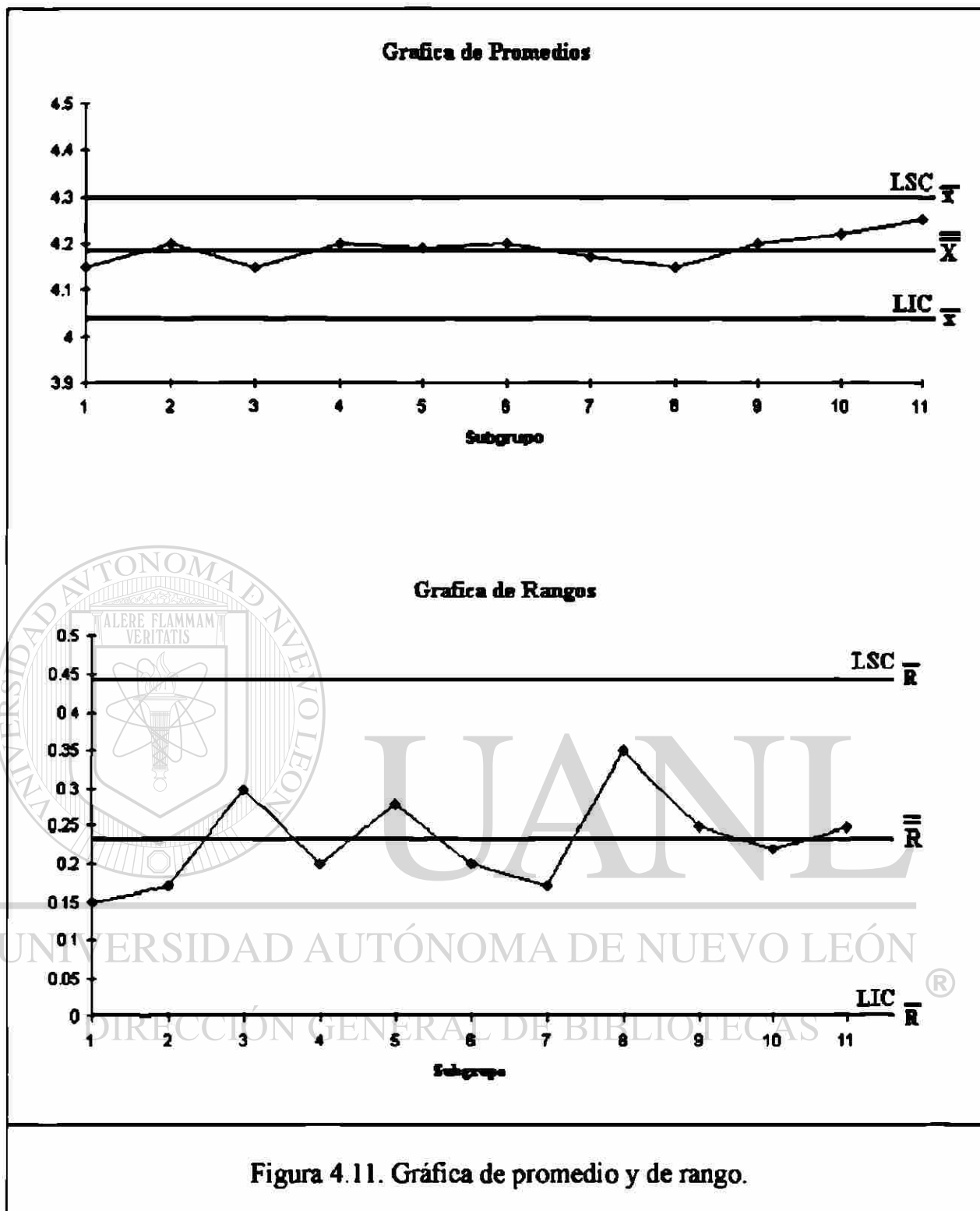
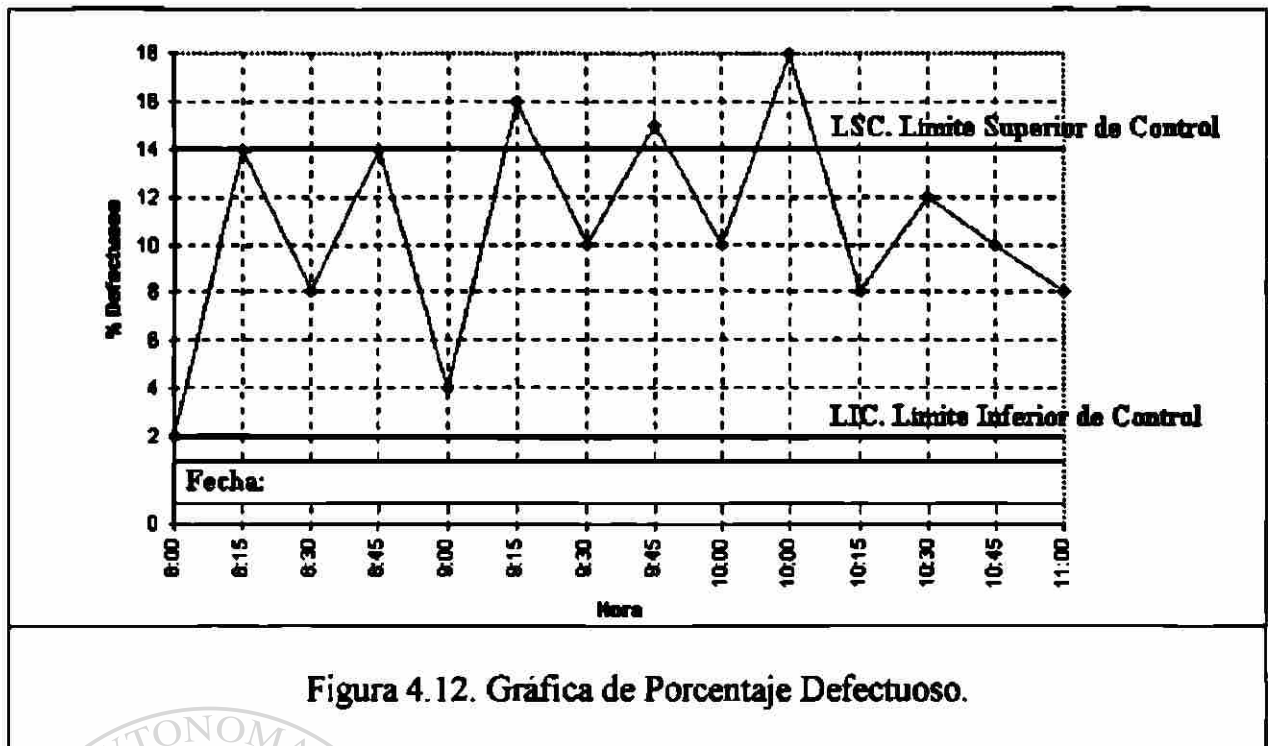


Figura 4.11. Gráfica de promedio y de rango.

Los puntos del gráfico anterior se obtuvieron después de que se revisó una cierta muestra, el operador tuvo que contar las piezas que fueron rechazadas por el calibrador por no estar dentro de especificación y calculó el porcentaje defectuoso de la muestra extraída y con esto, se pudo trazar la gráfica de porcentaje defectuoso. Y si los puntos graficados quedan dentro de los límites de control todo es satisfactorio y de no ser así habrá que hacer correcciones.



### 4.3 Las Siete Nuevas Herramientas.

Recientemente se ha dado difusión a las siete nuevas herramientas que se emplean para el mejoramiento de la calidad, éstas son de gran utilidad para que los administradores realicen su trabajo de mejora continua en lo que se refiere a la planeación de la calidad, a continuación se describe brevemente cada una de éstas.

## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

### 2.3.1 Diagrama de Afinidad y Método KJ.

#### DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Ésta es una creación de Kawakita Jiro en la década de 1960, con esta herramienta se puede reunir y organizar una cantidad bastante grande de ideas, comentarios y opiniones que se relacionen con un problema amplio al cual se le llama área temática, la idea de esta metodología es poder filtrar un gran volumen de información de manera práctica y así identificar los comportamientos y agrupamientos naturales que la información tiene y así la gente que trabaja con esta información se pueda concentrar en lo más importante y así trabajará con la información organizada.

### **4.3.2 Diagrama de interrelación.**

Esta metodología permite tomar una idea central y planear eslabones secuenciales o lógicos entre las categorías relacionadas. Esta herramienta establece que cualquier idea se puede enlazar en forma lógica con más de una idea a la vez esto facilita el razonamiento lateral y no el lineal. Normalmente esto se emplea después de que el diagrama de afinidad resaltó los problemas y opiniones más relevantes.

### **4.3.3 Diagrama de árbol.**

Esto facilita la relación de trayectorias y tareas que se necesitan llevar a cabo para alcanzar una meta o completar un proyecto específico, esto permite saber cual es la secuencia de tareas que necesitan terminar para manejar mejor un asunto, o bien cuales son todos los factores que contribuyen a la existencia del problema clave.

### **4.3.4 Diagramas matriciales.**

Estos diagramas son prácticamente las hojas de cálculo que muestran las relaciones entre características, funciones y tareas en presentación gráfica, para obtener puntos de conexión lógica entre cada artículo.

### **4.3.5 Análisis de datos matriciales.**

Esta metodología consiste en tomar datos de los diagramas matriciales y los trata de acomodar en forma cuantitativa con objeto de presentar las relaciones y los aspectos importantes de esas relaciones entre variables, esta técnica se basa en el análisis de factores.



### **2.3.6 Gráfica de programa de decisión de proceso.**

Este método sirve para delinear el curso de todo evento y contingencia que sea concebible y que puedan suceder cuando se pasa de enunciar un problema a las posibles soluciones y dar contramedidas que eviten que suceda una desviación o bien que se tomen medidas si esto sucede.

### **4.3.7 Diagrama de flechas .**

La gente que trabaja en proyectos de construcción ha empleado esta técnica por muchos años en forma de ruta crítica y Pert para poder planear dichos proyectos. Estos diagramas de flechas también se enseñan en cursos de administración.

### **4.4 Modelos Estadísticos que se pueden emplear.**

Las distribuciones de probabilidad son de utilidad para modelar o describir las características de calidad de un proceso. Como ya se comentó anteriormente la distribución de frecuencias y el histograma son un buen método para hacer una descripción de la variación de un proceso, y esto es importante porque es imposible evitar la variación en un proceso y entonces lo que se hace es mantenerla dentro de ciertos límites y al hacer esto aseguramos que las piezas que se obtienen de un proceso estén bajo especificación.

#### **4.4.1 Distribuciones de Probabilidad.**

Debemos entender una muestra como una colección de valores que se observan o se miden y que se seleccionan a partir de un conjunto más grande llamado población. Si se emplean los métodos estadísticos adecuados entonces es factible que de los resultados de analizar la muestra se puedan obtener conclusiones válidas acerca de un determinado proceso.

Una distribución de probabilidad puede entenderse como un modelo matemático que permite relacionar el valor de la variable con la probabilidad de ocurrencia de este valor en la población. Básicamente existen dos tipos de distribuciones de probabilidad:

a) **Distribuciones continuas.** Cuando la variable que se mide se expresa en una escala continua, su distribución de probabilidad recibe el nombre de distribución continua.

Por ejemplo si  $x$  es una variable aleatoria que represente el contenido real en onzas en las latas de café de una libra se supone que la distribuciones de probabilidad de  $x$  es:

$$f(x) = \frac{1}{15} \quad 15.5 \leq x \leq 17.0$$

Entonces ésta es una distribución continua ya que el intervalo de  $x$  es de 15.5 a 17, esta distribución se denomina distribución uniforme y el área bajo la función  $f(x)$  corresponde a una probabilidad de tal forma que la probabilidad de que una lata contenga menos de 16 onzas es :

$$P(x \leq x \leq 16.0) = \int_{15.5}^{16.0} f(x) dx$$

$$= \int_{15.5}^{16.0} \frac{1}{15} dx$$

$$= \frac{16.0 - 15.5}{1.5} = 0.3333$$

b) **Distribuciones discretas.** Cuando el parámetro a medir solamente puede tomar ciertos valores como los números enteros 1,2..., la distribución de probabilidad se denomina distribución discreta.

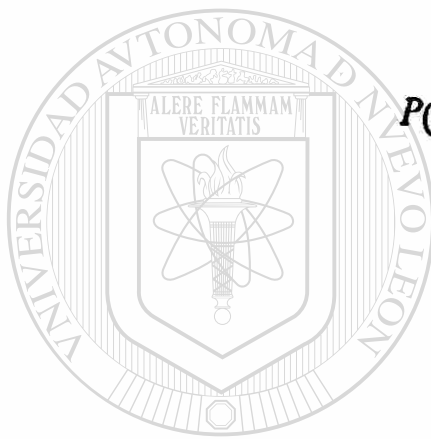
Por ejemplo, en un proceso de manufactura que produce miles de transistores diariamente se sabe que en promedio el 1% no se apega a las especificaciones y cada hora un inspector selecciona una muestra aleatoria de 50 transistores para clasificarlos como

conforme o disconforme y si  $x$  representa a la variable aleatoria del número de piezas con disconformidad en la muestra, entonces la distribución de probabilidad de  $x$  es:

$$p(x) = \binom{50}{x} (0.01)^x (0.99)^{50-x} \quad x = 0, 1, 2, \dots, 50$$

donde  $\binom{50}{x} = \frac{50!}{x!(50-x)!}$  es el número de combinaciones de 50 partes tomadas

$x$  cada vez, esta es una distribución discreta ya que el número observado de disconformidades es  $x = 0, 1, 2, \dots, 50$  y se denomina distribución binomial. Y se puede calcular la probabilidad de encontrar a lo más una pieza disconforme en la muestra como:



$$P(x \leq 1) = P(x = 0) + P(x = 1)$$

$$= p(0) + p(1)$$

$$= \sum_{x=0}^1 \binom{50}{x} (0.01)^x (0.99)^{50-x}$$

$$= \frac{50!}{0! 50!} (0.99)^{50} (0.01)^0 + \frac{50!}{1! 49!} (0.99)^{49} (0.01)^1$$

$$= 0.6050 + 0.3056 = 0.9106$$

La figura 4.13 muestra como lucen las distribuciones anteriormente mencionadas.

Se aprecia que una distribución discreta tiene forma de una serie de trazos o estacas verticales donde la altura de cada trazo es proporcional a la probabilidad. La probabilidad de que la variable aleatoria  $x$  tome un valor específico  $x_i$ , se expresa como:

$$P\{x = x_i\} = p(x_i)$$

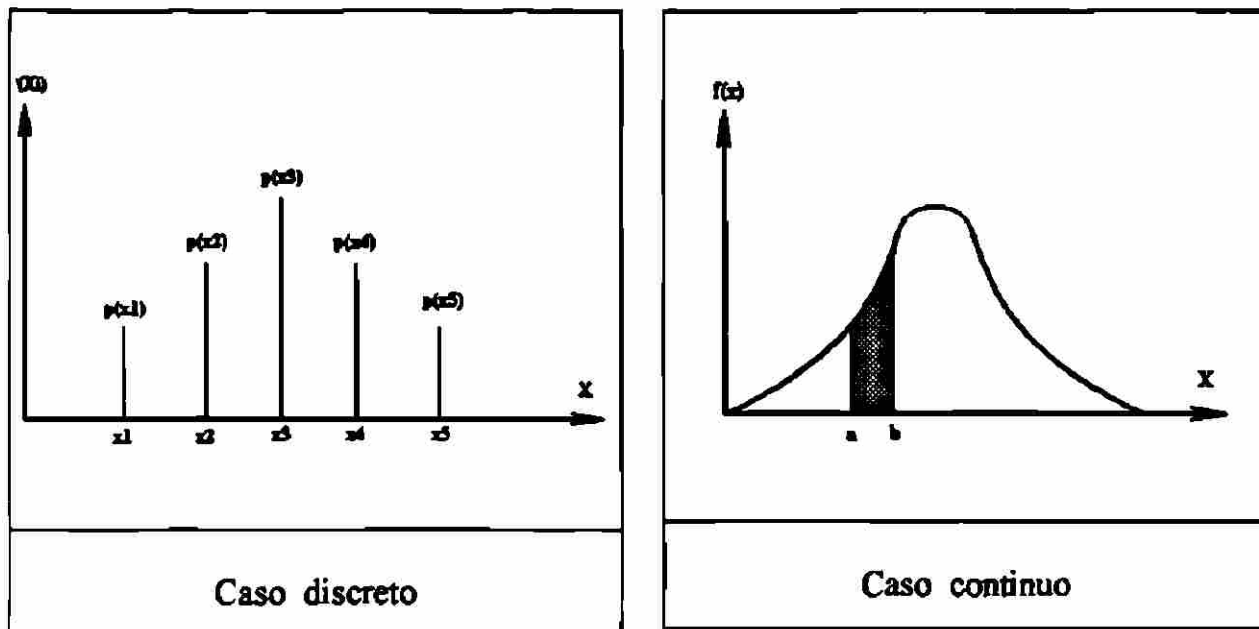


Figura 4.13. Distribuciones de probabilidad.

Mientras que una distribución continua es una curva en forma de campana donde el área bajo la curva es igual a la probabilidad, así que la probabilidad de que  $x$  se encuentre en el intervalo de  $a$  hasta  $b$  puede expresarse de la siguiente manera:

$$P \{ a \leq x \leq b \} = \int_a^b f(x) dx$$

La media  $m$  de una distribución de probabilidad es una medida de la tendencia central en la distribución y si la población tiene  $n$  elementos entonces la media puede expresarse de la siguiente manera:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$$

Prácticamente la media es el punto de equilibrio de la distribución o centro de gravedad de la distribución de probabilidad mientras que la dispersión o variabilidad se expresa como la varianza  $\sigma^2$  y si hay  $N$  elementos en una población entonces la varianza será :

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}$$

La varianza es el promedio de los cuadrados de las desviaciones ó sea la distancia de cada elemento de la población respecto a la media. La desviación estándar es una medida de la disgregación o dispersión de los datos de la población expresada en la unidad original y sería la raíz cuadrada de la expresión anterior y se expresa con la letra griega  $\sigma$ .

#### 4.4.1.1 Distribuciones discretas.

Entre las más importantes que se emplean en el control estadístico de la calidad están las distribuciones hipergeométrica, binomial, Poisson y la de Pascal.

**a) Distribución hipergeométrica.** Si se tiene una población finita con  $n$  elementos algunos de estos serán de interés y les asignamos la letra  $D$  de tal manera que  $D$  sea  $\leq N$  si se selecciona una muestra aleatoria de la población sin reposición entonces se observará el número de elementos en la muestra que quedan en la clase de interés digamos  $x$  de tal manera que  $x$  es una variable aleatoria hipergeométrica que tiene la siguiente distribución de probabilidad:

$$P(x) = \frac{\binom{D}{x} \binom{N-D}{n-x}}{\binom{N}{n}} \quad x = 0, 1, 2, \dots, \min(n, D)$$

donde:

$$\binom{a}{b} = \frac{a!}{b! (a-b)!}$$

Esto muestra el número de combinaciones de  $a$  elementos tomados  $b$  cada vez. La media y la varianza de la distribución hipergeométrica son:

$$\mu = \frac{nD}{N}$$

y

$$\sigma^2 = \frac{nD}{N} \left(1 - \frac{D}{N}\right) \left(\frac{N-n}{N-1}\right)$$

La distribución hipergeométrica es el modelo probabilístico apropiado para seleccionar una muestra aleatoria de  $n$  elementos sin reposición en un lote de  $N$  de ellos de los cuales  $D$  son disconformes o defectuosos en estas aplicaciones  $x$  normalmente representa el número de artículos disconformes encontrados en la muestra este tipo de modelos probabilísticos son también empleados para diseñar procedimientos de muestreo de aceptación.

Por ejemplo, si tenemos un lote que contenga 100 artículos de los que 5 no cumplieran los requisitos si se seleccionaran 10 artículos al azar sin reposición entonces la probabilidad de encontrar a lo más un artículo disconforme en la muestra es:

$$P\{x \leq 1\} = P\{x = 0\} + P\{x = 1\}$$

$$= \frac{\binom{5}{0} \binom{95}{10}}{\binom{100}{10}} + \frac{\binom{5}{1} \binom{95}{9}}{\binom{100}{10}} = 0.923$$

**b) Distribución binomial.** Si se tiene un proceso que consiste en una sucesión de  $n$  pruebas independientes donde el resultado de cada una es un éxito o un fracaso tales pruebas se llama pruebas de Bernoulli. Si la probabilidad de un éxito en cualquier prueba por ejemplo  $p$  es constante entonces el número de éxitos  $x$  en  $n$  pruebas de Bernoulli tendrá la distribución binomial siguiente:

$$p(x) = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x} \quad x = 0, 1, \dots, n$$

Aquí se puede apreciar que los parámetros de la distribución son  $n$  y  $p$ , donde  $n$  es un número entero positivo, y  $0 < p < 1$ . La media y la varianza de la distribución binomial son:

$$\mu = np$$

y

$$\sigma^2 = np(1-p)$$



La distribución binomial se usa con frecuencia en el control de calidad, es un buen modelo probabilístico que facilita el muestreo de una población infinitamente grande donde  $p$  representa la fracción o proporción de artículos defectuosos en la población, y donde  $x$  suele representar el número de artículos disconformes encontrados en una muestra aleatoria de  $n$ .

Si por ejemplo,  $p = 0.10$  y  $n = 15$  entonces la probabilidad de obtener  $x$  artículos disconformes se evalúa con la fórmula  $p(x)$  como se muestra en la tabla 4.7.

Según la representación gráfica de la distribución de probabilidad los valores de  $p(x)$  aumentan hasta cierto punto y después disminuyen, específicamente  $p(x) > p(x - 1)$  para  $x < (n + 1)p$  y  $p(x) < p(x - 1)$  para  $x > (n + 1)p$ . Si  $(n + 1)p = m$  es un número entero entonces  $p(m) = p(m - 1)$ .

$x$	$P(x)$
0	0.2059
1	0.3432
2	0.2669
3	0.1285
4	0.0428
5	0.0105
6	0.0019
7	0.0003
8	0.000
·	
·	
15	0.000

Tabla 4.7. Distribución binomial

Hay un sólo entero  $m$  tal que  $(m + 1)p - 1 < m \leq (n + 1)p$  de tal manera que la variable aleatoria que aparece frecuentemente en control estadístico es:

$$\hat{p} = \frac{x}{n}$$

donde  $x$  tiene una distribución binomial con parámetros  $n$  y  $p$ , y se considera muchas veces a  $\hat{p}$  el cociente del número de artículos defectuosos en la muestra entre el tamaño muestral, y suele denominarse fracción muestral de defectuosos o fracción muestral de disconformes. Así que la distribución de probabilidad de  $\hat{p}$  que se obtiene a

partir de la binomial es:

$$P\{\hat{p} \leq a\} = P\left\{\frac{x}{n} \leq a\right\} = P\{x \leq na\} = \sum_{x=0}^{[na]} \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x}$$

donde  $(na)$  denota el mayor entero menor que o igual a  $na$  por lo que la media de  $\hat{p}$  es  $p$ , así que la varianza de  $\hat{p}$  es:

$$\sigma_{\hat{p}}^2 = \frac{p(1-p)}{n}$$

c) **Distribución de Poisson.** Es una distribución discreta útil en el control estadístico de la probabilidad y se evalúa con la siguiente expresión:

$$p(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} \quad x = 0, 1, \dots$$

Donde el parámetro  $\lambda > 0$ . La media y la varianza de la distribución de Poisson son:

y,

$$\mu = \lambda$$

$$\sigma^2 = \lambda$$

Esto quiere decir que la media y la varianza de la distribución de Poisson son ambas iguales al parámetro  $\lambda$ .

Una aplicación en control de calidad de esta distribución es como un modelo del número de defectos o disconformidades que ocurren en una unidad del producto ó sea cualquier fenómeno aleatorio que ocurre por unidad de área, de volumen o de tiempo, etc, muchas veces se puede aproximar bien con la distribución de Poisson.

Por ejemplo si suponemos que el número de defectos por unidad en las conexiones de conductores en un dispositivo electrónico tiene distribución de Poisson con parámetro  $\lambda = 4$ . Entonces la probabilidad de que uno de estos dispositivos seleccionados al azar contenga nada más dos defectos en la conexiones es:

$$\begin{aligned} P\{x \leq 2\} &= \sum_{x=0}^2 \frac{e^{-4} 4^x}{x!} \\ &= 0.0183 + 0.0733 + 0.1464 = 0.2380 \end{aligned}$$

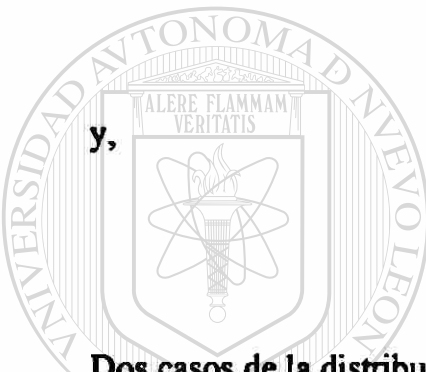
**d) Distribución de Pascal** La distribución de Pascal al igual que la binomial se basa en pruebas de Bernoulli. Si se considera una sucesión de pruebas independientes cada una con probabilidad de éxito  $p$  y sea  $x$  la prueba en la que se presenta el  $r$ -ésimo éxito entonces  $x$  es una variable aleatoria de Pascal con distribución de probabilidad.

$$P(x) = \binom{x-1}{r-1} p^r (1-p)^{x-r} \quad x = r, r+1, r+2, \dots$$

Donde  $r \geq 1$  es un entero. La media y la varianza de la distribución de Pascal son:

$$\mu = \frac{r}{p}$$

$$\sigma^2 = \frac{r(1-p)}{p^2}$$



y, Dos casos de la distribución de Pascal tienen especial interés, el primero es aquel en el cual  $r > 0$  y no necesariamente entero y la distribución que resulta se llama distribución binomial negativa y normalmente la:

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

$$P(x) = \binom{x-1}{r-1} p^r (1-p)^{x-r}$$

Recibe este nombre aún para valores enteros de  $r$  y esta distribución como la de Poisson, es útil como del estadístico para varios tipos de datos de conteo tal como ocurrencia de disconformidades en una unidad de un producto. Existe una dualidad importante en las distribuciones binomial y binomial negativa, donde en la primera se fija el tamaño muestral (número de pruebas de Bernoulli) y se observa el número de éxitos y en la segunda se fija el número de éxitos y se observa el tamaño muestral (número de pruebas de Bernoulli) requerido para lograrlo. Existe otro caso especial de la distribución de Pascal y se presenta para  $r = 1$  lo que produce una distribución geométrica y se trata de la distribución del número de pruebas de Bernoulli hasta obtener el primer éxito.

#### 4.4.1.2 Distribuciones Continuas.

Las más importantes son las distribuciones normal, exponencial, gamma y de Weibull.

##### a) Distribución normal.

La distribución más importante tanto en el aspecto teórico como en el práctico es muy probablemente la distribución normal. Si  $x$  es una variable aleatoria normal entonces su distribución de probabilidad es:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad -\infty < x < \infty$$

Los parámetros de la distribución normal son la media  $\mu$  ( $-\infty < x < \infty$ ) y la varianza  $\sigma^2 > 0$ . Y esta distribución se utiliza tan extensamente que a menudo se aplica cierta notación especial  $x \sim N(\mu, \sigma^2)$  que implica que  $x$  tiene distribución normal con media  $\mu$  y varianza  $\sigma^2$ . La distribución normal será una curva simétrica unimodal con forma acampanada. Como se muestra en la figura 4.14.

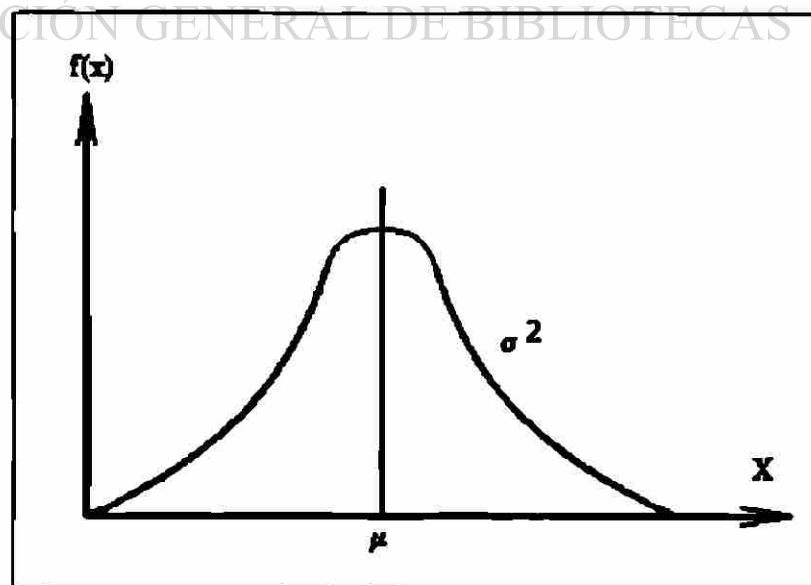


Figura 4.14. Distribución normal.

Hay una forma simple de interpretar la desviación estándar  $s$  de una distribución normal.

En la figura 4.15 se observa que el 68.26% de los valores poblacionales se encuentran entre los límites definidos por la media más y menos una desviación estándar ( $\sigma \pm 1 \sigma$ ), 95.46% de los valores están entre los límites definidos por la media más y menos dos desviaciones ( $\sigma \pm 2 \sigma$ ) y 99.73 % de los valores de la población caen entre los límites definidos por la media más y menos tres desviaciones estándares ( $\sigma \pm 2 \sigma$ ) de tal forma que la desviación estándar mide la distancia en la escala horizontal que se asocia a los límites de contención de 68.26 %, 95.46 % y 99.73 %.

$$P\{x \leq a\} = F(a) = \int_{-\infty}^a \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} dx$$

No es posible evaluar esta integral en forma cerrada. Sin embargo, utilizando el cambio de variable:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

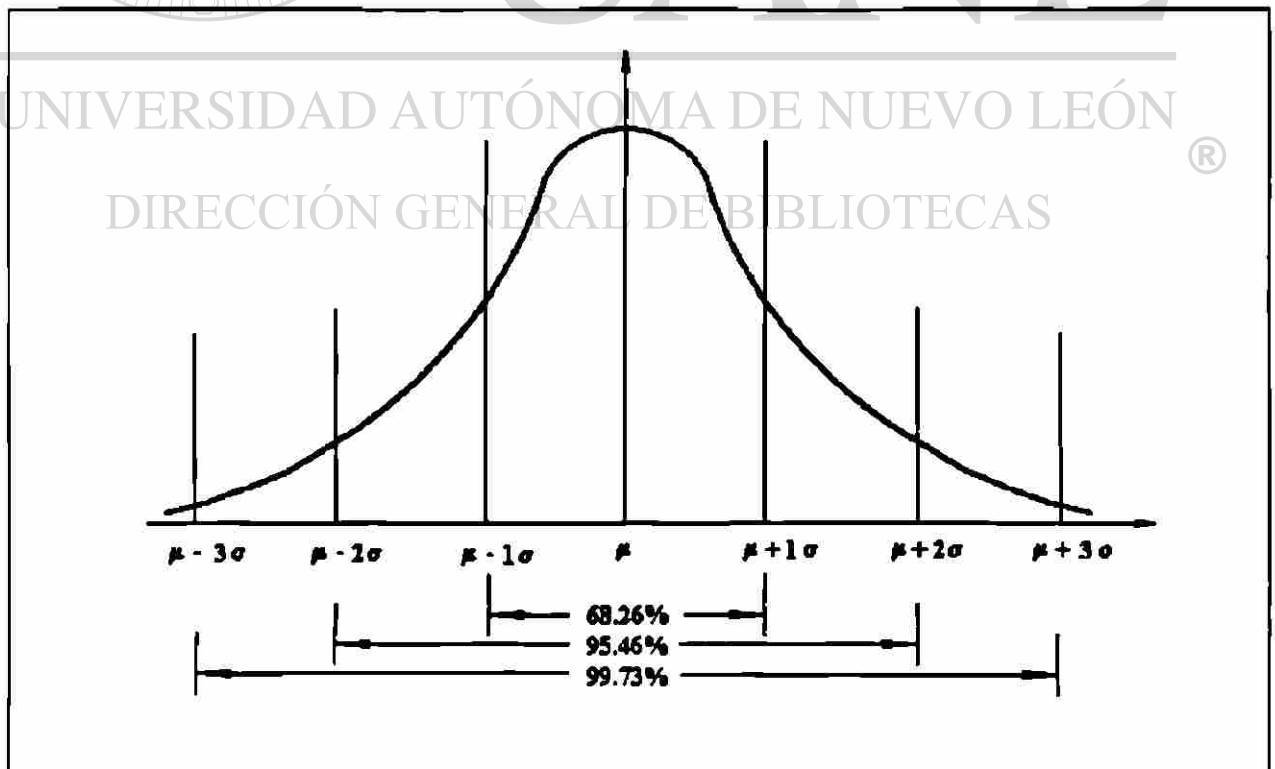


Figura 4.15. Áreas bajo la curva de distribución normal.

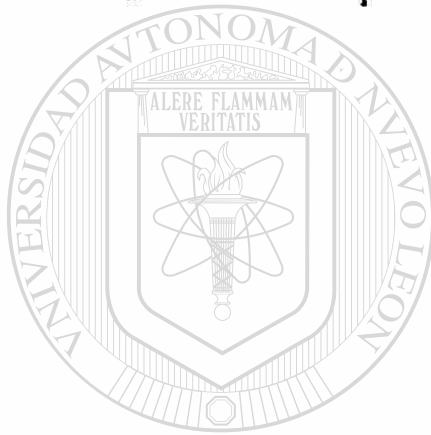
## b) Distribución exponencial.

La distribución de probabilidad de la variable aleatoria exponencial tiene la forma:

$$y, \quad \mu = \frac{1}{\lambda}$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{\lambda^2}$$

La distribución exponencial acumulativa es:



$$\begin{aligned} F(a) &= P \{x \leq a\} \\ &= \int_0^a \lambda e^{-\lambda t} dt \\ &= 1 - e^{-\lambda a} \quad a \geq 0 \end{aligned}$$

Esta distribución de probabilidad exponencial se utiliza ampliamente en el campo de la ingeniería de confiabilidad como modelo para el tiempo hasta la falla de un componente o sistema y para estas aplicaciones el parámetro  $\lambda$  se llama índice de falla del sistema y la media de la distribución  $1/\lambda$  se denomina tiempo medio hasta la falla, de tal manera que si un componente tuviera una vida útil que estuviera descrita por una distribución exponencial con un índice de falla de  $10^{-3}$  hrs. es decir,  $\lambda = 10^{-3}$  entonces el tiempo medio hasta la falla de este componente es  $1/\lambda = 10^3 = 1000$  hrs. y para determinar la probabilidad de que el componente fallara antes de su vida esperada se puede evaluar con la siguiente expresión:

$$P \left\{x \leq \frac{1}{\lambda}\right\} = \int_0^{1/\lambda} \lambda e^{-\lambda t} dt = 1 - e^{-1} = 0.63212$$

El resultado sigue siendo válido sin importar el valor de  $\lambda$ , o sea que, la probabilidad de que un valor de una variable aleatoria exponencial sea menor que su media es igual a 0.63212 y esto sucede porque la distribución no es simétrica. Hay una



relación importante entre la distribución exponencial y la de Poisson, si se considera esta última, un modelo del número de ocurrencias de algún evento en el intervalo  $(0, t]$  se puede obtener la expresión:

$$P(x) = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^x}{x!}$$

Entonces  $x = 0$  implica que el evento no ocurre en el intervalo  $(0, t)$  y la probabilidad  $P\{x=0\} = p(0) = e^{-\lambda t}$ . Es posible considerar a  $p(0)$  la probabilidad de que el intervalo hasta la primera ocurrencia sea mayor que  $(t, 0)$ :

$$P\{y > t\} = p(0) = e^{-\lambda t}$$

donde  $y$  es la variable aleatoria que denota el intervalo hasta la primera ocurrencia, ya que:

$$F(t) = P\{y \leq t\} = 1 - e^{-\lambda t}$$

y utilizando el hecho de que  $f(y) = dF(y)/dy$ , se obtiene

$$f(y) = \lambda e^{-\lambda y}$$

Como la distribución del intervalo hasta la primera ocurrencia. La fórmula anterior es una distribución exponencial con parámetro  $\lambda$  por lo tanto se observa que si el número de ocurrencias de un evento tiene distribución de Poisson con parámetro  $\lambda$ , entonces, la distribución del intervalo entre dos ocurrencias será un exponencial con parámetro  $\lambda$ .

### c) Distribución Gamma.

La distribución de probabilidad de una variable aleatoria Gamma tiene la forma:

$$f(x) = \frac{\lambda}{\Gamma(r)} (\lambda x)^{r-1} e^{-\lambda x} \quad x \geq 0$$

donde los parámetros son  $\lambda > 0$  y  $r > 0$ . Normalmente,  $r$  se llama parámetro de forma, y  $\lambda$  se denomina parámetro de escala. La media y la varianza de la distribución Gamma son:

$$\mu = \frac{r}{\lambda}$$

y

$$\sigma^2 = \frac{r}{\lambda^2}$$

En la figura 4.16 se muestra varias distribuciones Gamma, se puede apreciar que si  $r=1$  la distribución Gamma se convierte en la distribución exponencial con parámetro  $\lambda$ . Esta distribución puede tomar muchas formas, dependiendo de los valores escogidos para  $r$  y  $\lambda$ . Ésto la hace útil como un modelo para una gran variedad de variables aleatorias continuas. Si el parámetro  $r$  es un número entero, entonces la distribución Gamma es la suma de  $r$  distribuciones exponenciales distribuidas independiente e idénticamente cada una con parámetro  $\lambda$ . Esto es si  $x_1, x_2, \dots, x_r$  son exponenciales con parámetro  $\lambda$  e independientes, entonces,  $y = x_1 + x_2 + \dots + x_r$  se distribuye en la forma Gamma con parámetros  $r$  y  $\lambda$ , existe un gran número de aplicaciones importantes de este resultado.

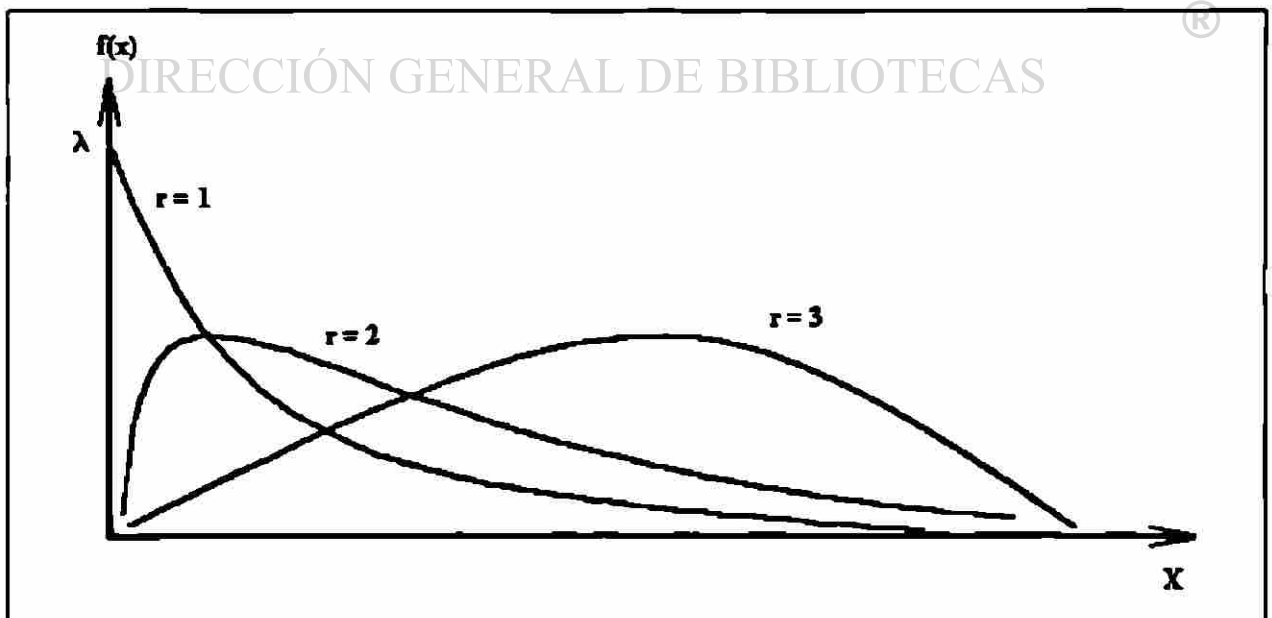


Figura 4.16. Distribuciones Gamma para valores de  $r$  y  $\lambda$  constante.

#### d) Distribución Weibull.

Con la siguiente expresión puede definirse la distribución de Weibull:

$$f(x) = \frac{\beta}{\delta} \left( \frac{x-\gamma}{\delta} \right)^{\beta-1} \exp \left[ - \left( \frac{x-\gamma}{\delta} \right)^{\beta} \right] \quad x \geq \gamma$$

Donde  $\gamma$  ( $-\infty < \gamma < \infty$ ) éste es el parámetro de disposición,  $\delta > 0$  es el parámetro de escala, y  $\beta > 0$  es el parámetro de forma, de tal manera que la media y la varianza de la distribución de Weibull son respectivamente:

$$\mu = \gamma + \delta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

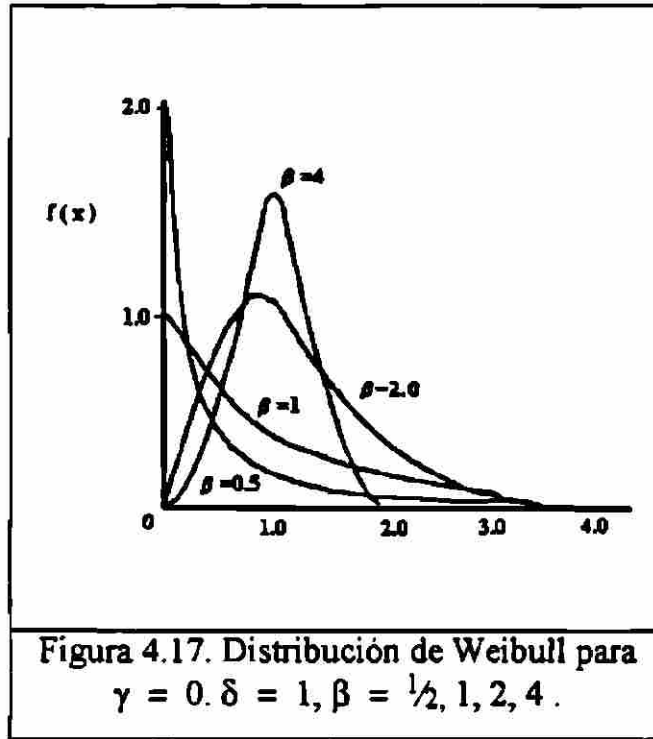
$$\sigma^2 = \delta^2 \left[ \Gamma\left(1 + \frac{2}{\beta}\right) - \left( \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \right)^2 \right]$$

Esta distribución es bastante flexible y si se selecciona de manera adecuada los parámetros  $\gamma$ ,  $\delta$ , y  $\beta$  pueden tomar una gran variedad de formas. En la figura 4.17 se observan diversas distribuciones de Weibull para  $\gamma = 0$ ,  $\delta = 1$  y  $\beta = 1/2, 1, 2$  y  $4$ .

Se puede apreciar que la distribución del Weibull se reduce a una distribución exponencial con parámetro  $1/\beta$  cuando  $\gamma = 0$  y  $\beta = 1$ . Así que la distribución acumulativa de Weibull queda como:

$$F(a) = 1 - \exp \left[ - \left( \frac{a-\gamma}{\delta} \right)^{\beta} \right]$$

Esta distribución se emplea en la ingeniería de confiabilidad como modelo del tiempo hasta la falla en componentes y sistemas electrónicos y mecánicos.



#### 4.4.2. Aproximaciones.

Para la solución de ciertos problemas de control de calidad es útil a veces aproximar una distribución de probabilidad con otra, esto debido a que hay situaciones en las que es difícil manipular analíticamente la distribución original, es por eso que a continuación se comentan algunas aproximaciones importantes. Como la aproximación binomial a la hipergeométrica, de Poisson a la binomial y la aproximación normal a la binomial.

### DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

#### a) Aproximación binomial a la Hipergeométrica.

Si se considera la distribución hipergeométrica dada por la ecuación:

$$P(x) = \frac{\binom{D}{x} \binom{N-D}{n-x}}{\binom{N}{n}} \quad x = 0, 1, 2, \dots, \min(n, D)$$

Si la razón  $n/N$  (llamada a menudo fracción de muestreo) es pequeña de tal forma que  $n/N \leq 1$ , entonces la distribución binomial con parámetros  $p = D/N$  y  $n$  es una

adecuada aproximación a la hipergeométrica. La aproximación es mejor en el caso de valores pequeños de  $n/N$ .

Esta aproximación es muy útil en el diseño de planes de muestreo para aceptación, recuerdese que la distribución hipergeométrica es el modelo adecuado para el número de artículos disconformes obtenidos en una muestra aleatoria de  $n$  artículos de un lote de tamaño finito  $N$ . De tal manera que si el tamaño muestral  $n$  es pequeño con respecto al tamaño del lote  $N$ , puede usarse la aproximación binomial, lo que suele simplificar considerablemente los cálculos.

#### b) Aproximación de Poisson a la binomial.

Es posible obtener la distribución de Poisson como una forma límite de la distribución binomial en el caso en que  $p$  tiende a cero y  $n$  tiende a infinito con  $\lambda = np$  etc. ésto quiere decir que para valores pequeños de  $p$  y valores grandes de  $n$  puede usarse la distribución de Poisson con  $\lambda = np$  para aproximar la distribución binomial. Esta aproximación es adecuada para valores grandes de  $n$  si  $p < 0.1$ . Y cuanto más grande es el valor  $n$  y más pequeño el valor de  $p$  tanto mejor resultará esta aproximación.

#### c) Aproximación normal a la binomial.

Se puede ver la distribución binomial como la suma de una secuencia de  $n$  pruebas de Bernoulli, cada una con probabilidad de éxito  $p$ . Si el número de pruebas  $n$  es grande, podrá usarse el teorema central del límite para justificar la distribución normal con media  $np$  y varianza  $(np)(1-p)$  como una aproximación a la binomial.

$$P \{ x = a \} = \binom{n}{a} p^a (1-p)^{(n-a)}$$

$$\approx \frac{1}{\sqrt{2\pi np(1-p)}} e^{-\frac{1}{2}[(a - np)^2 / np(1-p)]}$$

Como la distribución binomial es discreta, y la normal es continua, es práctica común usar correcciones de continuidad en la aproximación, de manera que:

$$P\{x = a\} \approx \Phi\left(\frac{a + \frac{1}{2} - np}{\sqrt{np(1-p)}}\right) - \Phi\left(\frac{a - \frac{1}{2} - np}{\sqrt{np(1-p)}}\right)$$

donde  $\Phi$  denota la función de distribución normal acumulativa estándar. Otros tipos de planteamientos probabilísticos se evalúan de manera similar, como:

$$P\{a \leq x \leq b\} \approx \Phi\left(\frac{b + \frac{1}{2} - np}{\sqrt{np(1-p)}}\right) - \Phi\left(\frac{a - \frac{1}{2} - np}{\sqrt{np(1-p)}}\right)$$

Se sabe que la aproximación normal a la binomial es satisfactoria para  $p$  casi igual a  $\frac{1}{2}$  y  $n > 10$ . Para otros valores de  $p$  se necesitan valores más grandes de  $n$ . En general, la aproximación no es adecuada para  $p < 1/(n+1)$  o bien  $P > n/(n+1)$ , o para valores de la variable aleatoria fuera de un intervalo con amplitud de seis desviaciones estándares, centrado de la media ( es decir, el intervalo  $np \pm 3\sqrt{np(1-p)}$  ).

También puede usarse la aproximación normal para la variable aleatoria  $P = x/n$ ; o sea, la fracción muestral defectuosa de la sección anterior. La variable aleatoria  $P$  tiene distribución aproximadamente normal, con media  $p$  y varianza  $p(1-p)/n$ , de manera que

$$P\{a \leq x \leq b\} = \Phi\left(\frac{b + \frac{1}{2n} - np}{\sqrt{np(1-p)}}\right) - \Phi\left(\frac{a - \frac{1}{2n} - np}{\sqrt{np(1-p)}}\right)$$

Anteriormente se comentó que las distribuciones de probabilidad eran de bastante utilidad para describir ó modelar la salida de un proceso, pero en los ejemplos que anteriormente se presentaron, se suponía que se conocían los parámetros de la distribución de probabilidad de tal forma que también se conocían los parámetros del proceso, pero en muy pocas ocasiones ésto sucede, por ejemplo, si se quisiera utilizar una distribución binomial para modelar el número de unidades disconformes encontradas mediante muestreo de un proceso de fabricación se consideraba que se conocía el parámetro  $p$  de a distribución binomial y la interpretación de  $p$  es que se trata de la verdadera fracción o proporción de unidades no conformes producidas en el proceso, pero si se conociera el verdadero valor de  $p$  y éste se mantuviera constante en el tiempo



entonces podríamos decir que los procedimientos formales de control de calidad serían innecesarios siempre que  $p$  sea aceptablemente pequeño.

Pero lo que ocurre más comunmente es que se desconoce los parámetros de un proceso además éstos continuamente cambian con el tiempo y entonces hay que desarrollar procedimientos para evaluar los parámetros de las distribuciones de probabilidad y resolver otros problemas diferenciales o que estén orientados hacia decisiones y es por eso que son de utilidad las técnicas estadísticas de cálculo de parámetros y la prueba de hipótesis, dichas técnicas forman la base de una gran parte de la metodología del control estadístico de la calidad. Por lo anteriormente expuesto a continuación se describen las distribuciones de muestreo más importantes.

#### 4.4.3 Distribuciones de muestreo.

El término muestra indica una porción de la población que se extrae de la misma con objeto de obtener información sobre el conjunto mayor de datos llamado población.

El muestreo es una técnica importante para la toma de decisiones con respecto a la aceptabilidad de un lote de bienes y servicios, con objeto de poder mejorar la calidad del producto cuando se eliminan lotes deficientes debido a que lotes defectuosos indican que hay que hacer mejoras substanciales al proceso.

En el aspecto económico tomar muestras es bastante conveniente, como el lote no se inspecciona en su totalidad existe cierto riesgo si no se usan los métodos estadísticos adecuados. La técnica de muestreo hace más fácil revisar con más detenimiento los artículos que si se evaluara todo el lote.

##### a) Distribuciones de muestreo y estadísticas.

La inferencia estadística tiene como objetivo extraer conclusiones y tomar decisiones con respecto a la población todo esto basado en la muestra seleccionada. Es común el uso de muestras aleatorias, esto quiere decir que se selecciona la muestra con un procedimiento que no tiene una orientación sistemática. Pero además existen otras estrategias de muestreo y el método de análisis debe ser congruente con el diseño que se

tiene de muestreo. Una medida estadística puede verse como una función de datos muestrales que no contiene los parámetros desconocidos así que si tenemos las observaciones de una muestra  $X_1, X_2, \dots, X_n$ .

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

la varianza muestral:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

y la desviación estándar muestral:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Estas estadísticas miden la tendencia central y la dispersión. Cuando se conoce la distribución de probabilidad de la población de la que fue obtenida la muestra entonces es posible determinar la distribución de probabilidad de diversas estadísticas calculadas a partir de los datos muestrales. La distribución de probabilidad de una estadística recibe el nombre de distribución de muestreo.

#### b) Muestreo empleando una distribución normal .

Sea  $x$  una variable aleatoria que se distribuye normalmente, que tiene una media  $\mu$  y una varianza  $\sigma^2$  y además sea  $X_1, X_2, \dots, X_n$  una muestra aleatoria de tamaño  $n$  tomada en este proceso, entonces la distribución de la media muestral  $\bar{x}$  es:

$$N(\mu, \sigma^2/n)$$

Entonces puede llegarse a la expresión siguiente empleando directamente los resultados respecto a la distribución de combinaciones lineales de variables aleatorias normales. Esta propiedad muestral no se limita al caso de una muestra de poblaciones normales, entonces podemos llegar a la siguiente expresión:

$$\left(\frac{\bar{x} - \mu}{\sigma}\right)\sqrt{n} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i - n\mu}{\sigma\sqrt{n}}$$

Por el teorema de límite sabemos que la distribución de:

$$\sum_{i=1}^n x$$

Es aproximadamente normal con media  $n\mu$  y varianza  $n\sigma^2$  sin importar la distribución de la población, así por lo tanto la distribución de muestreo de la media muestral es aproximadamente:

$$\bar{x} \sim N\left(\mu, \frac{\sigma^2}{n}\right)$$

Sin importar la distribución de la población.

