



138  
2ij

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**CALIDAD EN LAS ORGANIZACIONES.**

**Implantación del control estadístico de calidad  
en la fabricación de envases de vidrio.**

**TRABAJO DE SEMINARIO  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A  
FEDERICO VIVEROS VILLEDA**

**Asesor: M C. Frida María León Rodríguez**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx.

1956

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES-CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN  
PRESENTE.

AT'N: ING. RAFAEL RODRIGUEZ CEBALLOS  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:  
Calidad en las organizaciones. " Implantación del control estadístico de calidad en la fabricación de envases de - vidrio".

que presenta El pasante: Viveros Villeda Federico  
con número de cuenta: 8409959-6 para obtener el Título de:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, a 26 de Febrero de 19 96

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>I, III</u>	<u>ING. JUAN DE LA CRUZ HERNANDEZ Z.</u>	
<u>II, IV</u>	<u>ING. JUAN R. GARIBAY BERMUDEZ</u>	
	<u>M.C. FRIDA M. LEON RODRIGUEZ</u>	

DEP/VOBSEM

A DIOS: Por mi existencia, por la vida que me ha dado, por permitirme terminar la carrera y por darme la oportunidad de seguir adelante.

A MIS PADRES: FEDERICO  
HERLINDA

Como testimonio de gratitud por los sacrificios realizados para mi formación profesional y como agradecimiento por su apoyo, sus palabras de aliento, cariño, que sin ello no hubieran alcanzado esta meta.

A MIS HERMANAS: RAQUEL  
ALEJANDRA  
GABRIELA  
GRISelda

Por su apoyo y cariño, y por los bellos momentos que compartimos juntos.

A mis abuelos, tios, primos y amigos, que me han apoyado y brindado su amistad y confianza.

A la U.N.A.M., en especial a la F.E.S.C., por - permitirme ser parte de ella y por la carrera profesional que me dio.

A todos mis maestros, por la enseñanza y conocimientos transmitidos para lograr pasar por el camino de la superación.

## CONTENIDO

### INTRODUCCION.

#### 1.0 EVOLUCION DE LA CALIDAD.

- 1.1 Calidad en la época preindustrial o artesanal.-----2
- 1.2 Calidad en la época industrial.-----2

#### 2.0 PROPUESTAS DE CALIDAD.

- 2.1. Edward Deming-----4
- 2.2. Joseph Juran-----9
- 2.3. Kauru Ishikawa-----12
- 2.4. Armand Feigenbaum-----17

#### 3.0. TECNICAS Y METODOS ESTADISTICOS DE CALIDAD

- 3.1. Técnicas Estadísticas-----20
  - 3.1.1 Diagrama de Pareto-----20
  - 3.1.2 Diagrama de Ishikawa-----21
  - 3.1.3 Histograma-----23
  - 3.1.4 Diagrama de Dispersión-----25
- 3.2. Cartas de Control.-----27
  - 3.2.1 Cartas de Control de  $\lambda$  , S , R , P , C , U.-----29

4.0	MUESTREO DE ACEPTACION	
4.1	Indices de Calidad.....	44
4.2	Tipos de Muestreos de Aceptación.....	44
4.3	Tipo de Planes de Aceptación.....	46
4.4	Sistemas Publicados de Planes de Muestreo de Aceptación.....	48
4.4.1.	Sistema DODGE-ROMIG.....	48
4.4.2	Sistema Military Standar 105D.....	49
4.4.3.	Sistema Philips.....	50
4.4.4	Planes Continuos de Aceptación.....	51
5.0	APLICACION DEL CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD EN LA FABRICACION DE ENVASES DE VIDRIO.....	52
6.0	CONCLUSION.....	72
7.0	BIBLIOGRAFIA.....	73

## INTRODUCCIÓN.

En la actualidad las empresas que proveen bienes y servicios, se han enfocado a uno de los factores más importantes que influyen para que sus bienes o servicios sean competitivos y se mantengan dentro del mercado nacional e internacional que es la calidad.

La calidad no solo representa que el bien o servicio tenga atributos o propiedades que requiere el consumidor, sino que todo el proceso que involucra la elaboración de este. Así como cumplir con los requerimientos y especificaciones acordadas con el cliente y obtener la máxima utilidad.

La calidad ve acrecentada su importancia en base a la competitividad que hay en los últimos años debido a esto se realizarán estudios por gente que sabía de la importancia que tenía la calidad en el desarrollo de la industria. Edward Deming, Joseph Juran, Armand Feigenbaum, que realizan una serie de propuestas enfocadas a la calidad cada uno desde su punto de vista.