Una distribución que es importante y que está definida en términos de la distribución normal es la distribución  $\chi^2$  o  $X^2$ , si  $X_1, X_2 \dots X_n$  son variables aleatorias que están distribuidas de forma normal con media cero y varianza 1, así es que la variable aleatoria queda de la siguiente manera:

$$X_n^2 = x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2$$

se distribuirá como una  $\chi^2$  con  $n$  grados de libertad. La distribución de probabilidad de  $X^2$  es:

$$f(X^2) = \frac{1}{2^{n/2} \Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} (X^2)^{(n/2)-1} e^{-X^2/2} \quad X^2 > 0$$

En la figura 4.18 se muestran varias distribuciones  $X^2$ . La distribución se observa sesgada con media  $\mu = n$  y varianza  $\sigma^2 = 2n$ .

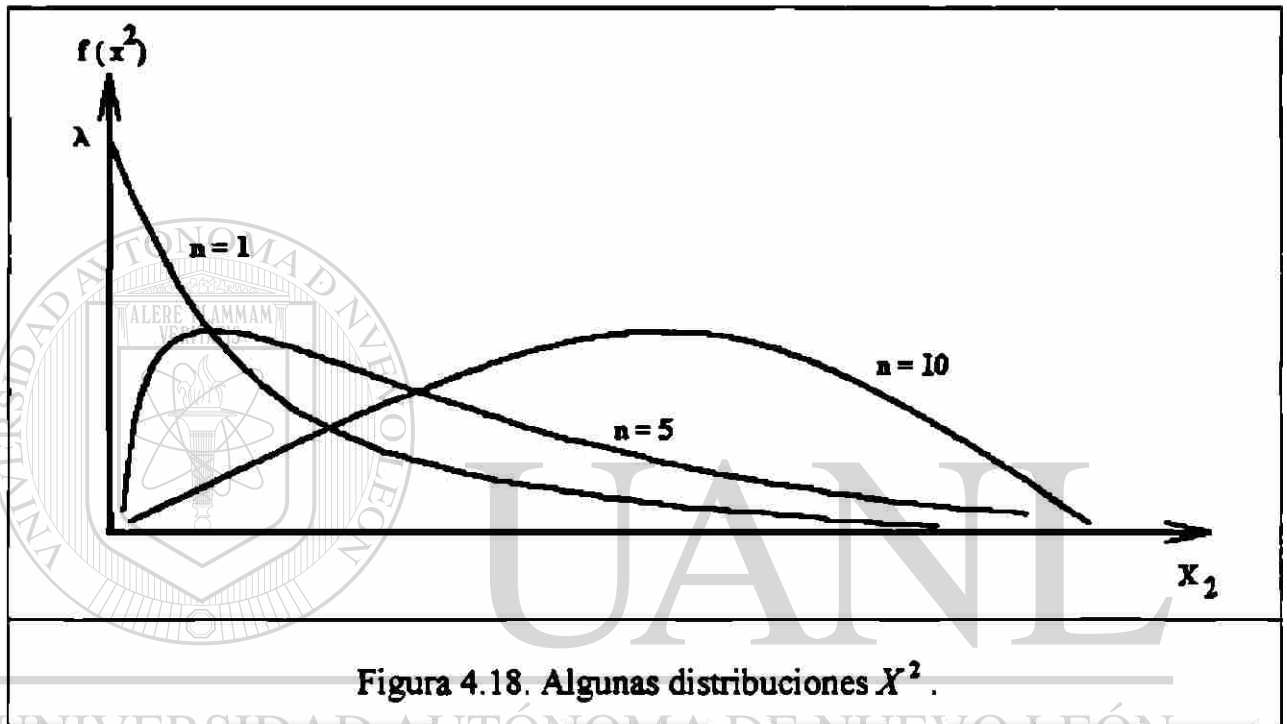


Figura 4.18. Algunas distribuciones  $X^2$ .

Con objeto de explicar como se emplea la distribución  $ji^2$  podemos suponer que  $X_1, X_2, \dots, X_n$  es una muestra aleatoria de una distribución  $N(\mu, \sigma)$ , entonces la variable aleatoria:

$$\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^2}{\sigma^2} \sim X_{n-1}^2$$

Recombinando términos podemos llegar a la siguiente expresión:

$$\frac{(n-1) S^2}{\sigma^2} \sim X_{n-1}^2$$

O sea, que la distribución de muestreo de  $(n - 1)S^2/\sigma^2$  es  $X_{n-1}^2$  cuando se realiza el muestreo a partir de una distribución normal.

Otra distribución de muestreo que también es de utilidad es la distribución t. Cuando  $x$  y  $t$  son variables aleatorias independientes, normal estándar y ji cuadrada respectivamente entonces la variable aleatoria:

$$t_k = \frac{x}{\sqrt{X_k^2 / k}}$$

Se distribuirá como t con  $k$  grados de libertad denotada por  $t_k$  la distribución de probabilidad de  $t$  es:

$$f(t) = \frac{\Gamma[(k + 1)/2]}{\sqrt{k} \pi \Gamma(k/2)} \left( \frac{t^2}{k} + 1 \right)^{-(k + 1)/2} \quad -\infty < t < \infty$$

Donde la media y la varianza de  $t$  son  $\mu = 0$  y  $\sigma^2 = k/(k - 2)$  para  $k > 2$ . Y los grados de libertad para  $t$  son los grados de libertad correspondientes a la variable aleatoria ji cuadrada en el denominador de la ecuación:

$$t_k = \frac{x}{\sqrt{X_k^2 / k}}$$

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

En la figura 4.19 se muestran distintas distribuciones t.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Como ejemplo de una variable aleatoria distribuida como t supongase que  $X_1, X_2, \dots, X_n$  es una muestra aleatoria de la distribución:  $N(\mu, \sigma^2)$ . Si  $\bar{x}$  y  $S^2$  se calcula para esta muestra llegamos a la siguiente expresión:

$$\frac{\bar{x} - \mu}{S/\sqrt{n}} = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} = \frac{N(0, 1)}{\sqrt{X_{n-1}^2 / (n - 1)}}$$

Empleando el hecho de que  $(n-2)S^2/\sigma^2$  entonces por consiguiente la variable aleatoria queda como:

$$\frac{\bar{x} - \mu}{S/\sqrt{n}} \sim t_{n-1}$$

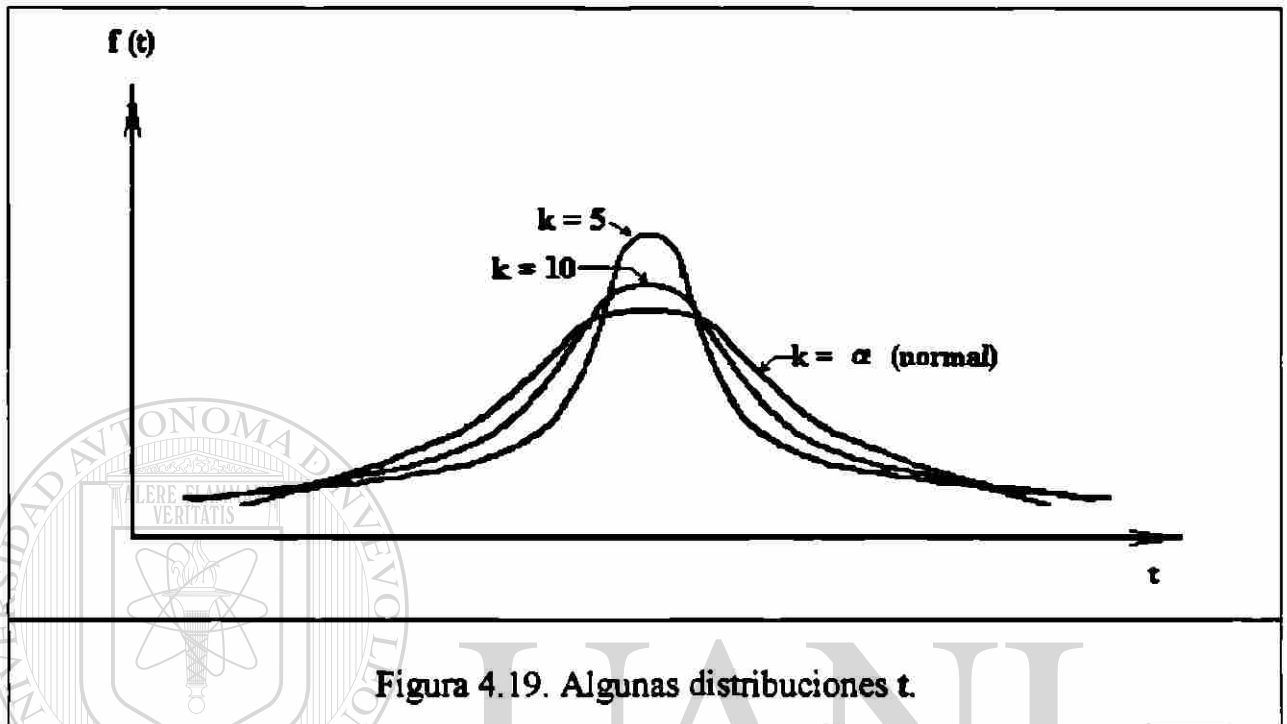


Figura 4.19. Algunas distribuciones t.

La última distribución muestral basada en el proceso normal que se expone aquí es la distribución F. Si  $X_u^2$  y  $X_v^2$  que son dos variables aleatorias ji cuadrada independientes con  $u$  y  $v$  grados de libertad respectivamente y entonces la razón es:

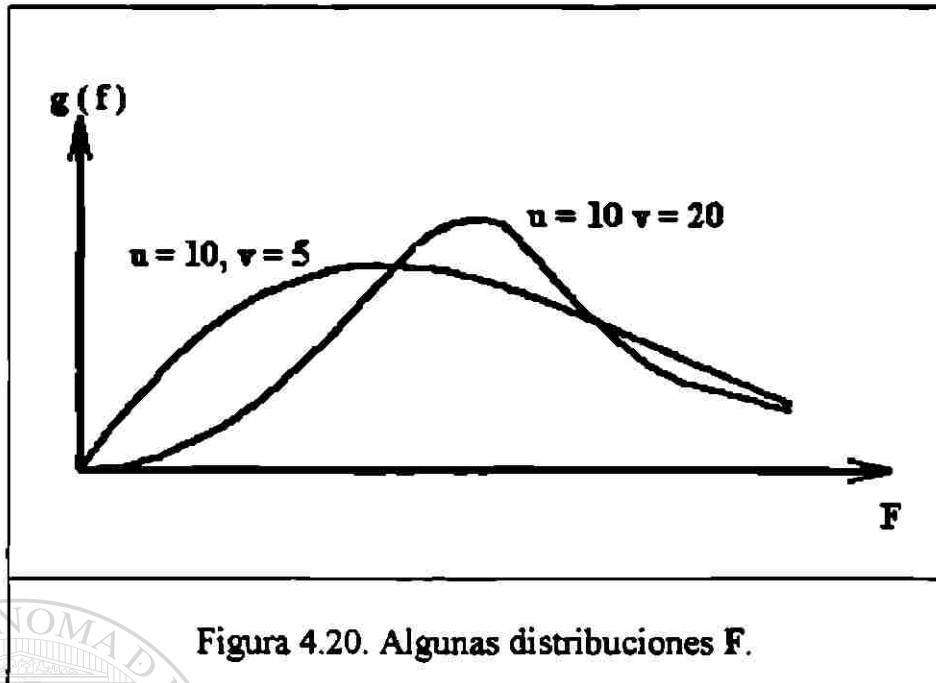
$$F_{u,v} = \frac{X_u^2 / u}{X_v^2 / v}$$

Se distribuye como una F, son  $u$  grados de libertad en el numerador y  $v$  grados de libertad en el denominador, así es que la función de densidad de F es:

$$g(F) = \frac{\Gamma\left(\frac{u+v}{2}\right) \left(\frac{u}{v}\right)^{u/2}}{\Gamma\left(\frac{u}{2}\right) \Gamma\left(\frac{v}{2}\right)} \frac{F^{(u/2)-1}}{\left[\left(\frac{u}{v}\right)F + 1\right]^{(u+v)/2}} \quad 0 < F < \infty$$



En la figura 4.20 se presentan algunas distribuciones F.



Como ejemplo de una variable aleatoria que se distribuye como F se puede suponer que tenemos dos procesos normales independientes tales como  $x_1 \sim N(\mu_1, \sigma_1^2)$  y  $x_2 \sim N(\mu_2, \sigma_2^2)$ . Sea  $X_{11}, X_{12}, \dots, X_{2n-1}$  una muestra aleatoria de  $n_1$  observaciones a partir del primer proceso normal, y sea  $x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2n-2}$  de una muestra aleatoria con tamaño  $n_2$  tomada del segundo proceso y si  $S_1^2$  y  $S_2^2$  son las varianzas muestrales, entonces el cociente queda de la siguiente manera:

$$\frac{S_1^2 / \sigma_1^2}{S_2^2 / \sigma_2^2} \sim F_{n_1 - 1, n_2 - 1}$$

Esto se deduce directamente de la distribución de muestreo de  $S^2$  que ya se consideró. La distribución F se puede emplear para hacer inferencias acerca de las varianzas de dos distribuciones normales.

#### 4.5 Costos de la Calidad.

Sólo mediante la calidad será posible lograr un auténtico crecimiento de la empresa y definitivamente las mejoras que se hagan en el campo de la calidad lograrán además una dramática reducción de los costos de calidad.

Dichos costos sirven como un medio de control financiero de la empresa pero también son útiles con objeto de poder encontrar la forma de reducir los costos de calidad.

Existen varias razones por las cuales hay que tener presente los costos de calidad en una empresa como son el hecho de que el personal administrativo de la empresa comunique adecuadamente los costos de calidad en el lenguaje de la compañía o sea en términos de dinero. Otro aspecto importante es que la complejidad de los productos que se producen aumentan los costos de calidad y por último el hecho de que se deberá tener mayor conocimiento con respecto a los costos del ciclo de vida de un producto esto incluye la mano de obra, el mantenimiento y los costos de fallas durante el servicio.

Existen varias organizaciones tanto de producción como de servicios que emplean cuatro categorías de costos de calidad que son las siguientes:

#### **4.5.1 Costos Preventivos.**

Estos se relacionan con los esfuerzos de diseño y producción y se encaminan a prevenir una disconformidad, todos estos costos se derivan de tratar de hacer las cosas bien desde un principio y estos costos preventivos tienen subcategorías como son:

**Planeación e Ingeniería para la calidad.** Esto se refiere a todo lo que se relaciona con el plan general de calidad, planes de inspección, de confiabilidad y las actividades respectivas al aseguramiento de calidad. Elaboración de manuales y procedimientos para comunicar el plan de calidad y también incluye el costo de revisión o auditoración del sistema.

- **Revisión de nuevos productos.** En estos costos se incluyen la preparación de propuestas de oferta, la evaluación de nuevos diseños, la elaboración de pruebas y programas experimentales con objeto de evaluar nuevos productos así como durante las etapas de desarrollo y anteriores a la fabricación de nuevos productos y diseños.

- **Diseño de productos y procesos.** Durante el diseño de un producto o la selección de un proceso de manufactura con objeto de mejorar la calidad del producto se generan costos.

- **Control de procesos.** Éste es el costo de elaborar los diagramas de control con objeto de vigilar el proceso de fabricación con tal de incorporar mayor calidad al producto.
- **Supervigilancia.** Éste es un costo por concepto de operación vigilada estrechamente del producto antes del embarque para prevenir fallas inmediatas durante el servicio.
- **Adiestramiento.** Éste es el costo del desarrollo, preparación , implementación, manejo y mantenimiento de programas formales de entrenamiento respecto a la calidad.
- **Obtención y análisis de los datos de calidad.** Éste es un costo de aplicar el sistema de datos de la calidad para obtener información respecto al funcionamiento del producto y el proceso incluye también el costo de análisis de datos para la detección de problemas así como el trabajo de resumir y publicar la información acerca de la calidad para los miembros de la administración.

#### 4.5.2 Costos de Evaluación

Estos costos se relacionan con la medición, evaluación o revisión de productos así como componentes y otros materiales comprados para asegurar la conformidad con los estándares aplicados y estos costos tienen las siguientes subcategorías:

- **Inspección y pruebas del material entrante.** Éstos costos se relacionan con la inspección y prueba del material que suministra el proveedor y se refiere a lo que es la inspección y ensayos al recibir inspección, pruebas y evaluación en las instalaciones del proveedor así como una revisión periódica de su sistema de aseguramiento de calidad.
- **Inspección y pruebas del producto.** Ésto comprende los costos de verificar la conformidad del producto a lo largo de las diversas etapas que comprenden su fabricación incluyendo la prueba final de aceptación, las comprobaciones de embalaje y embarque así como cualquier prueba que se realice en las instalaciones del consumidor antes de entregarle el producto , incluye también pruebas de duración ambientales y de confiabilidad.

- **Materiales y servicios consumidos.** Esta subcategoría, abarca los costos de los materiales y productos consumidos en una prueba destructiva o de evaluados por pruebas de confiabilidad.

- **Conservación de la precisión del equipo de pruebas.** Esta subcategoría, abarca los costos de utilizar un sistema que mantiene calibrados los instrumentos y el equipo de medición.

#### 4.5.3 Costos de Fallas Internas.

Se incurre en tales costos cuando los productos componentes, materiales y servicios no satisfacen los requisitos de calidad y se descubren estas fallas antes de entregar el producto al consumidor. Estos costos desaparecerían si el producto no tuviera defectos. La subcategorías importantes se exponen a continuación:

- **Desperdicio:** Pérdida neta de mano de obra material y costos generales debido a que hay productos defectuosos que no se pueden reparar o utilizar económicamente.

- **Retrabajo o reelaboración:** Costos en los que se incurre al corregir unidades disconformes para satisfacer las especificaciones. En algunas operaciones de manufactura los costos de reelaboración incluyen operaciones o pasos extras diseñados para resolver defectos crónicos o esporádicos.

- **Reexámen:** Éstos son los costos de una nueva inspección o de volver a probar los productos después de la reelaboración u otras modificaciones.

**Análisis de fallas:** Éste es el costo de determinar las causas de las fallas del producto.

- **Tiempo muerto:** Costo de la inactividad de las instalaciones de producción debido a disconformidad con las especificaciones. La línea de producción pudiera quedar ociosa por una disconformidad de las materias primas suministradas por el proveedor que no se detecto en la inspección inicial o de recepción.

- **Pérdidas de producción:** Son los costos de una producción deficiente que es menor que la que se podría obtener mediante controles mejorados.

- **Subpreciación o venta a precio menor:** Ésta es la diferencia entre el precio de venta normal y cualquier precio que tenga que fijarse a un producto por no satisfacer las especificaciones normales.

#### 4.5.4 Costos de Fallas Externas.

Se presentan cuando el producto no funciona satisfactoriamente después de ser entregado al consumidor. Este costo no existiría si los productos fueran conformes con los requisitos las subcategorías de estos costos se presentan en seguida:

- **Ajuste por reclamaciones:** Son todos los costos por investigación y arreglos por quejas justificadas atribuibles a un producto disconforme.

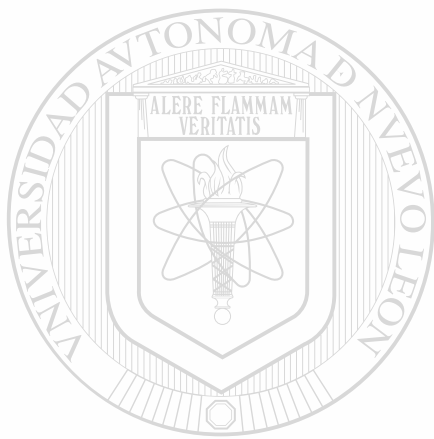
- **Devolución de productos o materiales:** Son todos los costos asociados a la recepción, manejo y reemplazo de productos o materiales disconformes devueltos desde el campo de servicio o el mercado.

- **Cargos por garantía:** Incluyen todos los costos por servicio a los consumidores según contratos de garantía.

- **Costos de responsabilidad legal:** Son los costos por indemnización en los que se incurre por resultados de litigios relacionados con la responsabilidad legal en la manufactura de un producto.

- **Costos indirectos:** Además de los costos de operación directos por fallas externas existe un gran número de costos indirectos debidos al descontento del consumidor respecto al nivel de la calidad de un producto entregado y estos costos pueden reflejar la actitud del consumidor hacia la compañía. Y pueden traer una pérdida de la buena reputación de la empresa, la pérdida de negocios futuros y la pérdida de un parte del mercado que resulte inevitablemente de la entrega de productos y servicios que no cumplen con las expectativas del consumidor respecto a aptitud para el uso.

En muchas empresas los costos de calidad son bastante más altos de lo que se necesita y la administración tendrá que realizar esfuerzos continuos para evaluarlos, analizarlos y reducirlos. La reducción de los costos sigue el principio de Pareto, es decir, que la mayoría de las reducciones en costos resultarán de la solución de los pocos problemas causantes de la mayoría de los costos de la calidad. En muchas empresas se destina demasiado presupuesto para el aseguramiento de la calidad en lo que se refiere al aspecto evaluación pero no se invierte lo suficiente en el aspecto prevención.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



## Capítulo 5.

### Análisis de los Sistemas de Medición.

#### 5.1 Introducción.

La medición se puede definir como el acto de cuantificar la cantidad de una característica que posee un artículo. Existen ordinariamente cuatro escalas de medición como son la nominal, ordinal, de intervalo y de relación. La **escala nominal** se utiliza para nombrar o identificar objetos pero no es empleada en sentido dimensional esto se aplica en la identificación de números de parte en una línea de productos. La **escala ordinal** es empleada para clasificar objetos de cierta característica o dimensión así por ejemplo se podría separar en secciones tuberías de diferentes diámetros. La **escala de intervalo** requiere de intervalos iguales entre unidades adyacentes esto aunque la escala tenga un punto cero arbitrario tal es el caso de las escalas Celsius de temperatura, de tal manera que cada grado de éstas tenga el mismo tamaño que el vecino aunque se establezca un punto cero arbitrario. La **escala de relación**, ésta corresponde al nivel más alto de medición en esta escala habrá un punto cero absoluto lo contrario a uno establecido en forma arbitraria, ejemplo de estas escalas son la distancia y el peso.

---

Un comparativo de las cuatro escalas de medición se muestra en la figura 5.1.

Normalmente los sistemas de control estadístico emplean una combinación de medición y conteo con objeto de mejorar el nivel de la calidad. Cuando se cuantifica la cantidad de una característica que tiene un artículo generalmente se necesita el empleo de los sentidos como vista, oído, tacto, gusto y olfato además de algún instrumento o calibrador para la magnitud de la característica de calidad en unidades normales.

#### 5.2. Calibradores e instrumentos de medición.

Se emplean en la actualidad varios calibradores e instrumentos de medición de baja y alta tecnología, entendiendo por instrumento de baja tecnología los dispositivos que han estado disponibles desde hace varios años y que no tienen incorporados los progresos recientes tales como microprocesadores, láseres o dispositivos ópticos. Los

Escala	Ilustración	Ejemplos
Relación		Longitud, densidad
Intervalo		Temperatura, tiempo
Ordinal		Dureza, clase de la madera
Nominal	<p>4677                      1085 2314                      3131</p>	Números de trabajo, números de modelo
	Identificación (sin orden)	

Figura 5.1. Cuatro clases de escalas de medición.

calibradores se dividen en dos categorías como son **calibradores variables** y **calibradores fijos**. Los variables se ajustan para medir cada parte individual o dimensión que se inspecciona y los fijos se ajustaran previamente a determinada dimensión y las partes que se miden se clasifican con sí cumplen o no, con esa dimensión usando los términos **pasa o no pasa**, los **calibradores variables** se usan para **inspección de variables** mientras que los **fijos** se emplean en la **inspección de atributos**.

Existen varios tipos de calibradores variables como son:

**Calibradores de graduación.** Estos tienen espacios graduados representando distancias conocidas ejemplo de estos son reglas, cintas, diversos tipos de pies de rey o verniers y micrómetros y cada instrumento varía de acuerdo con la función y precisión de la medida por ejemplo las reglas y cintas que se emplean para medir longitud por lo general son exactas hasta 1/64" o 0.5 mm. Y los calibradores de vernier se emplean para medir diámetros interiores y exteriores y su exactitud puede llegar hasta 0.001" de acuerdo a su diseño se requiere mucha habilidad para obtener indicaciones exactas. Por

ejemplo los micrómetros que se emplean para medir diámetros interiores y exteriores su exactitud normal es 0.001" pero hay algunos con graduación de 0.0001" los micrómetros tienen mayor confiabilidad que los calibradores de vernier.

**Calibradores de carátula, digitales y ópticos.** Aquí se usan como sistema mecánico, electrónico u óptico con el propósito de obtener lecturas dimensionales por ejemplo los micrómetros de carátula emplean un sistema mecánico en el que un elemento de contacto móvil toca la parte que se mide y traduce la característica dimensional a través de un tren de engranajes hasta la aguja y la dimensión se indica en la carátula. Los calibradores digitales emplean sistemas electrónicos para traducir el movimiento del elemento de contacto directamente a un número o lectura en una carátula por lo cual su exactitud es mayor que la de un calibrador mecánico. Por otra parte los calibradores ópticos emplean un sistema de lentes para aumentar el perfil de un objeto y para proyectarlo en una pantalla para poder verlo y medirlo. Los calibradores fijos son de construcción más sencilla que los variables y una vez que se ajustan para una dimensión determinada no se necesita ajuste mientras el desgaste o los depósitos en las superficies de medición sean pequeños. **Los calibradores fijos son los de cilindro, anillo, exteriores y bloques calibradores.**

**Los calibradores de cilindro.** Estos tienen aplicación en la medición de diámetros internos de agujeros, constan de un diámetro maquinado en uno o ambos extremos que corresponderán a dimensiones de **pasa o no pasa**, que se hayan especificado para el agujero que se va a inspeccionar, por ejemplo, si el agujero es mayor que la dimensión no pasa el tapón, entonces se rechazará. Pero si es menor que la dimensión pasa se debe de volver a taladrar para cumplir con la especificación de diámetro mínimo.

**Calibradores de anillo.** Estos se emplean para medir diámetros externos de las partes empleando el principio de **pasa o no pasa** y normalmente se fabrican en pares y se usa un anillo no pasa para la dimensión mínima y un anillo pasa para el límite máximo del diámetro.

**Calibradores de Exteriores.** Estos son semejantes a los de anillo, pero trabajan de manera diferente, se emplean para medir diámetros exteriores de partes pero son de extremo abierto de modo que puedan abrazar el diámetro de la parte.

**Bloques Calibradores.** Son tipos especiales de calibradores fijos diseñados para usarse como patrón de precisión para calibrar otros instrumentos de medición e inspección y son fabricados de acero especial en varias longitudes, tienen superficies

maquinadas perfectamente paralelas y muy pulidas y si se apilan se podrían emplear diversas combinaciones de longitudes para producir con exactitud cualquier dimensión hasta 0.0001" más cercana.

### 5.3 Metrología

Básicamente la metrología es la ciencia de la medición y normalmente se empleaba para medir atributos físicos de un objeto, en la actualidad se puede definir metrología de manera amplia como el conjunto de personas, equipo, instalaciones, métodos y procedimientos empleados para asegurar la corrección o adecuación de las mediciones.

La metrología es extremadamente importante para asegurar la calidad debido a que cada vez se da más importancia a lo que representa el error de medición para la seguridad y responsabilidad que se tiene por un producto que se elabora así como a la confianza en los métodos de control de calidad como es el control estadístico de proceso.

Desde luego que toda medición que se haga estará sujeta a un error y cuando se observe variación en las mediciones tomadas una parte de esta variación puede deberse a un error en el sistema de medición. Algunos errores serán sistemáticos, denominados sesgo y otros serán aleatorios y por lógica la magnitud de los errores en relación con el valor medido puede afectar considerablemente la calidad de los datos y las decisiones que se tomen en base a estos, por otra parte la evaluación de los datos obtenidos de la inspección y medición no tendrán significado a menos que suceda que los instrumentos sean exactos, precisos y reproducibles.

**Exactitud.** Puede definirse como la cercanía de concordancia entre un valor que se observa y un valor de referencia aceptado que también recibe el nombre de norma. Al existir falta de exactitud esto se reflejará en un sesgo sistemático en la medida como cuando un medidor esté descalibrado o que esté gastado o bien simplemente que el operador lo esté utilizando mal. Entonces la exactitud se puede determinar como la cantidad de error en una medición en proporción con el tamaño total de la medición. Así es que una medición será más exacta que otra si tiene error relativo menor, así por ejemplo, si se tuvieran dos instrumentos que pudieran medir una dimensión con valor real de 0.250" y suponiendo que el instrumento de medición "A" indicara 0.248" y que el "B" indicara 0.259" entonces:

$$\text{El error relativo del instrumento } A = \frac{0.250 - 0.248}{0.250} = 0.8 \%$$

$$\text{El error relativo del instrumento } B = \frac{0.250 - 0.259}{0.250} = 3.6 \%$$

Entonces esto quiere decir que el instrumento "A" es más exacto que el "B".

**Precisión y Repetibilidad.** Este término se puede definir como la cercanía de concordancia entre mediciones o resultados individuales seleccionados al azar, así es que la precisión se relaciona con la varianza de mediciones repetidas por lo que si un instrumento de medición que tuviera baja varianza sería más preciso que otro que tenga mayor varianza. La baja precisión se debe a la variación aleatoria que forma parte del instrumento, como pudiera ser fricción entre sus partes como resultado de un mal diseño o bien falta de mantenimiento. Un sistema de medición podrá ser preciso, pero no necesariamente exacto al mismo tiempo, así por ejemplo si suponemos que cada uno de los instrumentos se usa para medir tres veces la misma dimensión entonces el instrumento "A" podrá indicar valores de 0.248", 0.246" y 0.251" y con el instrumento "B" se podrán tener valores de 0.259", 0.258", 0.259" por lo que se puede decir que el instrumento "B" es más preciso que el instrumento "A". La figura 5.2 muestra las relaciones que se tienen entre exactitud y precisión.

En esta figura se pueden apreciar cuatro distribuciones distintas de frecuencia posibles para diez mediciones repetidas de determinada característica de calidad, en el inciso a la medición promedio no se encuentra muy cercana al valor verdadero y hay una amplia variación de valores respecto al promedio. Aquí se aprecia que la medición no es exacta ni precisa. En el inciso b, aún cuando la medición promedio no se acerca al valor real hay un margen pequeño de variación, así decimos que la medición es precisa, pero no exacta. En los incisos c y d el valor promedio es cercano al valor verdadero, esto es la medición es exacta, pero en c la distribución esta muy dispersa por lo tanto no hay precisión., pero en d es exacta y precisa a la vez, por eso es importante que todos los instrumentos usados para mediciones de calidad estén calibrados y en buen estado.

**Reproducibilidad.** Esta es la variación en el mismo instrumento de medición cuando lo usan distintas personas para medir las mismas partes. Las causas de poca reproducibilidad se deben a la poca capacitación de los operadores para que usen el instrumento o también pudieran deberse a calibraciones poco claras en un micrómetro de carátula por ejemplo.

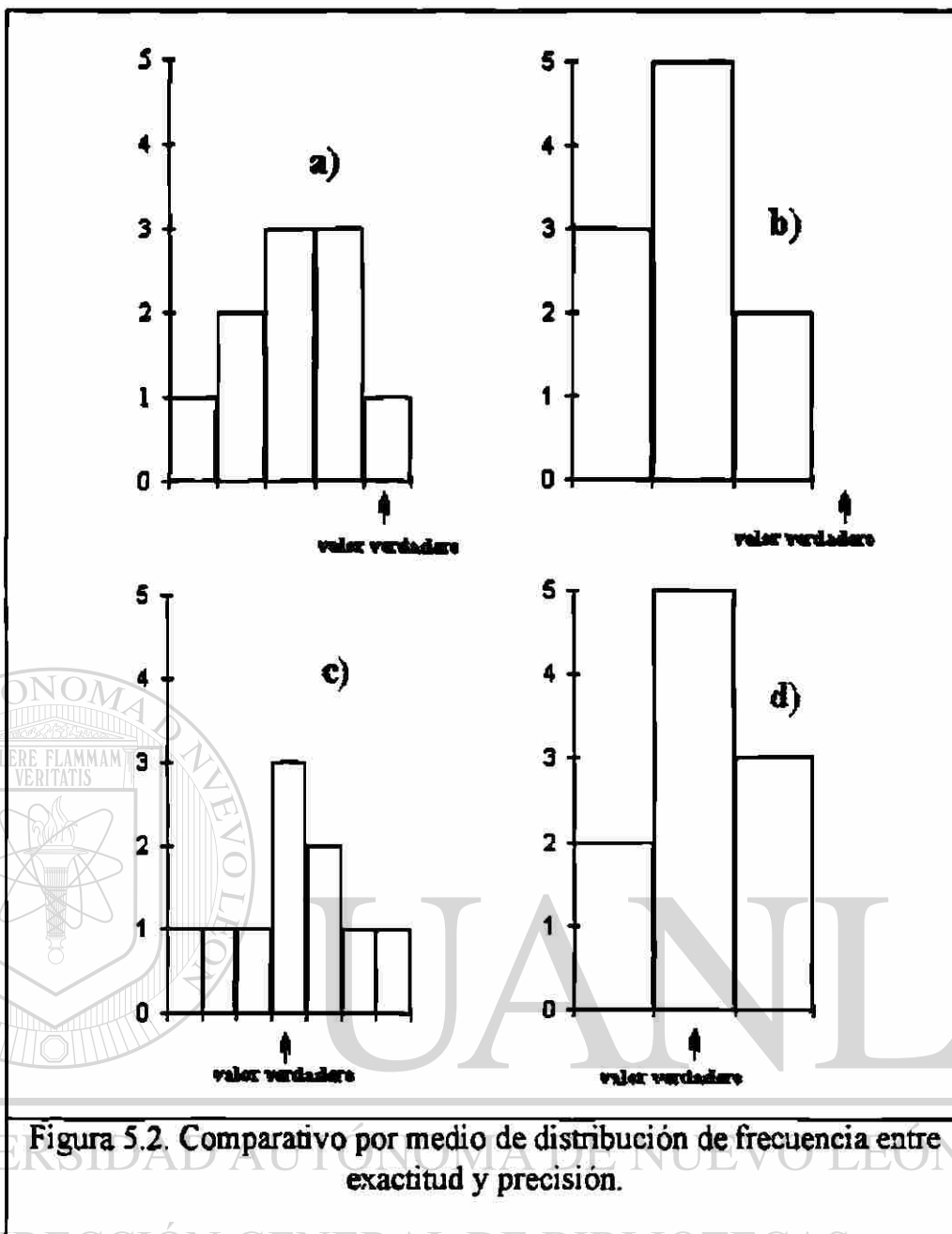


Figura 5.2. Comparativo por medio de distribución de frecuencia entre exactitud y precisión.

Es fácil de comprender que la calidad de un producto dependerá del equipo de medición y de pruebas exactas, precisas y reproducibles para las inspecciones de tal manera que una de las principales funciones de la metrología es la **calibración**. Esto es, la comparación de un dispositivo o sistema de medición que tiene una relación conocida con los patrones nacionales con otro dispositivo o sistema cuya relación con los parámetros nacionales se desconocen. Es necesaria la calibración para asegurar la exactitud de la medición y así tener más confianza en la capacidad de poder saber que porción de la producción cumple y que porción no cumple con las especificaciones. Y lógicamente las mediciones que se realicen con equipo mal calibrado o no calibrado conducirán a decisiones erróneas y costosas, así si un inspector que tuviera un micrómetro que indicara 0.002" de menos cuando se hagan mediciones cercanas al límite superior las partes que tengan hasta 0.002" más que el límite de tolerancias serán



aceptadas como buenas, y las que estén en el límite bajo o que tengan hasta 0.002" arriba de ese límite bajo serán rechazadas como malas. La oficina nacional de normas (National Bureau of Standards) tiene la función de conservar y vigilar los patrones nacionales y trabajan con varios laboratorios de metrología con objeto de asegurar que las mediciones que hagan diversos individuos aún en diferentes lugares den el mismo resultado. La NBS tiene la función de calibrar los patrones de nivel de referencia de las organizaciones que requieran el mayor grado de exactitud. Esas organizaciones calibran sus propios patrones de nivel de trabajo, y los de otros laboratorios de metrología. Los patrones de nivel de trabajo se emplean para calibrar los instrumentos de medición que se van a emplear en el campo. Se recomienda calibrar el equipo contra patrones de nivel de trabajo cuya exactitud sea 10 veces mayor que la del equipo que se calibra, y cuando sea posible se recomienda una relación mínima de 4 a 1 entre los patrones de nivel de referencia y de nivel de trabajo, esto quiere decir que los patrones de referencia deben de ser cuando menos 4 veces más exactos que los de nivel de trabajo.

A la capacidad de cuantificar la incertidumbre de medición en un laboratorio en relación con las normas nacionales se le llama susceptibilidad de rastreo y se basa en los análisis de medición de errores en cada paso del proceso de calibración, por ejemplo desde los patrones de la NBS pasando por el laboratorio de medición y finalmente a la medición del artículo mismo.

#### 5.4 Análisis de sistemas de medición.

Normalmente los sistemas de control estadístico emplean una combinación de medición y conteo con objeto de mejorar el nivel de la calidad. Cuando se cuantifica la cantidad de una característica que tiene un artículo generalmente se necesita el empleo de los sentidos como vista, oído, tacto, gusto y olfato además de algún instrumento o calibrador para la magnitud de la característica de calidad en unidades normales.

La variación en un sistema de medición se debe a dos factores por un lado el equipo o instrumento de medición y por otra parte el evaluador y como ambos están sujetos a variación es indispensable que el sistema de medición sea confiable, y de esta manera los índices de capacidad serán absolutamente confiables.

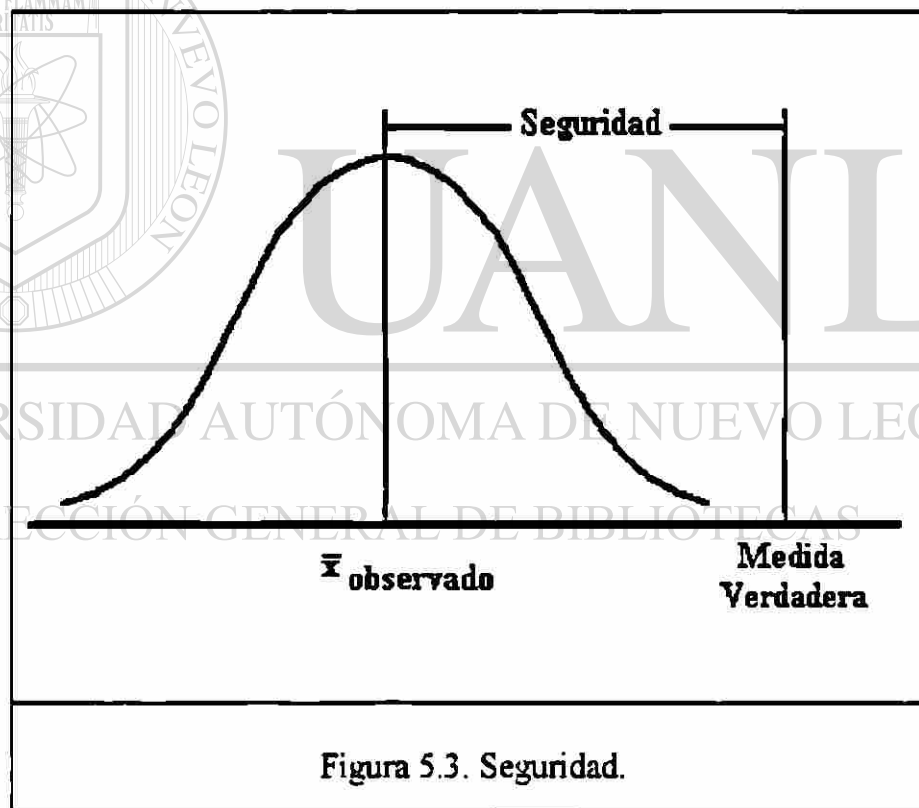
Será conveniente que las piezas puedan ser reconocidas por quien este analizando el sistema de medición pero no por quien realice las mediciones, también es necesario que

quien mide no se de cuenta cuando esta midiendo las mismas piezas ésto es para evitar sesgo en la medición .

Las pruebas a las que se somete el sistema de medición arrojarán información del porcentaje de tolerancia que absorbe el sistema de medición, los elementos de capacidad del sistema serán probados y cada uno de estos tiene sus propios parámetros de aceptación.

#### 5.4.1.Elementos de capacidad de un sistema de medición.

**Seguridad.** Ésta es la variación sistemática cuando el equipo no está calibrado. Se medirá la misma característica de la misma pieza y a la diferencia entre la medida verdadera y el promedio observado se le llamará seguridad. Observar figura 5.3



Existe una prueba que evalúa la capacidad del calibrador y puede realizarse a través del siguiente procedimiento:

1. Medir la dimensión (medida verdadera).
2. Medir la característica de la pieza en cuestión 10 veces.
3. A la medida verdadera le restamos el promedio observado.

Por ejemplo, si se sabe que:

1. La medida verdadera de una característica es 0.80 mm y la tolerancia permisible es de  $\pm 0.20$  mm

2. Las diez lecturas observadas cuando se midió la misma pieza fueron. Las que se observan en la tabla 5.1.

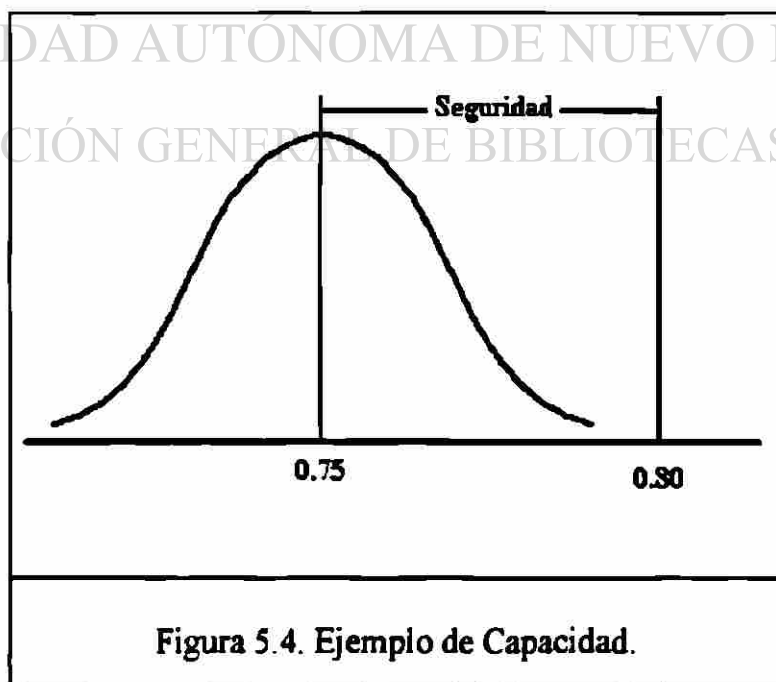
X1 = 0.75	X6 = 0.80
X2 = 0.75	X7 = 0.75
X3 = 0.80	X8 = 0.75
X4 = 0.80	X9 = 0.75
X5 = 0.65	X10 = 0.80

Tabla 5.1. Ejemplo de medición de Capacidad.

Entonces  $\sum x = 7.5$  y  $\bar{x} = 0.75$ , por lo cual:

$$\text{seguridad} = 0.80 - 0.75 = 0.5$$

Observar figura 5.4.



Y el consumo de la tolerancia por concepto de la seguridad es:

$$\frac{\text{seguridad}}{\text{tolerancia}} \times 100 = \frac{0.5}{0.40} \times 100 = 12.5 \%$$

**Linealidad.** Ésta es la diferencia entre valores de seguridad a través del rango de medición del calibrador.

Existen dos formas de evaluar la linealidad.

**1. Linealidad de los promedios.** Esta linealidad se evalúa a partir de estudios de seguridad combinados de tal manera que la linealidad promedio es:

$$\text{Linealidad promedio} = \text{máxima seguridad} - \text{mínima seguridad}$$

**2. Linealidad de variación.** Esta depende también de los valores de rangos observados en la seguridad.

Puede suceder que la seguridad no sea constante a través de la operación de calibración.

**Estabilidad.** Es la variación periódica causada por el uso, deterioro o condiciones; se mide en los promedios de las medidas cuando los valores del instrumento de medición se registran en un intervalo de tiempo especificado. Y la forma mediante la cual se determina la estabilidad dependerá de la frecuencia de uso del calibrador entre calibraciones normales.

La necesidad de calibración será resultado de algunos factores como tiempo y número de mediciones hechas, si se conoce el factor la frecuencia de calibración se puede ajustar para minimizar el error debido a la estabilidad. Así que si el calibrador se emplea en forma intermitente y se calibra antes de cada uso, su estabilidad se determina entonces a través de un estudio de repetibilidad y reproducibilidad. Si éste fuera el caso el gage debe calibrarse antes y después de cada prueba para determinar la cantidad de

cambio en calibración, y ésta diferencia es la estabilidad para esa prueba nada más y la forma de calcular la estabilidad del gage es:

$$\text{Estabilidad del gage} = \frac{\text{suma de cambios de calibración}}{\text{número de pruebas}}$$

**Repetibilidad.** Como anteriormente se definió es la variación en la medición cuando una persona mide la misma dimensión o característica varias veces con el mismo gage. También se puede decir que es la variación aleatoria combinada del sistema. Se puede decir que ésta es la **variación en el equipo.**

**Reproducibilidad.** Esta es la variación en el promedio de las medidas cuando más de un persona mide la misma dimensión o característica empleando el mismo instrumento de medición viene a ser una medición sistemática cuando diferentes personas utilizan el equipo. Se puede decir que esta es la **variación del operador.**

**Método corto o Método del rango.** Este método provee una aproximación rápida, no descompone la variabilidad en reproducibilidad y repetibilidad, sino que proporciona el total. A continuación se describe un caso de aplicación de dicho método.

Se seleccionaron dos operadores y cinco partes para el estudio y ambos operadores miden cada parte sólo una vez según tabla 5.2.

Parte	Operador "A"	Operador "B"	Rango ( A - B )
1	0.85	0.80	0.05
2	0.75	0.70	0.05
3	1.00	0.95	0.05
4	0.45	0.55	0.10
5	0.50	0.60	0.10

Tabla 5.2. Reproducibilidad y Repetibilidad ( Método Corto ).

$$\sum R = 0.35 \quad \text{y} \quad \bar{R} = 0.07$$

$$GRR = 4.33 \bar{R} = 4.33 (0.07) = 0.3031$$

Como  $n$  es igual a 2 y  $m$  es igual a 5, consultando la tabla de factores para calcular la desviación estándar, observamos que  $1/d_2 = 0.84$ , así que el valor 4.33 de la fórmula se obtiene de:

$$4.33 = (0.84)(5.15) \text{ del } 99\% \text{ de confiabilidad (valores de } z \text{)}.$$

$$\% \text{ de tolerancia} = (0.3031/0.4)100 = 75.77 \% \text{ del GRR.}$$

Si el porcentaje de tolerancia es menor o igual a 20% de la tolerancia de especificación el sistema de medición se considera aceptable, por lo tanto, en este ejemplo el porcentaje no es aceptable.

### **Repetibilidad y Reproducibilidad o Método del promedio y el rango (Método largo).**

Este es un método matemático que determina por separado la repetibilidad y reproducibilidad.

Así por ejemplo si la reproducibilidad es mayor que la repetibilidad habrá que tomar dos acciones.

1. Se necesita entrenar al operador en el uso y lectura del gage.
2. Se deberán de definir más claramente las calibraciones en el dial.

Y si la repetibilidad es mayor que la reproducibilidad habrá que tomar las siguientes acciones:

1. Se requiere mantenimiento del gage (Instrumento de medición).
2. El gage se deberá rediseñar para darle mayor rigidez.
3. Se deberá de mejorar la localización o sujeción de la parte al gage.
4. Entre la misma pieza la variabilidad puede ser grande, cámbiala.



En un sistema normal de calibración intervienen las siguientes actividades:

- Evaluación del equipo.
- Identificación de los requisitos de calibración.
- Selección de los patrones.
- Para llevar a cabo la calibración seleccionar métodos y procedimientos.
- Establecer una frecuencia de calibración.
- Establecimiento de un sistema para asegurar que los instrumentos se calibren de acuerdo con lo programado.
- Ejecución de un sistema de documentación e informes.
- Establecer un proceso de auditoría para evaluar el sistema de calibración.

La exactitud, repetibilidad y reproducibilidad de cualquier sistema de medición deberá de cuantificarse y evaluarse, por ejemplo, la exactitud se puede medir comparando el promedio observado de un conjunto de mediciones con el valor verdadero de un patrón de referencia. La repetibilidad y reproducibilidad requieren de un estudio de variación que emplea el análisis estadístico y se lleva a cabo como sigue:

#### Estudio de la variación mediante un análisis estadístico.

1. Se seleccionan  $m$  operadores y  $n$  partes por lo general se seleccionan cuando menos dos operadores y 10 partes, se enumeran las partes de tal manera que no puedan ver los números los operadores.

2. Se calibra el instrumento de medición.

3. Se deja a cada operador que mida cada parte en orden aleatorio y que anote los resultados, después se repite lo anterior hasta completar  $r$  pruebas, se deben de emplear cuando menos dos pruebas. Sea  $M_{ijk}$ , la  $k$ -ésima medición de operador  $i$  sobre la parte  $j$ .

4. Se deberá de calcular la medición promedio para cada operador.

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_j \sum_k M_{ijk}}{nr}$$

La diferencia entre el promedio mayor y menor es:

$$\bar{x}_D = \max \{ \bar{x}_i \} - \{ \min \bar{x}_i \}$$

5. Se deberá de calcular el recorrido para cada parte y cada operador.

$$R_{ij} = \max \{ M_{ijk} \} - \min_k \{ M_{ijk} \}$$

Los valores mostrarán variabilidad de mediciones repetidas de la misma parte y por el mismo operador, y entonces la amplitud promedio para cada operador será:



$$\bar{R}_i = \frac{\sum R_{ij}}{n}$$

El promedio general queda expresado como:

$$\bar{R} = \frac{\sum R_i}{m}$$

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

6. Se calcula un límite de control en cada amplitud  $R_{ij}$

$$\text{Limite de control} = D_4 \bar{R}$$

Donde  $D_4$  es una constante que depende del tamaño de muestra (número de pruebas  $r$ ) y que se puede encontrar en el apéndice "Factores para Gráficas de Control". Y cualquier valor de amplitud más allá de ese límite se debería de poder asignar a alguna causa determinada y no a error aleatorio, por lo que las causas posibles se deberán de investigar y si se encuentran se deberán de corregir. El operador deberá de repetir esas mediciones con la misma parte y si no se encuentran causas asignables se deben desechar

esos valores, y todas las medidas estadísticas del paso 5, así como el límite de control se deberán de calcular de nueva cuenta. Ya que se hicieron los cálculos básicos se deberá de llevar a cabo un análisis de repetibilidad y reproducibilidad. Así que la repetibilidad o variación del equipo (EV). Se podrá calcular de la siguiente manera:

$$EV = K_1 \bar{R}$$

Y la reproducibilidad o variación del operador (OV) es:

$$OV = \sqrt{(K_2 \bar{x}_D)^2 - (EV^2/nr)}$$

Las constantes  $K_1$  y  $K_2$  dependen del número de pruebas y del número de operadores respectivamente, en la siguiente tabla se presentan algunos valores de esas constantes con las cuales se obtiene un intervalo de confianza de 99% para esas medidas estadísticas. Observar tabla 5.3.

Número de pruebas	2	3	4	5
$K_1$	4.56	3.05	2.50	2.21
Número de operadores	2	3	4	5
$K_2$	3.65	2.70	2.30	2.08

Tabla 5.3. Valores de  $K_1$  y  $K_2$ .

Una medida general para calcular repetibilidad y reproducibilidad se obtiene mediante:

$$RR = \sqrt{(EV)^2 + (OV)^2}$$

La repetibilidad y reproducibilidad se expresan con frecuencia como porcentaje de la tolerancia de la característica de calidad que se mide. La ASQC (American Society for Quality Control) sugiere los siguientes lineamientos para evaluar repetibilidad y reproducibilidad.