Cada año la industria pierde miles de millones de pesos debido a mercancías en bodegas, convertidas en desperdicio o retrabajadas. La calidad deficiente da lugar a desperdicio de recursos, la experiencia nos ha enseñado que no es la buena calidad lo que cuesta, lo caro es la mala calidad.

La mala calidad es producto de la variación que se produce en el proceso. Cuando el producto fabricado no cumple con los requerimientos del cliente quiere decir que algo cambió, por lo menos una cosa cambió que hizo que el producto no cumpliera las especificaciones acordadas.

Para el control de esta variación se deben utilizar métodos estadísticos que nos ayuden a mantener el proceso estable y controlar la variación de tal forma que el producto fabricado cumpla con los requerimientos del cliente.

La producción de alta calidad resulta de procesos estables y controlados por medio de métodos estadísticos.



## **1.-EVOLUCION DE LA CALIDAD.**

### **1.1. Calidad de época preindustrial o artesanal.**

En esta época los trabajos de manufactura eran prácticamente labores de artesanía. El artesano ponía todo su empeño en hacer lo mejor posible en cada una de sus obras cuidando incluso que la presentación del trabajo satisficiera los gustos estéticos de la época. Cuando alguien necesitaba de un producto exponía sus necesidades al fabricante quien lo elaboraba de acuerdo con los requerimientos establecidos por el cliente como eran trabajos hechos a la medida el productor sabía de inmediato si su trabajo había dejado satisfecho al cliente o no.

El juicio acerca de la calidad del producto tenía entonces como base la relación personal que se establecía entre el artesano y el usuario.

### **1.2. Calidad en la época industrial.**

Con la revolución industrial la situación cambió. El taller cedió su lugar a la fábrica de producción masiva bien fueran de artículos terminados o bien de piezas que iban hacer ensambladas a una etapa posterior de producción y que por consiguiente eran reemplazables. El cambio en el proceso de producción trajo consigo cambios en la organización de la empresa fue necesario introducir en las fabricas procedimientos específicos para atender la calidad de productos fabricado en forma masiva, distinguiéndose cuatro diferentes etapas en el proceso de evolución:

- La etapa en la que se cuida la calidad de los productos mediante un trabajo de inspección departamento de control de calidad, que tiene como propósito examinar de cerca y en forma crítica el trabajo para comprobar su calidad y detectar sus errores para ponerles remedio. La inspección no solo debe llevarse a cabo en forma visual sino además con ayuda de instrumentos de medición.

- La etapa en que se cae en la cuenta (control estadístico de calidad) de que la atención a la calidad que exige observación del proceso a fin de mejorarlo, teniendo como base los principios de probabilidad estadística y determinar la variabilidad del proceso y ver el rango de variación aceptable.

- La etapa en la que además del mejoramiento del proceso se percibe la necesidad de asegurar el mejoramiento introducido, éste se caracteriza por dos hechos importantes: La toma de conciencia por parte de la administración del papel que le corresponde en el aseguramiento de la calidad y la implantación del nuevo concepto de control de calidad.

- La etapa en la que la administración define su papel con el propósito que la calidad del producto sea la estrategia a emplear para tener éxito con los competidores. Esto sin embargo implica cambios profundos en la mentalidad de los administradores, en la cultura de las organizaciones y en las estructuras de las empresas.

## **2.- PROPUESTAS DE CALIDAD.**

2.1.-Edward Deming quien ocupa un lugar preponderante en el movimiento hacia la calidad debido a su planteamiento visionario de la responsabilidad de la administración y a la influencia que tuvo en el movimiento japonés hacia la calidad.

Su planteamiento es el siguiente: Si se mejora la calidad, disminuyen los costos, la reducción de costos juntamente con el mejoramiento de la calidad se traducen en mayor productividad. La empresa con mayor productividad es capaz de capturar un mercado cada vez mayor que le permite permanecer en el mundo de los negocios. La alta gerencia es responsable del sistema puesto que parte de los productos defectuosos se derivan del sistema mismo, la alta gerencia es la responsable en mayor medida de los productos defectuosos y no los trabajadores.

Si la alta gerencia quiere cumplir con la responsabilidad que le corresponde en esta época con gran competitividad debe llevar a cabo los catorce puntos de Deming publicados en su obra Quality Productivity and Competitive Position, editada en 1982. Que permite hacer el cambio de sistema.

### **LOS CATORCE PUNTOS DE DEMING.**

1 - Se debe ser perseverante en el propósito de mejorar el producto y el servicio. Esto se logra solo con un plan diseñado para ser competitivo y para que el negocio permanezca activo por tiempo indefinido, proporcionando empleos.

La administración se enfrenta con dos tipos de problemas: los que se refieren a la situación actual de la compañía y los de mediano y largo plazo.