- Menos de 10% de error: se puede aceptar.
- De 10 a 30% de error: se puede aceptar con base a la importancia de la aplicación, costo del instrumento, costo de reparación, etc.
- Más de 30% de error: por lo general no se puede aceptar. Se debe de hacer todo lo posible para identificar el error y corregirlo.

A continuación se muestra un estudio de repetibilidad y reproducibilidad de un calibrador.

Se desea evaluar un calibrador empleado para medir el espesor de un empaque cuya especificación es de 0.50 a 1.0 mm. Se seleccionaron 10 partes para su medición por parte de tres operadores, cada parte se midió dos veces con los siguientes resultados. Que se muestran en la tabla 5.4.

Prueba/número de partes	Operador 1		Operador 2		Operador 3	
	1	2	1	2	1	2
1	0.63	0.59	0.56	0.56	0.51	0.54
2	1.00	1.00	1.04	0.96	1.05	1.01
3	0.83	0.77	0.80	0.76	0.81	0.81
4	0.86	0.94	0.82	0.78	0.81	0.81
5	0.59	0.51	0.43	0.43	0.46	0.49
6	0.98	0.98	1.00	1.04	1.04	1.00
7	0.96	0.96	0.94	0.90	0.95	0.95
8	0.86	0.83	0.72	0.74	0.81	0.81
9	0.97	0.97	0.98	0.94	1.03	1.03
10	0.64	0.72	0.56	0.52	0.84	0.81

Tabla 5.4. Ejemplo de Repetibilidad y Reproducibilidad.

La medición promedio para cada operador,  $\bar{x}_i$ , es:

$$\bar{X}_1 = 0.8295 \quad \bar{X}_2 = 0.7740 \quad \bar{X}_3 = 0.8285$$

Así,  $\bar{x}_D = 0.8295 - 0.7740 = 0.0555$ . La amplitud, para cada operador,  $R_y$ , se muestra a continuación en la tabla 5.5.

Número de parte	Operador 1			Operador 2			Operador 3		
	1	2	Amplitud	1	2	Amplitud	1	2	Amplitud
1	0.63	0.59	0.04	0.56	0.56	0.00	0.51	0.54	0.03
2	1.00	1.00	0.00	1.04	0.96	0.08	1.05	1.01	0.04
3	0.83	0.77	0.06	0.80	0.76	0.04	0.81	0.81	0.00
4	0.86	0.94	0.08	0.82	0.78	0.04	0.81	0.81	0.00
5	0.59	0.51	0.08	0.43	0.43	0.00	0.46	0.49	0.03
6	0.98	0.98	0.00	1.00	1.04	0.04	1.04	1.00	0.04
7	0.96	0.96	0.00	0.94	0.90	0.04	0.95	0.95	0.00
8	0.86	0.83	0.03	0.72	0.74	0.02	0.81	0.81	0.00
9	0.97	0.97	0.00	0.98	0.94	0.04	1.03	1.03	0.00
10	0.64	0.72	0.08	0.56	0.52	0.04	0.84	0.81	0.03

Tabla 5.5. Ejemplo R & R.

La amplitud media para cada operador es:

$$\bar{R}_1 = 0.037 \quad \bar{R}_2 = 0.034 \quad \bar{R}_3 = 0.017$$

El recorrido promedio general es:

$$\bar{R} = (0.036 + 0.034 + 0.017)/3 = 0.029$$

En el apéndice "Factores para Gráficas de Control" vemos que  $D_4 = 3.267$ , porque hay dos pruebas. Por lo tanto, el límite de control es  $(3.267)(0.029) = 0.095$ . Vemos que todos los valores de amplitud están dentro de este límite y, por tanto, se piensa que no hay causas asignables de variación. Calculamos las medidas de repetibilidad y reproducibilidad:

$$EV = (4.56)(0.029) = 0.132$$

$$OV = \sqrt{[(0.0555)(2.70)]^2 - (0.132)^2 / (10)(2)} = 0.147$$

$$RR = \sqrt{(0.132)^2 + (0.147)^2} = 0.198$$

Como la tolerancia del empaque es  $1.00 - 0.50 = 0.50$ , expresamos esas medidas como porcentaje de la tolerancia, y obtenemos:

Variación del equipo:  $100 (0.132) / 0.50 = 26.4 \%$   
 Variación del operador:  $100 (0.147) / 0.50 = 29.4 \%$   
 R total y variación de R:  $100 (0.198) / 0.50 = 39.6 \%$

Si bien individualmente la variación del equipo y la del operador podrían ser aceptables, su efecto combinado no lo es. Se debe tratar de reducir la variación a un nivel aceptable. En la tabla 5.6 se observa un ejemplo R&R.

Operador	1	2	3	4	1	2	3	4
#Muestra	Operador "A"				Operador "B"			
	1a. Prueba	2a. Prueba	3a. Prueba	4a. Prueba	1a. Prueba	2a. Prueba	3a. Prueba	4a. Prueba
1	0.852	0.871	0.839	0.032	0.859	0.861	0.831	0.03
2	1.201	1.184	1.212	0.028	1.370	1.381	1.387	0.017
3	1.057	1.059	1.037	0.022	1.092	1.032	1.097	0.065
4	1.054	1.039	1.067	0.028	1.083	1.090	1.071	0.019
5	0.758	0.763	0.739	0.024	0.855	0.897	0.886	0.042
6	1.205	1.189	1.191	0.016	1.201	1.225	1.209	0.024
7	1.153	1.144	1.124	0.029	1.153	1.140	1.176	0.036
8	1.059	1.069	1.041	0.028	1.252	1.241	1.231	0.021
9	1.210	1.198	1.221	0.023	1.305	1.338	1.316	0.033
10	0.836	0.852	0.832	0.020	1.820	0.833	0.809	0.024
Totales:	10.385	10.368	10.303	0.250	10.990	11.038	11.013	0.31
		10.385	$\bar{R}_A =$	0.0250		10.990	$\bar{R}_B =$	0.031
		10.303				11.013		
	Suma:	31.056			Suma:	33.041		
	$\bar{x}_A =$	1.0352			$\bar{x}_B =$	1.10013		

Tabla 5.6. Ejemplo de repetibilidad y reproducibilidad de sistemas de medición (Método Largo).



$$\begin{aligned} \bar{R}_A &= 0.025 \\ \bar{R}_B &= 0.031 \\ \text{Suma} &= 0.056 \\ \bar{R} &= 0.028 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Máx. } \bar{x} &= 1.1013 \\ \text{Min. } \bar{x} &= 1.0352 \\ \text{Dif. } \bar{x} &= 0.0662 \end{aligned}$$

$$\bar{R} D_4 = LSC_R$$

$$0.028 \times 2.58 = 0.072$$

**Límites de rangos individuales.** Circule aquellos que sobrepasen éste límite, identifique la causa y corrijala. Repita estas lecturas con la persona y unidad original ó elimine valores, promediar de nuevo y calcular los rangos (R) y su nuevo valor límite. El límite de control superior de rango (  $LSC_R$  ) es de las observaciones restantes. Observar tabla 5.7.

Nombre y número de parte:	
Característica:	
Especificación:	$\pm 0.15$
Nombre del calibrador:	
Calibrador número:	
Tipo de calibrador:	
Fecha:	
Realizado por:	

Tabla 5.7. Especificaciones.

De la hoja de información obtenemos  $\bar{R} = 0.028$  y  $\bar{x}_{Dif} = 0.0662$ .

Análisis de la unidad de medida. Observar tabla 5.8.

Pruebas	2	3	Operadores	2	3
K1	4.56	3.05	K2	3.65	2.70

Tabla 5.8. Pruebas y operadores.

Donde  $n$  es el número de piezas y  $r$  es el número de pruebas.

**Repetibilidad:** Variación del equipo ( E.V.):

$$E.V. = \frac{\bar{x}}{R} k_1 = 0.028 \times 3.05 = 0.0854$$

**Reproducibilidad: Variación del evaluador (A.V.):**

$$A.V. = \sqrt{(\bar{x}_{Dif.}) (k_2) - [(E.V.)^2/n_r]}$$

$$A.V. = \sqrt{[0.0662] (3.65) - [(0.0854)^2/n_r]} = 0.2411$$

**Repetibilidad y Reproducibilidad (R & R):**

$$R \& R = \sqrt{(E.V.)^2 + (A.V.)^2}$$

$$R \& R = \sqrt{(0.0854)^2 + (0.2411)^2} = 0.2557$$

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
Todos los cálculos están basados en la predicción (equivalente al 99% del área bajo la curva.)

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Análisis del porcentaje de tolerancia:**

$$\% E.V. = 100 \frac{(E.V.)}{(Tolerancia)}$$

$$\% E.V. = 100 \frac{(0.0854)}{(0.30)} = 28.47 \%$$

$$\% A.V. = 100 \frac{(A.V.)}{(Tolerancia)}$$

$$\% A.V. = 100 \frac{( 0.2411 )}{( 0.30 )} = 80.37$$

$$R \& R = \sqrt{ ( \% E.V. )^2 + ( \% A.V. )^2 }$$

$$R \& R = \sqrt{ ( 28.47 )^2 + ( 80.37 )^2 } = 85.26$$

### 5.5. Cómo evaluar la capacidad de los calibradores.

Con objeto de calificar apropiadamente la calibración, el equipo de pruebas o bien ambos, será necesario familiarizarse con los procedimientos estadísticos que pueden emplearse para analizar la variabilidad inherente contenida en estos instrumentos, normalmente la gente tiene cierta inclinación a depositar su confianza en el número generado, sólo porque el costo de un dispositivo de calibración representa una suma elevada y es frecuente que esta aceptación generalizada dé como resultado una mala interpretación así como la respectiva confusión, las cuales pueden tener efectos perjudiciales sobre la operación de manufactura y los productos producidos, aunque los fabricantes de calibradores y equipos de prueba procuran lograr tendencias mayores, de las que necesitan algunos componentes automotrices, por ejemplo, y también se enfrentan con la variabilidad del producto ya que este factor no puede eliminarse económicamente, será conveniente que el personal con la responsabilidad de determinar la capacidad de los instrumentos conozca los procedimientos a seguir, entendiéndose **capacidad** como seguridad, repetibilidad, reproducibilidad y estabilidad combinadas en un solo valor. En la figura 5.5 se muestra un diagrama causa efecto que indica a que puede deberse la variación de una medición.

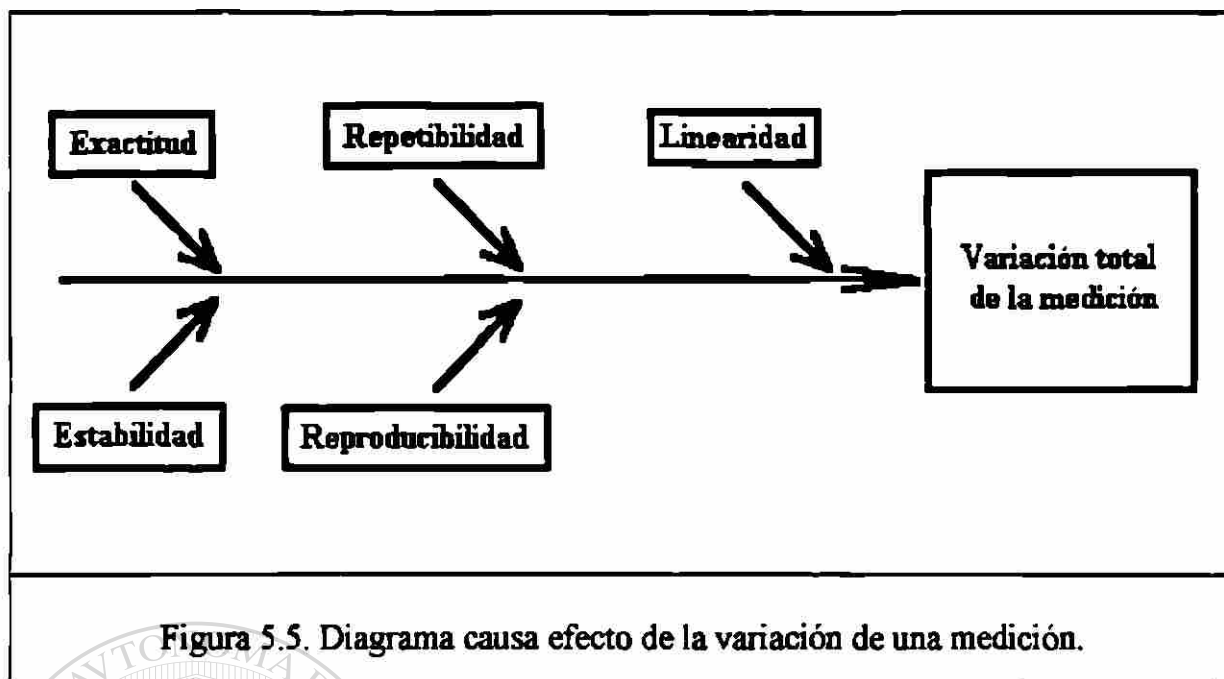


Figura 5.5. Diagrama causa efecto de la variación de una medición.

En la figura número 5.6, se representan los principales elementos de la capacidad, por ejemplo a la izquierda se muestra la repetibilidad o variación esperada en las lecturas de una persona, y los promedios para las tres diferentes poblaciones pueden representarse como  $\bar{x}_A$ ,  $\bar{x}_B$ ,  $\bar{x}_C$ . Y la distribución de la reproducibilidad representa la variación promedio, la seguridad se calcula promediando  $\bar{x}_A$ ,  $\bar{x}_B$ ,  $\bar{x}_C$  y tomando la diferencia entre este resultado y el valor real.

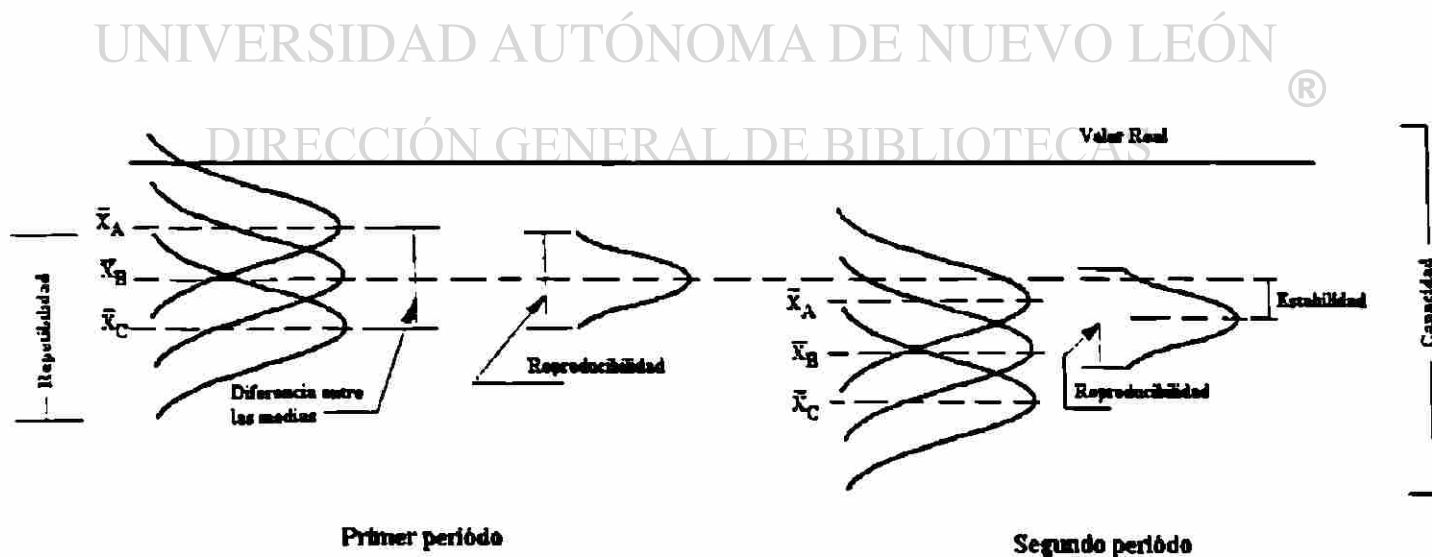


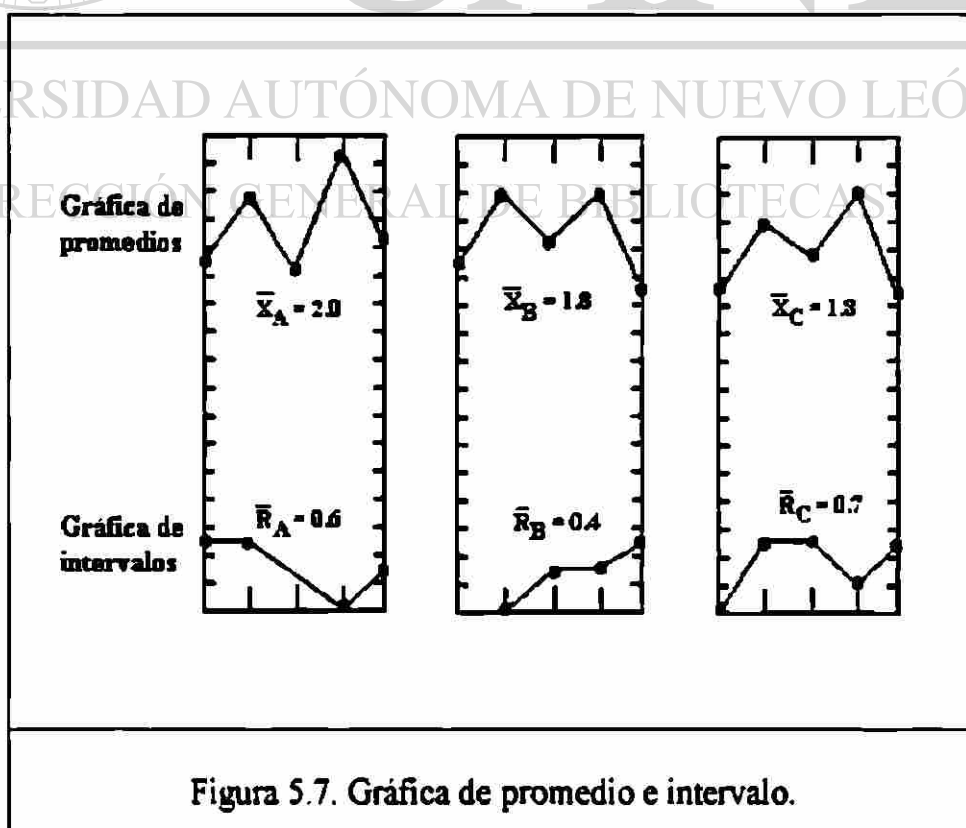
Figura 5.6. Capacidad esquemática.

La estabilidad aparece como una distribución en el segundo periodo y de nuevo se representa como una variación en los valores promedios. Así que la capacidad estará representada como la diferencia entre los extremos que se encuentren sobre el periodo:

Número de la pieza	Inspector A					Inspector B					Inspector C				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Primera lectura	2.0	2.0	1.5	3.0	2.0	1.5	2.5	2.0	2.0	1.5	1.0	1.5	2.0	2.5	1.5
Segunda lectura	1.0	3.0	1.0	3.0	1.5	1.5	2.5	1.5	2.5	0.5	1.0	2.5	1.0	3.0	0.5
Total	3.0	5.0	2.5	5.0	3.5	3.0	5.0	3.5	4.5	2.0	2.0	4.0	3.0	5.5	2.0
Promedio	1.5	2.5	1.25	3.0	1.75	1.5	2.5	1.75	2.25	1.0	1.0	2.0	1.5	2.75	1.0

Tabla 5.9. Estudio de la capacidad del calibrador.

En la tabla 5.9 se puede ilustrar cómo deben aparecer éstos elementos de la capacidad en un estudio real. Se seleccionaron 5 partes y una sola dimensión especificada como medida, posteriormente se enumeraron las partes en una secuencia del 1 al 5. Se seleccionaron 3 inspectores, cada uno usando el mismo instrumento de calibración y midiendo las partes en orden aleatorio, para asegurar que cualquier tendencia o cambio se disperse al azar a lo largo del estudio. Después de que se obtenga el primer conjunto de lecturas, cada inspector realiza una nueva serie de medidas al azar, y para eliminar la posibilidad de que un inspector pueda ejercer una cierta influencia en las lecturas de otro las personas que dirigen el estudio se deberán de cerciorar de que no haya intercambio de información.



En la figura 5.7, los resultados se trazaron en una gráfica de promedio e intervalo con fines ilustrativos. Cuando se definió anteriormente la repetibilidad se describió a esta como la variación obtenida cuando una persona que usa el mismo instrumento de medida mide la dimensión dos o más veces. Como en el ejemplo estamos analizando se tomaron dos medidas a cada pieza de tal forma que la medida de la muestra fué de dos. La desviación estándar para estos valores puede estimarse utilizando el intervalo promedio en las aplicaciones de la gráfica de control, esto se hace empleando:

$$\hat{\sigma}_x = \frac{1}{d_2} \bar{R}$$

El factor  $d_2$  es esencialmente independiente cuando el número de muestras  $k$  es mayor de 10 o 15. En la tabla se pueden obtener los valores corregidos del factor  $k$  para valores  $1/d_2$  más pequeños.

$n/k$	1	2	3	4	5	8	10	$\infty$
2	0.709	0.781	0.813	0.826	0.840	0.855	0.862	0.885
3	0.524	0.552	0.565	0.571	0.575	0.581	0.581	0.592
4	0.446	0.465	0.472	0.474	0.476	0.481	0.481	0.485
5	0.403	0.417	0.420	0.422	0.424	0.426	0.427	0.429
6	0.375	0.385	0.388	0.389	0.391	0.392	0.392	0.395
7	0.353	0.361	0.364	0.365	0.366	0.368	0.368	0.370
8	0.338	0.344	0.346	0.347	0.348	0.348	0.350	0.351
9	0.325	0.331	0.332	0.333	0.334	0.334	0.336	0.337
10	0.314	0.319	0.322	0.323	0.323	0.324	0.324	0.325

(R)

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS  
Tabla 5.10. Factores para gráficas de control.

Como una ilustración de la analogía existente entre las gráficas de control y el análisis de varianza usando el intervalo como un estimador se ordenaron los datos de la figura capacidad de un calibrador, y se obtuvo la tabla 5.11.

Al calcular con los datos de la tabla anterior la desviación estándar estimada dentro de las partes correspondientes a cada inspector ( repetibilidad ) se obtuvieron los siguientes resultados :

Inspector A :  $\bar{R} = 0.6$

$$\frac{1}{d_2} = 0.84$$



Inspector	Número de parte	Lecturas individuales		Dentro de las partes		Debidas a los inspectores		Entre los inspectores $R_3$
				$R_1$	$\bar{x}_1$	$R_2$	$\bar{x}_2$	
A	1	2.0	1.0	1.0	1.5	1.75	2.0	0.35
	2	2.0	3.0	1.0	2.5			
	3	1.5	1.0	0.5	1.25			
	4	3.0	3.0	0.0	3.0			
	5	2.0	1.5	0.5	1.75			
			$R_A$	0.6				
B	1	1.5	1.5	0.0	1.5	1.5	1.8	
	2	2.5	2.5	0.0	2.5			
	3	2.0	1.5	0.5	1.75			
	4	2.0	2.5	0.5	2.25			
	5	1.5	0.5	1.0	1.0			
			$R_B$	0.4				
C	1	1.0	1.0	0.0	1.0	1.75	1.65	
	2	1.5	2.5	1.0	2.0			
	3	2.0	1.0	1.0	1.5			
	4	2.5	3.0	0.5	2.75			
	5	1.5	0.5	1.0	1.0			
			$R_C$	0.7				

Tabla 5.11. Análisis de Varianza.

$$\hat{\sigma}_{\text{dentro de las partes}} = (0.840)(0.6) = 0.504$$

n = Medida de la muestra.

k = Número de muestras.

$$\text{Inspector B: } \bar{R} = 0.4$$

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

$$\frac{1}{d_2} = 0.84$$

$$\hat{\sigma}_{\text{dentro de las partes}} = (0.840)(0.7) = 0.588$$

donde la medida de la muestra es 2 y se midieron 5 partes.

Cuando se hace una evaluación de los resultados individuales del inspector B presenta la menor variación y la mejor repetibilidad pero suponiendo que los tres inspectores manejen esta operación de calibración se podrá calcular la desviación estándar empleando el intervalo promedio de los tres:

$$\bar{R}_1 = \frac{(0.6 + 0.4 + 0.7)}{3} = 0.567$$

$$\hat{\sigma}_{\text{dentro de las partes}} = \frac{1}{d_2} \bar{R}_1 = (0.885)(0.567) = 0.5018 = 0.502$$

Como el valor de  $k$  se cambió de 5 a 15 entonces la relación  $1/d_2$  es igual a 0.885.

Aún cuando no es aplicable para este análisis puede estimarse la variación de vida a cada inspector ( o sea la variación real de las partes ) Utilizando el promedio de los valores tenemos :

$$\hat{\sigma}_{\text{con los inspectores}} = \frac{1}{d_2} R_2 = 0.420 \times 1.67 = 0.7014$$

Como la medida de la muestra es de 5 y  $k = 3$ , entonces la relación  $1/d_2 = 0.420$ .

Por reproducibilidad podemos entender la variación en el promedio de medidas (variación entre inspectores) y puede estimarse usando los valores  $R_3$  de la tabla de análisis de varianza. El factor  $1/d_2$  esta basado en una muestra con una medida de muestra igual a tres. En la tabla anterior este valor es de 0.524 de tal forma que:

$$\hat{\sigma}_{\text{en las partes}} = \frac{1}{d_2} R_3 = 0.524 \times 0.35 = 0.1834 = 0.183$$

Estadísticamente las varianzas pueden combinarse para dar un valor sencillo donde el valor resultante será empleado para medir la repetibilidad y reproducibilidad:

$$\hat{\sigma}_{\text{repetibilidad y reproducibilidad}} = \sqrt{0.502^2 + 0.183^2} = 0.5343$$

Para ilustrar la dispersión que puede incluirse en los porcentajes especificados de estos datos pueden obtenerse los múltiplos del factor Z en cualquier tabla de áreas bajo la curva normal para 99%  $z = \pm 2.575$  para 95%  $z = \pm 1.96$  y para 90%  $z = \pm 1.645$  y los resultados son:

$$99 \% : (2) (z) (\hat{\sigma}_{R \text{ and } R}) = 2 \times 2.575 \times 0.5343 = 2.752$$

$$95 \% : (2) (z) (\hat{\sigma}_{R \text{ and } R}) = 2 \times 1.96 \times 0.5343 = 2.094$$

$$90 \% : (2) (z) (\hat{\sigma}_{R \text{ and } R}) = 2 \times 1.645 \times 0.5343 = 1.758$$

Estos valores pueden usarse ahora para estimar la tolerancia consumida por la reproducibilidad y la repetibilidad si se supone que la parte total de las partes empleadas para este estudio sea de tres haciendo referencia solo al 99% de la dispersión, así que el porcentaje de tolerancia consumido es:

$$\frac{2.752}{3} \times 100 = 91.73 \%$$

Este porcentaje no puede asociarse directamente con el porcentaje de partes buenas rechazadas o el porcentaje de partes malas aceptadas, aspecto que puede considerarse indeseable aún cuando se haya aceptado que el estándar para la capacidad de calibración es aproximadamente igual al 10 % o inferior a la tolerancia total.

La variabilidad reducida puede lograrse mediante el entrenamiento del inspector el cual puede minimizar las diferencias en los promedios o mediante la obtención de dispositivos de calibración más precisos. Estas técnicas se emplean en:

1. La evaluación de equipo de medición nuevo ( de preferencia en la planta del vendedor ).

2. La comparación de uno o más instrumentos de medida.

3. La revisión del equipo cuando se sospecha la existencia de un error.
4. La comparación del equipo de medida antes y después de su reparación o ajuste.
5. La determinación de la verdadera capacidad del proceso de vida a la persistente variabilidad de las mediciones.

### **5.6 Inspección para asegurar la calidad.**

La inspección es un factor primordial en un sistema de aseguramiento de la calidad. Una primera actividad es hacer una planificación de inspección de lo que se desprenderá un **plan de inspección** el cual es un documento que identifica lo que se va a inspeccionar, como se va a inspeccionar, la localización de las estaciones de inspección, la frecuencia de inspección, así como, la disposición de los artículos inspeccionados. En este documento se deberá determinar la responsabilidad de las actividades de inspección así como la coordinación entre diversos grupos de la organización, como manufactura, ingeniería, compras y servicios.

El objetivo de llevar a cabo una inspección será descubrir los productos que no cumplen con las especificaciones.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

#### **Características de la calidad.**

Estas son las propiedades de un producto que se evalúan contra las especificaciones, y siempre habrá características de calidad que inspeccionar. Las especificaciones determinan las características de calidad, que se diseñan en un producto, pero la inspección no necesita examinar todas las posibles características de calidad. Se recomienda clasificar los defectos de la inspección en tres categorías:

**a) Defecto crítico.** En este tipo de defecto el juicio y la experiencia indicarán que si no se tiene cuidado con esto habrá condiciones inseguras a personas que usen, que den servicio o que dependan de un producto.

**b) Defecto principal.** Este tipo de defecto no es crítico, pero es probable que ocasiones la falla o que reduzca materialmente la facilidad de uso de la unidad para su objeto previsto.

**c) Defecto menor.** Este defecto es aquel que no es probable que reduzca la facilidad de uso del artículo para su finalidad prevista, ni tenga efecto alguno sobre el uso u operación efectiva de la unidad.

Los defectos críticos deberán de ser la base de nuestra inspección ya que si no se pueden provocar consecuencias serias o tal vez juicios de responsabilidad por el producto, por otra parte la inspección de características de calidad que se puedan clasificar como defectos principales dependerá de las metas estratégicas en calidad que tenga la empresa, ya que una empresa que desee permanecer y lograr ventaja competitiva en el mercado deberá de evitar los defectos principales tanto como sea posible, pero sin embargo, los defectos menores pueden escapar a la inspección en muchos productos, ya que no afectan la adecuación al uso. Pero aún un defecto menor pudiera producir respuestas negativas por parte de los clientes.

#### Tipo de inspección.

Una característica de calidad se puede clasificar en dos categorías, tales como:

**a) Atributo.** Esta es una característica de calidad que esta presente o ausente en la unidad o producto y siempre toma uno de dos valores, por ejemplo: se adecúa o no se adecúa, dentro de la tolerancia, o fuera de esta, completo incompleto.

**b) Variable.** Ésta se evalúa en términos de valores medibles en una escala continua y con las mediciones de variables nos ocupamos del grado de adecuación a las especificaciones.

La inspección por atributos por lo general es más sencilla que la inspección por variables, por varias razones. La inspección misma se puede llevar a cabo con más rapidez y fácilmente se necesita anotar menos información y su administración es más fácil, y en un sentido estadístico la inspección para atributos es menos eficaz que la inspección para variables. Así por ejemplo, una inspección por atributos, requerirá de una muestra mayor que la de variables, con objeto de obtener la misma cantidad de

información estadística acerca de la calidad del producto, y esta diferencia puede ser importante cuando la inspección es tardada o cara. Y el hecho de que la mayor parte de las características de calidad en los servicios son atributos, y esta es una razón por la cual las organizaciones de servicio se han tardado más en adoptar métodos de control de calidad.

### **Ubicación de las Estaciones de Inspección.**

Con el objeto de determinar donde colocar las estaciones de inspección se deberán considerar balanceos entre los costos explícitos de detección, reparación o reemplazo, y los costos implícitos de inversión adicional y necesaria en un artículo que no se adecúa, si no se lleva a cabo la inspección, por tal motivo se pueden seguir algunas reglas para definir la ubicación de las estaciones, como son:

- a) Ubicación antes de todas las operaciones del proceso.
- b) Ubicación antes de operaciones relativamente costosas, o cuando se agrega un valor apreciable al producto.
- c) Ubicación antes de las operaciones de proceso que hagan costosa o difícil la detección de piezas defectuosas.
- d) Ubicar después de operaciones en las que sea probable generar una gran proporción de piezas defectuosas.
- e) Ubicar después de la determinación del producto.

### **Cantidad de inspección.**

Para definir la cantidad de inspección necesaria se deberán de tomar en cuenta varios factores, como son: el tipo de producto por inspeccionar, las características de calidad a examinar, los antecedentes de calidad del productor, el costo de la inspección y el efecto que tiene la inspección sobre el producto.



### **Inspección al 100%.**

Esta es la que se hace a cada unidad que se produce para las características críticas de la calidad, normalmente es necesaria esta inspección la cual proporciona un seguro de cumplimiento con las especificaciones y hay que comentar que no es perfecta debido a error humano, falla del equipo de inspección o al empleo de normas incorrectas, y muy comúnmente no es práctica a causa del tiempo, esfuerzo y costos empleados. Y lógicamente no podría emplearse en pruebas destructivas. Cuando existen técnicas automatizadas de inspección se hace más económica y posible la inspección al 100%

### **Procedimientos de muestreo.**

Estos sólo son para inspeccionar una parte de un lote de producción, y son útiles para determinar grandes cantidades de características no críticas de calidad, donde desde luego el muestreo será más económico que la inspección al 100%, pero estará sujeto a mayor riesgo, se deberán de comparar los menores costos de la inspección de muestreo contra el riesgo de incurrir en mayores costos, si se permite la aceptación de productos que no se adecuen.

Los procedimientos de muestreo basados en conceptos de probabilidad y estadística forman la base de la mayor parte de los procedimientos de control de calidad que se emplean en la práctica.

### **Métodos de Inspección.**

Entre las actividades de inspección se tienen la inspección de aceptación, inspección de clasificación, inspección de control e inspección de auditoría.

### **Inspección de aceptación.**

Esta es la de las materias primas, partes o componentes al recibirlas de los proveedores en cualquier punto en el proceso de producción o después de terminada ésta, se decide si aceptar o no los artículos, y un tipo de esta inspección es la inspección de recibo, donde los materiales o partes que entran en una empresa procedentes de un proveedor externo se inspeccionan para ver su grado de adecuación a las especificaciones de compra.

### **Inspección de clasificación.**

Esta es la inspección que se requiere para separar partes en categorías de acuerdo con las especificaciones, es una operación de proceso que se puede ubicar en cualquier parte entre el inicio y el final del proceso de producción y se empleará en donde se pueda emplear un proceso de clasificación.

### **Inspección de control.**

En esta se hace una muestra periódica del trabajo en proceso para obtener un producto terminado y el objetivo es asegurar que el proceso esté trabajando en un estado de control estadístico y proporciona retroalimentación puntual para corregir cualquier desviación que indique que el proceso no se produce según las especificaciones.

### **Inspecciones de auditoría.**

Estas son periódicas y aleatorias de procesos de planta o departamentales así como de sus resultados, éstas inspecciones se emplean para asegurar que tanto procedimientos como procesos se sigan de tal forma que se mantenga la validez de la confiabilidad de la inspección actual de operaciones o la inspección de aceptación. o de clasificación de control.

## **El factor humano.**

La inspección no es fácil, generalmente está sujeta a errores y no son raros los errores del 10 al 50%, y lo mismo sucede con las tareas de inspección donde hay varios factores que afectan dichas tareas, como son:

a) Complejidad. El cual es el número de defectos que detecta un inspector que disminuye cuando hay más partes y el orden es menor.

b) Frecuencia de defectos. Cuando es baja la frecuencia de defectos de un producto, el inspector tiende a pasar por alto que cuando la frecuencia es alta.

c) Inspecciones repetidas. Distintos inspectores, no pasan por alto los mismos defectos, por lo cual es recomendable que un mismo producto sea inspeccionado por varias personas.

d) Rapidez de la inspección. El desempeño del inspector disminuye rápidamente a medida que aumenta la rapidez de la inspección.

Con objeto de mejorar la inspección se recomienda lo siguiente: reducir al mínimo el número de características de calidad que se consideren para una inspección, lo recomendable es de 5 a 6 tipos diferentes, es recomendable también reducir al mínimo las influencias perturbadoras y las premuras, se deberán dar instrucciones claras y detalladas para la tarea de inspección, y por último se deberá de diseñar el espacio de trabajo para que se haga más fácil la tarea de inspección.

## **Capítulo 6**

### **Procesos e instrumentos de la calidad.**

#### **6.1 Concepto de un proceso.**

Un proceso se puede definir como la interacción muy específica de máquinas, métodos, herramientas, materiales y personas con el objeto de producir bienes o servicios. En sí todo es un proceso, también lo podemos entender como una serie de actividades que se llevan a cabo para transformar insumos en productos .

Un insumo se puede tener en forma de datos, materia prima, unidades a medio terminar, partes recién compradas, productos o servicios y hasta el medio ambiente. Y a los pasos que se siguen para transformar el insumo se le llama técnica o método. Puede entenderse una organización como un conjunto de subprocesos y cada cliente puede verse afectado por uno o varios procesos, normalmente en una organización todos somos clientes y proveedores.

Un objetivo de la administración de calidad total es crear procesos por medio de los cuales el individuo haga las cosas bien desde la primera vez para que hagan bien lo que se debe hacer esto último significa satisfacer o superar las expectativas de los clientes. Implica también para la organización la supresión del desperdicio de las rectificaciones así como de los defectos.

Los procesos pueden clasificarse de la siguiente manera :

#### **• Proceso administrativo.**

Es todo lo relativo a la metodología aplicada por la gerencia con objeto de llevar a cabo sus funciones y esto se refiere específicamente a la planificación organización y control.

• **Proceso funcional.**

Compuesto de los métodos que utiliza la gente para alcanzar objetivos que también son de tipo funcional.

• **Proceso transfuncional.**

Son los métodos empleados para alcanzar objetivos pero que necesitan la participación o insumos de varios grupos o individuos.

Durante el proceso cada cliente interno aportará insumos intermedios o recibirá productos intermedios y estos serán empleados para lograr el resultado final de la empresa. Como todos atienden a un cliente o, a alguna otra persona que sirve a un cliente entonces todos los miembros de la organización forman parte de una cadena de clientes y proveedores.

**6.2 Como manejar los datos de los diferentes procesos.**

Datos son los hechos concretos relativos a un proceso , servicio, producto, persona o máquina y dichos datos se pueden clasificar en atributos y variables. El atributo se define como la característica acerca de la calidad del producto o proceso y que se puede contar así, es que un dato de atributo se considera como dato contable o discreto, de este tipo de datos se dice por ejemplo: si o no, pasa o no pasa, va o no va .

Y en contraparte los datos variables requieren de mediciones donde obtenemos por ejemplo, cantidades, tamaño o duración esto visto en una escala se podría observar que puede haber un número infinito de incrementos por lo que se consideran datos continuos.

Estos datos se pueden ser presentados o descritos visualmente con una tabla o por medio de representaciones gráficas o bien numéricamente por medio de fórmulas así como usando métodos de estratificación donde los datos se dividen en subgrupos relacionados más pequeños para que el análisis sea más claro y preciso.

Para el manejo de datos primero se deberá conocer la naturaleza de los mismos con objeto de no incurrir en errores al seleccionar por ejemplo, el modelo probabilístico correspondiente.

### **6.3 Control estadístico de proceso.**

#### **6.3.1 Introducción.**

El control estadístico de proceso es una excelente metodología donde se emplean gráficas de control con objeto de ayudar a los operadores, supervisores así como a los administradores a estar monitoreando continuamente la producción de un proceso esto con la idea de observarlo así como de eliminar las causas especiales de variación, es bien sabido que con esta metodología puede evitarse grandes cantidades de desperdicio, reproceso y así aumentar la productividad. El control estadístico de proceso es aplicable también con objeto de conocer la capacidad de un proceso. El control estadístico de proceso lo podemos entender como la aplicación de los principios y técnicas estadísticas en todas las etapas de producción con el objetivo de lograr la manufactura más económica de un producto. Entre los beneficios de emplear un control estadístico de proceso se encuentran las siguientes:

a) El control estadístico de proceso es útil para determinar cuando se deben emprender acciones con objeto de hacer un ajuste a nuestro proceso cuando éste se ha salido de control.

b) El control estadístico de proceso también indica que no deben hacerse ajustes y esto evitará variaciones mayores.

c) Incremento de la producción sin la necesidad de inversiones en el equipo o en la expansión de la planta.

d) Considerable ahorro de materia prima y energéticos.

e) Eficientar la producción, reducir los rechazos, emplear mejor el equipo, menor desperdicio y retrabajo.

f) Menor inspección de producto e incremento en aseguramiento de calidad.



**g) Precisión en dimensiones así como en cumplimiento de especificaciones.**

**h) Diseño del producto a través de investigación de mercado que se puede llevar a cabo mediante diseño de muestreo y diseño de experimentos.**

**i) Calidad, producto uniforme y precios establecidos conforme a necesidades de mercado.**

**j) Control de precio, calidad, uniformidad.**

**k) Uso del lenguaje internacional estandarizado.**

Se dice que existe un proceso en control estadístico si las variaciones entre los resultados muestrales observadas en este se pueden atribuir a un sistema constante de causas aleatorias. Podemos entender a un proceso bajo control cuando tiene las siguientes características:

- Cuando el sistema es estable, o sea, que su comportamiento es constante, es decir, predecible, cuantificable y medible.
- Cuando la producción, variables de proceso y características de calidad tiene una dispersión homogénea.
- Cuando se puede descubrir prever y corregir con rapidez y confiabilidad cambios adversos al proceso.
- Permite predecir los costos y la calidad.

En sí a la palabra control le podemos atribuir los siguientes significados :

- Mantener un rumbo o dirección.
- Poder de decisión sobre lo que sucede .
- Hacer las cosas siempre igual y con el mismo resultado.

Definitivamente que el control estadístico de proceso emplea técnicas estadísticas con objeto de conocer el comportamiento del proceso para poder determinar las variables que lo afectan y así reducir las causas de la variación y si estamos seguros de que se

eliminaron las causas llamadas especiales y si solo tenemos causas llamadas comunes podemos afirmar con certeza que nuestro proceso se encuentra en control estadístico. El doctor Deming mencionó lo siguiente: que los procesos muestran un estado natural de control estadístico, pero un estado de control estadístico no es un estado natural para un proceso de manufactura. Si no que más bien es un logro al cual se llega por la eliminación una por una de las causas de la variación.

Cuando se aplica el control estadístico de proceso tendremos un nivel pequeño de variación o bien de defectos, la variación no puede ser eliminada pero sí se mantendrá dentro de ciertos límites.

Debe de tenerse en mente lo que significa **uniformidad y dispersión**.

El término de calidad no tiene ningún sentido sin el concepto de "uniformidad".

- Por ejemplo productos con gran tecnología, pero sin uniformidad, no son productos de buena calidad.
- Insumos baratos sin uniformidad, causan mayores dificultades en la producción porque tendrá que ajustarse continuamente el proceso.

Para poder tener uniformidad, se debe de tener claro lo que es el concepto de dispersión, así por ejemplo, un proceso con menor "dispersión":

- Disminuye costos.
- Disminuye retrabajos.
- Ayuda a conocer mejor el proceso.

En un histograma de frecuencias no se toma en cuenta la dimensión tiempo la cual es muy importante debido a que las causas especiales de variación se van a presentar de forma esporádica en el tiempo, así por ejemplo los materiales de diversos lotes que nos llegan pudieran variar o pudiera ser que tuviéramos un operador de proceso de relevo o que simplemente la herramienta se desgaste.

### **6.3.2 Aspectos relevantes en el diseño de una gráfica de control.**

Existen consideraciones importantes que se deben revisar cuando se tiene por objeto crear una gráfica de control y son las siguientes:

#### **a) La muestra y su tamaño.**

Una muestra deberá ser seleccionada de la manera mas homogénea posible para que esta pueda reflejar si hay una causa común en el sistema, así como si hay una causa asignable. En el caso de que haya una causa asignable será alta la probabilidad de observar diferencias entre muestras y baja la probabilidad de observar diferencias dentro de la misma muestra. Cuando una muestra satisface el criterio anteriormente expuesto se le llama subgrupo racional, una manera de tener esto es utilizar mediciones que sean consecutivas de una máquina en un período que sea corto. Lo anteriormente expuesto tiene la finalidad de reducir al mínimo la probabilidad de variación dentro de la muestra y al mismo tiempo detectar la variación entre muestras, este procedimiento es útil cuando se emplean gráficas de control para localizar un cambio de nivel del proceso.

Otra manera de proceder será tomar una muestra aleatoria de todas las unidades producidas a partir de que se tomó la última muestra, lo cual puede permitir llegar a una decisión sobre aceptar las unidades que se produzcan desde que se tomó la última muestra, el riesgo de utilizar este método es que un cambio en el nivel del proceso haría que los puntos de la gráfica R quedaran fuera de control aún cuando no hubiera cambio en la variabilidad real del proceso. Es importante definir la manera en que se tomará la muestra para que no tengan sesgo los resultados que se obtengan.

También el tamaño de la muestra es un asunto fundamental, es conveniente que el tamaño sea pequeño para evitar mucha variación dentro de la misma muestra esto debido a causas especiales, con esto tendríamos un costo de muestreo relativamente bajo. Es bien sabido que los límites de control se basan en hipótesis de distribución normal de promedios que son muestrales pero en el caso de que el proceso no tenga distribución normal la hipótesis anterior solo trabaja para muestras grandes, y con dichas muestras se pueden detectar con más probabilidad cambios menores en las características del proceso.

Prácticamente es aceptado que muestras de 5 artículos trabajan perfectamente bien para descubrir cambios del proceso de dos desviaciones estándar o mayores y para detectar cambios menores el tamaño de la muestra que se recomienda será de 15 a 25. Si se trabajan con datos de atributos un tamaño de la muestra haría que la gráfica  $p$  no tuviera sentido, por eso es que algunas personas han sugerido que al menos deben emplearse 100 observaciones pero será necesario determinar estadísticamente el tamaño de la muestra, sobre todo cuando es pequeña la fracción verdadera de artículos defectuosos. Cuando se observe que  $p$  es pequeña entonces  $n$  deberá ser suficientemente grande como para poder detectar al menos una pieza defectuosa.

Existen otros métodos para determinar los tamaños de muestra para datos de atributos tal como escoger  $n$  lo suficientemente grande como para tener un 50% de probabilidad de encontrar un desplazamiento del proceso de determinada cantidad especificada, o también escoger  $n$  de tal forma que la gráfica de control tenga un límite inferior de control positivo.

#### **b) Frecuencia del muestreo.**

Sería deseable muestrear con relativa frecuencia y que las muestras fueran grandes pero esto sería poco económico. Lo que se recomienda es que las muestras sean suficientemente cercanas para que podamos encontrar cambios en la características del proceso, tan pronto como sea posible, esto para reducir las posibilidades de que se produzca producto defectuoso en gran cantidad y que no cumpla con las especificaciones, el criterio que hay que tomar en cuenta es que el costo de muestreo no debe de superar lo beneficios que pudieran lograrse.

#### **c) Localización de límites.**

Este asunto es primordial para hacer una evaluación correcta. Cuando se llega a la conclusión incorrecta de que se tiene una causa especial, se dice que se está cometiendo un error llamado "tipo uno", esto implica el costo de tratar de localizar el problema. Por otra parte tenemos un error "tipo dos" cuando hay causas especiales pero no se localizan en la gráfica de control por quedar los puntos dentro de los límites de control por casualidad y a consecuencia de esto, tenemos un costo debido a que se producirán artículos que no cumplan con las especificaciones. Así por ejemplo, un error del "tipo

uno" dependerá de los límites de control que se empleen, y entre más amplios, lógicamente habrá menos probabilidad de que un punto quede fuera de esos límites, pero también tendremos menos oportunidad de incurrir en un error tipo uno, en cambio en el error "tipo dos", este depende de la amplitud de los límites de control, del tamaño de la muestra, y del grado en el que el proceso está fuera de control. Y para un tamaño muestral fijo el límite de control más amplio aumenta el riesgo de incurrir en un error tipo dos. Si se emplea el método tradicional de límites tres sigma, entonces se presupone de manera implícita que el costo de un error tipo uno es grande en relación con el del error "tipo dos", pero en esencia se reduce al mínimo el error tipo uno, lo cual no siempre sucede. Los costos que están implícitos en los errores del "tipo uno y dos" son los siguientes, si se trata de un error "tipo uno", forzosamente habrá que hacer investigación innecesaria para tratar de encontrar alguna causa asignable, y este costo pudiera tener implícito el tiempo muerto de producción. El "error tipo dos" es más crítico todavía, porque si no logramos identificar que el proceso ha quedado fuera de control las piezas defectuosas producidas ocasionarán costos de desecho y reproceso, o bien, si los productos llegan al consumidor. Es muy difícil, más bien dicho, casi imposible estimar el costo de error porque esto es función de la cantidad de artículos que no cumplen con la especificación, pero desconocemos esta cantidad. Si se cambiaran el tamaño de los límites de control, entonces mientras más estrechos fueran, mayor será la probabilidad de que una muestra indique que el proceso está fuera del control, y entonces aumentará el costo de un error "tipo uno" conforme se van reduciendo los límites de control, y también por otra parte, los límites de control más estrechos reducen el costo del error "tipo dos" ya que vamos a identificar más fácilmente los estados fuera de control, reduciendo con esto la cantidad de artículos defectuosos.

Existen también costos que se relacionan con el muestreo, como son el tiempo que emplea el operador al hacer las mediciones de la muestra, los cálculos y ubicar los puntos en la gráfica de control, además de que si la prueba es de tipo destructivo, habrá que incluir el costo de los artículos dañados. Los tamaños de muestra grandes y la mayor frecuencia de muestreo, desde luego que producirán mayores costos porque al aumentar el tamaño de la muestra, o la frecuencia, se van a reducir los errores "tipo uno" y "tipo dos" y se tendrá mayor información lo cual facilitará la toma de decisiones.

Raymont R, Mayer en su libro " Selección de Límites de Control " de la editorial Quality Progress recomienda tomar en cuenta las siguientes consideraciones de costos que están implícitos en la toma de decisiones y son los siguientes:



1) Si el costo de investigar una operación para localizar la causa de un estado fuera de control es significativo entonces el error tipo uno importa y será conveniente adoptar límites más amplios de control, pero si el costo es bajo, entonces deberán de seleccionarse límites más estrechos.

2) Si es considerable el costo de la producción defectuosa que genera una operación, entonces el error "tipo dos" es grave y deberemos de usar límites más estrechos de control, pero si no es así, entonces se deben de seleccionar límites más amplios.

3) Cuando son importantes los costos de los errores "tipo uno" y "tipo dos" a la vez, se deberán de utilizar límites más amplios de control y se considerará la reducción del riesgo de un error tipo dos aumentando el tamaño de la muestra, y es recomendable tomar muestras más frecuentes con objeto de reducir la duración de cualquier condición fuera de control que se pudiera presentar.

4) Si el fuera de control en una operación es frecuente, se deberán de favorecer límites más estrechos de control para que no haya tanta oportunidad de cometer un error "tipo dos". Y en caso de que sea pequeña la probabilidad de tener un fuera de control entonces deberemos de preferir límites más amplios.

### 6.3.3 Metodología empleada para la elaboración y uso de las gráficas de control.

Con respecto a la manera de preparar una gráfica de control se deberá de seleccionar la variable o atributo, el tamaño de la muestra y la frecuencia de muestreo, cuando se tengan recopilados los datos, se harán cálculos estadísticos de promedios y amplitudes y deberán de anotarse los resultados en la gráfica. Para determinar los límites de control se calcularán el promedio general y la amplitud para las gráficas  $\bar{x}$  y R, así como la proporción promedio si se trata de una gráfica P trazaremos los ejes centrales de los gráficos y calcularemos los límites superior e inferior de control. Con respecto al análisis e interpretación de nuestra gráfica de control, deberemos de observar si la gráfica está en control, eliminar los puntos fuera de control, recalcular los límites de control y determinar la capacidad del proceso. La gráfica de control es una herramienta para la solución de problemas y deberá de continuarse la recopilación y graficación de los datos y una vez que se hayan identificado puntos fuera de control, se podrán hacer acciones de corrección.



Desde el punto de vista de control de un proceso quiere decir que se identifiquen y corrijan las causas asignables, es importante emprender acciones si la gráfica de control aumenta su variabilidad. Es mucho muy importante tomar en cuenta que la gráfica de control necesita mantenimiento, esto quiere decir, que periódicamente haya que actualizar los límites de control como elementos de cambio del proceso, y a medida que se eliminen las causas asignables.

Es primordial evaluar la exactitud de los instrumentos de medición y calibración, su repetibilidad y reproducibilidad antes de que se ponga a trabajar el control estadístico de proceso.