El cuerpo directivo debe preguntarse si solo busca ganancias inmediatas. O si más bien enfoca su atención al problema de permanecer en el mercado por tiempo indefinido. Esto ultimo significa aceptar entre otras las siguientes obligaciones.

a) La de innovar, que requiere dedicar recursos para planear a largo plazo. Teniendo planes considerando nuevos servicios , nuevos productos, nuevos materiales, posibles cambio de equipo métodos de producción, y nuevas habilidades y reentrenamiento de personal.

b) Dedicar recursos a la investigación y a la educación .

c) La de mejorar constantemente el diseño del producto y el servicio. Esta obligación nunca termina por que el cliente es lo más importante de la línea de producción.

2.- Estamos en una nueva era económica. La administración debe darse cuenta, por tanto, del nuevo desafío; debe aprender a cumplir su responsabilidad y a ser líder en el cambio a efectuar. Por esto es necesario adoptar la nueva filosofía.

La competitividad va en aumento día tras día. Esto significa que a largo plazo solo permanecer n en el mercado las compañías o instituciones que a menor costo ofrezcan mayor calidad en sus productos o servicios; lo cual implica que se debe trabajar sin los errores que aumentan el costo de producción y que repercuten en el precio del producto terminado.

3.- Hay que acabar con la inspección masiva. En su lugar debemos exigir evidencia estadísticas de que el producto o servicio, desde los primeros pasos, se hace con calidad. Esto elimina la necesidad de la inspección masiva.

La inspección masiva es una rutina planeada para los casos en los que se reconoce que no es posible hacer correctamente la cosas. Es costosa y superflua. En lugar de dicha inspección se debe promover el mejoramiento del proceso.

4.- El precio solo tiene sentido cuando hay evidencia estadística de calidad. Se debe acabar con la práctica que usa como criterio de compra solo el bajo precio. Lo importante es minimizar el costo total. Es preferible tratar con un número reducido de proveedores con los que se haya creado una relación duradera , leal y confiable.

El precio del producto no tiene sentido sino se considera en relación con la cantidad. Por consiguiente, no se debe preferir el proveedor que ofrezca el mejor precio, sino aquel que con evidencia estadística juntamente con un precio competitivo. Ofrezca mejor calidad.

5.- Hay que estar mejorando constantemente el sistema de producción y de servicio, para mejorar la calidad y la productividad y para abatir así los costos.

El propósito de la calidad debe estar presente desde la etapa del diseño. Además, hay que mejorar constantemente los métodos y las pruebas y comprender cada vez mejor las necesidades de los consumidores y la forma como ellos van a usar el producto.

El mejoramiento del sistema significa reducir constantemente el desperdicio y mejorar día a día la calidad en cada una de las actividades. Mejorar el proceso implica lograr un mejor aprovechamiento del esfuerzo humano, hacer una buena selección del personal y de la tarea que se le asigna. Entrenarlo y ofrecerle la posibilidad de aumentar sus conocimientos y de desarrollar sus aptitudes.

6.- Hay que poner en práctica métodos modernos de entrenamiento, la administración necesita que su personal conozca a fondo la compañía, desde los materiales que se utilizan hasta los clientes a los que se les destina el producto.

Uno de los desperdicios más importantes que puede haber en una organización consiste en desaprovechar las habilidades del personal.

7.- Se debe administrar con una gran dosis de liderazgo. La administración debe distinguirse por su capacidad de liderazgo. Debe convertirse en promotora del mejoramiento y hacer que las características de la calidad presidan la elaboración del diseño del producto y su fabricación. Como líderes auténticos, los jefes deben conocer el trabajo que supervisan, a fin de ayudar a su personal a mejorar su propio desempeño.

8.- Se debe eliminar el miedo en el trabajo. Ninguno puede dar lo mejor de sí cuando no se siente seguro y mientras no supera el miedo en cualquiera de sus manifestaciones; miedo de expresar sus propias ideas, de preguntar, etc. El miedo implica siempre una pérdida económica.

El conocimiento es un elemento muy importante, que nos ayuda a hacer cada vez mejor nuestro propio trabajo.

El miedo es un síntoma de deficiencias en el entrenamiento y en la forma como se efectúa la supervisión. Puede ser también síntoma de que hay confusión de propósitos en la compañía. Desaparece en la medida en que va mejorando la administración y los empleados actúan con mayor confianza.

9.- Deben eliminarse las barreras interdepartamentales. Las personas de diseño, de ingeniería, de producción y de ventas, si trabajan en equipo, pueden realizar importantes mejoras en el diseño del producto, en el servicio, en la calidad y en la reducción de los costos. A tales equipo se les podría denominar círculos de control de calidad a nivel gerencial.

10.- No se debe proponer a los trabajadores metas numéricas, como también salen sobrando exhortaciones o amonestaciones. Los errores, en su mayoría, no provienen de los trabajadores, sino del sistema mismo.

Más que exhortaciones, lo que los trabajadores necesitan es que la administración les trace la ruta a seguir para mejorar la calidad y la productividad.

Cuando se le proponen al obrero mayores metas numéricas de producción, él piensa que la administración nunca está satisfecha con el esfuerzo realizado. Exponen lo que la dirección hace mes por mes, con el fin de mejorar el sistema y de incrementar la calidad y productividad con un trabajo más inteligente.

11.- Hay que eliminar las cuotas numéricas. Las cuotas son obstáculos para el mejoramiento de la calidad y productividad. En su lugar, se debe instaurar un sistema eficiente de supervisión y fomentar que el operario se sienta orgulloso del trabajo realizado.

La administración las debe reemplazar por instrucción, educación y por un liderazgo inteligente.

11 B.- Hay que eliminar la administración por objetivos numéricos. Se debe administrar con liderazgo. Cuando se tiene un sistema estable, el sistema trabaja en toda su capacidad; por consiguiente, sale sobrando especificar una meta numérica. No se podrá llegar más allá de la capacidad que es propia del sistema mismo.

La mejor estrategia de administración es el liderazgo. Para actuar como líder debe uno entender en qué consiste el trabajo propio y el de los demás.

12.- Quitemos los obstáculos que impiden que el operario se sienta orgulloso de haber realizado un trabajo bien hecho. Es responsabilidad de la administración proveer al empleado de herramienta adecuada, pues el operario no sólo quiere emplear su tiempo, sino además desea sentirse realizado con el trabajo que lleva a cabo

13.- Se debe impulsar la educación de todo el personal y su autodesarrollo. Las organizaciones necesitan gente con estudios y con preparación, no sólo gente buena. No hay escasez de gente buena; lo que falta son personas con altos niveles de conocimientos. En el grado de preparación de las personas están los cimientos que permiten avanzar en el campo de la competitividad.

14.- Hay que emprender las acciones necesarias para lograr la transformación de la empresa. Quienes integran la administración deben estar de acuerdo en su forma de pensar y en la dirección que la empresa va a tomar al introducir esta nueva filosofía. Deben tener el valor de romper con la tradición y deben sentirse orgullosos por haber adoptado el nuevo modelo administrativo y por cumplir con sus nuevas obligaciones.

2.2. - Joseph Juran. En su libro Quality Control Handbook editado en 1954 (10), trató el tema de los costos de la calidad y de los ahorros substanciales que los administradores podían lograr si atendían inteligentemente el problema. Algunos costos de producción, son inevitables, pero otros se pueden suprimir.

Son inevitables los relacionados con el control de la calidad. Los que se pueden suprimir son los que se relacionan con reparaciones en el trabajo y en atender reclamaciones, y las pérdidas financieras que resultan de clientes insatisfechos. Si se suprimieran todos estos costos invirtiendo en el mejoramiento de la calidad, se lograrían ahorros verdaderamente substanciales.

Es responsabilidad de la alta gerencia decidir que tanto quiere invertir en este mejoramiento. Los administradores, además, deben tener en cuenta que determinadas decisiones tienen consecuencias muy importantes.

Por ejemplo, la inversión hecha en el diseño de calidad de un nuevo producto va a repercutir grandemente en los costos de fabricación del producto y en la aceptación que el artículo va a tener entre los consumidores.

Muchas empresas tienen que hacer frente a graves pérdidas y desechos cuyo origen principal radica en las deficiencias del proceso de planificación de la calidad:

Pérdida de ventas debido a la competencia en la calidad.

Costos de la mala calidad, incluyendo las quejas de los clientes, pleitos por responsabilidad por el producto, por retrasar el trabajo defectuoso, por los productos desechados, así sucesivamente.

Las amenazas a la sociedad. Los productos de una sociedad industrial contienen la posibilidad de alargar la duración de la vida humana, aliviar a las personas del trabajo pesado, proporcionar oportunidades para las actividades educativas, culturales y de ocio; y así sucesivamente. Sin embargo, la continuidad y del comportamiento adecuado de estos productos, esto es, de su calidad.



La espiral del progreso de la calidad. Una definición sencilla de calidad es (adecuación al uso). Esa definición hay que ampliarla rápidamente, porque hay muchos usos y usuarios

La espiral muestra una secuencia típica de actividades para poner un producto en el mercado. En las grandes empresa departamentalizamos esas actividades. Como resultados cada departamento realiza un proceso operativo, produce un producto y suministra dicho producto a otros departamentos o a clientes. Esos departamentos receptores pueden ser considerados clientes que reciben los productos de los departamentos proveedores.