Si se desea establecer el control estadístico de proceso se deberá tomar en cuenta los siguiente:

#### 6.3.4 Fundamento Estadístico de las Gráficas de Control.

A continuación se describe el sustento estadístico del juego de reglas utilizado para la interpretación de las gráficas de control.

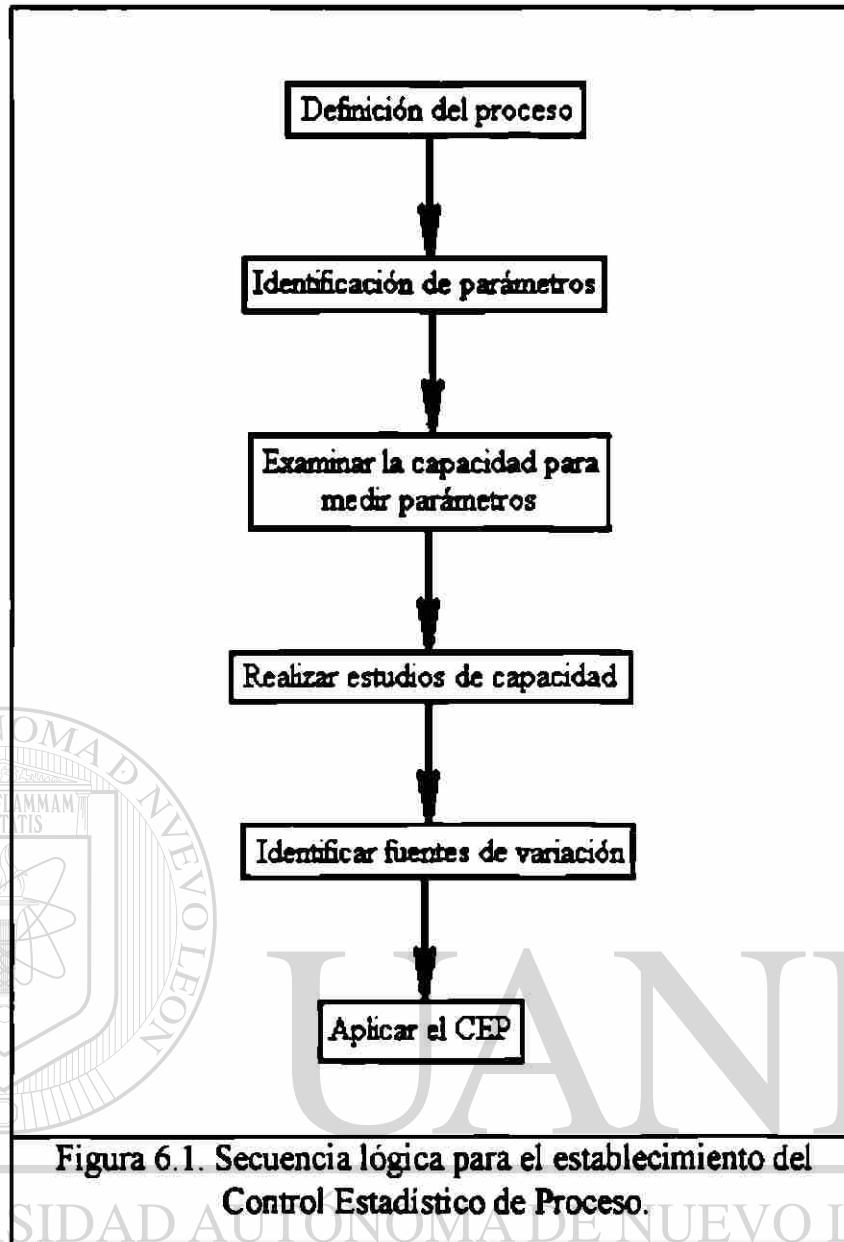
##### a) El gráfico de control para variables.

A continuación en la figura 6.1 se muestra la secuencia lógica para establecer el control estadístico de proceso.

Si se tiene un proceso controlado entonces la distribución de medidas individuales para variables deberá de tener un promedio  $\mu$  y una varianza  $\sigma_x^2$  en el supuesto de que se seleccione una muestra de tamaño  $n$  la distribución de muestreo de  $\bar{x}$  también tendrá promedio  $\mu$  pero su varianza será :

$$\sigma^2 = \frac{\sigma_x^2}{n}$$

A continuación a la figura 6.1 se muestra la secuencia lógica para establecer el control estadístico de proceso.



En el caso de que la distribución de medidas individuales original sea normal entonces la distribución de los promedios también será normal, y para el caso de que no lo sea, se puede utilizar el teorema del límite central, claro que generalmente se supone normalidad al elaborar las gráficas de control para variables para tamaños grandes de muestras, pero como las muestras de las gráficas de control son pequeñas generalmente  $n = 4$  o  $n = 5$ , no se puede tener plena confianza en el teorema de límite central, por eso como se comentó anteriormente se supone normalidad. En el marco de las hipótesis planteadas se espera que  $100(1 - \alpha)$  por ciento de los promedios de muestra queden entre  $\mu - z_{\alpha/2} \sigma_x$  y  $\mu + z_{\alpha/2} \sigma_x$  y estos valores se convertirán en los límites inferior y superior de control y normalmente se selecciona  $z_{\alpha/2} = 3$  obteniendo de esta manera los límites  $6 \sigma$  donde  $\alpha/2 = 0.0014$  esperando por lo tanto que nada más el 0.3% de las observaciones de la muestra queden fuera de los límites mencionados. Se puede observar que si se tiene un proceso en estado de control la probabilidad de que una muestra quedara fuera de los límites de control es extremadamente pequeña y se deberá

de tener cuidado de que no haya desplazado el promedio verdadero ya que la probabilidad sería mucho mayor. Por eso es que lo anteriormente mencionado es el sustento de aplicar los límites de control tres sigma. El valor  $\alpha/2$  se puede seleccionar en forma arbitraria. En E.U. se emplea el valor de tres, pero en Inglaterra se selecciona  $z_{\alpha/2}$  primero estableciendo la probabilidad que exista un valor del tipo I, y normalmente se selecciona  $\alpha/2 = 0.001$  de tal manera que  $z_{0.001} = 3.09$ . Esto será empleado para los establecimiento de los límites de control a los cuales se les llamará límites de probabilidad.

### b) La gráfica R.

Normalmente se emplea R como sustituto de la desviación estándar por cuestión de sencillez. Es común que se emplee el factor  $d_2$  tomado de la tabla de factores para gráficos de control con objeto de relacionar la amplitud con la desviación estándar que realmente tiene un proceso. El factor  $d_2$  se podría calcular de la siguiente manera: si por ejemplo se tiene un experimento en el que se toman muestras de tamaño n provenientes de una distribución normal con desviación estándar  $\sigma_x$  que ya se conoce de tal manera que si se calcula la amplitud R de cada muestra se podría determinar la distribución de la medida estadística  $R/\sigma_x$  así que el valor esperado de la medida estadística sería el factor  $d_2$ , así que:

$$E \left( \frac{R}{\sigma_x} \right) = d_2$$

pero como R es la variable aleatoria y se conoce  $\sigma_x$  entonces:

$$E(R)/\sigma_x = d_2$$

El experimento se podría llevar a cabo para cada n y es posible calcular los valores correspondientes de  $d_2$  y la hipótesis que se probaría en la gráfica R sería:  $H_0: R = E(R)$ . Se estimará el valor esperado de R mediante la amplitud de la muestra R, de tal manera que  $R/d_2$  es una estimación de la desviación estándar del proceso  $\sigma_x$  y para establecer los límites de control de la gráfica R será necesario estimar la desviación estándar de la variable aleatoria R que es  $\sigma_R$  y a partir de la distribución de la medida

estadística  $\bar{R}/\sigma_x$  se puede calcular la relación  $\sigma_R/\sigma_x$  para cada  $n$ . Y esto va a definir una constante  $d_3$  tabulada también, así que se tiene  $\sigma_R = d_3 \sigma_x$ . Y si se substituye la estimación de  $\sigma_x$  que es  $\bar{R}/d_2$  en esa ecuación tendremos que  $d_3 \bar{R}/d_2$  es una estimación de  $\sigma_R$ . Y los límites de control para la gráfica R se basarán en tres desviaciones estándar con respecto a la estimación del promedio, entonces:

$$LCS_R = \bar{R} + 3 d_3 \bar{R}/d_2 = (1 + 3 d_3/d_2)\bar{R} = D_4 \bar{R}$$

$$LCI_R = \bar{R} - 3 d_3 \bar{R}/d_2 = (1 - 3 d_3/d_2)\bar{R} = D_3 \bar{R}$$

Es común que se definan  $d_4$  y  $d_3$  como las constantes  $1 + 3 d_3/d_2$  y  $1 - 3 d_3/d_2$  así es que los límites de control para la gráfica R se basan en la distribución de la desviación estándar del proceso pero ajustada para que corresponda a la amplitud.

### c) Gráfica $\bar{x}$ .

Ahora se verá la gráfica  $\bar{x}$ , la medida estadística  $\bar{\bar{x}}$  es una estimación del promedio de la población  $\mu$  y como  $\bar{R}/d_2$  es una estimación de  $\sigma_x$ . Entonces una estimación de la desviación estándar de la muestra será :

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}}$$

Así que los límites tres sigma de  $\bar{x}$  están expresados por:

$$\bar{\bar{x}} \pm \frac{3\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}}$$

Así que con  $A_2 = 3/d_2 \sqrt{n}$ , se obtendrán los límites de control:

$$LCS_x = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$$

$$LCI_x = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$$

**d) La Gráfica p.**

La gráfica P tiene su sustento teórico en la distribución de tipo binomial, ésto es debido a que los atributos suponen sólo uno de dos posibles valores, tales como cumplir con la especificación o no cumplir con esta. En el caso de que p represente la probabilidad de producir un artículo con defectos y se selecciona una muestra de n artículos entonces la distribución binomial quedará de la siguiente forma:

$$f(x) = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x} \quad x = 0, 1, 2, \dots, n$$

Esto indica la probabilidad que de que se encuentren x artículos con defecto en una muestra. Por otra parte la medida estadística  $\bar{p}$  de la muestra será una estimación del parámetro p de la población. Y una estimación de la desviación estándar  $\sigma_p$  tendrá la siguiente forma:

$$\sigma_p = \sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$$

así que los límites tres sigma del parámetro p serán:

$$LCS_p = \bar{p} + 3 \sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$$

$$LCI_p = \bar{p} - 3 \sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$$

Es muy importante tomar en cuenta para el uso de la gráfica p la probabilidad siempre constante de tener una pieza defectuosa y la independenciam de los ensayos o inspecciones. Si no se tiene cuidado de que las hipótesis sean seguras, entonces no será adecuado el empleo de la gráfica p.

Un formato para trabajar atributos se muestra en la tabla 6.1.





### 6.3.5. Construcción de los gráficos de control.

#### a) Consideraciones sobre el gráfico de control para datos variables.

Los datos de variables son los que se pueden medir en una escala continua, y el gráfico más empleado es el  $\bar{x} - R$ . El gráfico  $\bar{x}$  sirve para estar monitoreando el centrado del proceso y el gráfico  $R$  auxilia en la supervisión de la variación que ocurre en el proceso estas dos gráficas se emplean juntas para analizar datos de variables, la amplitud se emplea como una medida de la variación sobre todo cuando se hacen los cálculos a mano de las gráficas de control por los operarios pero cuando la muestra es grande y se pueden analizar datos con programas de computo se recomienda usar la desviación estándar como la medida de variabilidad. Hay tres funciones básicas de las gráficas de control:

- a) Hacer un monitoreo del proceso e indicar cuando se sale de control.
- b) Establecer un estado de proceso bajo control estadístico.
- c) Determinación de la capacidad del proceso usando la gráfica de control.

A continuación se detalla la manera en que se puede construir una gráfica de control de variables y de esta forma establecer el control estadístico.

#### b) Construcción de la gráfica de control de variables.

La gráfica de control de promedios y rangos ( $\bar{x} - R$ ) es una gráfica cronológica que nos permite observar los cambios que experimentan los datos a través del tiempo. Su propósito principal será determinar si cada punto del gráfico es normal o anormal y también nos permitirá conocer los cambios operados en el proceso del que se han obtenido las muestras.

Lo primero que debe de hacerse para construir una gráfica ( $\bar{x} - R$ ) es obtener la materia prima del estadístico, esto consiste en recopilar los datos, se recomienda trabajar de 25 a 30 muestras y lo más común es que se empleen tamaños de muestras de 3 a 10 elementos donde lo más usual es emplear 5 elementos. En este gráfico  $\bar{x}$  representa los promedios de la muestra y  $R$  las amplitudes o desviaciones, ésto es, el primer término

indica cualquier cambio en la medida, y el segundo verifica cualquier cambio en la dispersión o variación del proceso.

A continuación se describe el procedimiento para la elaboración de las gráficas  $\bar{x}$  - R así como para las gráficas  $\bar{x}$  -  $\sigma$ . Hay que recordar que normalmente el tamaño de  $n$  debe de ser igual para todos los subgrupos si esto no sucede así deben efectuarse ajustes adicionales.

**Pasos de elaboración:**

1) Obtener los datos y recopilarlos en una hoja de chequeo, hay que asegurarse que los datos estén distribuidos a manera de subgrupos, además de que deben de ser recopilados bajo las mismas condiciones técnicas.

2) Calcular  $\bar{x}$  y R para cada subgrupo de acuerdo a:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \text{ y } R = x_{\max} - x_{\min}.$$

3) Obtenga  $\bar{\bar{x}}$  y  $\bar{R}$  (promedio total y rango promedio).

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \bar{x}_3 + \dots + \bar{x}_k}{k} \text{ y } \bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_k}{k}.$$

4) Calcule los límites de control.

Gráfica  $\bar{x}$

$$LC = \bar{\bar{x}}$$

$$LCS = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$$

$$LCI = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$$

Gráfica  $\bar{x}$

$$LC = \bar{\bar{x}}$$

$$LCS = \bar{\bar{x}} + A_1 \bar{\sigma}$$

$$LCI = \bar{\bar{x}} - A_1 \bar{\sigma}$$

Gráfica R

$$LC = \bar{R}$$

$$LCS = D_4 \bar{R}$$

$$LCI = B_3 \bar{R}$$

Gráfica  $\sigma$

$$LC = \bar{\sigma}$$

$$LCS = B_4 \bar{\sigma}$$

$$LCI = B_3 \bar{\sigma}$$

LCS es el límite superior de control y LCI es el límite inferior las constantes  $d_3$  y  $d_4$  y  $A_2$  dependen del tamaño que tiene la muestra y se pueden encontrar en el apéndice llamado "Factores para Gráficas de Control".

5) Se construye la gráfica de control  $\bar{x} - R$  ó  $\bar{x} - \sigma$  el valor central se recomienda trazar con línea continua y los límites con líneas punteadas.

6) Anote los valores de  $\bar{x}$ , R o  $\sigma$  de cada subgrupo en la gráfica correspondiente y anales con líneas punteadas.

Es bien sabido que los límites de control definen el intervalo o amplitud en la que esperamos que estén contenidos todos los puntos cuando el proceso está dentro del control estadístico y cuando queden puntos fuera de los límites de control o si se observan comportamientos extraños podemos entonces pensar que una causa asignable está impactando nuestro proceso el cual debe de revisarse minuciosamente para determinar dicha causa, si existieran causas especiales entonces no serán representativas del estado verdadero de control estadístico y se van a sesgar los cálculos del eje central así como de los límites de control y habrá que eliminar los puntos correspondientes y se deberán calcular nuevos valores para  $\bar{x}$ , R y los límites de control. Cuando se desea saber si un proceso esta bajo control estadístico, se debe de analizar primero la gráfica R ya que como los límites de control en la gráfica  $\bar{x}$  dependen de la amplitud promedio entonces podría haber causas especiales en la gráfica R que pudieran producir

comportamientos extraños en la gráfica  $\bar{x}$  aún cuando el centrado del proceso este bajo control. Por eso es que una vez que se estableció el control estadístico para la gráfica R se deberá de trabajar con la gráfica  $\bar{x}$ . Deberá de emplearse un formato para la elaboración de la gráfica de control como se muestra en la siguiente página en la figura 6.2.

**c) Gráfica especial de control empleada para trabajar con datos de variables.**

**Gráfica  $\bar{x} - s$ .**

Algunos autores consideran la gráfica  $\bar{x} - s$  como una gráfica especial. Comúnmente se emplea la amplitud porque requiere menos trabajo de cálculo y es más fácil de comprender por los operadores de línea, pero la ventaja de usar  $s$  en lugar de R se debe a que la desviación estándar de la muestra es un indicador más sensible y mejor de la variabilidad del proceso y todavía más conveniente cuando se emplean tamaños de muestras relativamente grandes, si se quiere tener un control bien estricto de la variabilidad se debe de emplear  $s$  así que definitivamente  $s$  es mucho mejor opción que R.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Es necesario para construir la gráfica  $\sigma$  calcular la desviación estándar de cada una de las muestras y posteriormente se debe de calcular la desviación estándar promedio  $\bar{s}$  con el promedio de las desviaciones estándar de las muestras pequeñas y este cálculo será similar al cálculo de  $\bar{R}$  y los cálculos de los límites de control para la gráfica  $s$  quedan como:

$$LCS_s = B_4 \bar{s}$$

$$LCI_s = B_3 \bar{s}$$

Donde  $B_3$  y  $B_4$  se deberán de localizar en el apéndice anterior para la gráfica  $\bar{x}$  asociada los límites de control que se obtienen de la desviación estándar general son:



$$LCS_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_3\bar{s}$$

$$LCI_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_3\bar{s}$$

Así que  $A_3$  también puede leerse en el apéndice llamado factores para gráficos de control. Las fórmulas para los límites de control son equivalentes a las de las gráficas  $\bar{x}$  y R con la diferencia de que las constantes no son iguales.

Con la intención de ejemplificar el uso de la gráfica  $\bar{x} - s$  se tienen los datos que aparecen en la tabla 6.3.

Muestra No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	9	0	1	-3	-6	-3	0	2	0
2	8	4	8	1	-1	2	-1	-2	0	0
3	6	0	0	0	0	0	0	-3	-1	-2
4	9	3	0	2	-4	0	-2	-1	-1	-1
5	7	0	3	1	0	2	-1	-2	-3	-1
6	9	0	1	1	1	-1	-1	1	0	0
7	2	3	2	2	0	2	-3	-3	1	-1
8	7	4	0	0	-2	0	0	0	-3	-2
9	9	8	2	0	0	-3	-2	-3	-1	-2
10	7	3	3	1	-2	0	-2	-2	0	0
Promedio	6.5	3.4	1.9	0.9	-1.1	-0.4	-1.5	-1.5	-0.6	-0.9
Desviación estándar	2.83822	3.13404	2.46981	0.73786	1.59513	2.50333	1.08012	1.43372	1.57762	0.87559



Muestra No.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	-3	-12	-6	-3	-1	-1	-2	0	0	1
2	-2	2	-3	-5	-1	-2	2	4	3	2
3	2	0	0	5	-1	-2	-1	0	-3	1
4	-1	-4	0	0	-2	0	0	0	3	1
5	1	-1	-8	-5	-1	-4	-1	0	3	-3
6	-2	4	-4	1	0	0	-1	3	1	2
7	-2	2	-6	5	-2	-2	2	0	0	1
8	-1	-3	-1	-4	-1	-4	-1	0	1	-2
9	1	-4	-1	-1	0	-1	1	1	2	3
10	1	0	-2	-5	-1	0	-2	0	-2	0
Promedio	-0.6	-1.6	-3.1	-1.2	-1	-1.6	-0.3	0.8	0.8	0.6
Desviación estándar	1.712609	4.52646	2.80673	3.91010	0.66666	1.50554	1.49443	1.47572	2.09761	1.83787

Muestra No.	21	22	23	24	25					
1	1	-1	0	1	2					
2	2	0	0	0	2					
3	2	2	-1	0	1					
4	1	-1	0	1	2					
5	2	2	1	1	-1					
6	2	2	0	2	2					
7	1	-1	0	0	2					
8	1	0	0	0	1					
9	1	0	-1	-1	-1					
10	2	-1	0	0	2					
Promedio	1.5	0.2	-0.1	0.4	1.2					
Desviación estándar	0.52704	1.31656	0.56764	0.84327	1.22927					

Tabla 6.3. Ejemplo  $\bar{x} - s$

Los datos de esta tabla muestran las mediciones de desviaciones respecto a una especificación nominal. Se emplearon muestras de tamaño 10 y para cada muestra se calculó el promedio y la desviación estándar. El promedio general tiene un valor  $\bar{\bar{x}} = 0.108$  y la desviación estándar promedio es  $s = 1.791$  sabiendo que el tamaño de la muestra es 10, se tiene entonces que el  $B_3 = 0.284$ ,  $B_4 = 1.716$ , y  $A_3 = 0.975$ ,

todo esto obtenido del apéndice factores para gráficas de control. Donde los límites de control para la gráfica  $s$  son:

$$LIC_s = (0.284)(1.791) = 0.509$$

$$LCS_s = (1.716)(1.791) = 3.073$$

y para la gráfica  $\bar{x}$  los límites de control son :

$$LIC_{\bar{x}} = (0.108) - (0.975)(1.791) = -1.638$$

$$LCS_{\bar{x}} = (0.108) + (0.975)(1.791) = 1.854$$

Las gráficas  $\bar{x}$  y  $s$  se muestran en las figuras 6.2 y 6.3, y puede apreciarse que el proceso no está bajo control y que se necesita una investigación acerca de las razones de la variación, en especial de la gráfica  $\bar{x}$ .

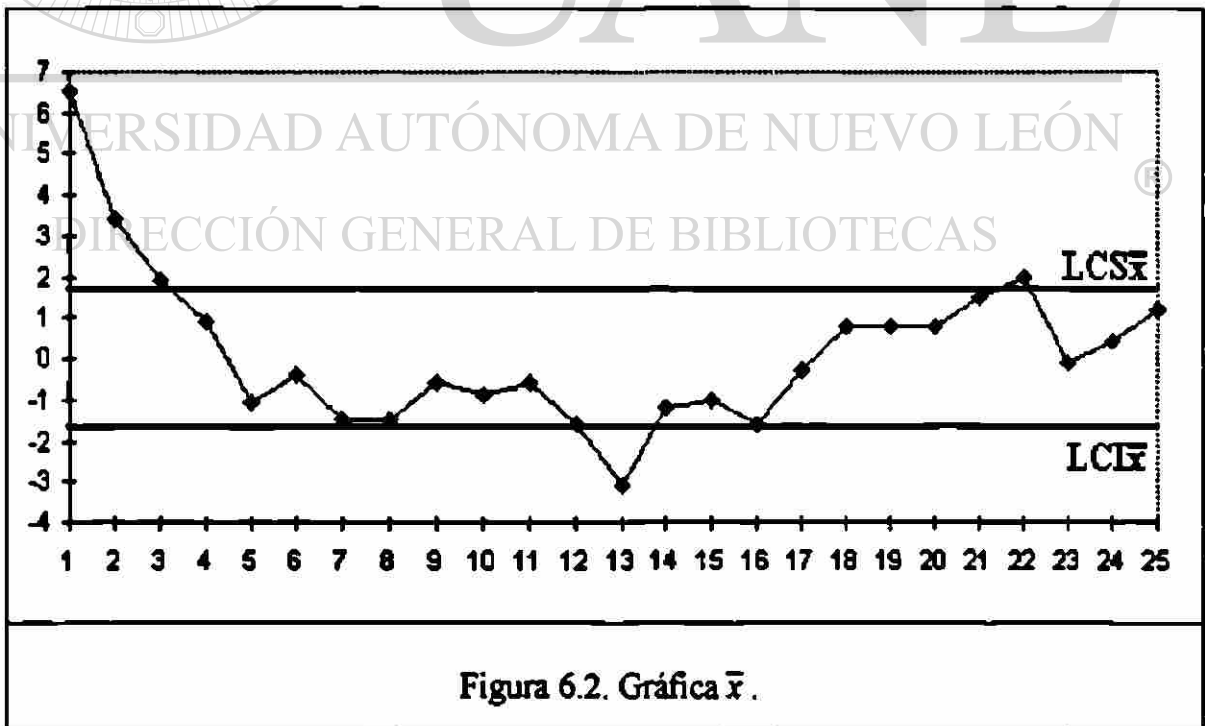


Figura 6.2. Gráfica  $\bar{x}$ .

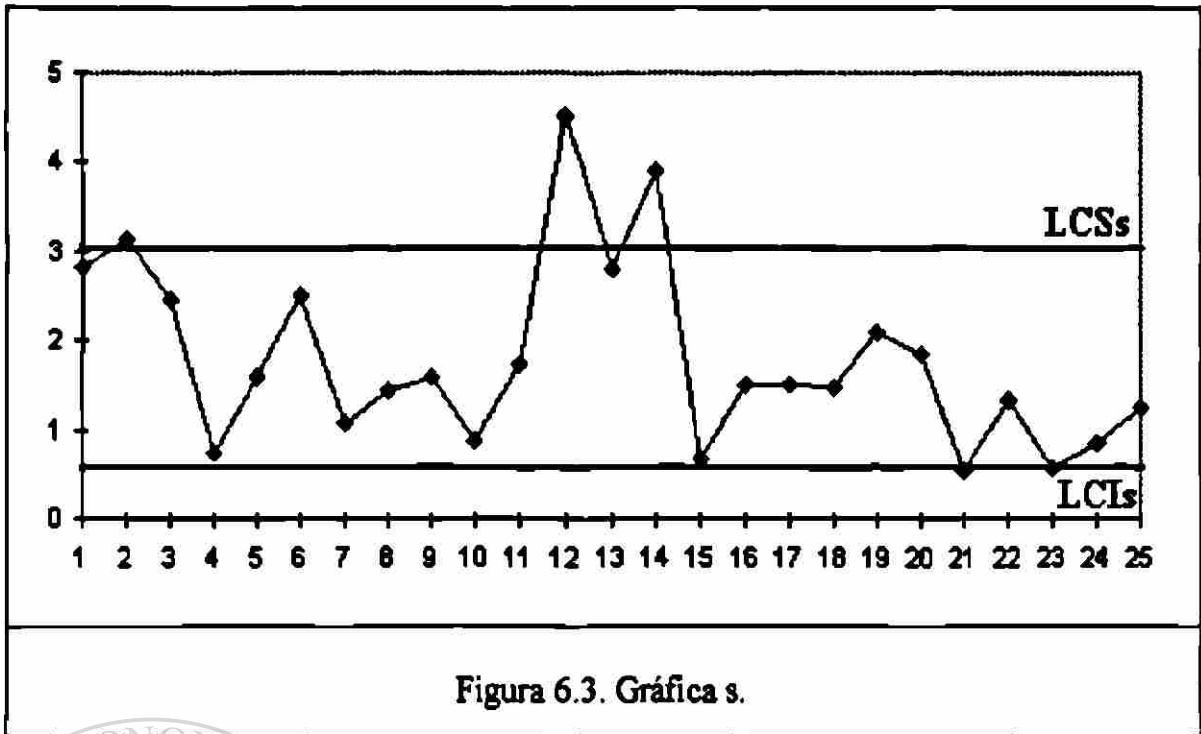


Figura 6.3. Gráfica s.

#### 6.4 Patrones en las gráficas de control.

Es necesario desarrollar la habilidad para reconocer patrones sistemáticos que no sean aleatorios y que se presentan en nuestra gráfica de control para posteriormente identificar cual es la razón de este comportamiento. Será necesario entender bien el proceso para que una vez que se tenga un determinado patrón poder distinguir si se trata de una causa asignable.

El Western Electric Handbook sugiere unas reglas prácticas con objeto de determinar patrones que se deben a causas asignables y hace la siguiente recomendación para poder concluir si un proceso está fuera de control, de tal forma que el fuera de control se asocia con las siguientes características:

- 1.- La existencia de un punto que esté fuera de los límites 3s.
- 2.- Dos de tres puntos consecutivos están mas allá de los límites usados como advertencia de 2s.
- 3.- Cuatro de cinco puntos consecutivos se localizan a una distancia del 1 s o más allá de la línea central.

**4.- Existen ocho puntos consecutivos localizados en un lado de la línea central.**

Si cuando revisamos un proceso y éste está bajo control entonces deberá de ocurrir lo siguiente:

- 1.- No habrá puntos fuera de los límites de control.
- 2.- Será aproximadamente igual el número de puntos arriba y abajo del eje central.
- 3.- Parecerá que los puntos se distribuyen aleatoriamente arriba y abajo del eje central.
- 4.- La mayor parte de los puntos se encontrarán cerca del eje central y muy pocos cerca de los límites de control.

**Tipos de patrones:**

Son comunes algunos tipos de comportamientos o patrones a continuación se enlistan los más importantes.

**Existencia de un punto fuera de los límites de control.**

Quando se tiene sólo un punto que esté fuera de los límites de control (muy probablemente esto sea producto de una causa especial, un error en el cálculo de  $\bar{x} - R$  se recomienda comprobar los cálculos cuando suceda esto, las causas posibles de esto son alguna herramienta que esté rota , algún error de medición o una operación incompleta o que se haya omitido en el sistema, como se muestra en la figura 6.4

**Brusco desplazamiento del promedio del proceso.**

Podemos apreciar que ocurrió un desplazamiento del promedio del proceso cuando se tiene un número de puntos poco usual que caen a un lado del eje central, tal vez esto sea por una causa externa, si estamos trabajando con la gráfica  $\bar{x}$  o con la gráfica R. Esto puede deberse a un operador nuevo, o nuevo inspector, máquina recién ajustada o

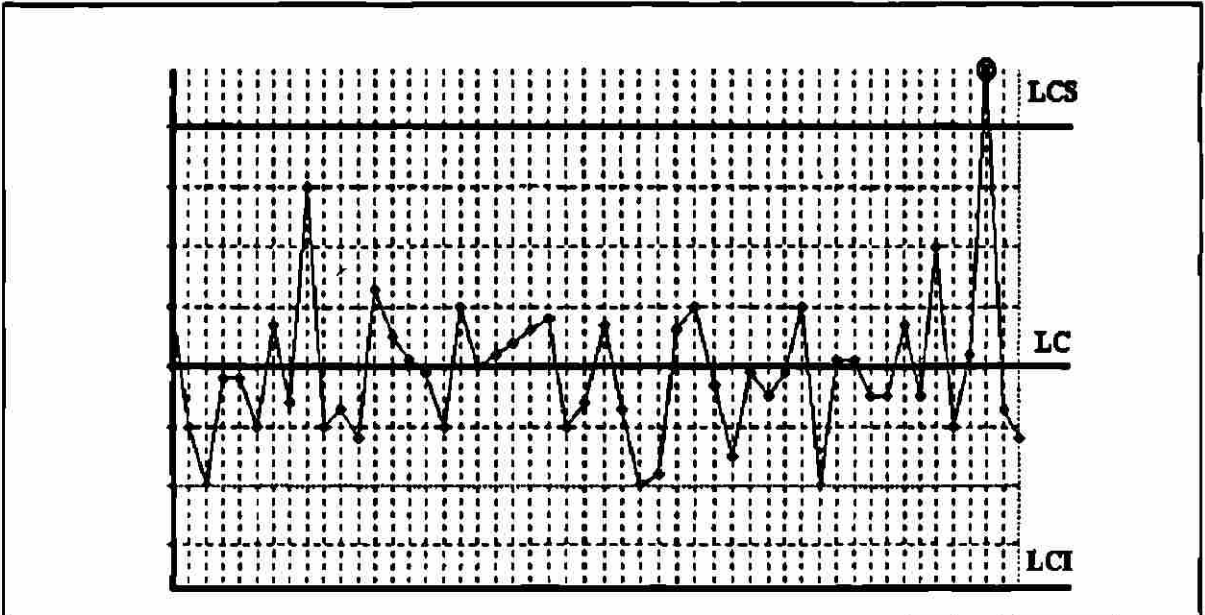


Figura 6.4. Un punto fuera de los límites de control.

tal vez a un cambio de método. Existen dos posibilidades, por ejemplo un cambio hacia arriba en una gráfica R significará que el proceso se ha hecho menos uniforme y las causas más comunes son un accesorio que necesite ser reparado, mal mantenimiento o el descuido de los operadores . Pero si el desplazamiento es hacia abajo, ésto indica que ha mejorado la uniformidad del proceso y tal vez se deba a mejor mano de obra o quizás mejores máquinas o materiales y en todo caso habrá que detectar el motivo de la mejora y mantenerlo como se observa en la figura 6.5.

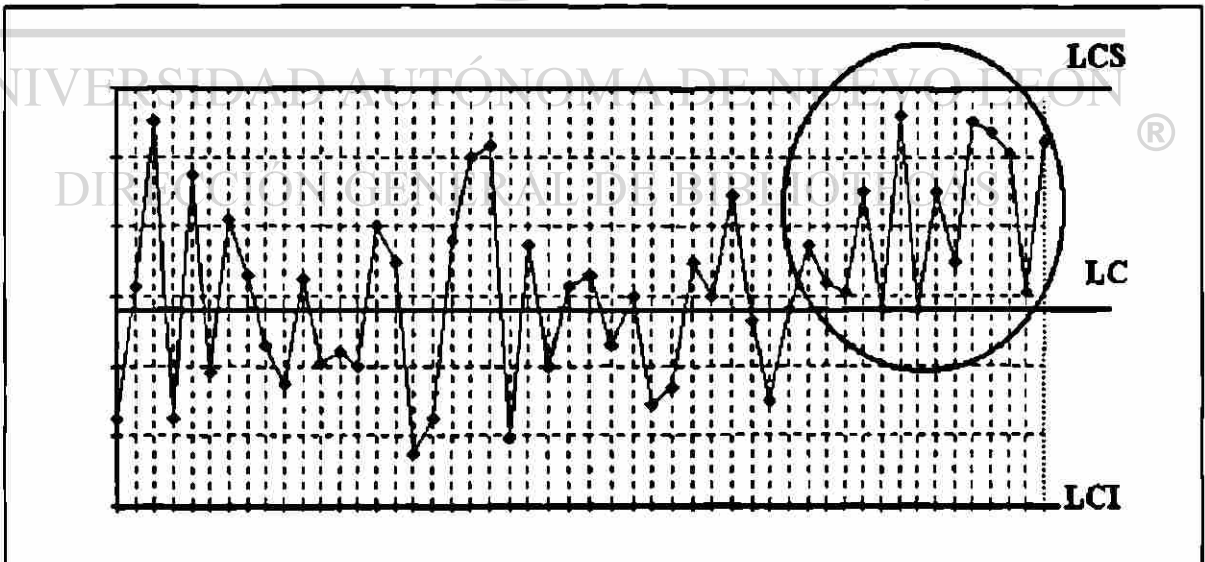


Figura 6.5. Promedio del proceso desplazado.

Existen tres reglas sencillas para detectar el desplazamiento de un proceso y son las siguientes :

- a) Cuando existan ocho puntos consecutivos a un lado del eje central.
- b) Al quedar dos o tres puntos consecutivos en la zona del tercio exterior entre el eje y uno de los límites de control.
- c) Cuando cuatro o cinco puntos consecutivos caen en la región de los dos tercios exteriores, en la figura 6.6 y 6.7 pueden observarse dos tipos de procesos.

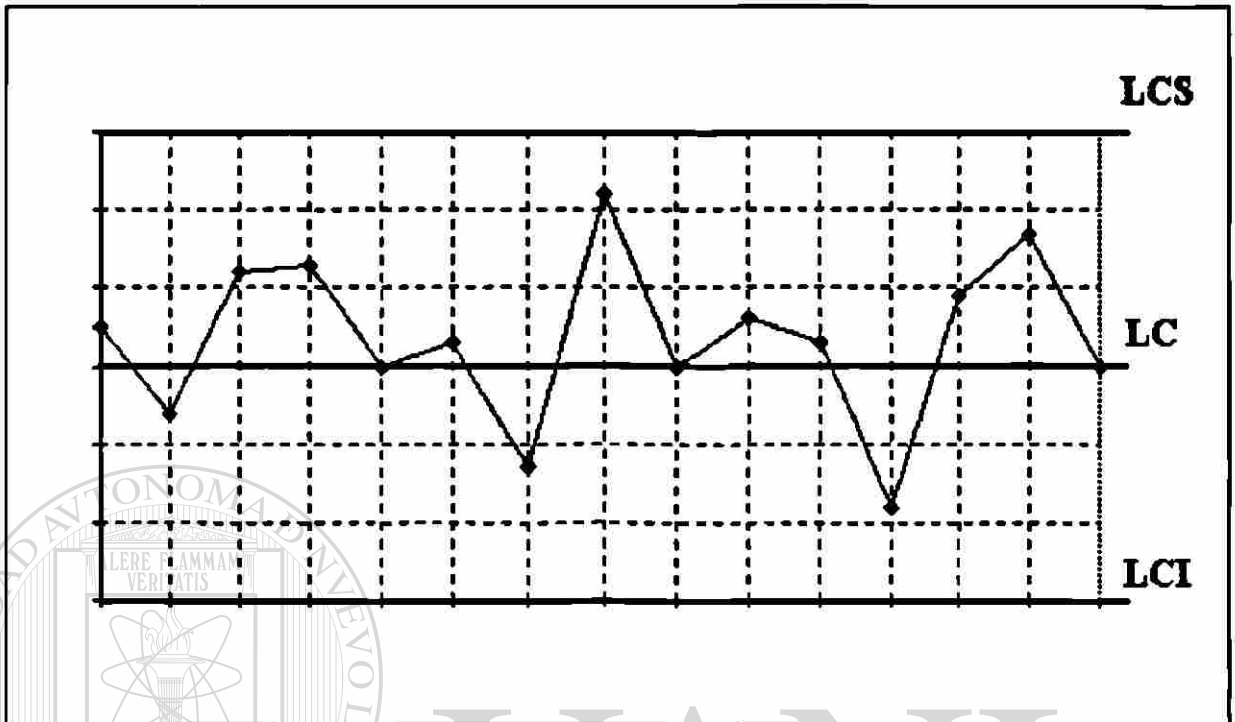
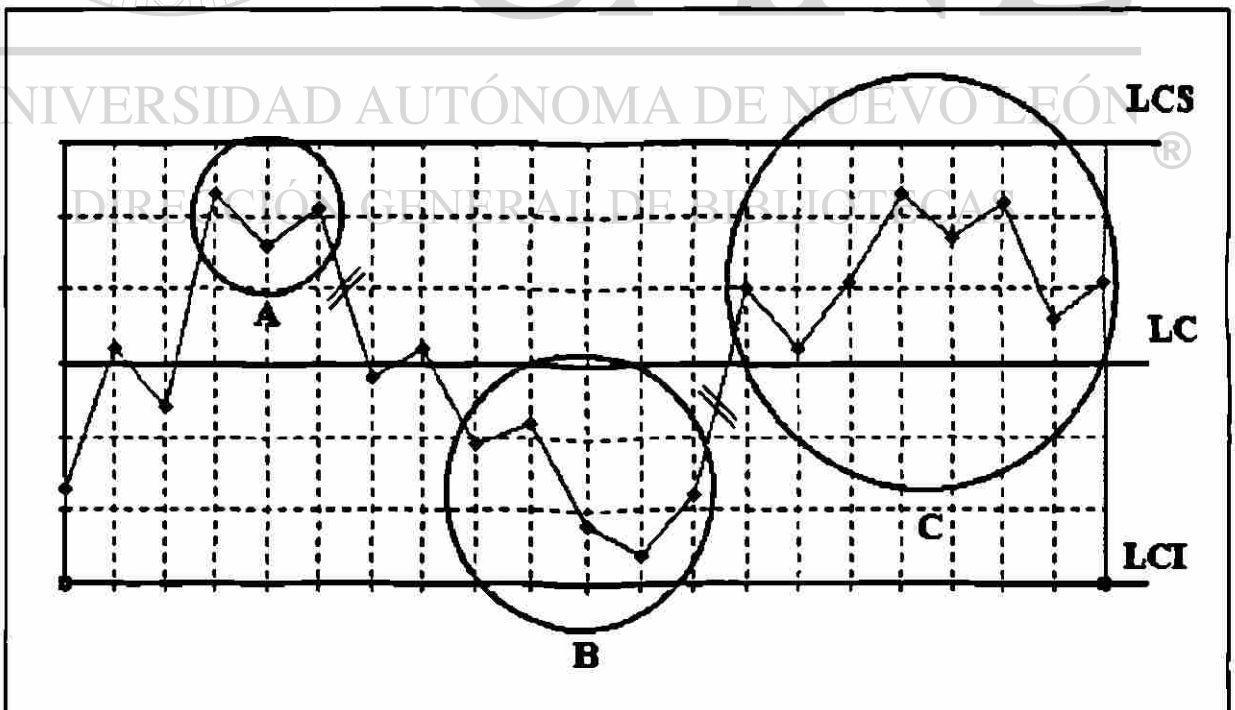


Figura 6.6. Proceso bajo control.



Figuar 6.7. Estados fuera de control.



- A) Dos o tres puntos por encima del error estándar.
- B) Cuatro o cinco puntos por debajo del error estándar.
- C) Ocho puntos por encima del eje central.

**Ciclos.**

A una secuencia corta y repetida en una gráfica que tenga picos y además valles alternados, se le llama ciclo y éste es resultado de causas que vienen y van con cierta regularidad así por ejemplo en la gráfica  $\bar{x}$  (figura 6.8) los ciclos son el resultado de rotación o bien fatiga del operador, o bien deberse a que el turno llego a su parte final diferentes calibradores que usen diversos inspectores, cambios climáticos de estación como temperatura y humedad y también a diferencias entre turno diurno y nocturno, pero en una gráfica  $R$  los ciclos se pueden deber a programas de mantenimiento, rotación de accesorios o calibradores, diferencias entre turnos o bien a la fatiga de los operadores.

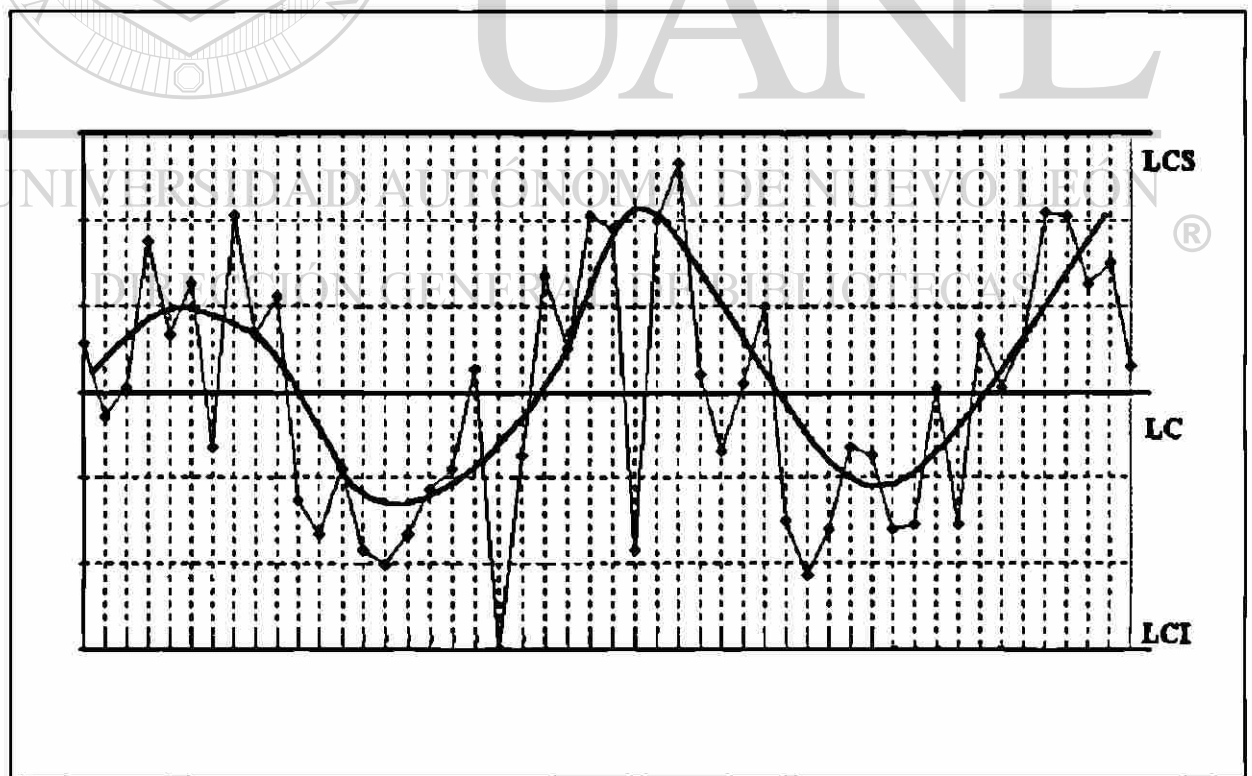


Figura 6.8. Ciclos.

### Tendencias.

Una tendencia es el producto de alguna causa que afecta de manera gradual las características de calidad del producto haciendo que los puntos de la gráfica de control queden localizados gradualmente hacia arriba o hacia abajo del eje central. Esto puede ocurrir cuando están adquiriendo experiencia los operadores, o a consecuencia de que esté mejorando el mantenimiento a través del tiempo. Así en la gráfica  $\bar{x}$  ( figura 6.9) las tendencias se pueden deber a la mejoría de la habilidad del operador o a que los accesorios se llenaron de tierra o rebaba, cambios de temperatura, humedad, fatiga del operador, que una herramienta se halla desafilado o tal vez que un accesorio o herramienta se aflojó de manera gradual. En ocasiones una tendencia decreciente puede deberse a que mejoró la habilidad del operador, mejores métodos de trabajo, mejores materiales o tal vez a que el mantenimiento fué más frecuente.

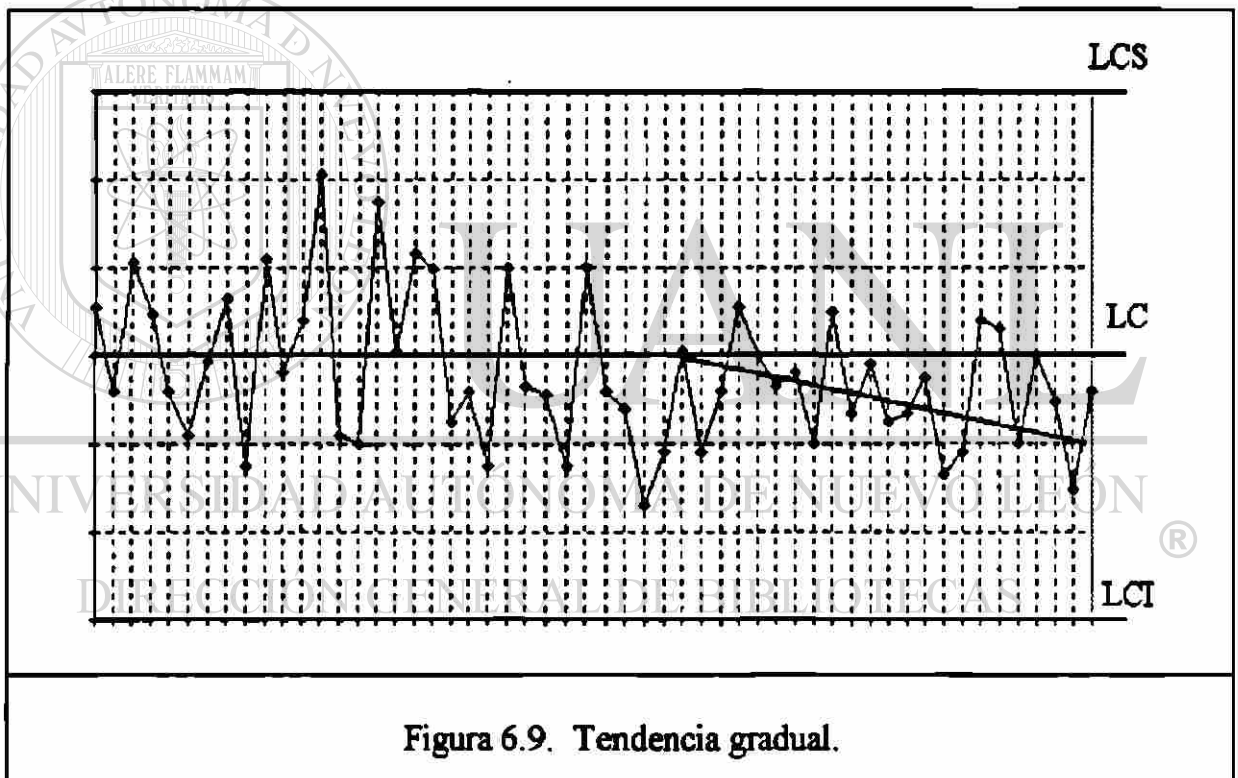
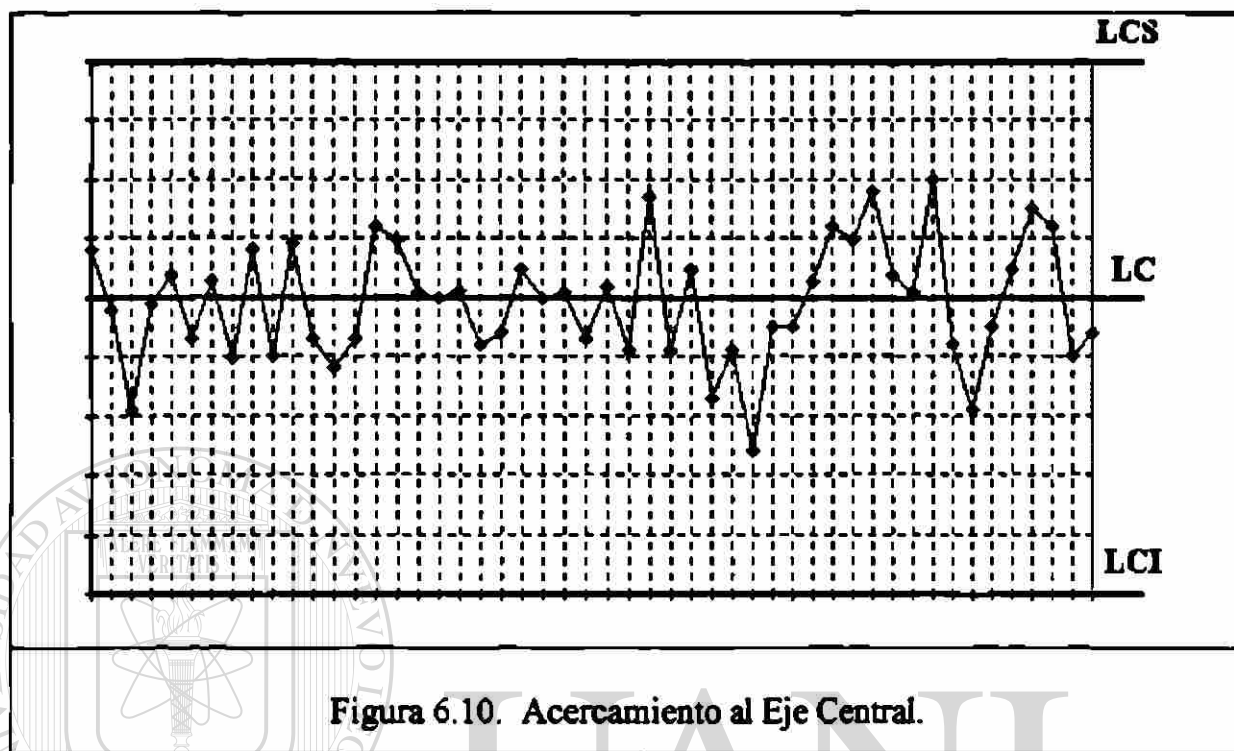


Figura 6.9. Tendencia gradual.

### Acercamiento central .

Cuando casi todos los puntos se acercan al eje central, se dice que hay acercamiento central y en la gráfica de control da la impresión de que los límites fueron muy amplios, en ocasiones, ésto puede deberse a que la muestra es tomada seleccionando de manera sistemática sólo un artículo de cada una de las máquinas, operadores, husillos. En el caso de que haya gran variación en las partes individuales, los promedios muestrales no

siempre la reflejarán y sería conveniente hacer una gráfica de control para cada husillo, máquina u operador, una causa que frecuentemente no se toma en consideración con respecto a este comportamiento, son los errores al calcular los límites de control quizá porque se usó un factor equivocado de la tabla o por error en el punto decimal a la hora de los cálculos, como se ve en la figura 6.10.