#### **Planificación para la calidad.**

Crear la conciencia de la crisis de la calidad, el papel de la planificación de la calidad en esa crisis y la necesidad de revisar el enfoque de la planificación de la calidad.

Establecer un nuevo enfoque de la planificación de la calidad.  
Suministra formación sobre como planificar la calidad, utilizando el nuevo enfoque.

Establecer los objetivos específicos que se han de alcanzar.  
Establecer los planes para alcanzar los objetivos.  
Asignar una responsabilidad clara para cumplir los objetivos  
Basar las recompensas en los resultados logrados.

#### **La trilogía de Juran.**

La planificación de la calidad es uno de los tres procesos básicos de gestión por medio de los cuales gestionamos la calidad. Los tres procesos (la trilogía de Juran) est n interrelacionados.

Todo comienza con la planificación de la calidad. El objeto de planificar la calidad es suministrar a las fuerzas operativas, los medio para reducir productos que puedan satisfacer las necesidades de los cliente, productos tales como facturas, película de polietileno, contrato de ventas, llamadas de asistencia técnica y diseños nuevos para los bienes.

Una vez se ha completado la planificación, el plan se pasa a las fuerzas operativas. Su trabajo es producir el producto. Al ir progresando las operaciones vemos que el proceso es deficiente: se pierde el 20 % del esfuerzo operativo porque el trabajo se tiene que rehacer debido a las deficiencias de la calidad. Esta pérdida se hace crónica porque el proceso se planificó así.

Bajo patrones convencionales de responsabilidad, las fuerzas operativas son incapaces de eliminar esa pérdida crónica planificada. En vez de ello, lo que hacen es realizar el control de calidad para evitar que las cosas empeoren. El control incluye apagar incendios tales como ese pico esporádico.

2.3. Kaoru Ishikawa. Practicar el control de calidad es desarrollar, diseñar, manufacturar y mantener un producto de calidad que sea el más económico, el más útil y siempre satisfactorio para el consumidor.

Para alcanzar esta meta, es preciso que en la empresa todos promuevan y participen en el control de calidad, incluyendo en esto a los altos ejecutivos así como a todas las divisiones de la empresa y a todos los empleados.

En su interpretación más estrecha, calidad significa calidad del producto. En su interpretación más amplia, calidad significa calidad del trabajo, calidad del servicio, calidad de la información, calidad del proceso, calidad de la división, calidad de las personas incluyendo a los trabajadores, ingenieros, gerentes y ejecutivos, calidad del sistema, calidad de la empresa, calidad de los objetivos, etc. Nuestro enfoque básico es controlar la calidad en todas sus manifestaciones.

Hacer control de calidad significa:

- 1.- Empezar el control de calidad como base.
- 2.- Hacer el control integral de costos, precios y utilidades.
- 3.- Controlar la cantidad ( volumen de producción de ventas y de existencias ) así como las fechas de entrega.

Un buen control significa revisar las normas de calidad constantemente para que reflejen la voz del consumidor y sus reclamos así como los requisitos del siguiente proceso. Las normas son fijas por naturaleza en el sentido de que buscan asegurar la normalización y la uniformidad.

Por medio de círculos de control planear, hacer, verificar y actuar se pretende describir el procedimiento del control. El control debe de organizarse en base a estas 6 categorías que han demostrado su eficacia:

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

1. - Determinar metas y objetivos: Estos pueden determinarse por medio de políticas. - "Son claras las bases para determinar las políticas ? "son claros los datos?".

Si no se fijan políticas no se pueden establecer metas. El presidente de la empresa es quien determina las políticas superiores, pero corresponde a sus subordinados y al estado mayor dar la explicación racional de las políticas, reunir datos de apoyo y analizarlos.

Las políticas y metas deben formularse para renglones prioritarios únicamente. No debe haber más de tres de estos renglones prioritarios, o cinco si es necesario, pero el máximo absoluto es cinco.

Estas metas deben expresarse concretamente en cifras. Las metas también deben expresarse con un propósito, demostrándoles las mismas a los empleados mediante cifras y términos concretos: decirles todo lo que necesitan saber, incluyendo información sobre personal, calidad, costo, utilidades, volumen de producción y plazos de entrega. Hay que evitar las ordenes abstractas como "estudien" o ""controlen eficazmente".

Hay que formular las metas de tal manera que se asegure la cooperación entre todas las divisiones.

Desde el punto de vista de la gerencia, las metas se dividen en prioritarias y rutinarias.

2 - Determinar métodos para alcanzar las metas: normalización del trabajo. Si se fijan metas y objetivos pero no se acompañan con métodos para alcanzarlo. Si no fijamos métodos científicos y racionales para alcanzar las metas, nada lograremos.

Diré aquí que la determinación de un método equivale a normalización, deber normalizarlo, convertirlo en reglamento y luego incorporarlo dentro de la tecnología y propiedad de la empresa, el método que se establezca tiene que ser útil para todos y libre de dificultades. Por esta razón, tiene que normalizarse.

#### Diagrama de causa y efecto.

El efecto, y al mismo tiempo la meta del sistema, es alcanzar las características de calidad. Las palabras que aparecen en los extremos de las ramas son causas. En el CC las causas dadas se llaman factores causales.

Nuestra opinión es que el proceso, o conjunto de factores causales, tiene que controlarse a fin de obtener mejores productos y efectos. Este enfoque prevé los problemas y los evita antes de que ocurran razón por la cual lo llamaremos control de vanguardia.

El diagrama muestra la relación entre las características y los factores casuales, por lo cual lo he denominado diagrama de causa y efecto.

En el CC no podemos limitarnos a plantear una meta y gritar: - trabajen mucho, trabajen mucho ! Es necesario entender lo que es el control de procesos, adueñarnos del proceso ( que es un conjunto de factores causales) e incorporar dentro del proceso maneras de hacer mejores productos, fijar mejores metas y lograr efectos.

El número de factores causales es infinito. Cualquiera que sea el trabajo o el proceso que escojamos, podemos identificar diez o veinte factores causales inmediatamente.

3.- Dar educación y capacitación. Los superiores tienen la función de educar y desarrollar a sus subalternos.

La educación no se limita a reuniones formales. Reunir a las personas en un salón y dictarles conferencias puede constituir cuando mucho la tercera o cuarta parte del esfuerzo educativo total.

El superior tendrá que educar a los subalternos de manera personal, en el trabajo práctico. Una vez que el subalterno ha sido educado de esta manera. Se le delega autoridad y se le da libertad para hacer su trabajo. De este modo, el subalterno podrá crecer.

4.- Realizar el trabajo. Si todo se hace de acuerdo con el procedimiento explicado antes, la realización no debe ofrecer ningún problema.

Las normas y los reglamentos siempre son inadecuados, y que aunque se cumplan estrictamente, habrá defectos y fallas.

5.- Verificar los efectos de la realización. El objeto de verificar es descubrir tales excepciones. Para cumplir esta tarea eficientemente es necesario entender con claridad las políticas básicas, las metas y procedimientos de normalización y educación. Si estos no se han planteado claramente y si no hay normas confiables, no se sabrá cuáles son las excepciones y cuáles no.

Como se encuentran las excepciones.

a) Verificar las causas. El primer paso en la verificación es ver si todos los factores causales están bajo control. Hay que revisar los factores causales identificados en el diagrama de causa y efecto. Los factores causales que requieren verificación se llaman "puntos de verificación".

b) Verificar por medio de los efectos. Otro método consiste en verificar un proceso o trabajo por sus efectos. Siempre que el gerente domine estos factores causales, el control de proceso no será problema.

Hay ciertos puntos que se llaman puntos de control. Son los que se emplean para verificar los procesos y la administración por medio de sus efectos.

6.- Tomar la acción apropiada. Es importante tener medidas para impedir que las excepciones vuelvan a repetirse. Hay que tratar de eliminar aquellos que han ocasionado las excepciones. La mayoría de las veces las persona aplican medidas temporales para resolver un problema por el momento.

Si en los seis pasos anteriores se emplean métodos estadísticos, el proceso se convierte en control estadístico. Respecto a la calidad se convierte en control de calidad estadístico y respecto al costo se convierte en control estadístico de costos.

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

El Control de Calidad es responsabilidad de todos los empleados y de todas las divisiones.

El Control Total de Calidad es una actividad de grupo.

El Control Total de Calidad no fracasará si colaboran todos los miembros del equipo, desde el presidente hasta el trabajador de línea y el personal de ventas.

Las actividades de los círculos de control de calidad son parte del Control Total de Calidad.

No confundir los objetivos con los medios empleados para alcanzarlos.

El concepto de Control Total de Calidad fue originado por el Dr. Armand Feigenbaum, quien lo define como un sistema eficaz para integrar los esfuerzos en materia de desarrollo de calidad, mantenimiento de calidad y mejoramiento de calidad realizados por los diversos grupos en una organización, de modo que sea posible producir bienes y servicios a los niveles mas económicos y que sean compatibles con la plena satisfacción de los clientes.