#### — Acercamiento a los límites de control.

Este comportamiento se presenta cuando muchos puntos quedan cerca de los límites de control pero pocos en el intermedio a esto se le llama frecuentemente mezcla y se debe a una combinación de dos comportamientos distintos en la misma gráfica (gráfica 6.11). La mezcla se pudiera descomponer en dos patrones separados

El comportamiento mezclado se puede deber al uso de diferentes lotes de material que se emplean en un proceso o bien cuando diversas máquinas producen los artículos pero estas llegan a un punto común de inspección.

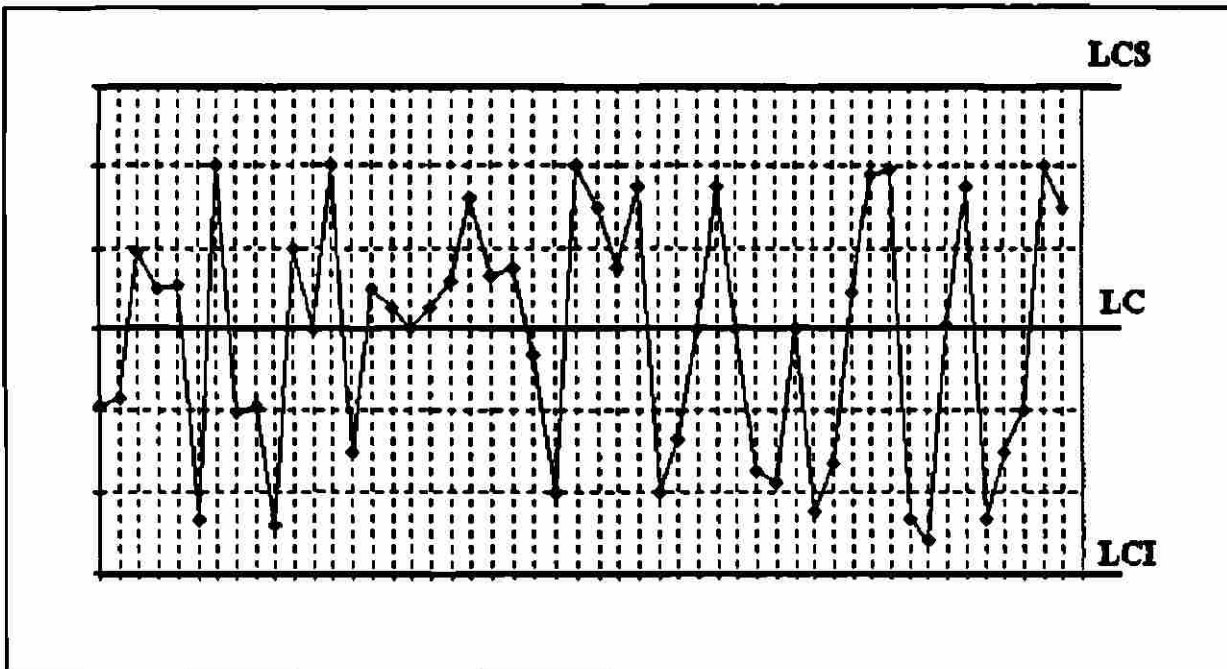


Figura 6.11. Acercamiento a los límites de control.

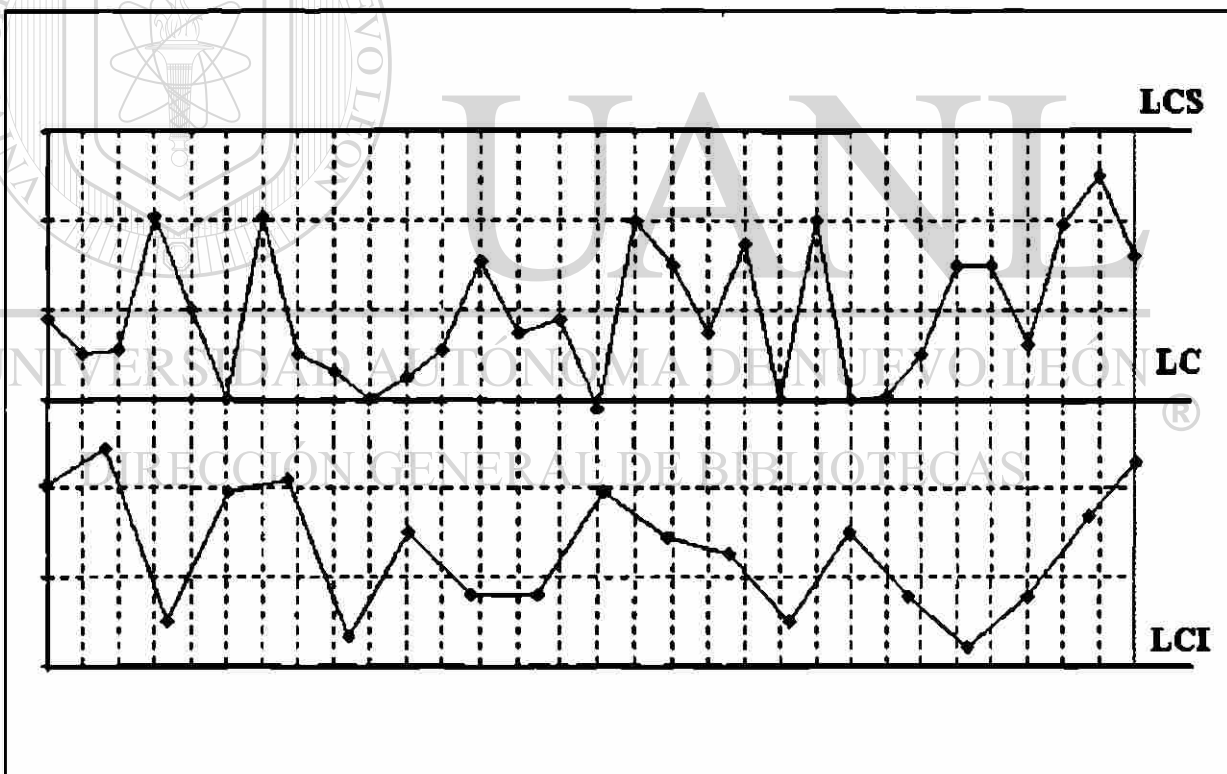


Figura 6.12. Descomposición de una mezcla en dos patrones.

### Inestabilidad.

Cuando durante cierto tiempo existen fluctuaciones erráticas y no naturales a ambos lados de la gráfica entonces tenemos un problema de inestabilidad. Y es frecuente que los puntos queden fuera de los límites superior e inferior de control sin tendencia consistente. Es difícil en este caso identificar las causas asignables frecuentemente la inestabilidad es causada por el sobre ajuste de una máquina o las mismas causas que provocan el acercamiento a los límites de control como anteriormente se mencionó debe de analizarse primero la gráfica R que la gráfica  $\bar{x}$  esto porque algunas de las causas que ocasionan descontrol en la gráfica R pudieran causar condiciones para que haya una salida de control en la gráfica  $\bar{x}$ . En la figura 6.12 se puede observar una tendencia bastante drástica hacia abajo en la amplitud y revisando la gráfica  $\bar{x}$  se observará que los últimos puntos parecen estar acercándose a el eje central.

Conforme vaya disminuyendo la variabilidad del proceso todas las observaciones muestrales quedarán cerca del promedio de población así que  $\bar{x}$  no variará mucho de muestra a muestra pudiendo identificar esta reducción en la variación y si se puede controlar entonces, habrá que hacer el cálculo de nuevos límites de control para ambas gráficas.

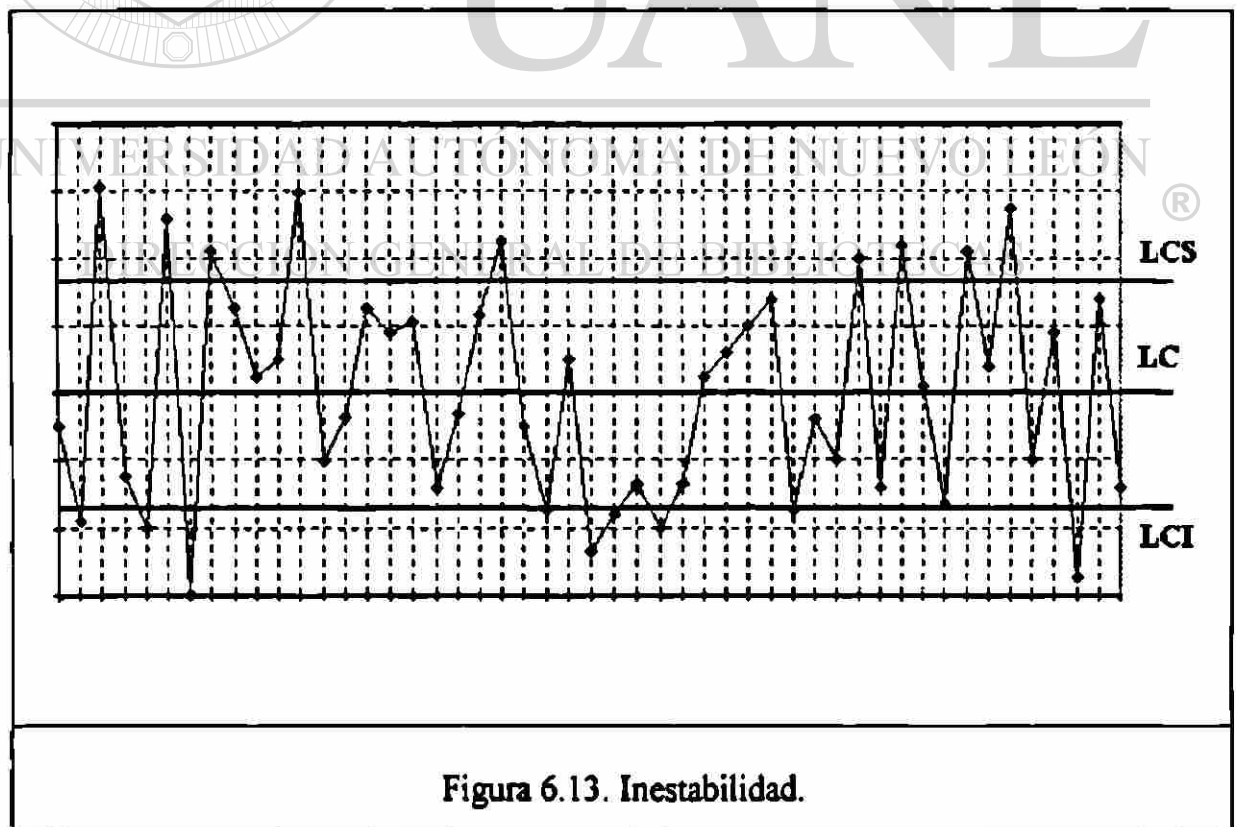


Figura 6.13. Inestabilidad.



## **Vigilancia y control de un proceso.**

Si ya se determinó que un proceso esta bajo control será necesario usar gráficas diariamente para hacer un seguimiento de la producción, e identificar alguna causa especial y llevar a cabo las correcciones que fueran necesarias, la gráfica nos dará información de cuando el proceso no debe de tener cambios ya que como se comentó anteriormente el ajuste innecesario al proceso causa una mano de obra improductiva, menor producción y también que haya mayor variabilidad en los artículos producidos. Se puede incrementar la productividad haciendo que los mismos operadores tomen muestras y grafiquen los datos para que puedan reaccionar con rapidez a los cambios del proceso para poder hacer ajustes instantáneos. Se recomienda que las empresas implementen un programa de capacitación para que operadores y supervisores conozcan los métodos más elementales del control estadístico de calidad y con ésto el personal adquiere una mayor conciencia de la calidad.

Las gráficas de control también necesitan mantenimiento y será conveniente revisar periódicamente los límites de control y determinar la nueva capacidad del proceso a medida que se lleven a cabo las mejoras. De acuerdo a la filosofía del control estadístico de proceso serán los operadores los que interactuarán con las gráficas de control ya que son éstos, quienes pueden reaccionar con rapidez a las causas especiales de variación. A veces se emplea con más frecuencia la amplitud en lugar de la desviación estándar para que el personal pueda hacer los cálculos con más facilidad.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### **6.5 Gráficas de control para atributos .**

Cuando existen datos que asumen dos valores como pueden ser bueno o malo, pasa o no pasa entonces a estos datos se les llama datos de atributos no pueden medirse pero si contarse y son de bastante utilidad en muchos casos prácticos. Los datos de atributos se obtienen como producto de una inspección visual el inconveniente de trabajar con estos datos es que se requiere de muestras grandes para obtener resultados estadísticos válidos. Será conveniente tener en cuenta la diferencia que existe entre el término defecto y el término defectuoso, así por ejemplo un defecto se puede definir como una característica única de la poca calidad al cumplir con las especificaciones de un artículo y en cambio el termino defectuoso se refiere a artículos que tienen uno o más defectos se hace esta aclaración debido a que existen gráficas de atributos para artículos defectuosos y otras para defectos.



**a) La gráfica p ( Porcentaje de unidades defectuosas ).**

Con esta herramienta se puede vigilar la proporción de artículos que no cumplen con las especificaciones en un lote producido, el otro nombre que recibe la gráfica p es el de gráfica de la fracción que no cumple las normas o fracción de defectuosos. Similarmente a como se hacía con los datos de variables una gráfica p se puede formar reuniendo de 25 a 30 muestras del atributo que se ha de medir (contar) y será conveniente que el tamaño de cada una de las muestras sea lo suficientemente grande como para que tenga varios artículos defectuosos y sospechando que la probabilidad de encontrar un artículo que no cumpla con las especificaciones sea pequeña entonces será necesario una muestra grande y estas muestras deben ser obtenidas en períodos para poder identificar las causas especiales.

En el supuesto de que se tomarán k muestras y que cada una tuviera un tamaño n y si y representa el número de artículos defectuosos en una cierta muestra la proporción de los que no cumplen con las normas es  $y/n$ . De tal forma que  $\pi$  es la fracción de artículos defectuosos en la iésima muestra, la fracción promedio de los que no cumplen las especificaciones para el grupo k es entonces:

$$\bar{p} = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_k}{k}$$

Esta medida estadística refleja la capacidad del proceso se puede esperar que un gran porcentaje de las muestras tuvieran una fracción de defectuosos dentro de tres desviaciones estándar de  $\bar{p}$  y la estimación de la desviación estándar es:

$$s_{\bar{p}} = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

Así que los límites superior e inferior de control son:

$$LSC_p = \bar{p} + 3 s_p$$

$$LIC_p = \bar{p} - 3 s_p$$

En el caso de  $LIC_p$  sea menor que cero entonces se adopta el valor cero. Una gráfica  $p$  se analiza de manera semejante a la gráfica  $R$  o  $\bar{x}$  y los puntos que estén fuera de los límites de control definitivamente representarán un caso fuera de control. Será conveniente el tratar de identificar las causas especiales de comportamientos y tendencias pero teniendo en cuenta lo siguiente, que si un punto  $p$  quedara abajo del límite inferior de control o si se observara una tendencia abajo de la línea central entonces tal vez esto se deba a una mejora del proceso porque lo que se busca es cero artículos defectuosos.

Entre los beneficios de emplear la gráfica están :

-Detectar los puntos que están fuera de control sobre los cuales hay que trabajar.

-Detectar puntos fuera de control que indican formas de inspección relajadas, así como causas irregulares de mejora de calidad

-Saber cuál es la proporción media defectuosa de artículos sometidos a inspección.

Será conveniente usar un formato como el mostrado en la figura 4.13.

A continuación se muestra un ejemplo de aplicación de la gráfica  $p$ .

Durante diez días se ha llevado un registro del número de piezas que no cumplen con las especificaciones sugeridas, los datos se presentan a continuación. Elabore una gráfica de control  $p$  y comente sobre la estabilidad del proceso.

Día	n	Número de piezas "No pasa"	Fracción p
1	50	3	0.06
2	50	5	0.1
3	50	2	0.04
4	50	4	0.08
5	50	6	0.12
6	50	1	0.02
7	50	3	0.06
8	50	7	0.14
9	50	3	0.06
10	50	4	0.08
Total: 500		38	

El porcentaje promedio de unidades que no cumplen las especificaciones es:

$$p = \frac{38}{500} = 0.076$$

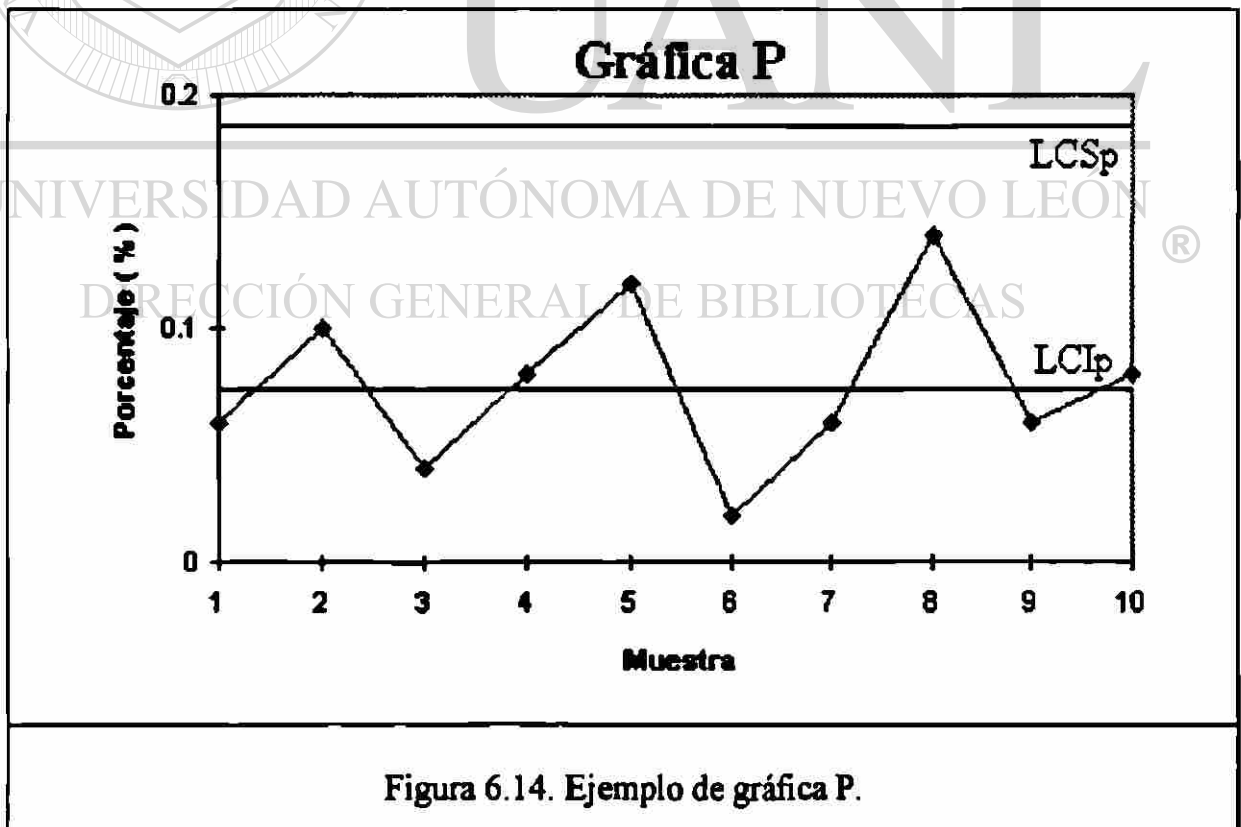
La desviación estándar es:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{0.076(1-0.076)}{50}} = 0.037$$

Los límites de control están dados por:

$$LCS_p = p + 3 \frac{\sqrt{p(1-p)}}{n} = 0.076 + 3(0.037) = 0.187$$

$$LCI_p = p - 3 \frac{\sqrt{p(1-p)}}{n} = 0.076 - 3(0.037) = -0.035$$



Debido a que el porcentaje de piezas que están fuera de especificación no puede ser negativa, es por eso que el límite inferior de control se toma de valor cero.

## b) Gráfica np ( Número de unidades defectuosas ).

La gráfica np es la gráfica especial de control empleada para el número de unidades disconformes, éste es el instrumento que se emplea cuando queremos graficar únicamente las unidades disconformes y no el porcentaje que éstas representan, siempre que el tamaño de la muestra sea constante. Será necesario establecer la frecuencia para la toma de datos, y considerar que intervalos cortos permiten una rápida retroalimentación del proceso.

Si se multiplicara a ambas partes de la ecuación  $p_i = y_i/n$  por n se tendría la ecuación:

$$y_i = n p_i$$

lo cual quiere decir que el número de artículos defectuosos será igual al tamaño de la muestra multiplicado por la proporción de artículos defectuosos y así que en vez de usar una gráfica para la fracción de artículos defectuosos se puede usar como opción una gráfica del número de artículos defectuosos y ésta es precisamente la gráfica np.

En el caso de que analizáramos dos muestras de diferente tamaño y que hubiera el mismo número de artículos defectuosos en cada una, entonces evidentemente esto se reflejaría en una gráfica p pero en una gráfica np no habría diferencia entre las muestras por lo cual para tener una base común de medición serán necesarios tamaños iguales de muestra. Y ésto no es necesario en las gráficas p debido a que la fracción de artículos defectuosos es invariable respecto al tamaño de la muestra, por ejemplo una gráfica p con tamaño variable de muestra tendrá límites variables de control así que será preferible tener muestras del mismo tamaño.

Para este tipo de gráficas la muestra debe de ser suficientemente grande con la finalidad de encontrar una o varias unidades disconformes en cada grupo se recomienda que el tamaño de la muestra no sea menor que 50 unidades.

La gráfica np es una buena opción para la gráfica p debido a que la entiende mejor el personal de producción ya que el término número de artículos defectuosos tiene más significado que una fracción y como sólo se requiere de contar esto, hace más simple el cálculo. Tanto en la gráfica np como en la gráfica p los límites de control están basados en la distribución binomial de probabilidad y el eje central es el número promedio de

artículos defectuosos en la muestra representado con  $n\bar{p}$  y se calcula tomando  $M$  muestras de tamaño  $n$  sumando el número de piezas defectuosas  $y_i$  en cada muestra y dividiendo entre  $M$  así tenemos:

$$n\bar{p} = \frac{y_1 + y_2 + \dots + y_M}{M}$$

así que una estimación de la desviación estándar tendrá la siguiente fórmula:

$$s_{n\bar{p}} = \sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

donde  $\bar{p} = (n\bar{p}/n)$ . Con los límites tres sigma, como antes, los límites de control quedan especificados mediante:

$$LSC_{n\bar{p}} = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

$$LIC_{n\bar{p}} = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

LSC y LIC son los límites superior e inferior de control, respectivamente.

Las ventajas de usar el gráfico  $np$  son:

- Tener registro de una o varias características de la operación.
- Saber cuales son las causas que aumentan el reproceso.
- Detecta causa especiales que no se pueden visualizar con la gráfica de promedios y rangos.
- Se puede saber cuál es la tendencia de un defecto o de un grupo de estos.

Los datos de la inspección realizada en el departamento de forja de piezas de chapa metálica aparecen en la tabla adjunta.

LOTE	n	np
1	300	12
2	300	15
3	300	17
4	300	21
5	300	40
6	300	0
7	300	25
8	300	31
9	300	27
10	300	0
11	300	11
12	300	13
Sum.:	3600	212

La línea central de la gráfica está dada por el promedio de unidades disconformes:

$$\bar{np} = \frac{\sum_{i=1}^k (np)_i}{k} = \frac{212}{12} = 17.67$$

El porcentaje promedio de unidades defectuosas es:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k (np)_i}{nk} = \frac{212}{3600} = 0.059$$

Los límites superior e inferior de control toman los siguientes valores:

$$LCS_{np} = \bar{np} + 3 \sqrt{\bar{np} (1 - \bar{p})}$$

$$LCS_{np} = 17.67 + 3 \sqrt{17.67 (1 - 0.059)} = 29.9$$



$$LCI_{np} = \bar{np} - 3 \sqrt{\bar{np} (1 - \bar{p})}$$

$$LCI_{np} = 17.67 - 3 \sqrt{17.67 (1 - 0.059)} = 5.4$$

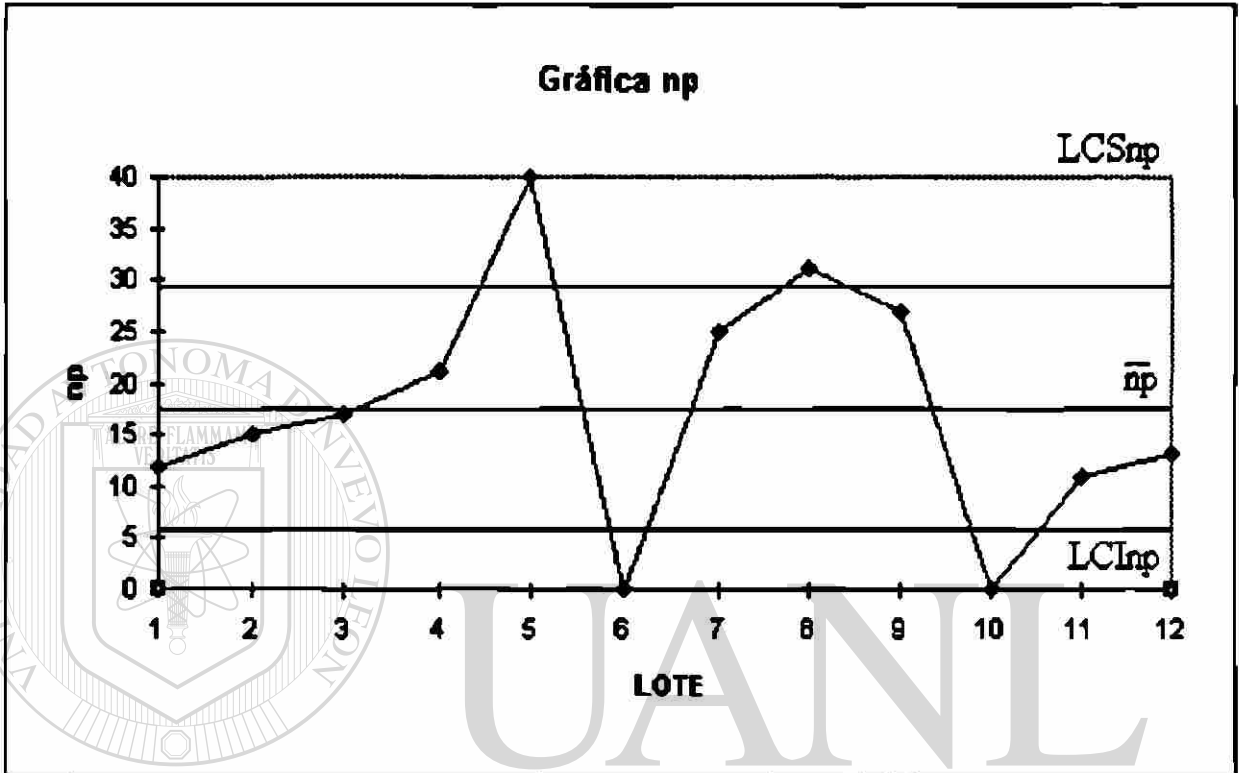


Figura 6.15. Ejemplo de gráfica NP.

Se puede observar en la gráfica que los puntos correspondientes a los lotes 5,6,8 y 10 se encuentran fuera de control, y la gerencia debe investigar la razón de la aparición de causas especiales en el proceso.

**Gráfica c ( Número de defectos ).**

A veces lo que nos interesa saber es el número de defectos que tiene un artículo, no sólo saber si el artículo es defectuoso. Y si éste es el caso deberá de emplearse una gráfica c llamada para defectos, este tipo de gráfica se emplea para controlar el número total de defectos por unidad cuando el tamaño del subgrupo es constante. La gráfica se basa en la distribución de probabilidad de Poisson será conveniente para la construcción estimar el número promedio de defectos por unidad  $\bar{c}$ , esto será seleccionando por lo

menos 25 muestras de igual tamaño contando el número de defectos por muestra y calculando el promedio. Así que como la desviación estándar de la distribución de Poisson que es la raíz cuadrada del promedio, entonces tenemos la siguiente expresión  $s_c = \sqrt{\bar{c}}$

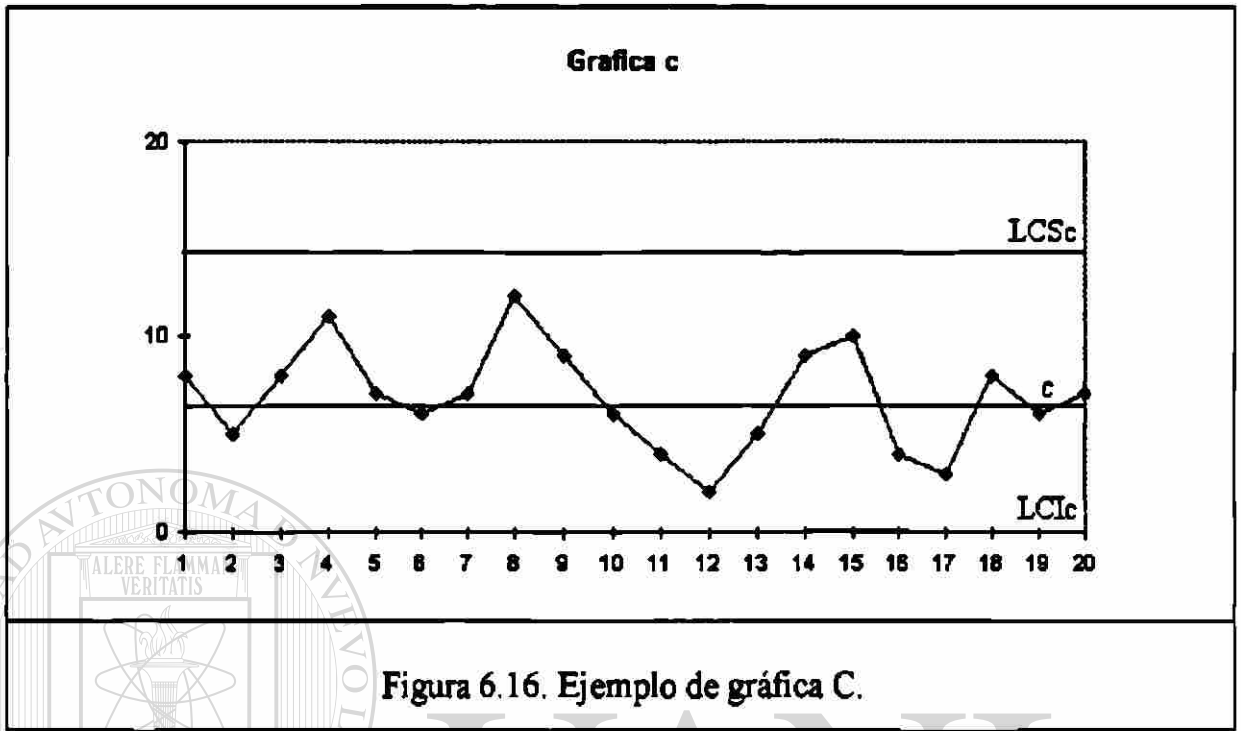


Figura 6.16. Ejemplo de gráfica C.

De tal forma que los límites de control 3 sigma quedan como:

$$LCS_c = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$LCI_c = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

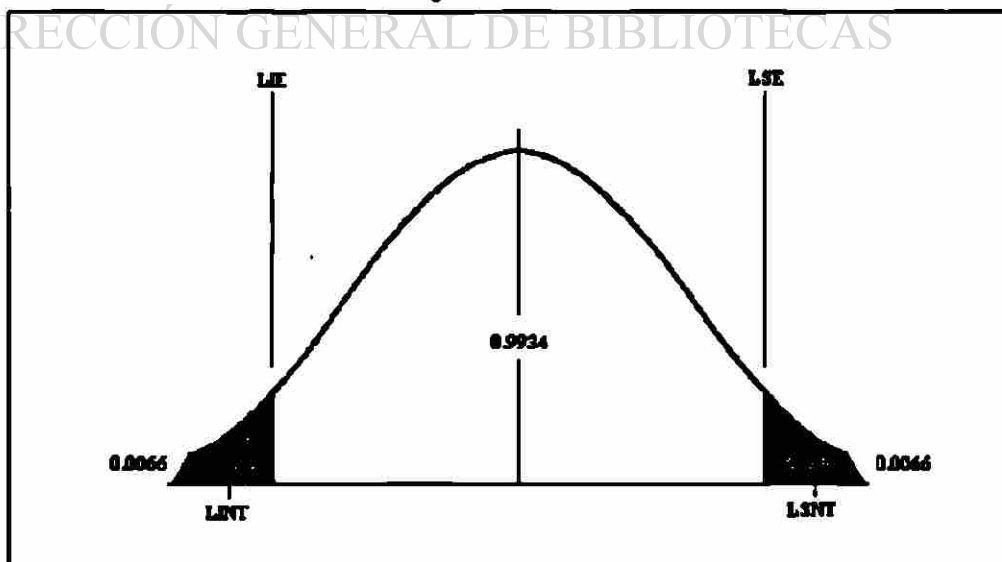


Figura 6.17. Cálculo de la habilidad del proceso usando curva normal.

Este tipo de gráfica se puede emplear para dar continuidad al control o bien para observar que tan eficaz es un programa de mejoramiento de la calidad.

La gráfica  $c$  deberá de emplearse únicamente cuando el área de oportunidad de encontrar defectos permanezca constante así que las muestras serán de la misma longitud, la misma área , cantidad que deberá haber sido fijada con anterioridad.

Los beneficios de emplear la gráfica  $c$  son los siguientes:

-La administración y los supervisores de producción sabrán sobre el nivel de calidad del proceso.

-Se reducirá el costo relativo al reproceso.

-Se podrá determinar cuáles son los tipos de defectos que no son permisibles en un producto y podremos saber sobre la probabilidad de ocurrencia de los defectos en una unidad.

La tabla muestra el número de errores de impresión que se encontraron al examinar 20 folletos de inducción al tema de Control Total de Calidad.

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

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El total de defectos para los 20 folletos es 137, de donde la línea central de la gráfica está dada por el número medio de defectos por folleto.

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^n c_i}{k} = \frac{137}{20} = 6.85$$

Los límites de control son entonces:

$$LCS_c = \bar{c} + 3 \sqrt{\bar{c}} = 6.85 + 3 \sqrt{6.85} = 14.70$$

$$LCI_c = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} = 6.85 - 3\sqrt{6.85} = -1.00$$

Como el número de efectos por unidad no puede ser negativo, entonces  $LIC_c = 0$

En la gráfica anterior no existen puntos fuera de control, pero la gráfica indica un patrón de comportamiento anormal en forma de ciclos.

Los límites son muy amplios, por lo que la consistencia del proceso es mala; la gerencia debe investigar el sistema y llegar a establecer medidas que conduzcan a la disminución de la variabilidad.

#### Gráfica u. ( Número de defectos por unidad-porcentaje ).

Básicamente la gráfica u es una variación de la gráfica c es recomendable que si el área de oportunidad para la ocurrencia de defectos no permanece constante entonces la gráfica u debe usarse en lugar de la gráfica c donde cada punto graficado corresponde al valor  $u = c/n$ , donde n es el número de unidades inspeccionadas y c el número de defectos encontrados en las n unidades. Cuando n es constante se puede emplear la gráfica u o la gráfica c pero cuando n varía se deberá de utilizar la gráfica u.

En ocasiones el tamaño del subgrupo no es constante o bien la naturaleza del proceso de producción no arroja unidades medibles discretas si se considera por ejemplo el caso de una ensambladora de autos donde se producen diferentes modelos que varían en su área superficial entonces el número de defectos no tendría comparación válida entre los diversos modelos y en este caso será conveniente emplear una unidad patrón de medida tal como número de defectos por unidad de área, así que la gráfica de control recomendada en estos casos es la gráfica u .La variable u representa al número promedio de defectos por unidad de medida así que  $u=c/n$  donde n es el tamaño del subgrupo( tal como unidad de área) y se puede calcular el eje central u para M muestras cada una de tamaño n quedando la siguiente expresión:

**Recomendaciones de uso para la gráfica u:**

-Si varía el tamaño muestral habrá que usar esta gráfica y los límites de control pueden ser límites variables empleando tamaños muestrales individuales o límites constantes empleando el promedio del tamaño muestral cuando los tamaños no difieran grandemente.

-Se puede emplear en sustitución de la gráfica c cuando el tamaño muestral constante contenga más de una unidad de inspección y que se quiera graficar el número de defectos por unidad de inspección

La variable  $u$  representa el número promedio de defectos por unidad de medida, esto es  $u = \frac{c}{n}$  donde  $n$  es el tamaño del subgrupo, con pueden ser pies cuadrados, entonces se calcula el eje central  $\bar{u}$  para  $M$  muestras cada una de tamaño  $n_i$ , quedando la siguiente expresión:

$$\bar{u} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_M}{n_1 + n_2 + \dots + n_M}$$

La desviación estándar de la  $i$ -ésima muestra se estima mediante:

$$s_u = \sqrt{u/n_i}$$

Los límites de control, basados en tres sigma para la  $i$ -ésima muestra son, entonces,

$$LSC_u = \bar{u} + 3 \sqrt{u/n_i}$$

$$LIC_u = \bar{u} - 3 \sqrt{u/n_i}$$

al variar el tamaño del subgrupo desde luego que varía el límite de control, esto es parecido a lo que sucede a la gráfica p con tamaños variables de muestra, y siempre que varía el tamaño de  $n$ , los límites de control también variarán.

La tabla adjunta muestra los resultados de la inspección de 20 lotes de tres tamaños diferentes: 20, 25 y 40.

Lote	n	c	u	Lote	n	c	u
1	20	72	3.60	11	25	47	1.88
2	20	38	1.90	12	25	55	2.20
3	40	76	1.90	13	25	49	1.96
4	25	35	1.40	14	25	62	2.48
5	25	62	2.48	15	25	71	2.84
6	25	81	3.24	16	20	47	2.35
7	40	97	2.42	17	20	41	2.05
8	40	78	1.95	18	20	52	2.60
9	40	103	2.58	19	40	128	3.20
10	40	56	1.40	20	40	84	2.10
Total:					580	1334	

La ecuación de la línea central es:

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^k u_i}{k} = \frac{1334}{580} = 2.30$$

Se calculan enseguida los límites de control para cada uno de los 3 valores de n:

para n = 20

$$+LCS_c = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{u}{n}} = 2.30 + 3 \sqrt{\frac{2.30}{20}} = 3.32$$

$$LCL_c = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{u}{n}} = 2.30 - 3 \sqrt{\frac{2.30}{20}} = 1.28$$

Para n = 25

$$LCS_c = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{u}{n}} = 2.30 + 3 \sqrt{\frac{2.30}{25}} = 3.21$$



$$LCI_c = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 2.30 - 3 \sqrt{\frac{2.30}{25}} = 1.39$$

Para  $n = 40$

$$LCS_c = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 2.30 + 3 \sqrt{\frac{2.30}{40}} = 3.02$$

$$LCI_c = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 2.30 - 3 \sqrt{\frac{2.30}{40}} = 1.58$$

Los lotes Nos. 1, 6, 10 y 19 se encuentran fuera de sus límites de control respectivos, por los que se tiene que efectuar un estudio acerca de qué fue lo que perturbó al sistema.

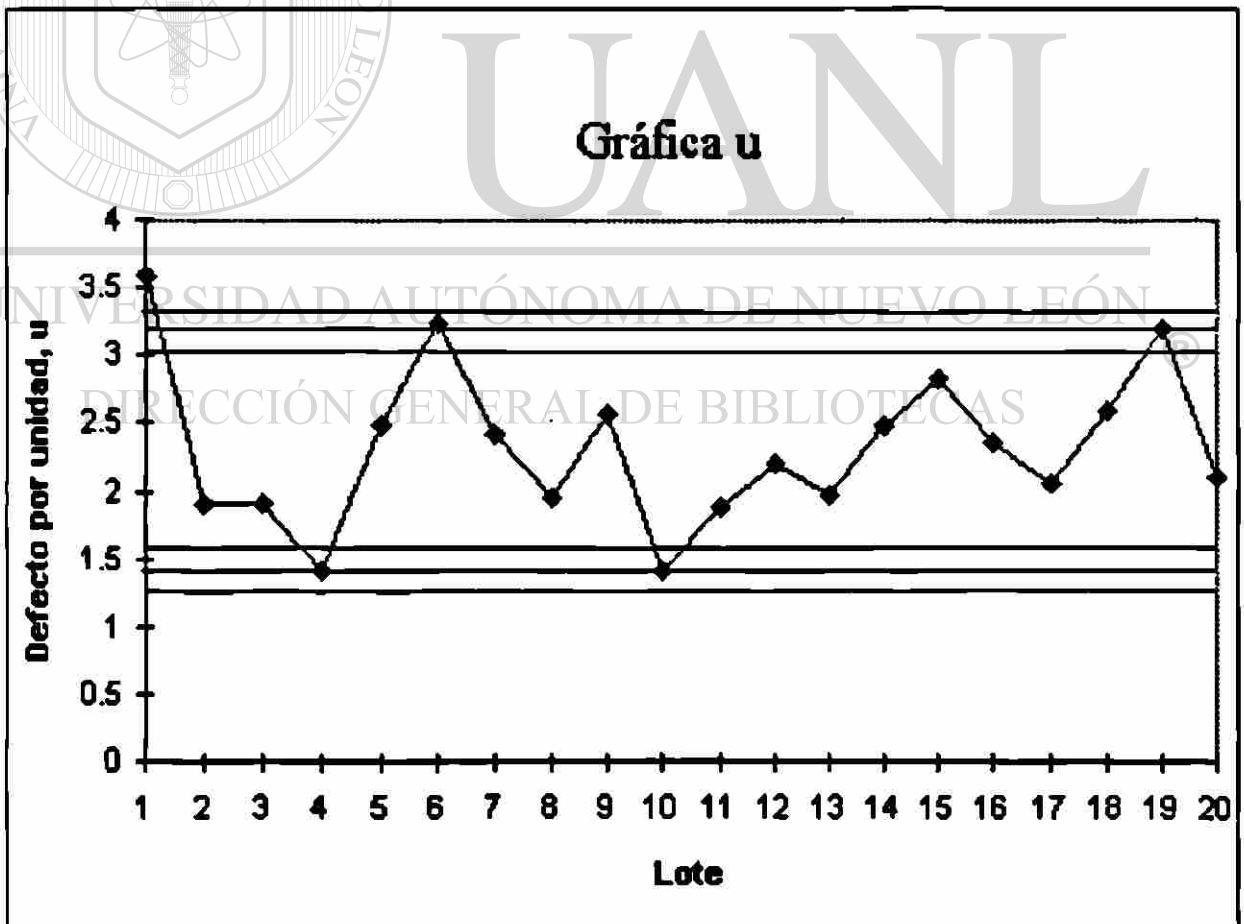


Figura 6.18. Especificación Bilateral.

#### 6.4 Determinación de la habilidad del proceso.

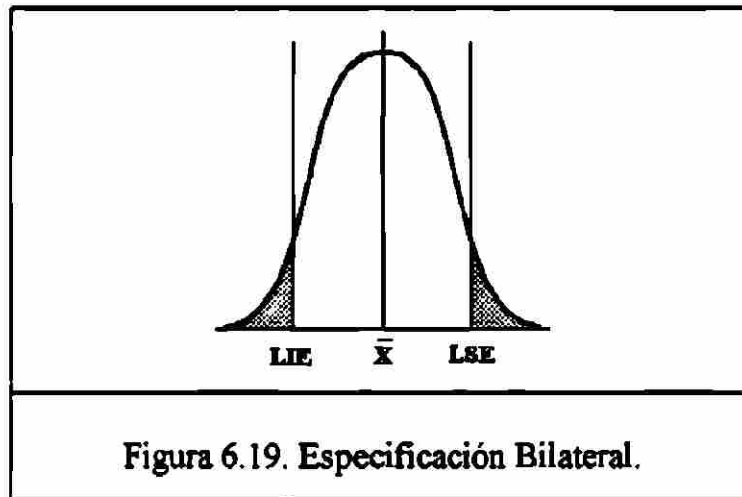


Figura 6.19. Especificación Bilateral.

La habilidad o capacidad de un proceso son los límites dentro de los cuales se tiene la variación natural del proceso determinada por las causas comunes del sistema. La habilidad de un proceso se interpreta como la variación que se mide y que es propia del producto obtenido del proceso. También puede definirse la habilidad como el grado con el cual el proceso va a producir una salida, un informe dentro de ciertos estándares definidos esto nos puede mostrar que tan capaz es el proceso de producir unidades dentro de los límites de especificación. Un producto puede estar bien diseñado pero una compañía sólo tendrá éxito cuando los procesos de fabricación del producto sean capaces de cumplir con las especificaciones del mismo. Una mejora del proceso tiene como consecuencia reducir costos y desperdicios y así aumentar la productividad.

La determinación de la habilidad del proceso es una medida de la uniformidad del mismo proceso y esta habilidad se mide con la proporción de la producción que es posible fabricarse dentro de las especificaciones de diseño. Será requisito que el proceso se encuentre en control estadístico y que se hayan eliminado las causas especiales para poder medir la capacidad del proceso.

Por medio de los estudios de capacidad del proceso es posible predecir en forma cuantitativa que también cumple el proceso con las especificaciones y también se pueden especificar los requisitos del equipo. Cuando un proceso no cumple con las especificaciones de diseño los administradores de la empresa pudieran tomar tres decisiones como desechar las partes que no se ajusten a lo especificado, nueva tecnología para hacer mejor el proceso o bien cambiar las especificaciones de diseño. Para tomar decisiones con respecto a lo anterior se deberá cuidar el aspecto económico así por ejemplo habrá que considerar que si se hizo la inversión de mano de obra y materiales y

si el producto sale defectuoso, tendremos probablemente desecho y reproceso, si hay errores de inspección tendremos artículos defectuosos, con respecto a la nueva tecnología habría que ver si la compañía puede hacer la inversión, y otra consideración como un cambio de diseño puede producir un producto de menor calidad y habría que cuidar el aspecto adecuación al uso .

Para aceptar contratos es importante tomar en cuenta la capacidad del proceso en el diseño del producto. Es común que las empresas pidan datos de capacidad del proceso a sus proveedores .

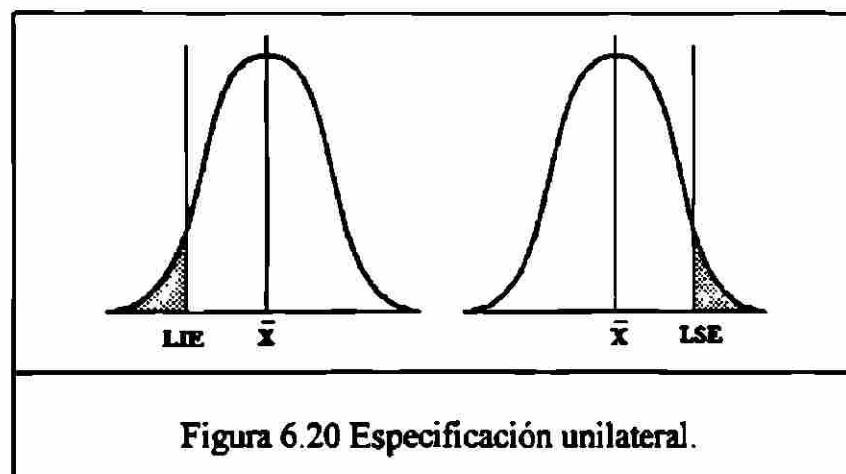
La menor variabilidad se ha convertido en una clara ventaja competitiva en nuestros días.

La habilidad del proceso está determinada por los límites entre los cuales los valores individuales producidos por cualquier proceso serían normalmente esperados en el caso de que solo la variación natural estuviera presente.

Hay dos especificaciones en un proceso que se encuentra bajo control estadístico y que cumple con las especificaciones y son las siguientes:

-Cuando se debe de producir por arriba del límite inferior y por debajo de un límite superior ésta es llamada especificación bilateral, como se muestra en la figura 6.20.

-Cuando sólo se pide que el producto se encuentre por arriba o por debajo de un sólo límite de especificación a lo cual se le llama especificación unilateral.



En términos estadísticos la habilidad de un proceso implica un intervalo de variación dentro del cual caen todos o casi todos los valores de una distribución de datos

y es costumbre tomar la dispersión seis sigma como una medida de la habilidad del proceso de tal manera que si queremos que una característica de calidad que se comporte según una distribución normal con media  $\mu$  y desviación estándar  $\sigma$  entonces los límites naturales de tolerancia del proceso caeran en  $\mu + 3\sigma$  y  $\mu - 3\sigma$  por lo que:

$$LSTN = \mu + 3\sigma$$

$$LITN = \mu - 3\sigma$$

Para una distribución que sea normal los límites de tolerancia de  $3\sigma$  incluyen 99.73% de la variable así es que tendríamos .27% o 2700 partes por millón de disconformes caerán fuera de los límites de tolerancia natural.

Por ejemplo si se tuviera un proceso con un promedio de 36 y una desviación estándar de 3.8 cual sería la habilidad de este proceso.

Entonces:

$$LSTN = \mu + 3\sigma = 36 + 3 * 3.8 = 47.4$$

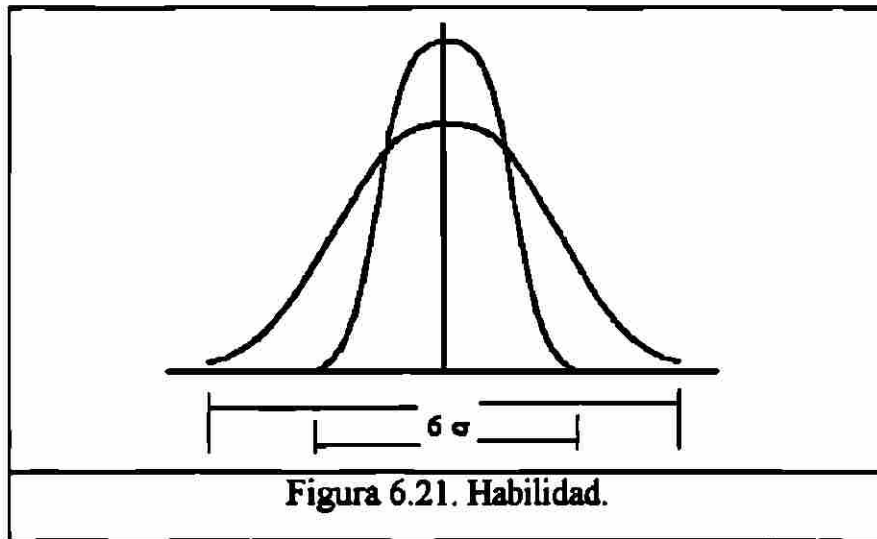
$$LITN = \mu - 3\sigma = 36 - 3 * 3.8 = 24.6$$

lo cual significa que el proceso será capaz de producir piezas dentro del intervalo 24.6, 47.4 con una probabilidad del 99.73%.

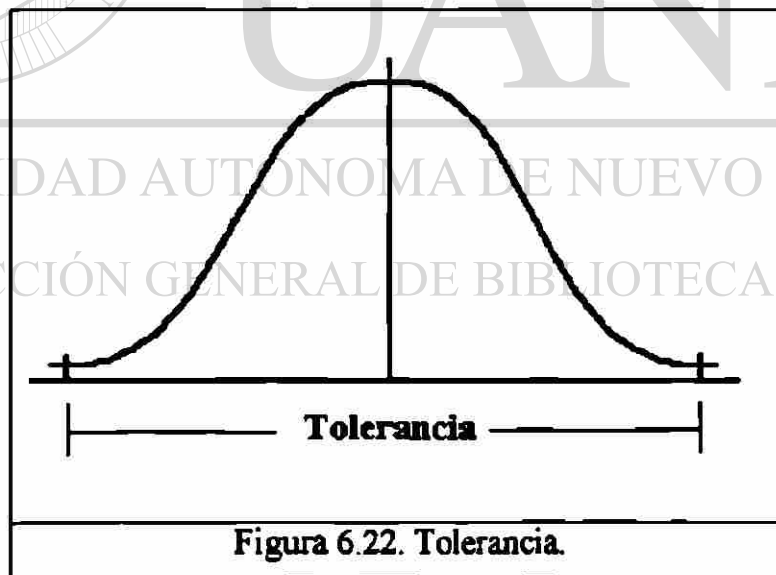
No debe de ser confundida la habilidad de un proceso con la tolerancia del mismo, la habilidad del proceso es inherente tiene un carácter dinámico se puede medir del proceso y gráficamente la podemos representar como un intervalo de longitud igual a seis desviaciones estándar de la variable con distribución normal.

Mientras que la tolerancia del proceso es prácticamente una petición por parte del cliente o del diseñador acerca de una determinada característica de calidad del producto.