2.4. Armand Feigenbaum. En su libro Total Quality Control, propone por primera vez el concepto de CONTROL TOTAL DE CALIDAD. Su planteamiento es el siguiente: no es posible fabricar productos de alta calidad si el departamento de manufactura trabaja aisladamente. Para que el control de calidad sea efectivo. Este debe iniciarse con el diseño mismo del producto y terminar solo cuando el artículo está en manos de un consumidor satisfecho. Por consiguiente el principio fundamental del que hay que partir es el siguiente: la calidad es trabajo de todos y de cada uno de los que intervienen en cada etapa del proceso.

Diferentes departamentos deben intervenir, en mayor o menor medida dependiendo de la actividad que le es propia, por tanto en el control del diseño de un nuevo producto como en el control del material que entra y en el control del producto que sale a la venta: Si no intervienen grupos interdepartamentales en todas estas actividades, se corre el riesgo de cometer errores en el proceso, que tarde o temprano van a ser causa de problemas en la línea de ensamble o peor aún, cuando el producto está ya en manos del consumidor.

A fin de que el sistema funcione, es necesario que las compañías desarrollen matrices en las que expresen las responsabilidades que los diferentes departamentos tienen con respecto a determinar actividades y funciones. De ahí la necesidad de constituir equipos interdepartamentales que tengan como función llevar a la mesa de discusión los puntos de vista de los diferentes departamentos y asegurar el que estos puntos de vista se tengan en cuenta en la actividad propia de cada departamento. La alta gerencia es, en último término, la responsable de la efectividad del sistema.

#### Costos de Calidad.

Uno de los obstáculos principales para el establecimiento de un programa más agresivo de calidad en los años anteriores era la noción equivocada de que el logro de una mejor calidad requiere de costos mucho más altos.

La calidad insatisfactoria significa una utilización de recursos insatisfactoria. En contraste, la calidad satisfactoria significa la utilización de recursos satisfactorios y en consecuencia costos menores. Un factor principal en estos conceptos equivocados del pasado de la relación entre calidad y costo era la poca disponibilidad de datos significativos que no había tratado de cuantificar la calidad.

Hoy, no solo reconocemos la capacidad de medición de los costos de calidad, sino que estos costos son centrales para la administración e ingeniería del control moderno de la calidad total así como para la planeación estratégica del negocio de compañías y plantas.

Ya que el concepto de costo de calidad fue presentado por primera vez por Armand Feigenbaum; la medición y el control de estos costos se han vuelto elementos esenciales en el sistema contable de la compañía. Hoy, cuando el costo de calidad puede ser comparado en importancia a los costos de mano de obra, costos de ingeniería, costos de ventas, los costos de calidad se presupuestan por departamento, se usan en decisiones importantes de inversión de capital y son parte de determinaciones de negocios significativos en las compañías modernas que luchan por mantener y mejorar su posición competitiva.



Los costos de calidad en plantas y compañías se contabilizan de forma que incluyan dos áreas principales: los costos de control y los costos por fallas en el control.

Aquellos costos asociados con la definición, creación y control de la calidad así como la evaluación y retroalimentación de la conformación con la calidad, confiabilidad y requisitos de seguridad, y aquellos costos asociados con las consecuencias de no cumplir con los requisitos tanto dentro de la fábrica como en las manos de los clientes.

Los costos de control se miden en dos segmentos: Costos de prevención que evitan que ocurran defectos e inconformidades y que influyen los gastos de calidad para evitar que surjan productos insatisfactorios en primer lugar. Costos de evaluación que incluyen los costos de mantener los niveles de calidad de la compañía por medio de evaluaciones formales de la calidad del producto. Esta incluye áreas de costo como inspección, pruebas, investigaciones externas, auditorías de calidad y gastos similares.

Los costos por fallas en el control, que son causados por los materiales y productos que no satisfacen los requisitos de calidad, se miden también en dos segmentos: Costos por fallas internas, que incluyen los costos de calidad insatisfactoria dentro de la compañía, tales como desechos, deterioro y material retrabajado. Costos por fallas externas, que influyen los costos de calidad insatisfactoria fuera de la compañía, como fallas en el desempeño del producto y quejas de los clientes.

Veamos lo que actualmente acontece con relación a gastos en el control total de la calidad y un sistema de calidad total:

Primero: cuando los costos de prevención aumentan para pagar la calidad apropiada de servicios de la ingeniería de sistemas ocurre que un gran número de defectos dejan de producirse. Esta reducción de defectos significa una reducción sustancial de costos por fallas.

Segundo: La misma cadena de eventos pasa con los costos de evaluación. Un aumento en los costos de prevención causa una reducción de deficiencias lo que origina un efecto positivo en los costos de evaluación por reducirse necesariamente las rutinas de inspección y prueba.