Es bien sabido que el estudio de la habilidad del proceso mide usualmente los parámetros funcionales del producto y no el producto mismo de tal forma que cuando alguien observa el proceso y puede controlar o monitorear la actividad de recolección de



datos esto se convierte prácticamente en un estudio de la habilidad del proceso, controlando la recolección de datos y conociendo la secuencia temporal de los datos se podrán hacer inferencias sobre la estabilidad del proceso a lo largo del tiempo pero cuando sólo se tienen muestras de unidades del producto que se obtuvieron por inspección, y recibidas del proveedor y que no hay una observación directa del proceso o la historia temporal de la producción entonces a esto se le llama estudio de la caracterización del producto y en este tipo de estudio sólo se puede estimar la distribución de la característica de calidad o el producto en si pero nada se puede saber acerca del comportamiento dinámico del proceso o de su estado de control estadístico.



Por ejemplo, si se sabe que las especificaciones para una pieza de un motor son 73 y 79 miligramos y un análisis del proceso muestra un peso medio de 76 miligramos y una desviación estándar de 1.21 miligramos. Los límites de tolerancia natural de  $3\sigma$  están dados por:

$$LSTN = 76 + 3 ( 1.21 ) = 79.63 \text{ mg}$$

$$LITN = 76 - 3 ( 1.21 ) = 72.37 \text{ mg}$$

La habilidad del proceso determinada por el intervalo de tolerancia natural excede los límites de especificación por lo que cabe esperar un porcentaje de piezas fuera de especificación y este porcentaje se muestra en la gráfica como la región sombreada bajo la curva normal.

Mediante la tabla de áreas bajo la curva normal encontramos que el área sombreada es de 0.0132, ésto es, 1.32% de piezas disconformes, si este porcentaje es alto habrá que realizar acciones encaminadas a cambiar el proceso, cambiar las especificaciones o en última instancia diseñar un plan de inspección para encontrar tantos de estos artículos disconformes como sea posible.

Una maquinaria o proceso tiene capacidad para producir partes dentro de las especificaciones, existen varios métodos para medir la capacidad de una máquina o proceso y estos métodos son: el método gráfica promedio y rango y el diagrama de probabilidades se recomienda el empleo conjunto de éstas dos técnicas.

CARTA DE CONTROL DE VARIABLES ( $\bar{x} - R$ )																				Parte:	Carta:							
Parte No.:										Operación:										Límites de especificación:								
Operador:					Máquina:					Gage:					Medida:													
DATO	6/2	6/3	6/12	6/15	6/16	19	21	22	26	29	30	7/7	10	12	14	17	18	19	24	25	26	27	31	8/2	3			
S:																												
TIEM																												
PO:																												
M E D I D A	1	22	19	20	25	31	24	15	29	18	39	33	37	43	24	21	20	39	30	27	31	26	20	27	26	31		
	2	41	43	17	17	28	28	26	32	47	25	25	34	31	45	31	50	25	38	41	26	35	25	16	30	30		
	3	19	27	31	31	24	26	24	21	40	33	22	34	48	7	41	40	28	21	26	27	35	37	48	8	38		
	4	21	42	28	28	18	18	41	51	24	42	45	25	25	42	17	17	40	24	43	42	32	32	51	35	34		
	5	18	46	28	28	34	26	14	26	25	18	48	21	37	22	22	24	28	30	13	19	21	42	48	31	26		
Suma:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Prome dio, $\bar{x}$	24	35	24	28	27	24	24	31	30	31	34	30	36	28	26	30	32	28	30	29	29	31	36	26	31			
Rango, R	23	27	14	6	16	10	27	30	29	24	26	16	23	38	24	33	15	17	28	23	14	22	35	27	12			
Notas:																												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		



Las técnicas que se emplean para la determinación de la capacidad de la maquinaria y la capacidad del proceso son casi iguales y la diferencia está en la manera en que se obtienen las medidas.

Por ejemplo en la tabla anterior se muestra una gráfica de promedio y rango que se desarrolló para determinar la capacidad de proceso de un sistema donde se midió la alineación relativa o excentricidad de dos diámetros en un cigüeñal, donde la especificación es 0.60" lo cual es la lectura total del indicador. Las lecturas se obtuvieron en un periodo de 2 meses.

La gráfica de control muestra que el proceso sí es estadísticamente estable, en un primer periodo el sistema parece estar en un primer nivel, y posteriormente este se mueve a otro nivel en otro periodo.

Esta variación tal vez se deba a un nuevo lote de materiales, nuevas herramientas, o reparaciones, pero esto no provocó desestabilización, ni puntos fuera de control.

### **6.7 Capacidad de Maquinaria.**

El estudio de capacidad de maquinaria se debe desarrollar en un sólo equipo u operación y las medidas utilizadas deberán de indicar la variación causada por la máquina y no las que provocan otras partes del proceso como pueden ser operario, método, materiales o medio ambiente como no se pueden eliminar totalmente los efectos de estos otros factores, entonces se podrán minimizar reuniendo las medidas durante el periodo mas corto y práctico posible con objeto de hacer la mejor estimación posible de la capacidad de la maquinaria.

A continuación se describe el método de la gráfica de promedio y rango para determinar la capacidad de la maquinaria.

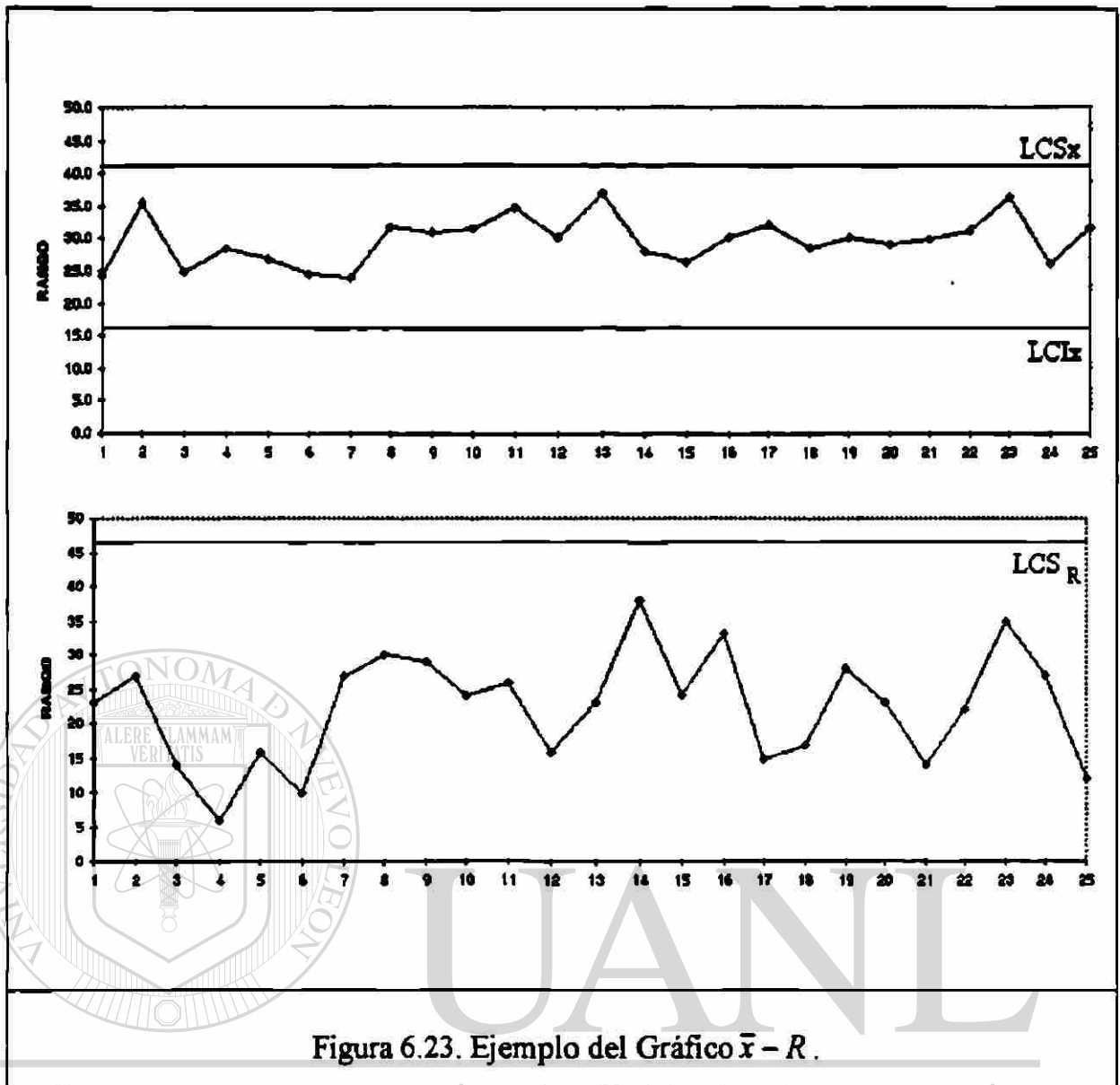


Figura 6.23. Ejemplo del Gráfico  $\bar{x} - R$ .

### 6.7.1 Método de la gráfica de promedio y rango.

El estudio de la capacidad de la máquina se deberá realizar en una dimensión y en un sólo producto. Se deberán utilizar mediciones de partes de la operación que se está estudiando y son necesarias las mediciones porque es conveniente conocer la estabilidad de la operación al estimar la capacidad, la estimación de la capacidad será en base a las estadísticas que se obtienen si las condiciones de operación son normales o estables y un excelente manera para determinar la estabilidad es emplear una gráfica de promedio y rango y buscar causas asignables o bien problemas que se puedan solucionar en piso, si en la gráfica se obtienen puntos que estén fuera de control será suficiente como para determinar que una causa asignable está alterando la distribución normal de la dimensión y lo más conveniente en este caso, es eliminar dicha causa de ser posible para que el estimado de capacidad sea más exacto. Como se comentó anteriormente se puede usar un

histograma de frecuencia para estudiar el promedio de una dimensión y la dispersión que esta tiene en torno al mismo y también se puede anotar la especificación de diseño en el histograma y de esta manera estimar la capacidad de la máquina. El histograma es una buena herramienta para hacer una revisión rápida cuando haya certeza de la ausencia de causas asignables, pero es más confiable y precisa la gráfica de promedio y rango para predecir la capacidad de una máquina.

La información de la habilidad del proceso puede usarse para diversas cuestiones como:

- El diseñador tendrá información para establecer sus límites de especificación, según el grado de variabilidad del proceso.
- Saber de diversos procesos y seleccionar el mejor para que se cumplan las tolerancias.
- Cuando existan procesos secuenciales se podrá saber si un proceso no distorsiona al otro.
- Tener base cuantitativa para elaborar programa de verificaciones de control periódico.
- Seleccionar las máquinas que sean más adecuadas para cada trabajo.
- Probar teorías de las causas de defectos.
- Que sirvan como base para la especificación de los requerimientos de calidad para las máquinas nuevas.

Por ejemplo, en la siguiente figura, se muestra la gráfica de control desarrollada durante un estudio de capacidad de maquinaria. Aquí se codificarán las medidas usando 2.670" como cero, así por ejemplo, cuando una parte mide 2.673" se notará 3 en la gráfica. Se midieron 125 partes en forma consecutiva siguiendo el orden de producción en el periodo más corto posible para mantener baja la variación debida a causas ajenas a la prensa de ensamblaje.

CARTA DE CONTROL DE VARIABLES ( $\bar{x} - R$ )																				Parte:	Carta:					
Parte No.:										Operación:										Límites de especificación:						
Operador:					Máquina:					Gage:					Medida:											
DATO S:		2-9-82																								
TIEM PO:																										
M U E S T R A	1	9	5	7	5	4	3	6	8	11	6	9	7	6	5	6	11	6	5	3	8	4	11	5	6	9
	2	7	10	6	5	7	3	4	9	2	4	7	7	5	8	6	7	6	5	5	8	6	5	10	11	4
	3	9	4	6	7	7	3	5	7	9	6	5	5	5	8	1	6	9	4	10	8	6	5	6	6	6
	4	4	3	6	4	8	4	4	8	9	9	5	7	6	8	6	2	3	8	6	6	10	3	6	7	3
	5	6	4	6	4	6	4	5	8	9	6	4	9	4	8	10	5	5	5	3	4	6	3	6	6	4
Suma:	33	26	31	25	32	17	24	40	40	31	30	35	26	37	29	31	29	27	27	34	32	27	33	36	26	
Prome dio, $\bar{x}$	6.6	5.2	6.2	5	6.4	3.4	4.8	8	8	6.2	6	7	5.2	7.4	5.8	6.2	5.8	5.4	5.4	6.8	6.4	5.4	6.6	7.2	5.2	
Rango, $R$	5	7	1	3	4	1	2	2	9	5	5	4	2	3	9	9	6	4	7	4	6	8	5	5	6	
Notas:																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26

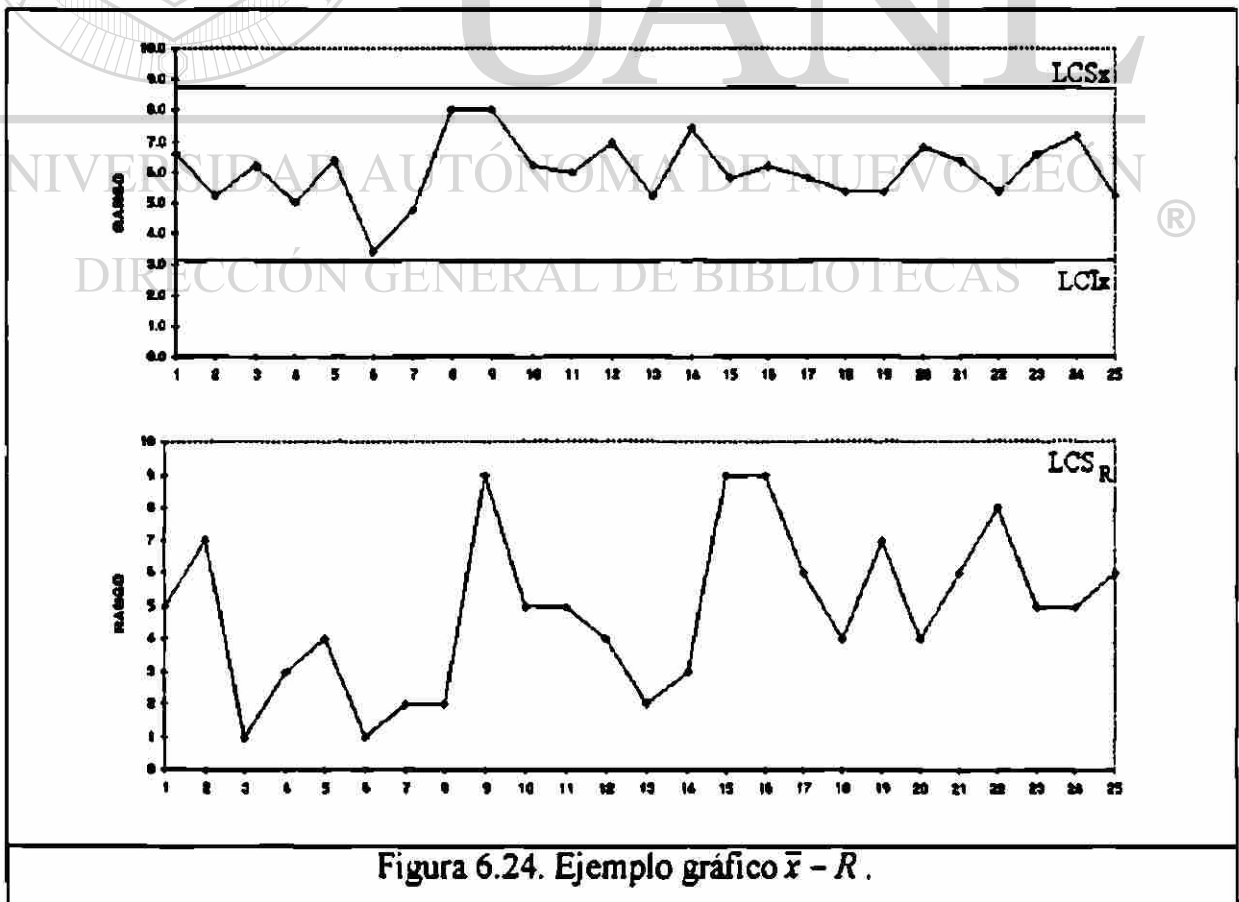


Figura 6.24. Ejemplo gráfico  $\bar{x} - R$ .

El anterior análisis es típico de un estudio de capacidad de maquinaria, las mediciones se tomaron sobre base continua para minimizar la variación debida a fuentes externas, de tal manera que la variación mostrada se debe a la máquina, pero como ningún punto quedó fuera de los límites de control, entonces se consideró la operación suficientemente estable.

### 6.8 El pre-control.

El pre-control esta basado en técnicas estadísticas y su objeto es detectar las condiciones del proceso así como los cambios que pudieran ocasionar defectos, esta técnica se centra en el control de la conformancia con las especificaciones y no en el control estadístico.

El precontrol inicia un proceso centrado entre los límites de especificación y detecta los cambios que puedan resultar al hacer algunas partes fuera del límite, para obtener la información de control sólo se requiere de tres mediciones. Esta técnica emplea la curva de la distribución normal al determinar los cambios significativos ya sea en la meta o en la dispersión del proceso de producción .

La técnica de pre-control se demuestra suponiendo la peor condición que se puede aceptar de un proceso que sea capaz de una producción de calidad o sea cuando la tolerancia natural es la misma que la permitida y cuando el proceso está centrado y cualquier cambio dará como resultado un trabajo defectuoso. Dibujando dos rectas de pre-control cada una a un cuarto hacia adentro de la distancia total entre los límites de tolerancia es fácilmente demostrable que 86% de las partes estarán dentro de las líneas de pre-control con 7% en cada sección exterior , lo cual indica que 7% o sea una parte de cada catorce caen fuera de las líneas de pre-control para circunstancias normales. La implicación práctica de esto es que se tiene la probabilidad de que dos medidas caigan fuera de las líneas de precontrol con un valor de  $( 1/14 ) ( 1/14 ) = 1/196$  de tal manera que sólo una por cada 200 mediciones .

Esperaremos que dos seguidas caigan en una banda exterior dada. Se recomienda restablecer el proceso al centro, es altamente improbable obtener una medición fuera de una línea de pre-control y la siguiente también fuera, antes de continuar el proceso deberá solucionarse el problema.

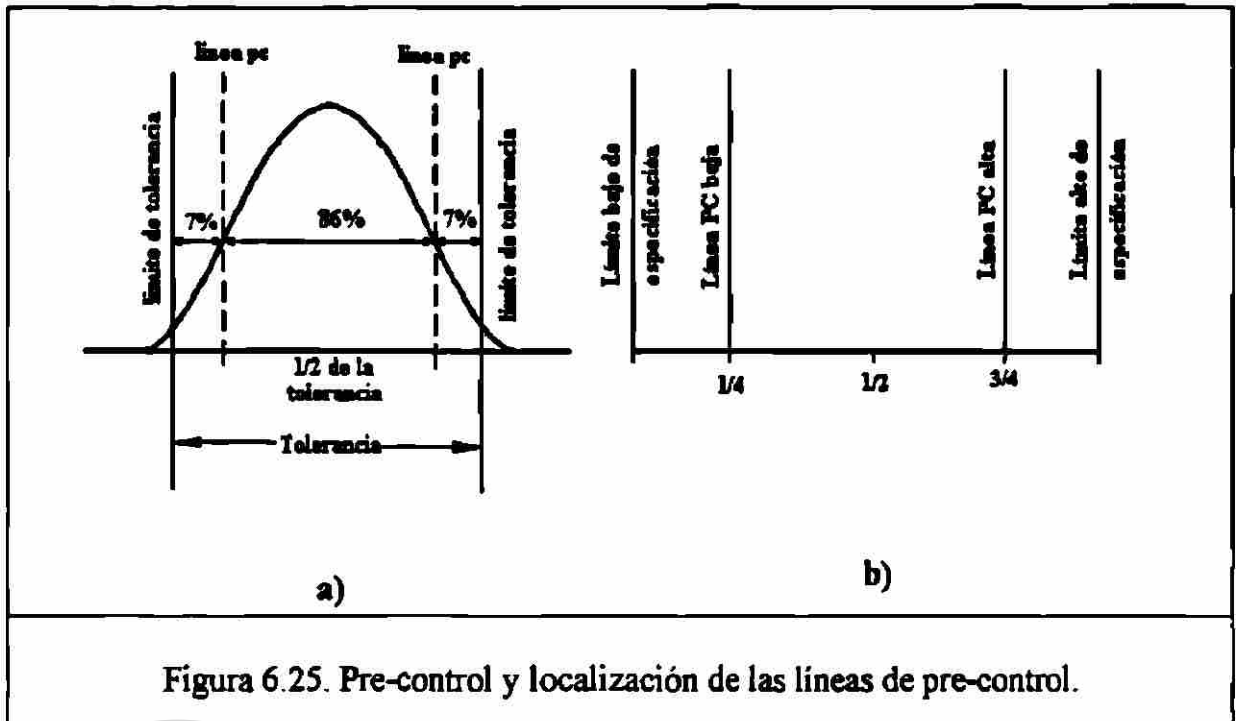


Figura 6.25. Pre-control y localización de las líneas de pre-control.

Si definimos la zona dentro de las líneas de pre-control como zona verde y entre estas líneas y los límites de especificación se encuentra la zona amarilla y fuera de los límites de especificación esta la zona roja.

#### Consideraciones para calificar un proceso para pre-control.

-Sobre una característica se toman mediciones individuales hasta que cinco mediciones queden dentro de la zona verde.

-Al ocurrir una amarilla reiniciar el conteo.

-A las dos amarillas consecutivas ajustar el proceso.

-Cuando se haga un ajuste o que ocurra un cambio en el proceso se debe calificar el proceso.

Una vez que el proceso ya está calificado se aplicarán las siguientes reglas de pre-control al proceso en operación.

-Usar una muestra de dos medidas consecutivas A y B. Si A es verde el proceso debe continuar corriendo y si A es amarilla se tomará la segunda medida B.



- Si A y B son amarillas se deberá detener el proceso e investigar.

En cualquiera de las etapas o corridas de calificación al ocurrir una medida roja se deberá de detener el proceso e investigarse. La mayoría de los procesos requieren de ajustes periódicos para poder permanecer dentro de las especificaciones. Se deberán de observar seis pares A,B de medidas entre ajustes y estas serán suficientes para que ningún producto quede fuera de especificaciones. Así se recomienda que si un proceso requiere un ajuste cada dos horas aproximadamente entonces por lo menos cada 20 minutos será conveniente tomar un par de medidas A,B. Cuando se establece un pre-control prácticamente se está haciendo una calibración de limite estrecho.

### 6.8.1 La calidad seis sigma.

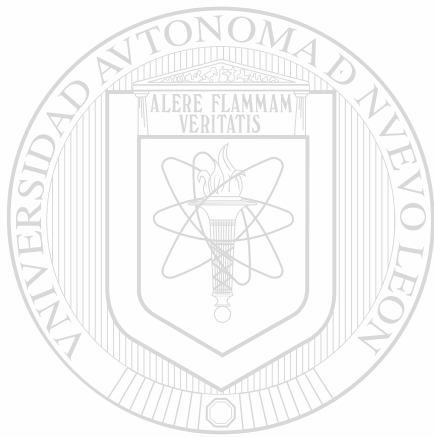
Este concepto quiere decir que mientras se define la variación natural de un proceso mediante  $3\sigma$  la tolerancia del diseño debe ser  $6\sigma$  esto quiere decir el doble que la tolerancia natural lo cual prácticamente implica 2.7 defectos por cada mil artículos o bien 2700 por millón en términos de la calidad  $3\sigma$  mientras que la calidad  $6\sigma$  implica 3.4 defectos por millón. En la actualidad partes por millón es una norma de uso mundial para la medición de la calidad. Las especificaciones de un producto y la capacidad del proceso forman un enlace entre diseño manufactura y calidad. Si lo que se especifica de un producto con respecto a sus partes y componentes son buenas las unidades de manufactura emplearán la capacidad de su proceso y equipo en la fabricación de partes de alta calidad, pero para especificaciones de producto demasiado severas la fabricación del producto será muy difícil con las unidades de manufactura que se cuente y se obtendrá un porcentaje alto de producto que no cumpla con las especificaciones.

Si por otra parte las especificaciones de producción son poco rigurosas será simple alcanzar la capacidad del proceso y el armado del producto pero esto impactará negativamente en su adecuación al uso por lo cual habrá descomposturas frecuentes.

### 6.9 Como entender la variación de los procesos.

Como se comentó anteriormente la variación siempre existirá en un proceso y estas variaciones se pueden rastrear por dos tipos de causas a) causa común o aleatoria b) causa especial o atribuible. Cuando la variación exceda los límites de control estadístico tendremos una señal de alarma de que una causa especial esta afectando al proceso y

habrá que investigar las causas de esa variación excesiva. Por otra parte la variación aleatoria dentro de los límites de control implica que solo hay causas comunes o aleatorias por lo tanto la variación se ha estabilizado y se recomienda hacer ajustes menores al proceso para no desestabilizarlo. Por variación se puede entender que no existirán dos artículos que sean perfectamente idénticos.



UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## **CAPÍTULO 7**

### **Descripción del caso práctico seleccionado.**

#### **7.1 Antecedentes.**

A la empresa Maquinados Industriales S.A. de C.V. llegó un cliente con el plano mostrado a continuación en la figura 7.1 solicitando la fabricación de una llave de tuercas tipo española, fija de doble boca con medidas específicas para uso particular en armado de calentadores de agua.

El cliente nos hizo saber que las dimensiones que consideraba como críticas son 0.440" y 0.378" ya que en su caso requiere que la llave que va a remover las tuercas no entre muy ajustada o con demasiada holgura. Las tolerancias proporcionadas también por el cliente son 0.004", por lo cual el límite inferior de especificación (LIE) para una dimensión crítica es 0.374" y para la otra 0.436". El límite superior de especificación (LSE) resultó ser 0.382" y 0.444".

Desde luego esto partiendo de las dimensiones nominales que son: 0.378" y 0.440". El cliente solicitó en su pedido un tiraje de fabricación de 2500 piezas, para este caso específico.

Además también el cliente solicitó que se le mostraran los documentos de certificación de la calibración de nuestro equipo de medición, así como la fecha última de dicha verificación. Certificando el cliente que se cumple con dichos requisitos se aceptan las condiciones.

Cumpliendo con todos los requisitos exigidos por ambas partes se elaboró el contrato de fabricación .

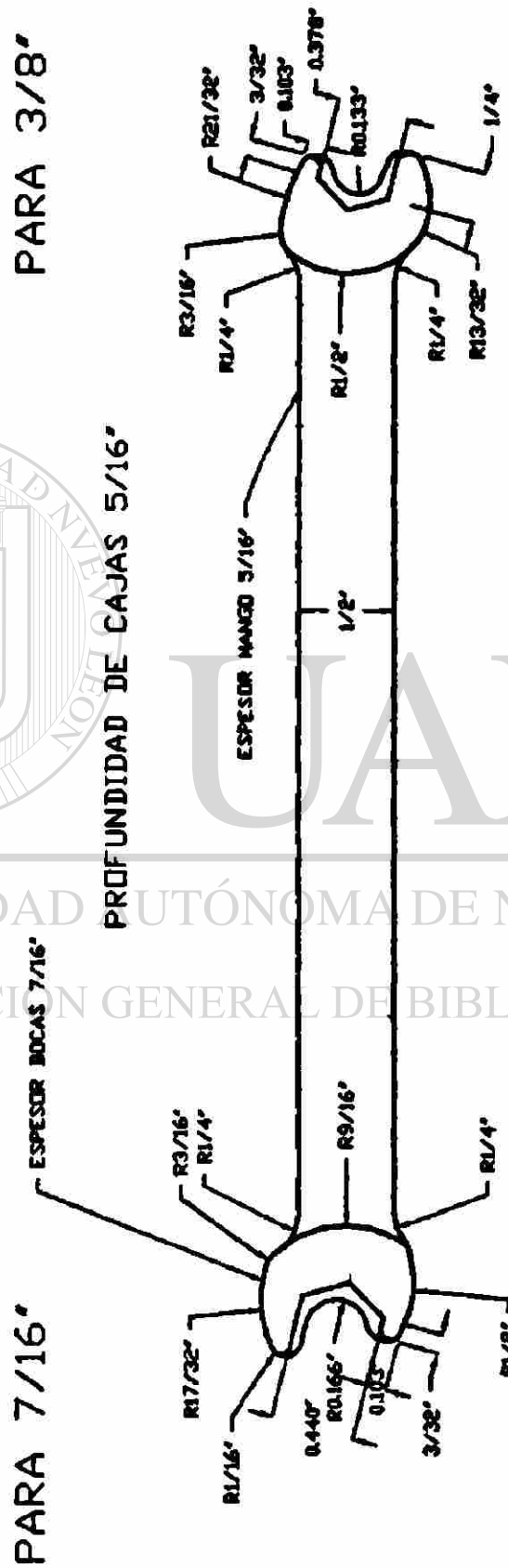


Figura 7.1. Plano de acotaciones de llave especial.



## **7.2 Determinación del tamaño de la muestra.**

En la etapa inicial del diseño de un diagrama de control, el primer paso consiste en especificar el tamaño de la muestra. Es bien sabido que grandes muestras facilitan la detección de cambios pequeños en el proceso, al seleccionar el tamaño de la muestra se puso énfasis en el tamaño del cambio que se deseaba detectar ya que para un cambio relativamente grande se usan tamaños muestrales más reducidos de los que se tendrían que emplear para cambios relativamente pequeños. Desde el punto de vista de detección de cambios se consideró conveniente tomar muy a menudo muestras grandes pero esto no es económicamente factible, por lo que se tomó la decisión de distribuir la frecuencia de muestreo, esto es tomando muestras pequeñas a intervalos cortos o bien muestras grandes a intervalos largos. Es común la práctica industrial de tomar muestras pequeñas pero con más frecuencia, y esto aplica en procesos de manufactura que tienen un gran volumen de producción y en donde pueden presentarse una gran cantidad de causas atribuibles de diferentes tipos. Es por eso que para nuestro caso en estudio se tomaron 100 datos individuales repartidos en 25 subgrupos cada uno de tamaño de muestra igual a 4.

## **7.3 Consideraciones para la selección de un método estadístico para el control y mejora del proceso en estudio.**

Se diseñó un plan de calidad con el objeto de contar con una metodología que asegurara que las expectativas dadas por el cliente, en forma de requerimientos de diseño del producto se controlen totalmente en el proceso de manufactura, a fin de minimizar la variación e incrementar la habilidad del proceso para producir piezas dentro de especificación.

Como parte de este plan de calidad se implementó el Control Estadístico de Proceso, el cual tiene como finalidad ayudarnos en la percepción de tendencias de nuestro proceso de fabricación para poder predecir el comportamiento de éste, en el plazo inmediato, y así tomar acciones correctivas sobre estas causas de variación. También nos sirve para establecer medidas preventivas permanentes para evitar la fabricación de productos defectuosos y así entrar en un proceso de mejora continua que mantenga nuestra fabricación en un nivel óptimo.

### **Justificación del empleo de control estadístico de proceso.**

El control estadístico de proceso es una manera de documentar conocimientos y experiencia de una manera consistente para poder valorar el comportamiento de un proceso, por lo cual es importante señalar lo siguiente:

a) No es natural el control estadístico en un proceso de producción.

b) Con el control estadístico de proceso se disminuirá la variación debida a causas asignables.

c) Con el empleo de las cartas del control estadístico de proceso podemos hacer girar el círculo de Deming.

A continuación se procedió a determinar la secuencia lógica que debía de usarse para efectuar nuestro control estadístico de proceso de fabricación, resultando lo siguiente:

a) Se acudió a un laboratorio de metrología para certificar los instrumentos de medición que serán utilizados en el proceso de fabricación de las llaves.

b) Efectuar la demostración de la habilidad del proceso.

En la figura 7.2 se observa un diagrama que muestra como se puede hacer girar el círculo de Deming con el control estadístico de proceso.

El Control Estadístico de Proceso básicamente lo empleamos para la prevención de los problemas que se puedan presentar, más que para la detección de los mismos.

La forma de operar para fabricar piezas dentro de la especificación se muestra en la figura 7.3.

En el caso del material que va a utilizar para la elaboración de la llave el cliente especifica que se requiere que sea de acero para herramienta 1045. Nuestro ingeniero en calidad solicita a nuestro proveedor una certificación de que el material que nos proveerá



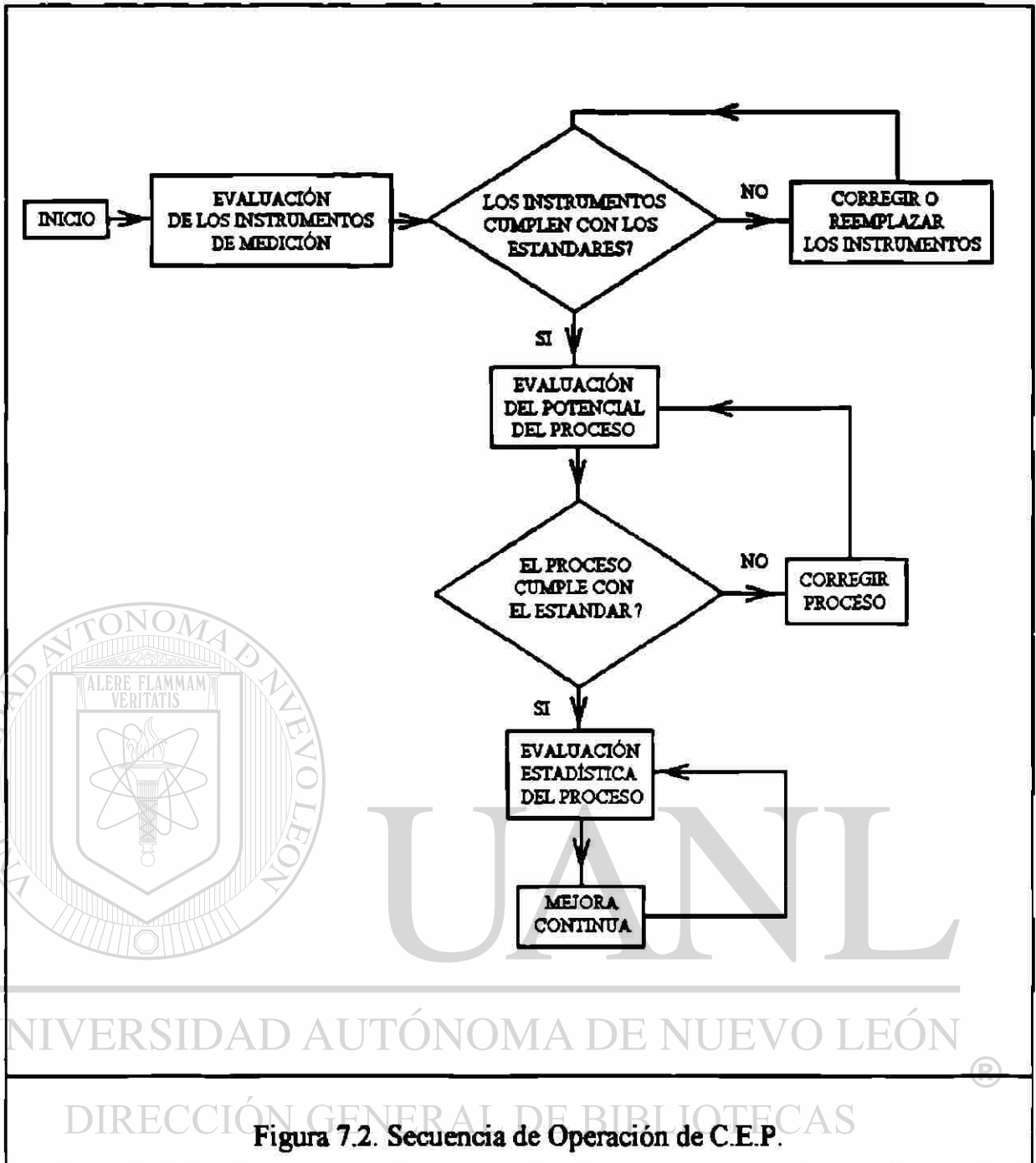


Figura 7.2. Secuencia de Operación de C.E.P.

cumple con los requerimientos solicitados. También nuestro laboratorio somete dicho material a las pruebas básicas de dureza Rockwell, en un muestreo de aceptación y nos arroja por resultado un valor de 18 a 22 índice de dureza Rockwell. Una vez cumplido este requisito el material es aceptado y se remite al centro de maquinado para la elaboración de nuestras piezas.

Después de elaborada la pieza, se determinó someter a un proceso de inspección las dimensiones críticas, obteniendo así nuestra base de datos con la cual vamos a elaborar las cartas de control, y de ésta manera verificar que nuestro sistema o proceso está o no está dentro de un control, y que además se cumple con los índices de capacidad de

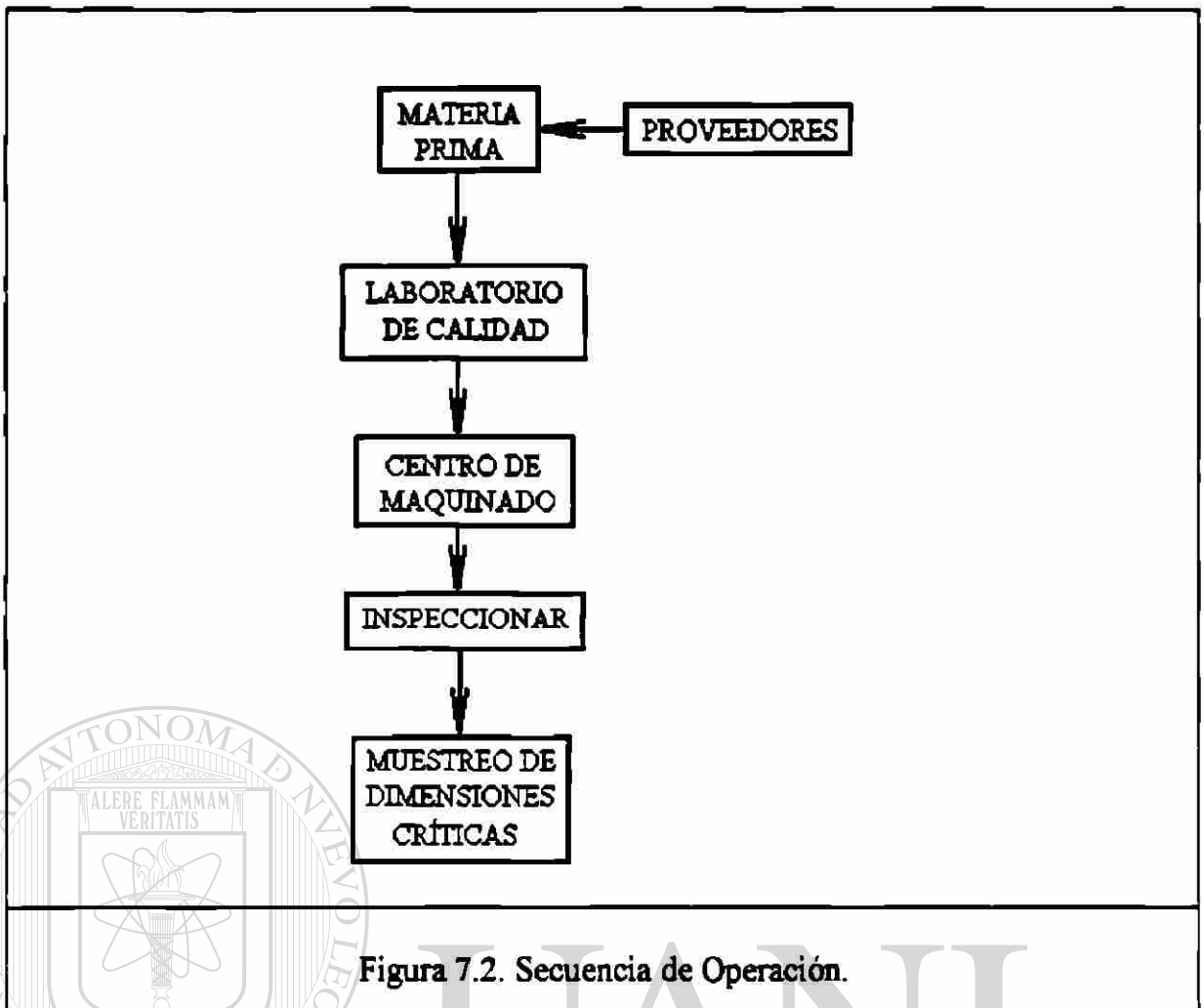


Figura 7.2. Secuencia de Operación.

proceso  $C_p$  y  $C_{pk}$ , o que debe de estar determinado por el valor de validación de 1.67, posteriormente ya en producción continua con un  $C_p$  y  $C_{pk}$  mayor de 1.33.

Debido a que principalmente vamos a trabajar con datos de "variables" producto del resultado de las mediciones, es por eso que seleccionamos como herramienta estadística las cartas de control de variables. La fase inicial de nuestro proceso de fabricación consistió en producir 20 piezas como primera corrida corta y efectuar un proceso de validación de  $C_p$  y  $C_{pk}$ , para lo cual nos apoyamos en el teorema del límite central el cual enuncia, que la distribución de los promedios muestrales tiende a una distribución normal a medida que aumenta el tamaño de la muestra y que éste es independiente de la distribución original. Con fundamento en el teorema de Tchebysheff los valores máximo y mínimo que puede alcanzar las variables en estudio en este proceso están comprendidas en el intervalo (formula) y para fines prácticos en el caso de una distribución normal tomamos  $k$  con un valor de 3 así que la probabilidad de que cualquier promedio muestral salga de los límites de control es muy baja.

### 7.4 Aplicación de métodos estadísticos para la solución del caso práctico.

Para mantener nuestro proceso bajo control estadístico se emplearon gráficas de control  $\bar{x} - R$  (promedios y rangos). En la primera fase del estudio se hizo una corrida corta para validación de Pp con límites de  $\bar{x} \pm 3\sigma$ . Una vez terminada la fase de validación, entonces trabajaremos con 25 subgrupos de 4 datos cada uno, lo cual da al menos 100 datos individuales con límites  $\bar{x} \pm 3\sigma$ . Se observará que las gráficas de control muestren estabilidad. Y que el Ppk sea mayor de 1.67, como se emplea en la mayoría de las empresas actualmente. Para efectos de calcular Pp y Ppk se emplearán las formulas antes mencionadas.

Posteriormente se realizará una corrida larga de 100 datos, pero calculando los límites superior e inferior de control. Previamente se elaboró un plan de acción correctiva con el propósito de elevar el Cp y Cpk que se describe a continuación.

Este plan de acción correctiva opera para características de producto normalmente distribuidas.

Condición del proceso	Cpk <1.33	Cpk entre 1.33 y 1.67	Cpk >1.67
Proceso bajo control.	Inspección al 100%.	Aceptar producto y continuar con mejora continua.	Aceptar producto y continuar con mejora continua.
Fuera de control y los datos individuales dentro de especificación.	Corregir causa especial e inspeccionar al 100%.	Corregir causa especial e inspeccionar al 100% desde el último punto dentro de control.	Corregir causa especial y continuar con mejora continua.
Fuera de control con uno o más datos individuales de la muestra que están fuera de la especificación.	Corregir causa especial e inspeccionar al 100%.	Corregir causa especial e inspeccionar al 100% desde el último punto dentro de control.	Corregir causa especial e inspeccionar al 100% desde el último punto dentro de control.

Tabla 7.1. Monitoreo de proceso.

La tabla 7.1 es una herramienta auxiliar para la toma de decisiones, en el monitoreo continuo de nuestro proceso. La forma de calcular el Pp y Ppk es con las siguientes expresiones:

$$P_p = \frac{\text{Limite superior de especificación} - \text{Limite inferior de especificación}}{6(\text{Desviación estándar})}$$

$$= \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

- Si se dispone de varias corridas entonces será posible evaluar el:

$$PPK = \text{Min} \left( \frac{LSE - \bar{\bar{x}}}{3\sigma}, \frac{\bar{\bar{x}} - LIE}{3\sigma} \right)$$

Con objeto de evaluar la capacidad del proceso la manera de calcular los indicadores Cp y Cpk es:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6 \left( \frac{R}{d_2} \right)}$$

$$CPK = \text{Min} \left( \frac{LSE - \bar{\bar{x}}}{3 \frac{R}{d_2}}; \frac{\bar{\bar{x}} - LIE}{3 \frac{R}{d_2}} \right)$$

El criterio de operación tomado por nosotros es:

$$C_p > 1.33 \text{ y } C_{pk} > 1.33.$$

Esto para producción continua, como se muestra en la tabla 7.2.

Caso	Cp	Cpk	Promedio	Desviación estándar
1	no	no	Ajustar promedio a nominal.	Disminuir variación
2	si	no	Ajustar promedio a nominal	Mejora continua.
3	si	si	Mejora continua	Mejora continua

Tabla 7.2. Estrategias

La estrategia a seguir es:

**Caso 1.**

a) Investigar factores que afecten la variación.

b) Una vez logrado el inciso anterior se deberán de buscar factores que muevan el promedio del proceso al valor nominal.

**Caso 2.**

Iniciar el proceso de mejora continua buscando factores que mueven el promedio del proceso al valor nominal.

**Caso 3.**

Mantener el nivel Cp y Cpk o bien modificar el criterio.

Lo anterior básicamente son las reglas de habilidad del proceso.

La figura 7.4 muestra la primer corrida corta de 20 piezas donde el Pp se calculó con la expresión que anteriormente se mencionó:

En ésta primera parte de análisis el Pp se calcula tomando en cuenta la desviación estándar de todas las mediciones incluyendo puntos dentro y fuera de tolerancia.

La figura 7.4 ilustra la primera corrida donde se pudo calcular un índice de capacidad Pp de 1.207 pero además se visualiza que el proceso no está bajo control estadístico debido a que hay un punto fuera de los límites de control, además de que con un índice de capacidad tan bajo (1.207) no hay garantía de que el proceso produzca piezas dentro de especificación. Un punto fuera de los límites del control pudiera deberse a un error de medición o a una herramienta en mal estado, ya que apenas está el operador familiarizándose con el proceso, por lo que se procedió a hacer una revisión de las mediciones y a verificar el ajuste del herramental. Encontrándose que había una irregularidad en el material con el que se fabricó una de las piezas, por lo cual, ya una vez determinada la causa se procede a realizar la segunda corrida corta cuyo gráfico se muestra en la figura 7.5.

En la figura 7.5 se muestra un proceso que comienza su fase de control estadístico en el que existe casi el mismo número de puntos arriba y abajo de la línea central, no hay puntos fuera de los límites de control y tampoco se observa alguna tendencia en particular, sin embargo, este proceso no tiene la capacidad para producir piezas dentro de especificación ya que el Pp es menor de 1.67 y tiene un valor de 1.567, pero como su valor está cercano al 1.67 por eso se tomó la decisión de hacer otra corrida corta, tal vez, con el aumento de pericia del operario esto pueda corregirse, además de que como se revisaron posibles causas asignables no encontrándose algo que en particular este afectando nuestro proceso, por lo cual se procede a hacer una tercera corrida corta, la cual se muestra en la figura 7.6.

#### DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

En la figura 7.6 se aprecia que el proceso está en control estadístico y que el Pp tiene un valor de 1.678, por lo cual aceptamos el proceso de validación en ésta primera fase y se continúa con la primer corrida larga trabajando con una muestra de 100 datos la cual se va a inspeccionar en su totalidad, por lo que dicha población es nuestra muestra ésto generó la carta de control de la figura 7.7.

En la figura 7.7 se observa un proceso fuera de control estadístico y con un índice de capacidad de 1.092 que se considera bajo. Se pudo comprobar que el punto fuera del límite superior de control se debió a falta de filo en la herramienta de corte. Lo cual afecta principalmente a nuestra variación en la dimensión crítica. Una vez que dicha herramienta fué cambiada se procedió a realizar una segunda corrida larga, la cual se observa en la figura 7.8.

En la figura 7.8 se observa un proceso en control estadístico y con un índice de capacidad  $P_p$  1.6976 el cual es mayor que 1.67.

Por lo que es el momento de realizar otra corrida larga la que puede observarse en la figura 7.9 pero ahora ya calculando los límites de control.

En la figura 7.9 se observa que el sistema ya está en control estadístico en la gráfica de promedios, pero en la de rangos existe un punto fuera de control, el cual corresponde al subgrupo número 3. Aquí aplicaremos un técnica que consiste en eliminar el subgrupo problema y hacer una nueva corrida, la que se muestra en la figura 7.10.

En la figura 7.10 se tiene un proceso en control estadístico en la gráfica de promedios y rangos, pero el  $C_p$  resultó ser de 0.9026, el cual es menor de 1.67 por lo que una vez corregida la causa asignable la cual fue debida a una variación en las revoluciones de la máquina por lo que se realizó una corrida más.

En la figura 7.11 se observa que el sistema está en control estadístico tanto en el gráfico de promedios como en el de rangos y que la capacidad del sistema resultó ser 1.6894 de tal manera que se tiene la certeza de que el proceso va a producir piezas dentro de especificación, así que por recomendación contenida en la tabla 7.1 Monitoreo de proceso. Se tomó la decisión de aceptar el producto y de continuar con la reducción de la variación del proceso.



**Tabla 7.4 PRIMERA CORRIDA CORTA.**

NOMINAL	0.378
LIE	0.374
LSE	0.382

MEDICIONES:	
1	0.381
2	0.378
3	0.379
4	0.377
5	0.378
6	0.378
7	0.379
8	0.378
9	0.378
10	0.379
11	0.378
12	0.377
13	0.380
14	0.376
15	0.378
16	0.378
17	0.379
18	0.378
19	0.377
20	0.378

PROMEDIO:	0.3782		
DESVIACION ESTÁNDAR:	0.0011		
VALOR MAXIMO:	0.3810	LSC	0.3815
VALOR MINIMO:	0.3760	LIC	0.3749
PP:	1.207		

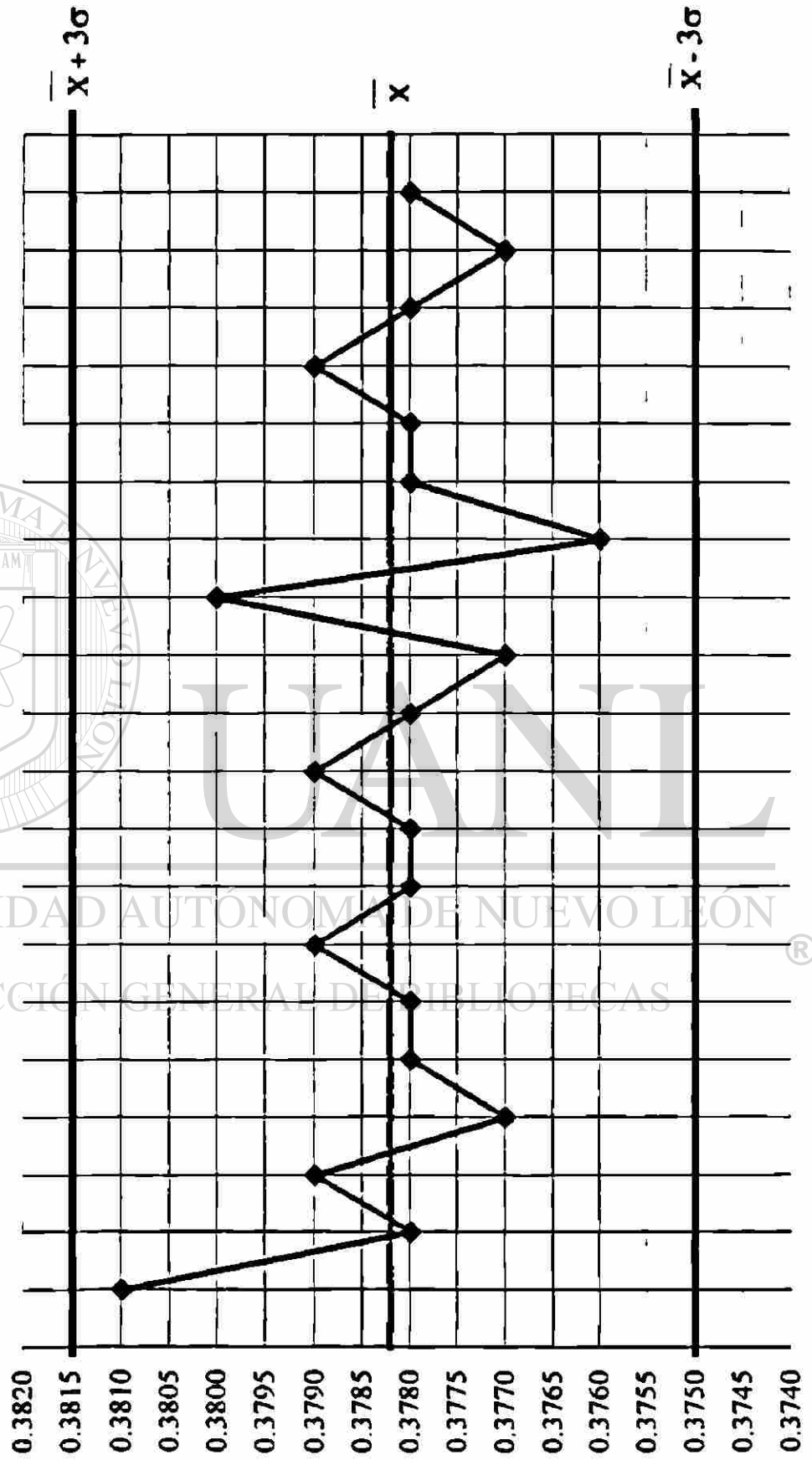
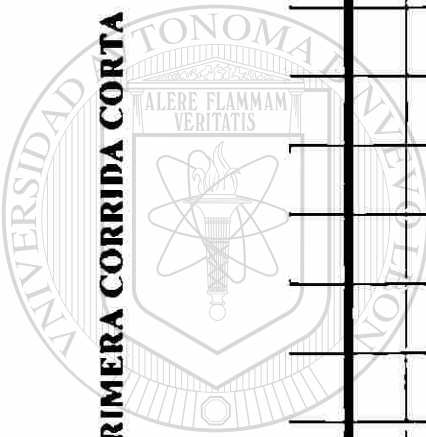


Fig. 7.4 PRIMERA CORRIDA CORTA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

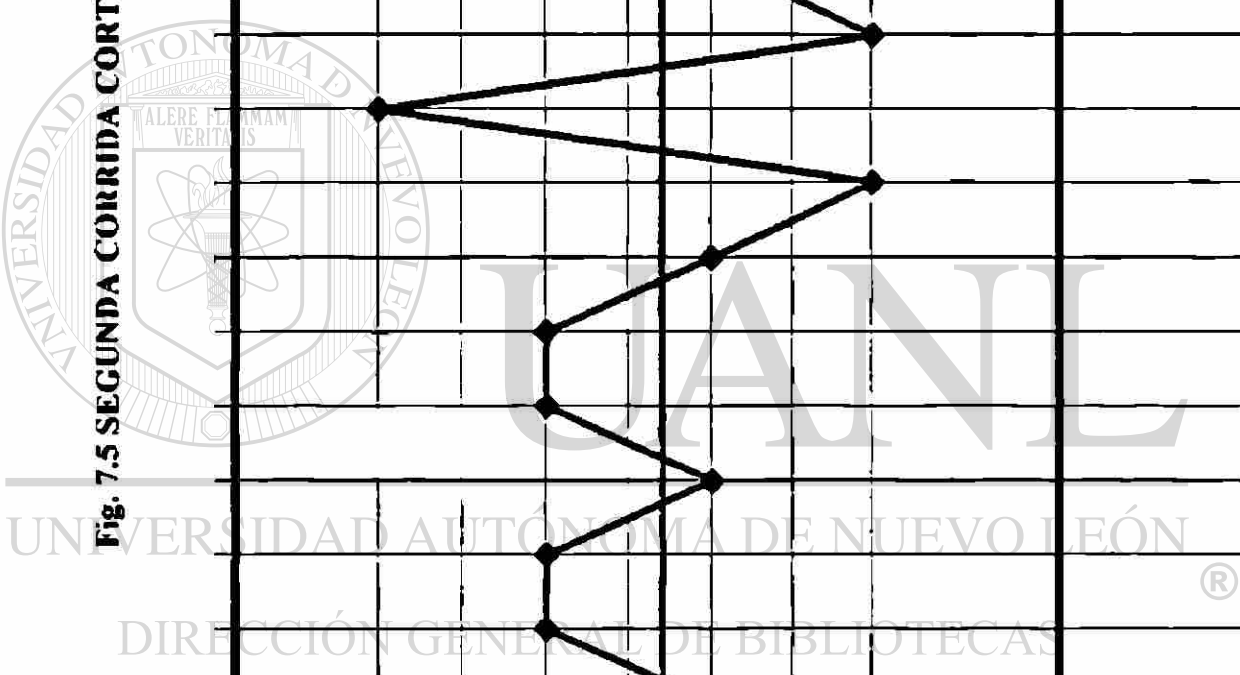
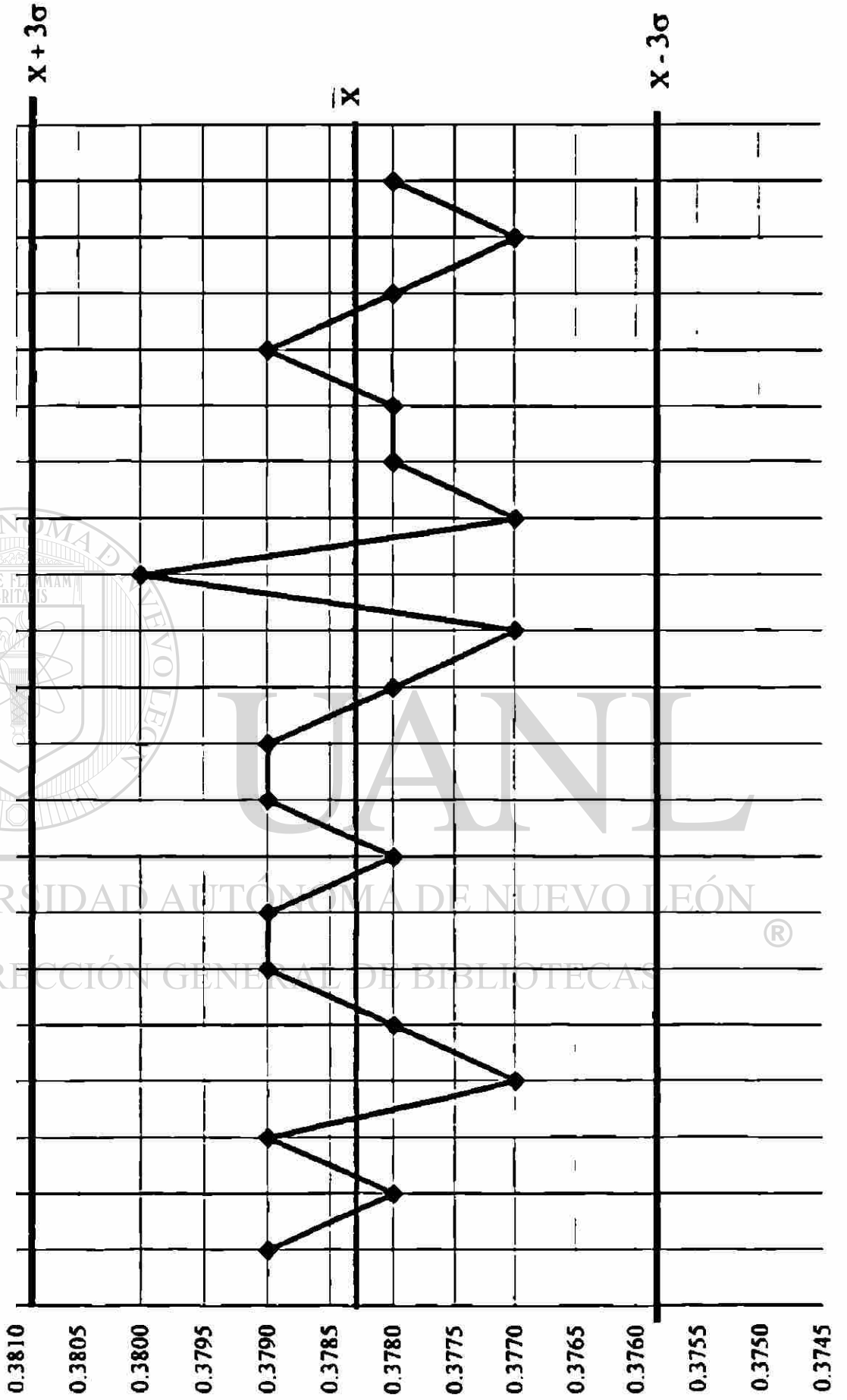
**Tabla 7.5 SEGUNDA CORRIDA CORTA:**

<b>NOMINAL</b>	<b>0.378</b>
<b>LIE</b>	<b>0.374</b>
<b>LSE</b>	<b>0.382</b>

<b>MEDICIONES:</b>	
1	0.379
2	0.378
3	0.379
4	0.377
5	0.378
6	0.379
7	0.379
8	0.378
9	0.379
10	0.379
11	0.378
12	0.377
13	0.380
14	0.377
15	0.378
16	0.378
17	0.379
18	0.378
19	0.377
20	0.378

<b>PROMEDIO:</b>	<b>0.3783</b>		
<b>DESVIACION ESTÁNDAR:</b>	<b>0.0009</b>		
<b>VALOR MAXIMO:</b>	<b>0.3800</b>	<b>LSC</b>	<b>0.3808021</b>
<b>VALOR MINIMO:</b>	<b>0.3770</b>	<b>LIC</b>	<b>0.3756979</b>
<b>PP:</b>	<b>1.567</b>		

Fig. 7.5 SEGUNDA CORRIDA CORTA



**Tabla 7.6 TERCERA CORRIDA CORTA:**

<b>NOMINAL</b>	<b>0.378</b>
<b>LIE</b>	<b>0.374</b>
<b>LSE</b>	<b>0.382</b>

<b>MEDICIONES:</b>	
1	0.379
2	0.378
3	0.379
4	0.377
5	0.378
6	0.378
7	0.379
8	0.378
9	0.378
10	0.379
11	0.378
12	0.377
13	0.378
14	0.376
15	0.378
16	0.378
17	0.379
18	0.378
19	0.377
20	0.378

<b>PROMEDIO:</b>	<b>0.378</b>		
<b>DESVIACION ESTÁNDAR:</b>	<b>0.0008</b>		
<b>VALOR MAXIMO:</b>	<b>0.3790</b>	<b>LSC</b>	<b>0.3804</b>
<b>VALOR MINIMO:</b>	<b>0.3760</b>	<b>LIC</b>	<b>0.3756</b>
<b>PP:</b>	<b>1.678</b>		

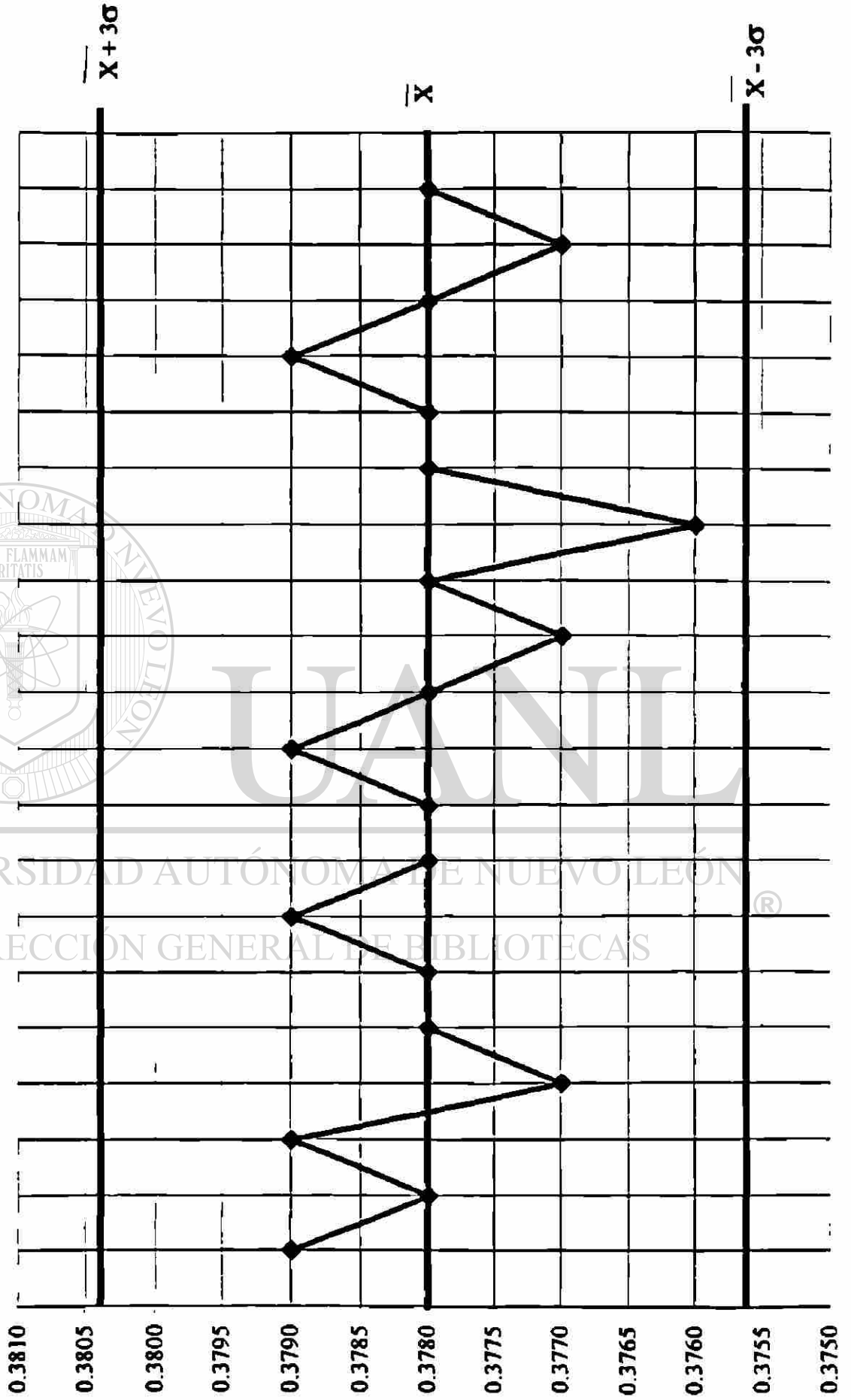
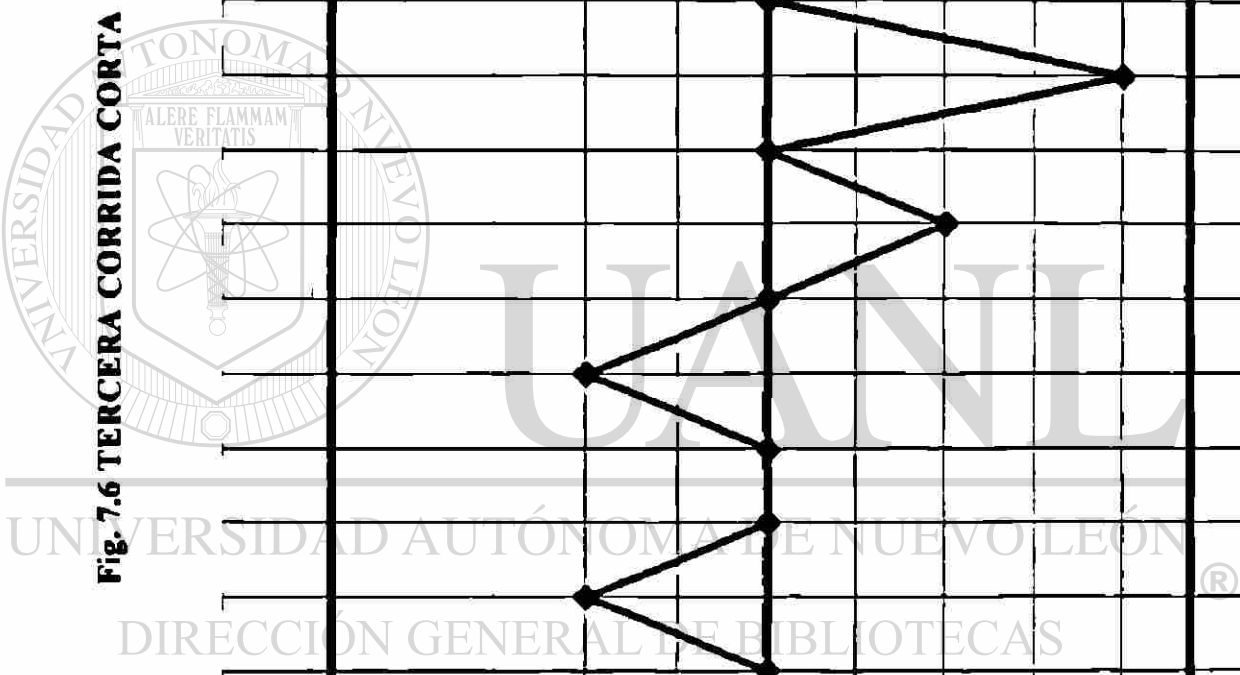


Fig. 7.6 TERCERA CORRIDA CORTA



**Tabla 7.7 PRIMERA CORRIDA DE 100 DATOS:**

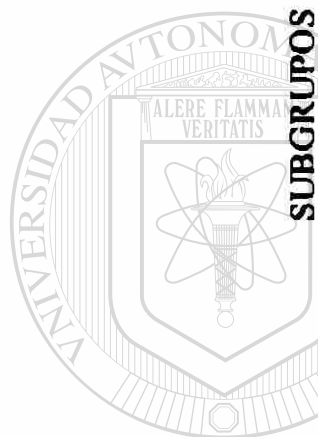
NOM:	0.378
LIF:	0.374
LSE:	0.382

SUBGRUPOS							
1	2	3	4	5	6	7	
0.376	0.377	0.378	0.379	0.379	0.377	0.376	0.376
0.382	0.378	0.378	0.377	0.377	0.379	0.378	0.378
0.379	0.377	0.380	0.376	0.379	0.379	0.378	0.378
0.380	0.379	0.378	0.377	0.380	0.378	0.376	0.376

<b>PROMEDIO:</b>	0.3793	0.3778	0.3785	0.3773	0.3788	0.3783	0.3770
------------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

8	9	10	11	12	13	14	
0.377	0.377	0.378	0.376	0.378	0.378	0.378	0.378
0.380	0.378	0.376	0.378	0.379	0.379	0.377	0.377
0.379	0.378	0.378	0.380	0.378	0.378	0.378	0.378
0.378	0.379	0.379	0.377	0.377	0.380	0.379	0.379

<b>PROMEDIO:</b>	0.3785	0.3780	0.3778	0.3778	0.3780	0.3788	0.3780
------------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



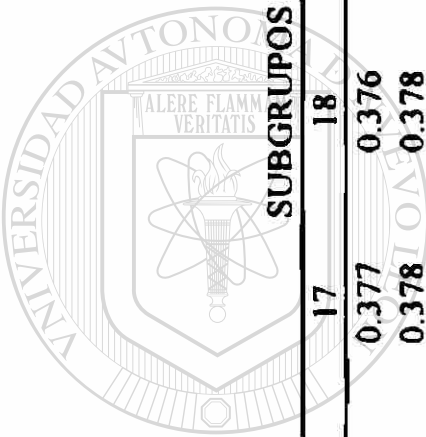


SUBGRUPOS						
15	16	17	18	19	20	21
0.378	0.377	0.377	0.376	0.377	0.377	0.378
0.377	0.378	0.378	0.378	0.378	0.376	0.379
0.378	0.380	0.379	0.379	0.379	0.378	0.379
0.379	0.378	0.378	0.378	0.378	0.377	0.377

PROMEDIO	0.3780	0.3783	0.3780	0.3778	0.3780	0.3770	0.3783
----------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

22	23	24	25
0.378	0.379	0.379	0.377
0.379	0.378	0.378	0.378
0.378	0.378	0.377	0.380
0.377	0.378	0.378	0.378

PROMEDIO:	0.3780	0.3783	0.3780	0.3783
DESVIACION ESTÁNDAR:	0.0012			
PROM. DE PROM.:	0.3780	LSC	0.3817	
PP:	1.092	LJC	0.3743	
	1.092			
	1.0919762			
PPK:	1.092			



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECA Y SERVICIOS DE INFORMACIÓN

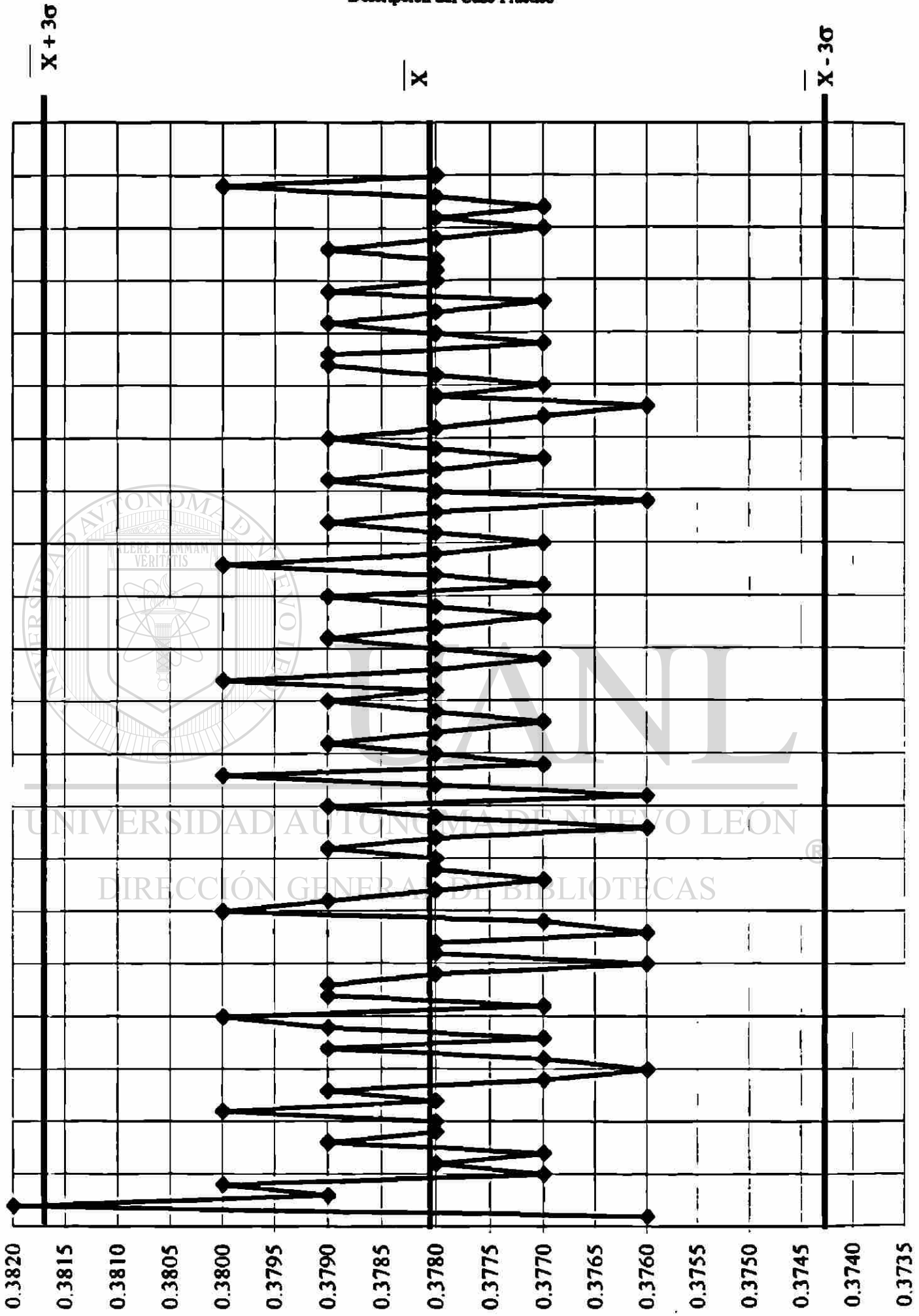


Fig. 7.7 PRIMERA CORRIENTA DE 100 DATOS



**SUBGRUPOS**

	15	16	17	18	19	20	21
	0.378	0.377	0.377	0.377	0.377	0.377	0.378
	0.377	0.378	0.378	0.378	0.378	0.378	0.379
	0.378	0.379	0.379	0.379	0.379	0.378	0.379
	0.379	0.378	0.378	0.378	0.378	0.377	0.377

<b>PROMEDIO:</b>	0.378	0.378	0.378	0.378	0.378	0.378	0.378
------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

	22	23	24	25
	0.378	0.379	0.379	0.377
	0.379	0.378	0.378	0.378
	0.378	0.378	0.377	0.379
	0.377	0.378	0.378	0.378

<b>PROMEDIO:</b>	0.378	0.378	0.378	0.378
<b>DESVIACION ESTÁNDAR:</b>	0.0008			
<b>PROM. DE PROM.:</b>	0.3780	LSC		0.3803
<b>PP:</b>	1.6976	LIC		0.3756
	1.7128			
	1.6825			
<b>PPK:</b>	1.6825			

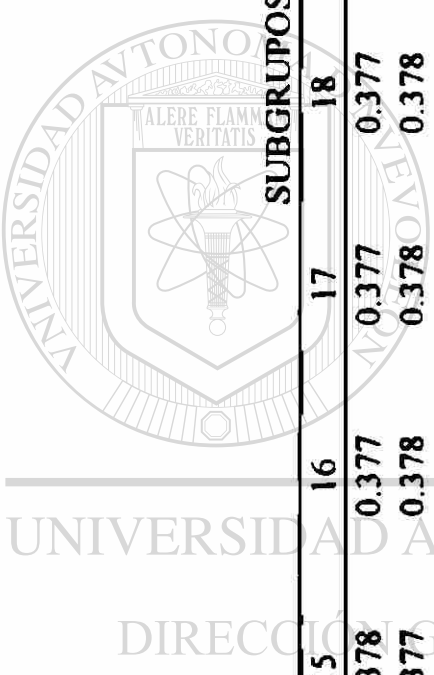
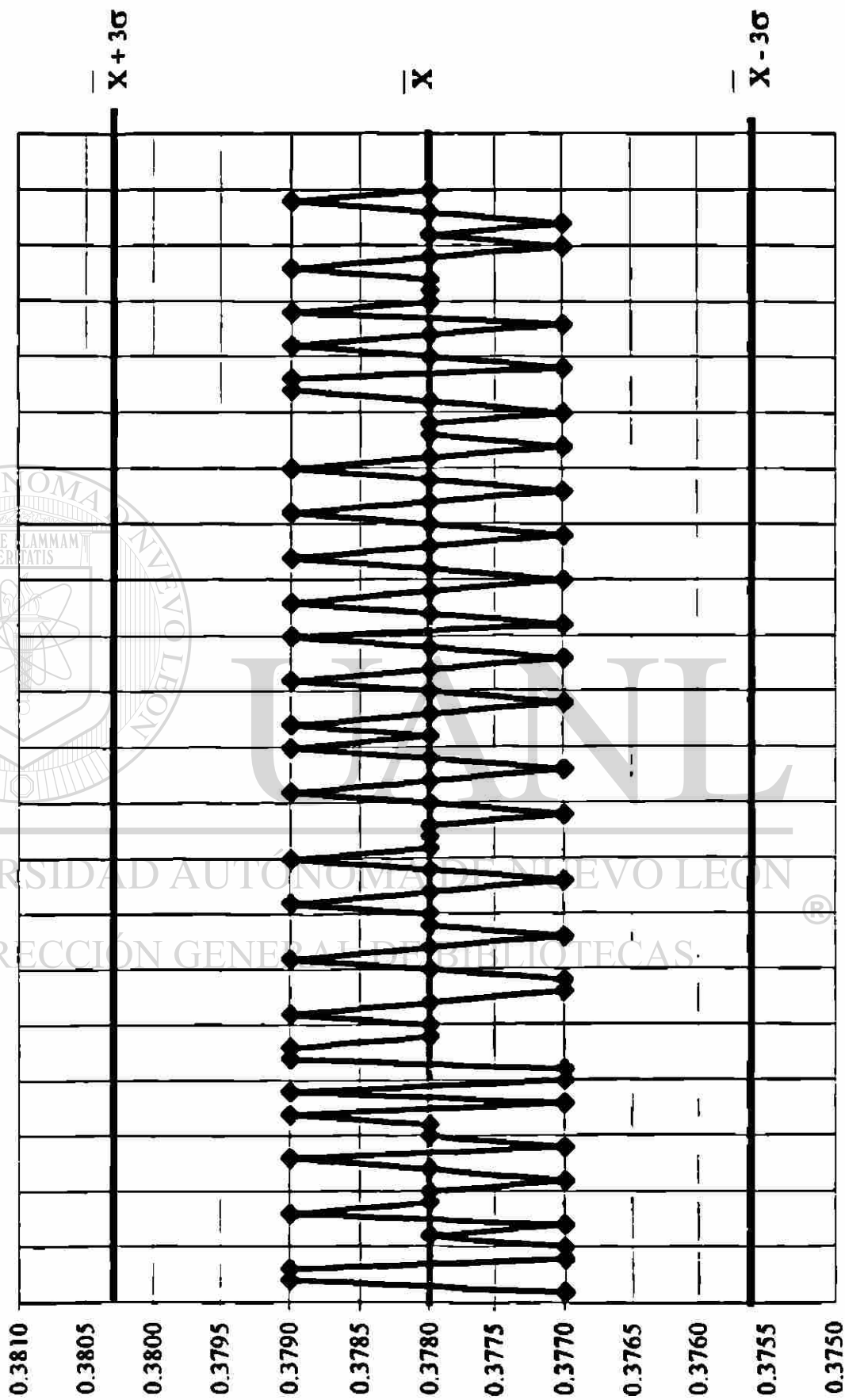


Fig. 7.8 SEGUNDA CORRIDA DE 100 DATOS



**Tabla 7.9 TERCERA CORRIDA DE 100 DATOS:**

NOM:	0.378
LIE:	0.374
LSE:	0.382

**SUBGRUPOS**

	1	2	3	4	5	6
	0.378	0.376	0.381	0.380	0.380	0.381
	0.378	0.379	0.382	0.378	0.378	0.377
	0.379	0.380	0.382	0.381	0.377	0.381
	0.377	0.378	0.375	0.379	0.378	0.380

**PROMEDIO:**

0.378	0.378	0.380	0.380	0.378	0.380
-------	-------	-------	-------	-------	-------

**RANGO:**

0.002	0.004	0.007	0.003	0.003	0.004
-------	-------	-------	-------	-------	-------

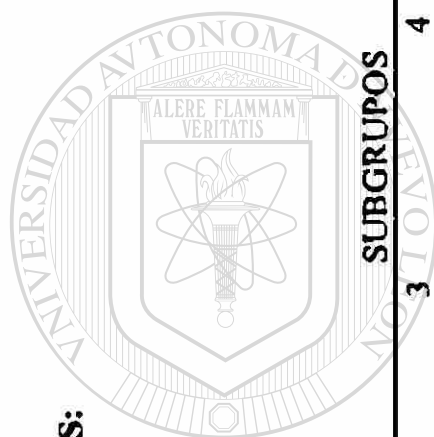
	7	8	9	10	11	12
	0.376	0.378	0.377	0.381	0.381	0.376
	0.379	0.380	0.380	0.377	0.380	0.376
	0.380	0.378	0.378	0.378	0.381	0.379
	0.380	0.381	0.378	0.379	0.380	0.380

**PROMEDIO:**

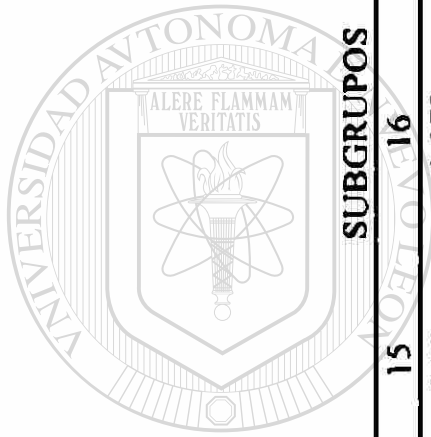
0.379	0.379	0.378	0.379	0.381	0.378
-------	-------	-------	-------	-------	-------

**RANGO:**

0.004	0.003	0.003	0.004	0.001	0.004
-------	-------	-------	-------	-------	-------



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**SUBGRUPOS**

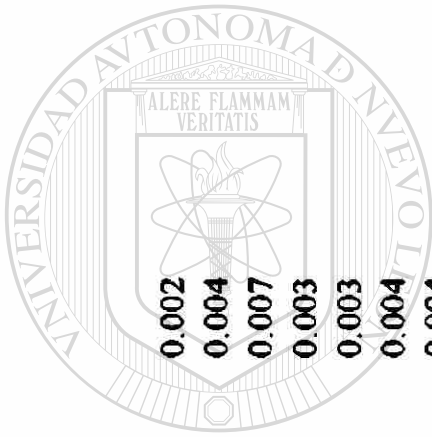
	13	14	15	16	17	18	19
	0.380	0.378	0.38	0.378	0.381	0.381	0.381
	0.381	0.380	0.380	0.381	0.379	0.379	0.382
	0.381	0.378	0.377	0.381	0.378	0.378	0.378
	0.379	0.381	0.375	0.379	0.380	0.378	0.381

<b>PROMEDIO:</b>	0.380	0.379	0.378	0.380	0.380	0.379	0.381
<b>RANGO:</b>	0.002	0.003	0.005	0.003	0.003	0.003	0.004

	20	21	22	23	24	25
	0.379	0.379	0.381	0.379	0.38	0.380
	0.378	0.379	0.381	0.381	0.380	0.379
	0.378	0.380	0.380	0.380	0.381	0.379
	0.377	0.377	0.379	0.377	0.380	0.377

<b>PROMEDIO:</b>	0.378	0.379	0.380	0.379	0.380	0.379
<b>RANGO:</b>	0.002	0.003	0.002	0.004	0.001	0.003





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

**RANGOS:**

- 1 0.002
- 2 0.004
- 3 0.007
- 4 0.003
- 5 0.003
- 6 0.004
- 7 0.004
- 8 0.003
- 9 0.003
- 10 0.004
- 11 0.001
- 12 0.004
- 13 0.002
- 14 0.003
- 15 0.005
- 16 0.003
- 17 0.003
- 18 0.003
- 19 0.004
- 20 0.002
- 21 0.003
- 22 0.002
- 23 0.004
- 24 0.001
- 25 0.003

**PROMEDIOS:**

- 1 0.378
- 2 0.378
- 3 0.380
- 4 0.380
- 5 0.378
- 6 0.380
- 7 0.379
- 8 0.379
- 9 0.378
- 10 0.379
- 11 0.381
- 12 0.378
- 13 0.380
- 14 0.379
- 15 0.378
- 16 0.379
- 17 0.380
- 18 0.379
- 19 0.381
- 20 0.378
- 21 0.379
- 22 0.380
- 23 0.379
- 24 0.380
- 25 0.379

LSCx:	0.3815
LICx:	0.3768
PROM. DE PROM.:	0.3791
LSCr:	0.0073
LICr:	0.0000
RANGO PROM.:	0.0032
CP:	0.8579

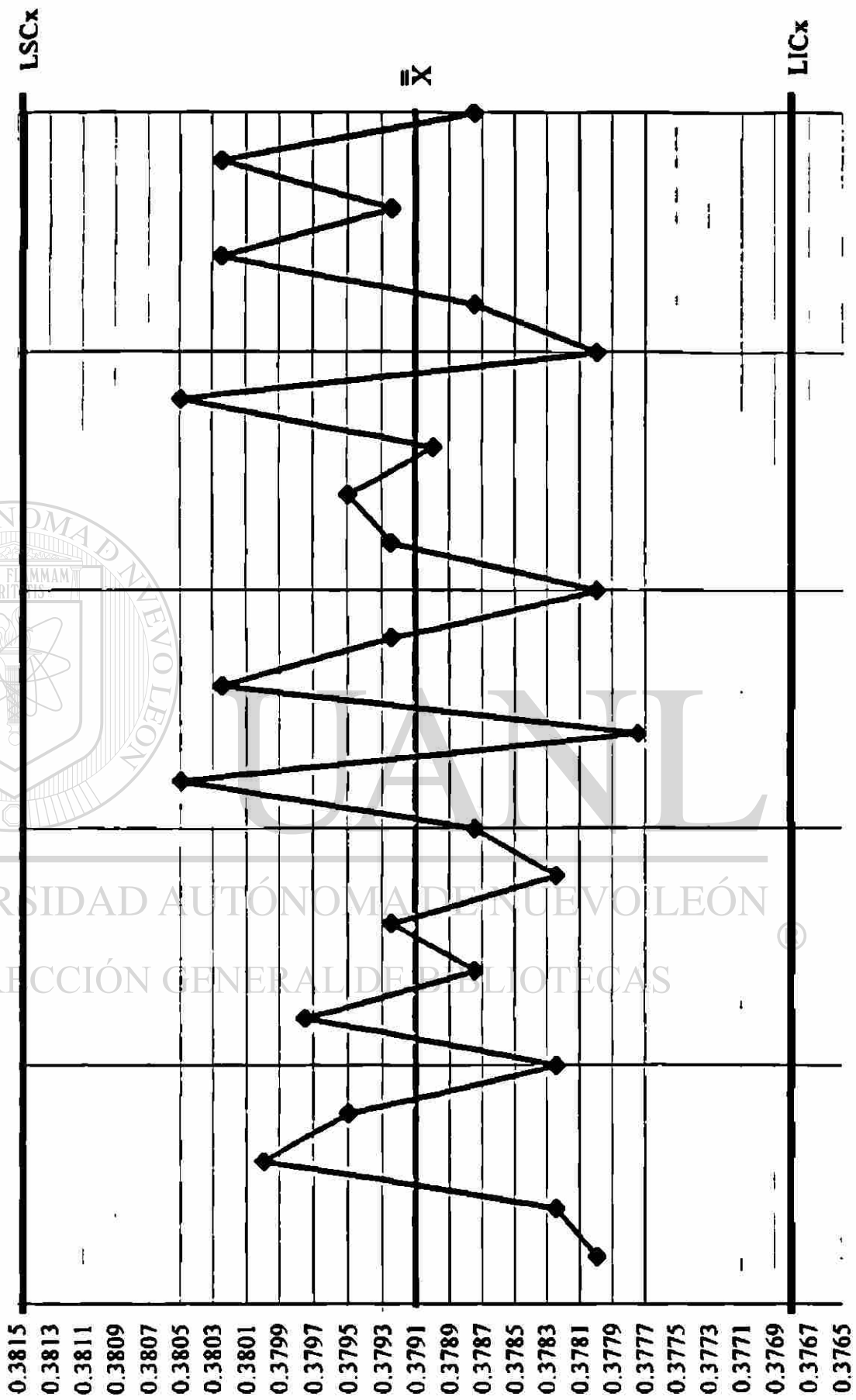
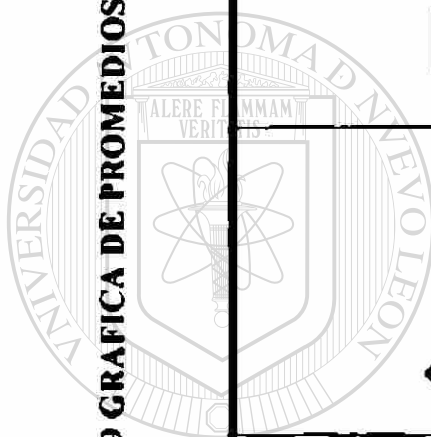


Fig. 7.9 GRAFICA DE PROMEDIOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

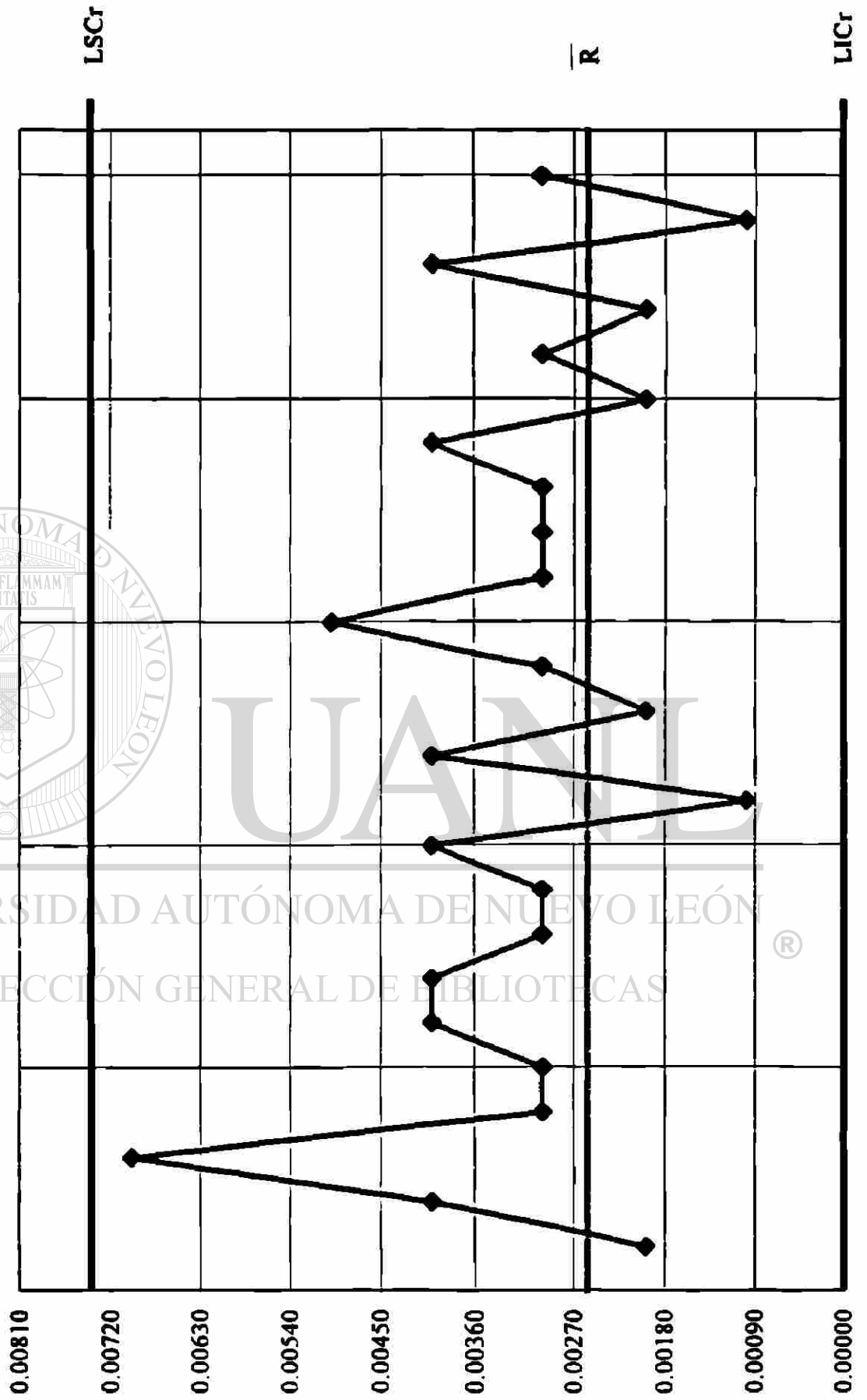
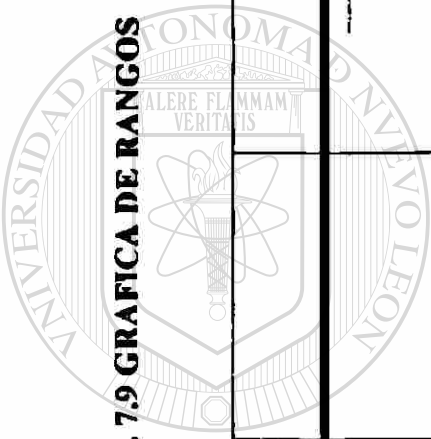


Fig. 7.9 GRAFICA DE RANGOS



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



**Tabla 7.10 CUARTA CORRIDA DE 100 DATOS:**

NOM:	0.378
LIE:	0.374
LSE:	0.382

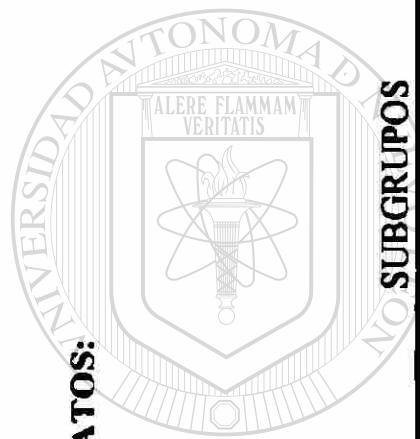
**SUBGRUPOS**

1	2	3	4	5	6
0.378	0.376	0.380	0.380	0.381	0.376
0.378	0.379	0.378	0.378	0.377	0.379
0.379	0.380	0.381	0.377	0.381	0.380
0.377	0.378	0.379	0.378	0.380	0.380

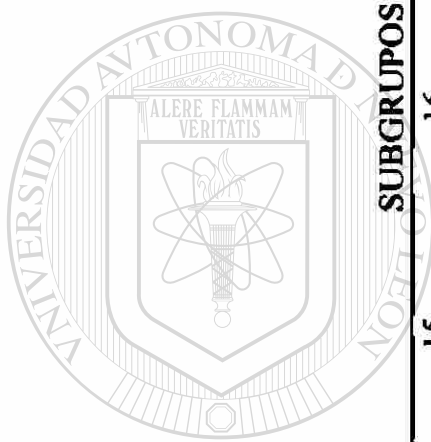
<b>PROMEDIO:</b>	0.378	0.378	0.380	0.378	0.380	0.379
<b>RANGO:</b>	0.002	0.004	0.003	0.003	0.004	0.004

7	8	9	10	11	12
0.378	0.377	0.381	0.381	0.376	0.380
0.380	0.380	0.377	0.380	0.376	0.381
0.378	0.378	0.378	0.381	0.379	0.381
0.381	0.378	0.379	0.380	0.380	0.379

<b>PROMEDIO:</b>	0.379	0.378	0.379	0.381	0.378	0.380
<b>RANGO:</b>	0.003	0.003	0.004	0.001	0.004	0.002



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CAMPECHE  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

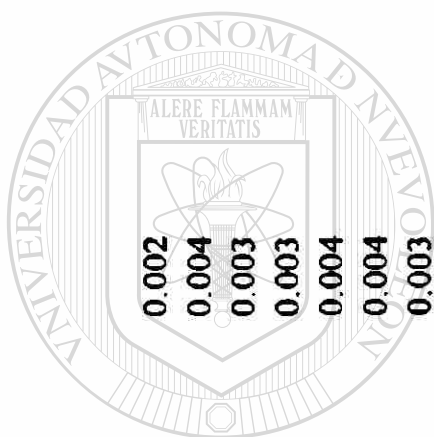
**SUBGRUPOS**

	13	14	15	16	17	18	19
	0.378	0.38	0.378	0.381	0.381	0.381	0.379
	0.380	0.380	0.381	0.379	0.379	0.382	0.378
	0.378	0.377	0.381	0.378	0.378	0.378	0.378
	0.381	0.375	0.379	0.380	0.378	0.381	0.377

<b>PROMEDIO:</b>	0.379	0.378	0.380	0.380	0.379	0.381	0.378
<b>RANGO:</b>	0.003	0.005	0.003	0.003	0.003	0.004	0.002

	20	21	22	23	24
	0.379	0.381	0.379	0.38	0.380
	0.379	0.381	0.381	0.380	0.379
	0.380	0.380	0.380	0.381	0.379
	0.377	0.379	0.377	0.380	0.377

<b>PROMEDIO:</b>	0.379	0.380	0.379	0.380	0.379
<b>RANGO:</b>	0.003	0.002	0.004	0.001	0.003



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**PROMEDIOS:**

1 0.378  
 2 0.378  
 3 0.380  
 4 0.378  
 5 0.380  
 6 0.379  
 7 0.379  
 8 0.378  
 9 0.379  
 10 0.381  
 11 0.378  
 12 0.380  
 13 0.379  
 14 0.378  
 15 0.380  
 16 0.380  
 17 0.379  
 18 0.381  
 19 0.378  
 20 0.379  
 21 0.380  
 22 0.379  
 23 0.380  
 24 0.379

**RANGOS:**

1 0.002  
 2 0.004  
 3 0.003  
 4 0.003  
 5 0.004  
 6 0.004  
 7 0.003  
 8 0.003  
 9 0.004  
 10 0.001  
 11 0.004  
 12 0.002  
 13 0.003  
 14 0.005  
 15 0.003  
 16 0.003  
 17 0.003  
 18 0.004  
 19 0.002  
 20 0.003  
 21 0.002  
 22 0.004  
 23 0.001  
 24 0.003

<b>LSCx:</b>	0.3813
<b>LICx:</b>	0.3769
<b>PROM. DE PROM.:</b>	0.3791
<b>LSCr:</b>	0.0069
<b>LICr:</b>	0.0000
<b>RANGO PROM.:</b>	0.0030
<b>CP:</b>	0.9026

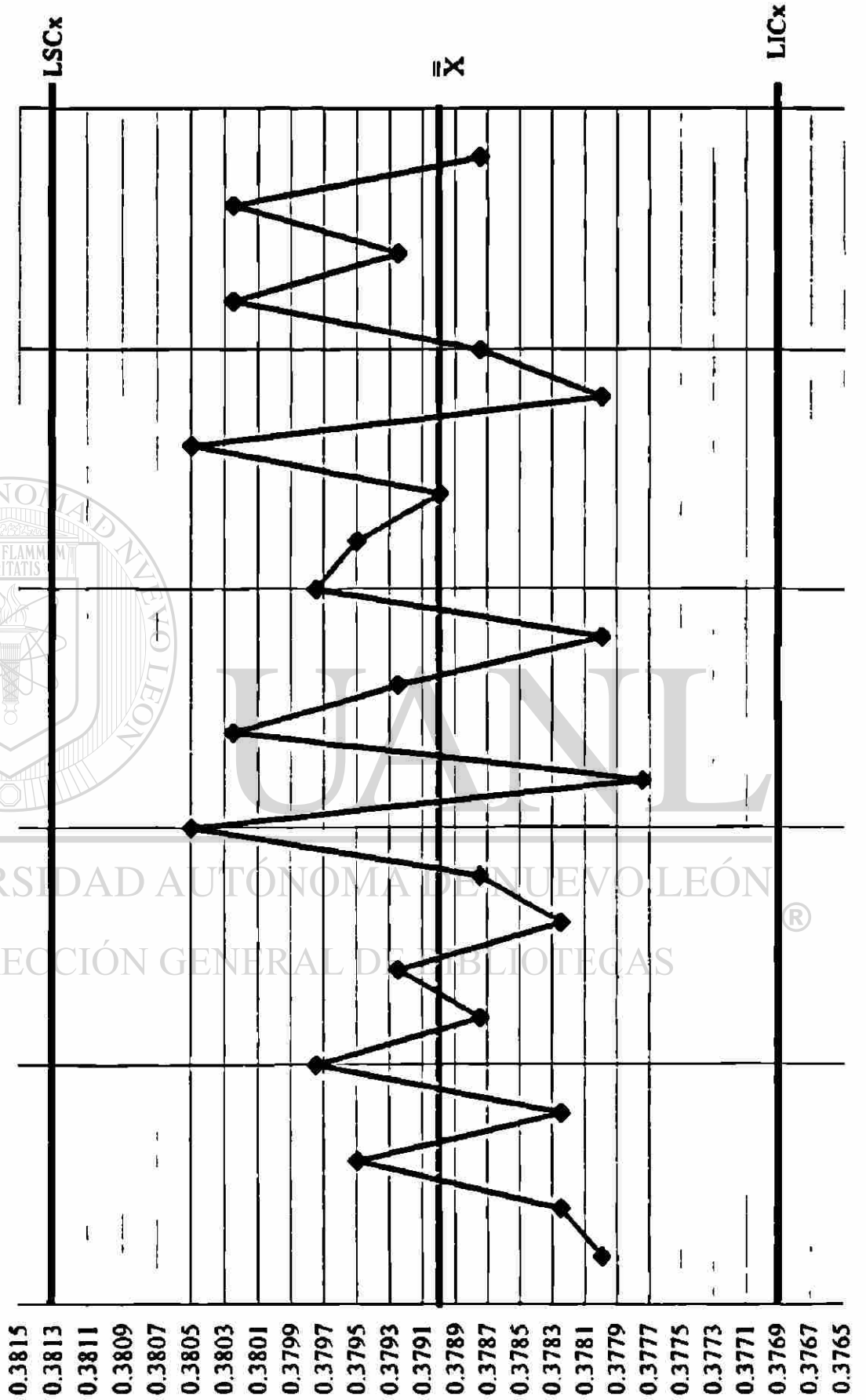
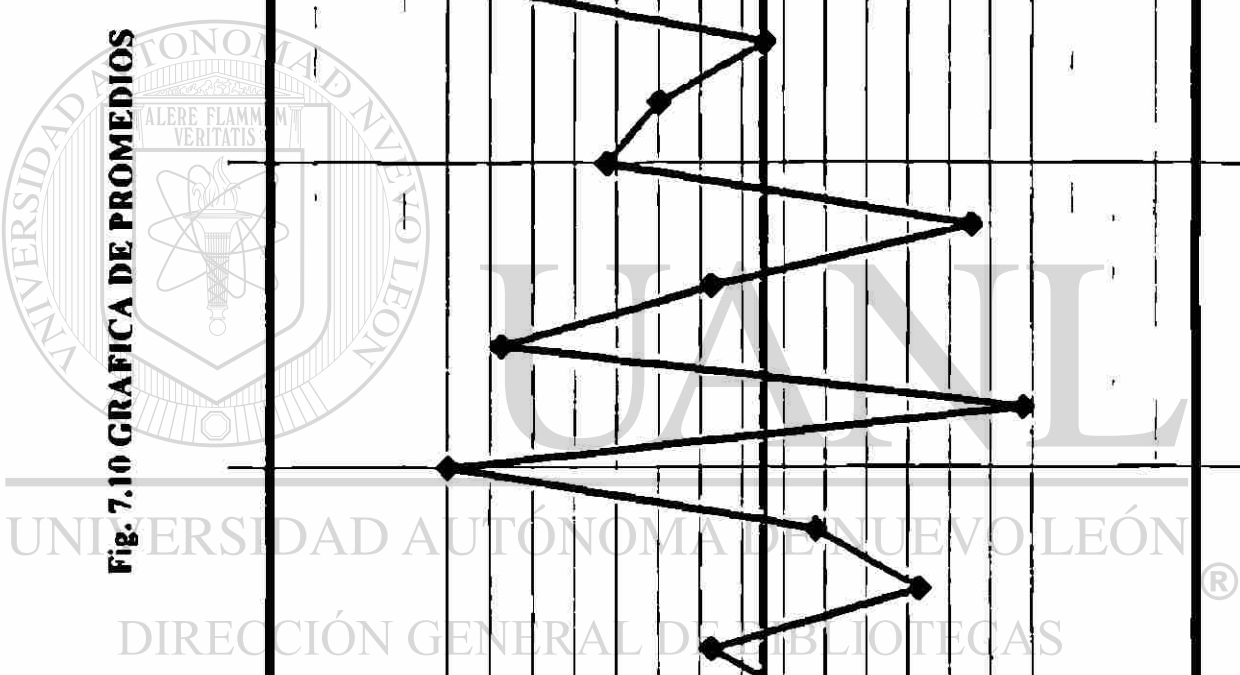


Fig. 7.10 GRAFICA DE PROMEDIOS





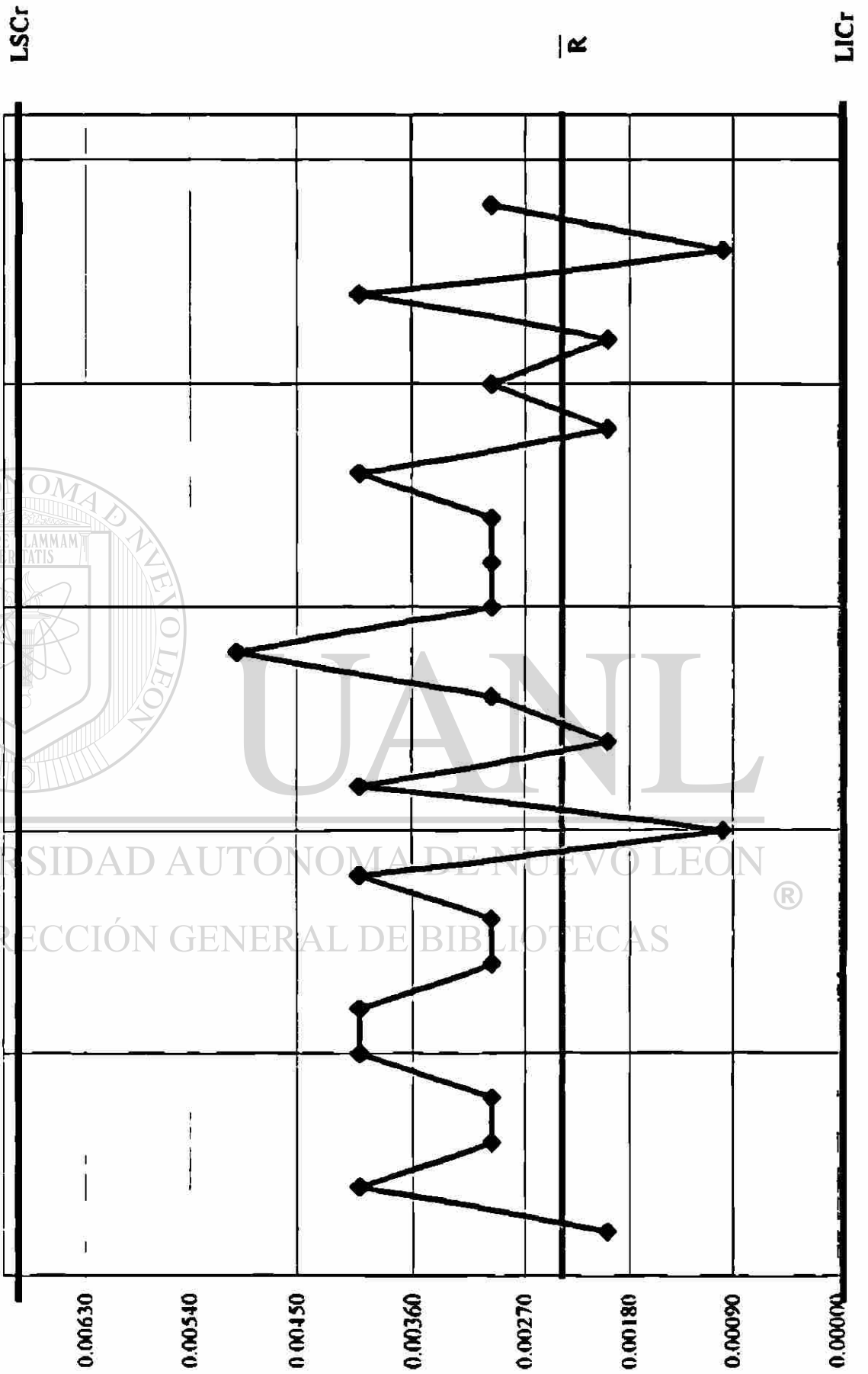
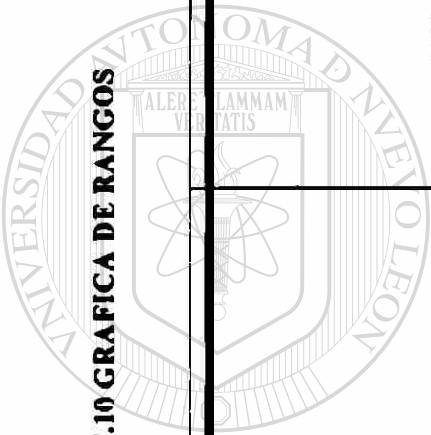


Fig. 7.10 GRAFICA DE RANGOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Tabla 7.11 QUINTA CORRIDA DE 100 DATOS**

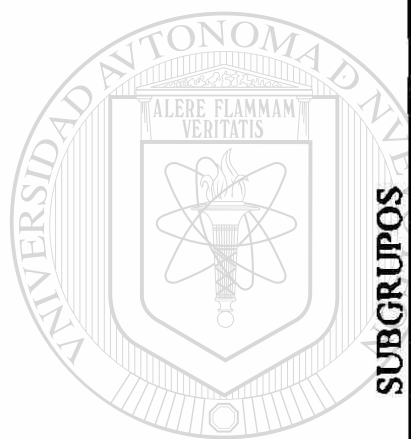
NOM	0.378
LIE	0.374
LSE	0.382

SUBGRUPOS						
1	2	3	4	5	6	
0.377	0.378	0.379	0.377	0.377	0.379	0.379
0.379	0.378	0.379	0.377	0.379	0.378	0.378
0.378	0.379	0.378	0.379	0.378	0.379	0.379
0.377	0.378	0.378	0.378	0.377	0.378	0.378

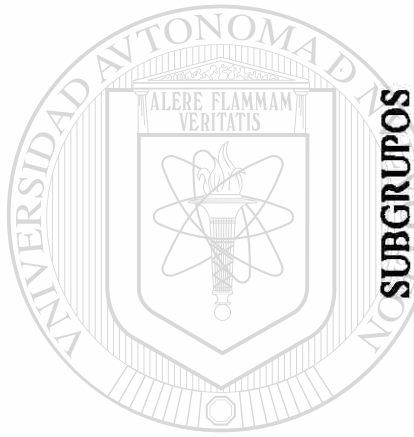
PROMEDIO	0.378	0.378	0.379	0.378	0.378	0.379
RANGO	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001

7	8	9	10	11	12	
0.378	0.377	0.378	0.378	0.379	0.378	0.378
0.379	0.379	0.378	0.378	0.378	0.377	0.377
0.378	0.378	0.379	0.378	0.379	0.378	0.378
0.379	0.377	0.378	0.380	0.380	0.378	0.378

PROMEDIO	0.379	0.378	0.378	0.379	0.379	0.378
RANGO	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECA

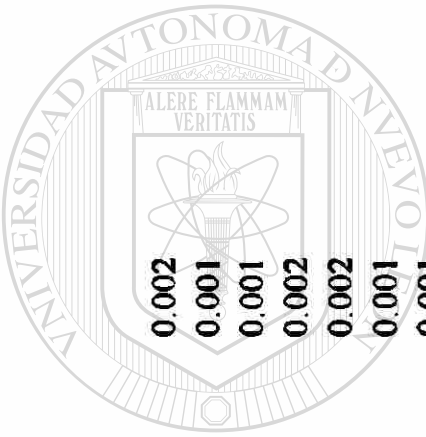
**SUBGRUPOS**

	13	14	15	16	17	18	19
	0.378	0.377	0.378	0.381	0.381	0.378	0.377
	0.378	0.380	0.378	0.379	0.379	0.378	0.379
	0.378	0.377	0.378	0.378	0.378	0.378	0.378
	0.378	0.378	0.378	0.379	0.378	0.378	0.377

<b>PROMEDIO</b>	0.378	0.378	0.378	0.379	0.379	0.378	0.378
<b>RANGO</b>	0.000	0.003	0.000	0.003	0.003	0.000	0.002

	20	21	22	23	24	25
	0.379	0.378	0.377	0.379	0.377	0.379
	0.379	0.378	0.379	0.377	0.379	0.378
	0.380	0.378	0.378	0.379	0.378	0.379
	0.377	0.378	0.377	0.380	0.377	0.377

<b>PROMEDIO</b>	0.379	0.378	0.378	0.379	0.378	0.378
<b>RANGO</b>	0.003	0.000	0.002	0.003	0.002	0.002



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**PROMEDIOS**

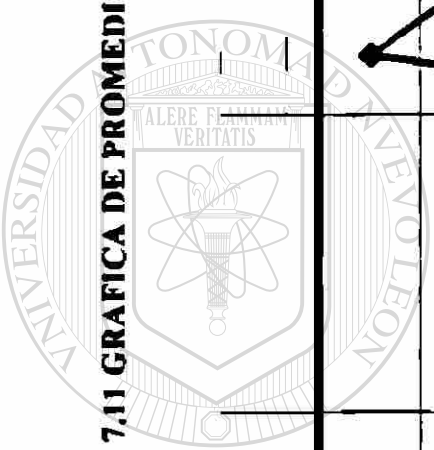
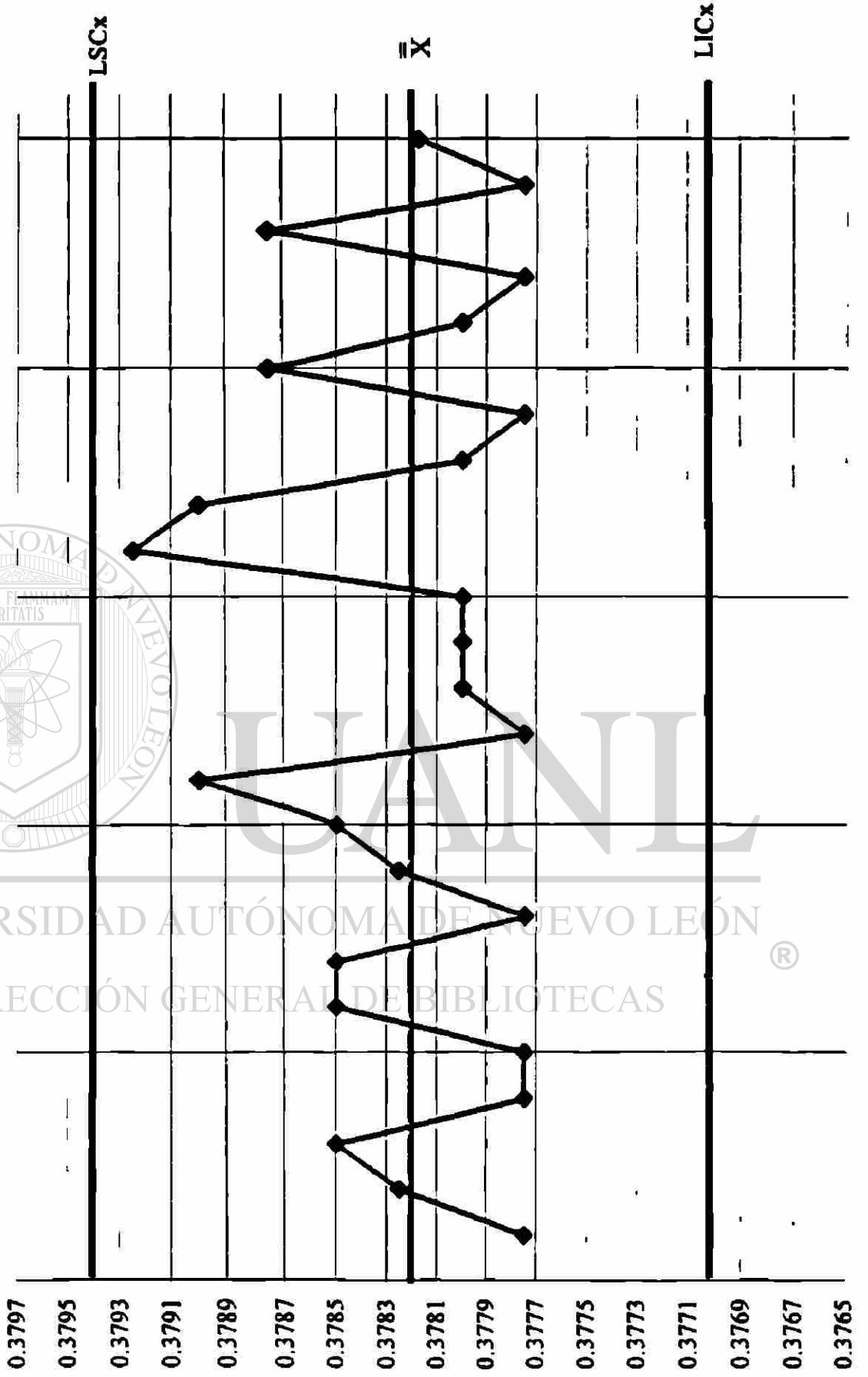
1	0.378
2	0.378
3	0.379
4	0.378
5	0.378
6	0.379
7	0.379
8	0.378
9	0.378
10	0.379
11	0.379
12	0.378
13	0.378
14	0.378
15	0.378
16	0.379
17	0.379
18	0.378
19	0.378
20	0.379
21	0.378
22	0.378
23	0.379
24	0.378
25	0.378

**RANGOS**

1	0.002
2	0.001
3	0.001
4	0.002
5	0.002
6	0.001
7	0.001
8	0.002
9	0.001
10	0.002
11	0.002
12	0.001
13	0.000
14	0.003
15	0.000
16	0.003
17	0.003
18	0.000
19	0.002
20	0.003
21	0.000
22	0.002
23	0.003
24	0.002
25	0.002

LSCx	0.3794
LICx	0.3770
PROM. DE PROM.	0.3782
LSCr	0.0037
LICr	0.0000
RANGO PROM.	0.0016
CP	1.6740

Fig. 7.11 GRÁFICA DE PROMEDIOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

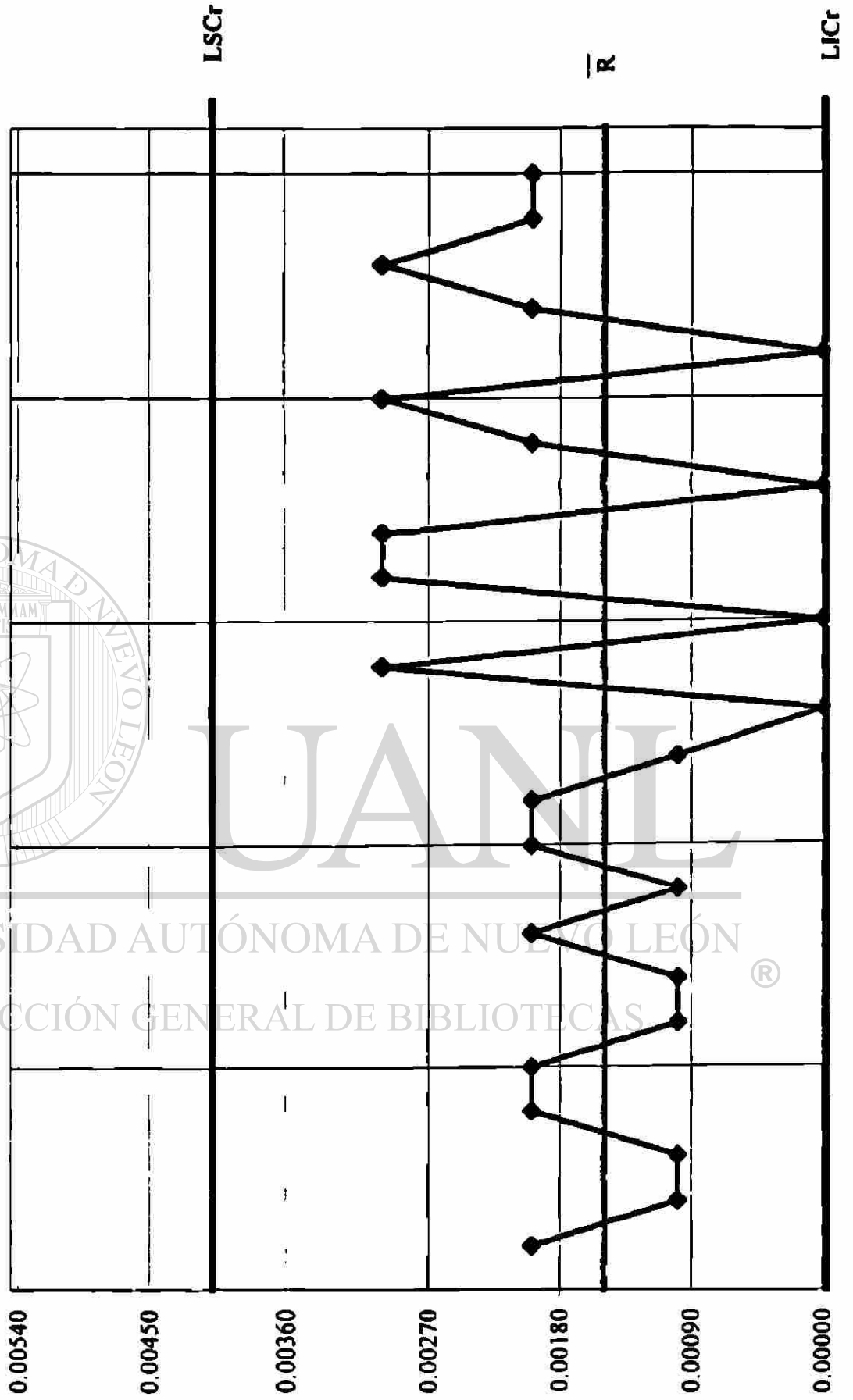
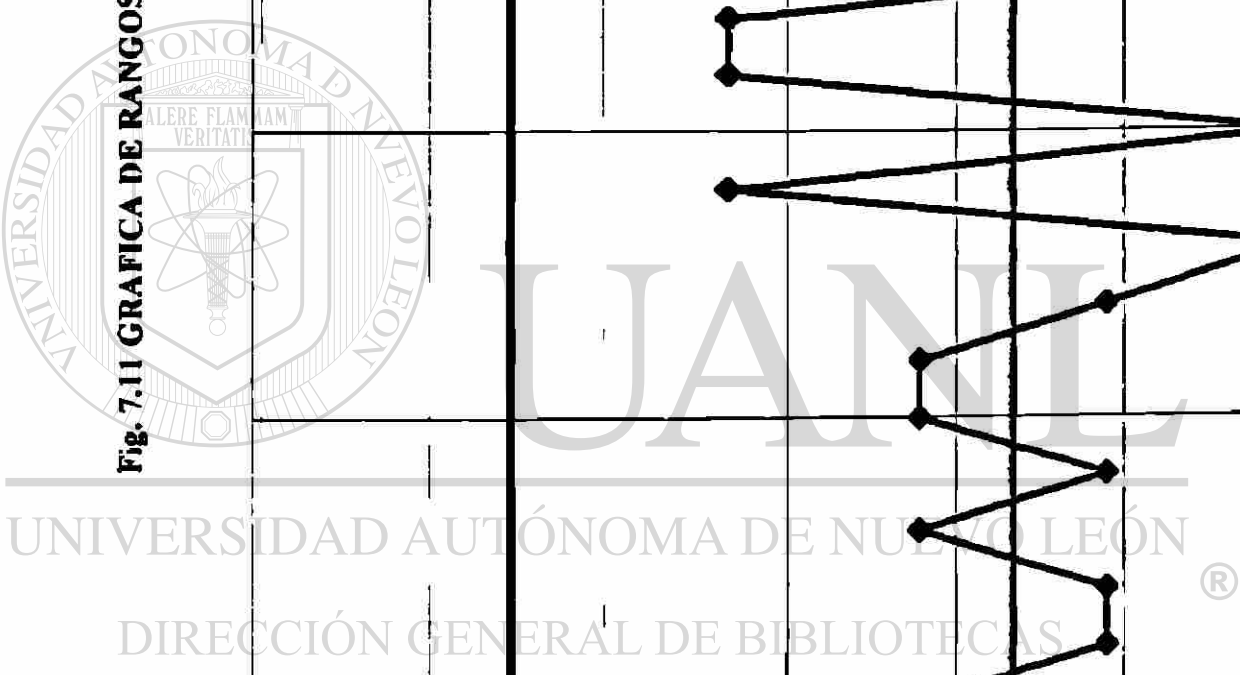


Fig. 7.11 GRAFICA DE RANGOS



## Capítulo 8.

### Conclusiones Y Recomendaciones

Concluimos que es definitivo que se enseñe y aplique el control estadístico de proceso, no sólo en la industria sino también al nivel de licenciatura en las diferentes áreas de ingeniería y en todas y cada una de las áreas donde se tenga que mantener un proceso bajo control, el control estadístico de proceso es una excelente herramienta de la mejora continua. (Incluyendo las áreas de salud y de servicio, tanto en la educación como otras).

Sabemos que es indispensable para las industrias mexicanas, la aplicación de las diferentes técnicas de calidad que se conocen en el mundo industrializado. Estamos convencidos de que si no lo hacen, quedaremos fuera de mercado, en este mundo industrializado y globalizado. Los clientes en esta época piensan en la calidad como un derecho inherente a su condición de "clientes" y lo van a exigir cada vez más. Por lo que debemos estar preparados con las filosofías y métodos para adaptarlos a nuestra "cultura", y hacer "calidad a la Mexicana". Utilizando nuestro ingenio y experiencia con "nuestra Gente y su filosofía".

Entendemos a la gente de "éxito", como a la gente que haga a su entorno exitoso, esto quiere decir que todos sus subordinados sean líderes en lo que ejecutan, haciendo todo lo que hagan con excelencia y tratando de llegar a la plenitud de desarrollo. Esto sólo se puede lograr con las filosofías de calidad de los grandes maestros.

En el próximo siglo los mercados globalizado nos obligarán a tomar nuevas estrategias y una de ellas será la utilización de las herramientas que aquí describimos.

Queda claro que con la aplicación del control estadístico de proceso se logrará tener una historia en el dominio del tiempo de nuestros procesos, sabremos cuando hacer correcciones al mismo, empleando gráficas de control y así también nos daremos cuenta, cuando una causa asignable está afectando el proceso, lo que permitirá que rápidamente se tomen acciones correctivas.

Se pudo comprobar que las gráficas de control muestran en todo momento el estado de salud del proceso.



**El control estadístico de proceso, sigue siendo una eficaz metodología para asegurar la calidad.**

**Para nuestro caso en estudio, se comprobó que aplicando la metodología del control estadístico de proceso, se garantiza la producción de piezas dentro de especificación.**

**Se recomienda dar mantenimiento a las gráficas de control y verificar que no haya ocurrido movimiento de los límites de control, ya que esto ocasionará que se produzcan piezas fuera de especificación. También es recomendable que si una empresa comienza un proceso de fabricación de una nueva pieza o producto, antes elabore un plan de calidad completo que incluya el control estadístico de proceso.**

**En nuestro caso práctico en estudio se pudo certificar que el empleo de los gráficos de control si funcionó para mantener nuestro proceso en control estadístico, lo cual en todo momento permite observar el estado que guarda el proceso de manera gráfica.**

**Cómo parte del beneficio que se obtuvo al aplicar el método estadístico en nuestro caso práctico es el hecho de que los operadores identificaron los problemas de calidad tan pronto se presentaron.**

**Pero básicamente se emplearon como:**

**a) Para control: con objeto de decidir si el proceso continúa o se buscan y corrigen las causas asignables.**

**b) Para análisis: lo cual permite observar la variación inherente del proceso.**

**c) Para educar comunicar y documentar: el manejo de los gráficos de control permite hacer lo anterior.**

**Los límites de nuestro estudio son en el sentido de que las gráficas de control por si solas no pueden determinar el origen del problema de calidad. En todo momento observaremos como se presentan las causas comunes de variación y tan pronto el proceso salga de control sabremos que una causa especial de variación nos esta afectando. En este momento el equipo de calidad se abocara a encontrar la causa especial hacer la corrección y observar de nueva cuenta los gráficos de control.**

**Bibliografía**

**Robert T. Amsden / Howard E. Butler / Davida M. Amsden**  
**Control Estadístico de Procesos Simplificado**  
**Panorama**  
**Primera Edición**  
**1993**

**Jan Carlzon.**  
**El Momento De La Verdad.**  
**Ediciones Díaz de Santos.**  
**1991**

**Stephen R. Covey.**  
**Los Siete Hábitos De La Gente Altamente Efectiva.**  
**Editorial Paidós.**  
**1995.**

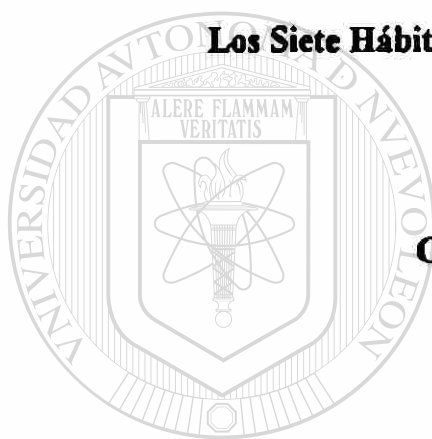
**Philip B. Crosby.**  
**Calidad Sin Lágrimas.**  
**Editorial C.E.C.S.A.**  
**1990**

**Philip B. Crosby.**  
**Completeness Plenitud.**  
**Mc Graw Hill.**  
**1994.**

**W. Edwards Deming.**  
**Calidad, Productividad Y Competitividad.**  
**Ediciones Díaz de Santos. S. A.**  
**1989.**

**James R. Evans / William M. Lindsay**  
**Administración y Control de la Calidad**  
**Grupo Editorial Iberoamericana**  
**Segunda Edición**  
**1995**

**Armand V. Feigenbaum**  
**Control Total de la Calidad**  
**CECSA**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Tercera Edición  
1995**

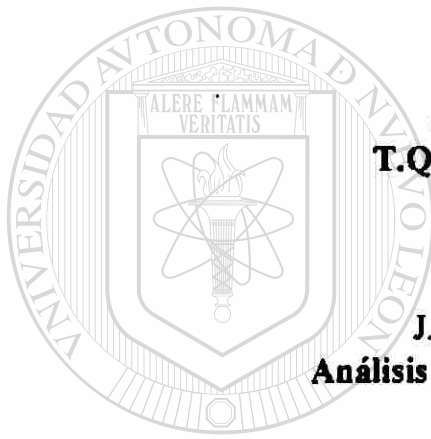
**Edmundo Guajardo Garza  
Administración de la Calidad Total  
Pax  
Primera Edición  
1996**

**H. James Harrington  
Mejoramiento de los Procesos de la Empresa  
Primera Edición  
1993**

**Kaoru Ishikawa.  
Que Es Control Total De Calidad.  
Editorial Norma.  
1986.**

**Joseph R. Jablonsky  
T.Q.M. Como Implantarlo  
CECSA  
1995**

**J.M. Juran ,F.M Gryna  
Análisis y Planeación de la Calidad  
tercera edición  
1996**



**J.M. Juran / Frank Gryna  
Manual de Control de Calidad  
Mc. Graw Hill**

**Cuarta edición  
1993**

**Irwin Miller.  
Probabilidad Y Estadística Para Ingenieros.  
Editorial Reverte.  
1984.**

**Douglas C. Montgomery  
Control Estadístico de la Calidad  
Grupo Editorial Iberoamericana  
Primera Edición  
1991**

**Vincent K. Omachonu /Joel E. Ross**  
**Principios de la Calidad Total**  
Diana  
Primera Edición  
1994

Shigeo Shingo.  
**A Study Of the Toyota Production Siystem.**  
Productivity Press.  
1989.

Genichi Taguchi.  
**Introdution to Quality Engineering.**  
American Supplier Institute inc.  
1986.

Philip C. Thompson.  
**Círculos De Calidad.**  
Editorial Norma.  
1991

Mary Walton.  
**Cómo Administrar Con El Método Deming.**  
Editorial Norma.  
1986.

Ing. Edilberto Salazar Chapa.

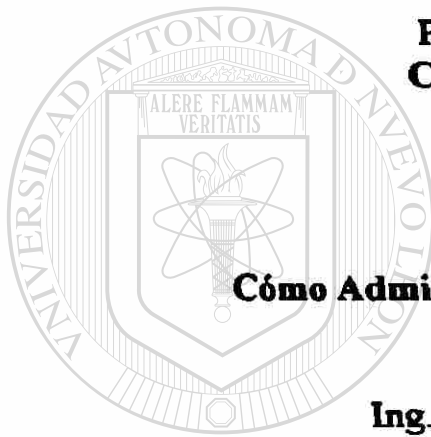
**Apuntes De Las Clases De Introducción A La Calidad Total.**

**Implantación De La Calidad Total.**

**FIME-UANL**

Febrero Julio 1996 Agosto-Enero 1996.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



## Lista de tablas:

**Tabla:      Nombre:      Página.**

### Capítulo 3.

3.1	Teoría X-Y.	3-72
3.2	Ciclo PHACA.	3-91

### Capítulo 4.

4.1	Ejemplo De Pareto.	4-6
4.2	Ejemplo De Estratificación.	4-11
4.3	Hoja De Verificación.	4-12
4.4	Ejemplo De Histograma De Frecuencia.	4-16
4.5	Tabulación De Histograma De Frecuencia.	4-16
4.6	Ejemplo De Dispersión.	4-20
4.7	Distribución Binomial.	4-32

### Capítulo 5.

5.1	Ejemplo De Medición De Capacidad.	5-9
5.2	Reproducibilidad Y Repetibilidad.	5-11
5.3	Valores De $K_1$ Y $K_2$ .	5-15
5.4	Ejemplo de Repetibilidad Y Reproducibilidad.	5-16
5.5	Ejemplo de R & R.	5-17
5.6	Ejemplo De Repetibilidad Y Reproducibilidad De Sistemas De Medición Método Largo.	5-18
5.7	Especificaciones.	5-19
5.8	Pruebas Y Operadores.	5-19
5.9	Estudio De La Capacidad Del Calibrador.	5-23
5.10	Factores Para Gráfica De Control.	5-24
5.11	Análisis De Varianza.	5-25

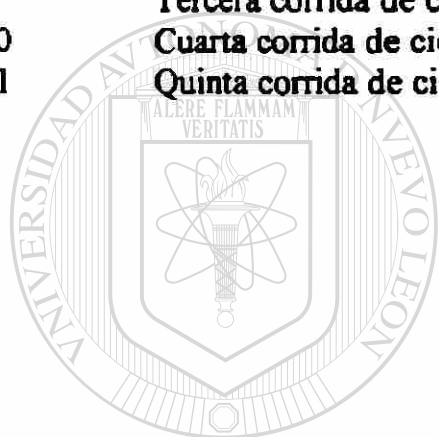
### Capítulo 6.

6.1	Formato De Atributos.	6-15
6.2	Formato De Variables.	6-20
6.3	Ejemplo De X Testada.-s	6-22
6.4	Ejemplo De Gráfica p.	6-35

6.5	Ejemplo Gráfica np	6-39
6.6	Lotes ncu.	6-45
6.7	Carta de control de variables.	6-51
6.8	Inspección de lotes.	6-55

## Capítulo 7.

7.1	Monitoreo de proceso.	7-7
7.2	Estrategias.	7-9
7.3	Entradas y salidas de un proceso de producción	7-8
7.4	Primera corrida corta.	7-12
7.5	Segunda corrida corta.	7-14
7.6	Tercera corrida corta.	7-16
7.7	Primera corrida de cien datos.	7-18
7.8	Segunda corrida de cien datos.	7-21
7.9	Tercera corrida de cien datos.	7-24
7.10	Cuarta corrida de cien datos.	7-29
7.11	Quinta corrida de cien datos.	7-34



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## Lista de figuras.

### Capítulo 3.

FIGURA:	NOMBRE:	PAGINA:
3.1	Círculo De Deming.	3-13
3.2	Interrelación De Parámetros.	3-15
3.3	Perturbaciones De La Calidad.	3-18
3.4	Espiral Del Proceso En La Calidad.	3-20
3.5	Función Tradicional De Pérdida Del Cumplimiento Con Las Especificaciones.	3-31
3.6	Función De Pérdida De Taguchi.	3-32

### Capítulo 4.

FIGURA:	NOMBRE:	PAGINA:
4.1	Áreas Bajo La Curva Normal.	4-2
4.2	Asimetría.	4-3
4.3	Diagrama De Pareto Terminado.	4-6
4.4	Gráfico De Pareto.	4-7
4.5	Diagrama Causa Efecto.	4-10
4.6	Ejemplo Causa Efecto.	4-10
4.7	Histograma De Frecuencias.	4-13
4.8	Distribución De Frecuencia.	4-17
4.9	Diagrama De Dispersión.	4-19
4.10	Correlación Entre Variables.	4-20
4.11	Gráfica De Promedio Y Rango.	4-23
4.12	Gráfica De Porcentaje Defectuoso.	4-24
4.13	Distribuciones De Probabilidad.	4-29
4.14	Distribución Normal.	4-35
4.15	Áreas Bajo La Curva De Distribución Normal.	4-36
4.16	Distribuciones Gamma Para Valores De $r$ Y $\lambda$ Constante.	4-39
4.17	Distribución de Weibull.	4-41
4.18	Algunas Distribuciones $X^2$ .	4-47
4.19	Algunas Distribuciones $t$ .	4-49
4.20	Algunas Distribuciones $F$ .	4-50

### Capítulo 5.

FIGURA:	NOMBRE:	PAGINA:
5.1	Cuatro Clases De Escalas De Calidad.	5-2
5.2	Comparativo Por Medio De Distribución De Frecuencia.	



	Entre Exactitud Y Precisión.	5-6
5.3	Seguridad.	5-8
5.4	Ejemplo De Capacidad.	5-9
5.5	Diagrama Causa Efecto.	5-22
5.6	Capacidad Esquemática.	5-22
5.7	Gráfica Promedio E Intervalo.	5-23

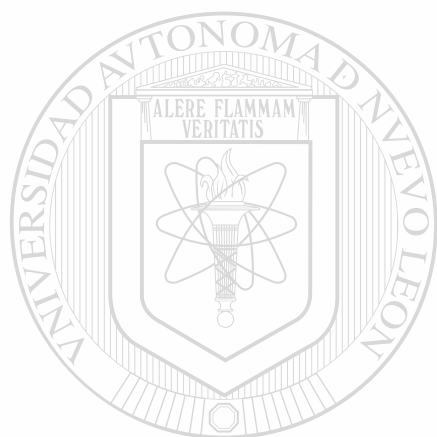
## Capítulo 6.

FIGURA:	NOMBRE:	PAGINA:
6.1	Secuencia Lógica Para El Establecimiento Del Control Estadístico De Proceso.	6-11
6.2	Gráfica $\bar{x}$	6-23
6.3	Gráfica S	6-24
6.4	Un Punto Fuera De Los Límites De Control.	6-26
6.5	Promedio Del Proceso Desplazado.	6-26
6.6	Proceso Bajo Control.	6-27
6.7	Estados Fuera De Control.	6-27
6.8	Ciclos.	6-28
6.9	Tendencia Gradual.	6-29
6.10	Acercamiento Al Eje Central.	6-30
6.11	Acercamiento A Los Límites De Control.	6-31
6.12	Descomposición De Una Mezcla En Dos Patrones.	6-31
6.13	Inestabilidad.	6-32
6.14	Ejemplo De Gráfica p.	6-36
6.15	Ejemplo De Gráfica np	6-40
6.16	Ejemplo de gráfica c	6-41
6.17	Cálculo De La Habilidad Del Proceso Usando Una Curva Normal.	6-41
6.18	Ejemplo De Gráfica u.	6-46
6.19	Especificación Bilateral.	6-47
6.20	Especificación Unilateral.	6-48
6.21	Habilidad.	6-50
6.22	Tolerancia.	6-50
6.23	Ejemplo De Gráfica $\bar{x} - R$	6-53
6.24	Precontrol Con Gráfico $\bar{x} - R$	6-55
6.25	Precontrol Y Localización De Las Líneas De Precontrol.	6-57

## Capítulo 7.

FIGURA:	NOMBRE:	PAGINA:
7.1	Plano de acotaciones de llave especial.	7-2
7.2	Secuencia de ciclo de operación del C.E.P.	7-5

7.3	Plan de operación.	7-6
7.4	Primera corrida corta	7-13
7.5	Segunda corrida corta.	7-15
7.6	Tercera corrida corta.	7-17
7.7	Primera corrida de cien datos.	7-20
7.8	Segunda corrida de cien datos.	7-23
7.9	Gráfica de promedios y rangos.	7-27
7.10	Gráfica de promedios y rangos.	7-32
7.11	Gráfica de promedios y rangos.	7-37



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## **Glosario de términos.**

**Adecuación al uso:** debe estar dada en términos de diseño, conformación, disponibilidad, seguridad y uso práctico. Esta determinada por el usuario de productos o servicios.

**Administración total de la calidad:** implica pensar en calidad en términos de todas las funciones de la empresa, y es un proceso de principio a fin.

**Andons:** tableros que luces que mejoran la comunicación a distancia.

**Atributos:** características no mensurables. Están o no presentes.

**Auditoría de la calidad:** revisión independiente realizada para comparar algunos aspectos de la calidad de los resultados con las normas correspondientes.

**Auto control:** cuando el trabajo se realiza de manera que le permite al personal tener un control total sobre el logro del resultado planeado.

**Bajo control:** condición en la variación de los puntos en un diagrama de control permanece dentro de los límites. Al estar el proceso bajo control, aparentemente no existen causas asignables activas.

**Breakthrough:** progreso, adelanto, avance.

**Calidad:** tiene varias definiciones, algunas de ellas son, apearse a requisitos cuidadosamente determinados, cero defectos, adecuación al uso en el justo tiempo y con el precio debido con la mayor satisfacción del cliente.

**Capacidad de maquinaria:** es la aptitud a corto plazo de una máquina para fabricar una parte de acuerdo a las dimensiones especificadas.

**Capacidad de proceso:** es la aptitud a largo plazo de un proceso o máquina para fabricar una parte con las dimensiones especificadas.

**Capacidad del sistema:** capacidad a largo plazo de un proceso o sistema para la producción o entrega de un servicio de acuerdo a las características especificadas de calidad. Se relaciona con las variaciones debidas a cualquier causa.

**Características críticas:** en un servicio, las que le permiten realizar su función.

**Ciclo de servicio:** empieza con el diseño del producto, uso y reciclaje del mismo.

**Círculos de calidad:** grupo voluntario formado por empleados (de cinco a diez) del mismo departamento quienes se reúnen regularmente para buscar mejoras para su área de trabajo.

**Círculo de Deming:** podemos definirlo como planear hacer verificar y actuar.

**Conformancia:** tiene que ver con el grado en que el producto o servicio se apeguen a las características diseñadas y se cumplan las especificaciones de proceso y diseño.

**Control:** prevención de cambios en un proceso. Los medios que se utilizan para mantener las mejoras en el rendimiento.

**Control total de calidad:** es un programa diseñado con el fin de refrenar las fallas en un proceso de fabricación, por medios estadísticos.

**Desviación estándar:** cálculo especial que describe la agrupación de mediciones en torno al centro de una curva normal. Este número puede utilizarse para describir la dispersión del proceso.

**Diagrama de causa y efecto:** diagrama que muestra en forma gráfica la relación entre las causas y un efecto determinado, o de éstas entre sí. También conocido como diagrama de pescado.

**Diagrama de dispersión:** se utiliza para estudiar la relación que puede existir entre dos variables, se puede dar entre una causa y un efecto, o entre dos causas o entre dos efectos.

**Diagrama causa efecto:** herramienta sistemática para encontrar, seleccionar y documentar las causas de variación de calidad en la producción, y organizar la relación entre ellas.

**Diagrama de Pareto:** gráfica que representa en forma ordenada de mayor a menor, la ocurrencia de los factores sujetos a estudio y nos indica cuál problema debemos resolver primero. Es decir cuales son los verdaderamente importantes y cuales son los de menor importancia.

**Dimensiones críticas:** son las dimensiones de un producto que le permiten desempeñar las funciones para las que fue diseñado.

**Diseño robusto:** estrategia basada en lograr la satisfacción del cliente, excediendo sus expectativas de calidad, desde el diseño del producto o servicio.

**Dispersión del proceso:** diferencia entre las unidades individuales mayor y menor que una operación en proceso produce normalmente. Al compararse contra las especificaciones, la dispersión del proceso indica si el proceso puede producir o entregar servicios dentro de las especificaciones. También se escribe  $6\sigma$ .

**Distribución de frecuencia:** patrón formado por un grupo de mediciones en unidades del mismo tipo, anotadas según las veces que ocurre cada una de ellas.

**Estratificación:** significa dividir los elementos de algo en capas situadas en diferentes planos.

**Flujograma de proceso:** diagrama que señala la secuencia de un trabajo o tarea en particular. Es útil para seguir el flujo de la información, el personal o los documentos durante el proceso de producción o entrega de un servicio.

**Función de pérdida:** definición orientada los productores a buscar continuamente reducir la variación en las características de calidad.

**Fuera de control:** condición en la cual los puntos dibujados en una gráfica rebasan los límites de control del mismo. Indica la existencia de una causa asignable, trastornando el proceso.

**Gráfica de atributos:** tipo de gráfica en la que las características no se miden con números, sino si son aceptables o no, buenas o malas.

**Gráfica de control:** tipo especial de gráfica que indica los resultados de inspecciones limitadas periódicas, a lo largo del tiempo. Es útil para saber cuándo corregir el proceso y cuándo dejarlo trabajar.

**Gráfica de dos variables:** gráfica que muestra la relación entre dos variables.

**Gráfica de probabilidad:** método para calcular el ajuste de las mediciones en una gráfica de promedio y rango, en la curva normal de distribución. Este método así mismo indica el porcentaje de unidades que quedarán fuera de especificación.

**Gráfica de promedio y rango:** gráfica de variables de uso más generalizado, llamado también Gráfica X trestrada R (X testada R.)

**Gráfica de variables:** tipo de gráfica en el que las cosas o mediciones representadas se miden con cifras. La gráfica de promedio y rango (X trestada R) es un ejemplo.

**Gráfica np:** tipo de gráfica de control de atributos que ayuda a vigilar la cantidad de artículos defectuosos en un servicio.

**Gráfica p de fracción defectuosa:** gráfica p que utiliza fracciones en lugar de porcentajes. Indica las unidades defectuosas como parte decimal del total de la muestra.

**Gráfica p de porcentaje defectuoso:** tipo especial de gráfica de control de atributos. Indican los porcentajes de artículos defectuosos o que no cumplen las especificaciones.

**Gráfica p:** tipo de gráfica de control de atributos que ayuda a vigilar o controlar el porcentaje o fracción de unidades defectuosas que produce un servicio.

**Gráfica X trestada R:** tipo de gráfica de control de variables que utiliza promedios y rangos para indicar si el proceso requiere ajuste o si se le deja tal como está.

**Histograma:** es la representación gráfica de una distribución de frecuencias.

**Índice de capacidad (Cp y Cpk):** número que indica la capacidad de un sistema o proceso, para encontrarlo, comparar la dispersión del proceso contra la de la especificación y expresarla como desviación estándar.

**Inspección:** paso de un flujograma de proceso en el que se revisa o verifica que la tarea o componente del servicio cumpla los requerimientos.

**Intervalo de clase, o intervalo:** división de los histogramas de frecuencia, así como todas las posibles mediciones dentro de la misma.

**Justo a tiempo:** sistema de calidad cuyo objetivo es tener cero inventarios en proceso.

**Kambans:** tarjetas que indican cuándo la siguiente requiere que le envíen materia prima y cuanta.

**Liderazgo:** función ejercida por los directores o gerentes buscando supervisar al personal informando a la alta gerencia de las condiciones que necesitan mejora.

**Límite inferior de especificación (LIE):** valor menor aceptable para la tarea o servicio que producen un proceso u operación.

**Límite inferior particular (bruscar)** valor menor que se estima que producirá la operación. No debe confundirse con el límite inferior de control para promedio (LICx).

**Límite superior de control (LSC):** parámetro superior, debajo del cual los puntos en una gráfica de control pueden variar sin necesidad de ajuste o control.

**Límite superior de especificación (LSE):** mayor valor aceptable para la tarea o servicio que un proceso u operación producen.

**Límites de control:** marcas en una gráfica de control dentro de los que puede existir variación en los puntos de trazo sin necesidad de arreglo o ajuste. Se basan en antecedentes e indican lo que se puede esperar de un proceso en tanto nada cambie.

**Mejora:** acción deliberada para lograr un progreso.

**Mejora continua:** filosofía de operación establecida por la alta dirección que procura mejorar todos los sistemas de la organización.



**Muestra:** varias pero no todas, las lecturas posibles en un grupo de artículos del mismo equipo.

**Muestra aleatoria:** tipo de muestra en la que cada artículo del lote por muestra tiene las mismas posibilidades de ser seleccionado como parte de la muestra.

**Momento de la verdad:** intervalos que pueden durar 15 segundos en el que los empleados de alguna organización tiene contacto con sus clientes para realizar la entrega de un servicio.

**n:** tamaño de la muestra. En el muestreo de aceptación uno de los parámetros básicos de cualquier plan de muestreo.

**Nivel aceptable de calidad (NAC):** calidad del material que se aceptará según el plan de muestreo durante la mayor parte del tiempo. Por lo general 95%, este se relaciona con el riesgo del productor.

**Número de aceptación C:** número máximo aceptable de partes defectuosas en una muestra que permite utilizar el lote sin inspección posterior.

**Operación:** paso en un programa de proceso. Trabajo requerido para terminar una tarea.

**Planificación de la calidad:** detallar una serie de pasos hacia un programa de mejora de la calidad.

**Poka Yoke:** quiere decir a prueba de error.

---

**Probabilidad de aceptación:** fracción o porcentaje de lotes que serán aceptados basándose en un plan de muestreo para un nivel dado de calidad.

**Problema crónico:** tipo de problema que sucede una y otra vez.

**Problema esporádico:** tipo de problema que sucede de vez en cuando.

**Proceso estable:** situación en la que las variables del proceso se deben solo a causas aleatorias. El servicio varía de manera predecible.

**Productividad:** capacidad o grado de producción por unidad de trabajo, también se define como la cantidad de producto que puede obtenerse mediante la aplicación de un factor determinado.

**Promedio:** resultado de dividir el total o suma de un grupo de mediciones entre el número de artículos medidos. Promedio quiere decir también media.



**Promedio estimado del proceso:** valor del punto en que la línea óptima cruza la marca de 50% de la gráfica de trazo de probabilidad.

**Punto medio:** punto equidistante a ambos bordes en un intervalo. Se calcula dividiendo la amplitud del intervalo a la mitad y sumando dicho resultado al borde inferior.

**Rango:** diferencia entre las lecturas mayor y menor en un grupo.

**Sigma:** símbolo de la desviación estándar.

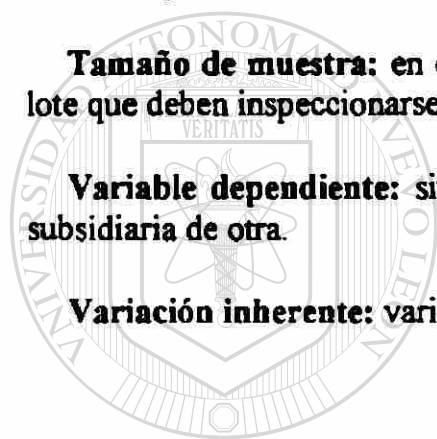
**Sistema de asignación crítica:** sistema para determinar las características o elementos de servicio más importantes para el cliente. Identifica los elementos que requiere de técnicas de control estadístico durante la producción y entrega.

**Sistema jalar vs. Empujar:** se refiere a que uno no debe producir una pieza para la línea siguiente, si ésta no la necesita.

**Tamaño de muestra:** en el muestreo de aceptación el número de artículos de un lote que deben inspeccionarse para decidir la aceptación o rechazo del mismo.

**Variable dependiente:** situación en la que una variable resultado depende o es subsidiaria de otra.

**Variación inherente:** variación natural de un proceso debido a causas aleatorias.



UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## **Resumen Autobiográfico.**

**Nombre: Ing. Luis Jesús Chapa Quintanilla.**

**Grado que se desea obtener: Maestro en Ciencias de la Administración con especialidad en Producción y Calidad.**

**Tesis: Aseguramiento de la Calidad a Través del Control Estadístico del Proceso.**

**Rama Profesional: Ingeniería.**

**Lugar y fecha de nacimiento: Monterrey Nuevo León 16 de Diciembre de 1952.**

**Padre : Luis Chapa Campos**

**Madre: Dolores Ninfa Quintanilla de Chapa.**

**Escuela Preparatoria Numero 2. U.A.N.L.**

**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. U.A.N.L.**

**Título: Ingeniero Mecánico Administrador.**

**Experiencia profesional:**

**2 años como Jefe de Mantenimiento de la Facultad de Medicina de la U.A.N.L.**

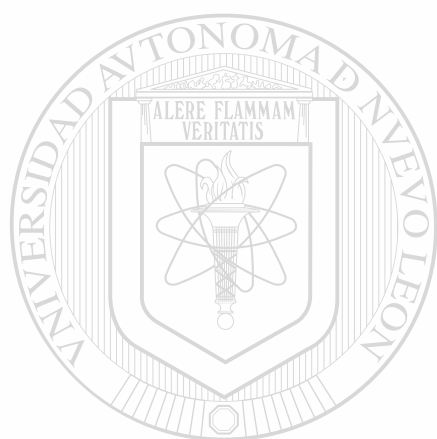
**11 años como Jefe de Compras de la Facultad de medicina de la U.A.N.L.**

**3 años como Subjefe de Compras de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica U.A.N.L.**

**3 años como Supervisor de Obras de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica U.A.N.L.**

**2 años como Jefe de Compras de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica U.A.N.L.**

**3 años como maestro de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica U.A.N.L.**



UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