El establecimiento de un programa de costo de calidad para el control total de la calidad implica tres etapas: 1) La identificación de los puntos de costos de calidad; 2) La estructuración del reporte del costo de calidad, incluyendo el análisis y control relacionado; 3) El mantenimiento continuo del programa para asegurar que los objetivos del negocio de mayor calidad a menor costo se satisfagan.

Un elemento esencial al operar un programa de control total de la calidad es, por tanto la identificación, análisis y control de los costos de calidad para el negocio. Consideremos el enfoque general a puntos clásicos que forman estos costos de calidad operantes

### Organización de la Calidad.

Hay tres consideraciones en el desarrollo y operación de esta organización de la calidad total. La primera es la identificación y confirmación del trabajo específico de la calidad y del equipo incluyendo responsabilidad, autoridad, contabilidad y relaciones para la calidad de cada uno de los individuos clave y de los grupos clave de la compañía y planta.

La segunda consideración de la identificación y confirmación de estas mismas áreas para la función del control de calidad misma de forma que pueda ayudar a la compañía a lograr sus objetivos de calidad.

La tercera consideración es el liderazgo de la administración de la compañía y planta en el establecimiento de un mantenimiento continuo de la organización de la calidad.

Los fundamentos tecnológicos y administrativos básicos para el trabajo e interrelaciones de esta organización son proporcionados por sistema de calidad total de la compañía y planta. Sin un sistema de calidad agresivo, no puede haber una organización de la calidad fuerte.

## 3.- MÉTODOS ESTADÍSTICOS PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD.

### 3.1 Técnicas Estadísticas.

#### 3.1.1.- Diagrama de Pareto.

Wilfredo Pareto diseñó en el siglo XIX un método gráfico a través del cual pudiera analizar la forma en que estaba distribuida la riqueza. Con el paso de los años, la forma gráfica de Pareto encontró nuevos usos y aplicaciones y ahora a finales del siglo XX, ésta herramienta nos ofrece un gran auxilio en el mejoramiento de sistemas y procesos, al igual que nos proporciona una excelente forma de análisis de los resultados obtenidos al realizar las mejoras en los mismos.

La Teoría de Pareto se fundamentó en que una organización o sistema existen algunos pocos problemas que afectan en gran forma su adecuado funcionamiento mientras que la gran mayoría de los problemas afectan de una manera reducida al sistema u organización. Esto se conoce como la ley 80-20.

Tomando como base estas consideraciones podemos decir que es más fácil eliminar parcialmente un problema grande a tratar de reducir o eliminar totalmente varios problemas pequeños, resultando más redituable la primera opción. Es decir, debemos concentrar nuestro esfuerzo en atacar un problema mayor en lugar de disiparlo pretendiendo eliminar errores de menor cuantía.

La constitución de un diagrama de Pareto es de lo más sencillo. Una vez identificados y clasificados nuestros datos en la Hoja de Chequeo, debemos construir un eje "Y" donde podamos determinar el total de errores ya sea numéricamente o en porcentajes de cero a cien.

En el punto cero, trazamos un eje "X" perpendicular al "Y", sobre el cual colocamos la barra correspondiente a cada una de las causas o problemas clasificados en la Hoja de Chequeo.

Ahora colocaremos en primera instancia la causa o error que representa el mayor porcentaje o incidencia. Acto seguido colocaremos el resto de las causas o errores cuidando de hacerlo siempre de mayor a menor según su porcentaje o frecuencia. No debemos olvidar el identificar claramente a que causa o error corresponde cada una de las barras.

Lo siguiente que haremos será trazar una línea acumulativa que parta del punto cero, corriendo diagonalmente hacia la esquina opuesta de la primera barra. Partiendo de esta último punto añadiremos el porcentaje o frecuencia correspondiente a cada una de las demás barras hasta alcanzar el cien por ciento o la frecuencia total registrada.

Recordemos que este diagrama es solamente válido para los problemas determinados en el y por el periodo de tiempo establecido.

Remarquemos que el fundamento del Diagrama de Pareto es determinar aquellos problemas que representen una gran parte de costos, por lo que si al desarrollar nuestro diagrama nos damos cuenta de que las causas tienen una variación mínima o no hay ninguno que destaque de manera especial, entonces será conveniente revisar los criterios que utilizamos para organizar nuestros datos; tal vez obtendremos información más valiosa si escogimos otra variable como "por máquina" en lugar de "por turno".

### 3.1.2.- Diagrama causa-efecto (Diagrama de Ishikawa).

Para poder establecer las causas que originan un problema, el Dr. Kaoru Ishikawa diseñó el Diagrama de Causa-Efecto, el cual nos lleva a identificar las causas que originan un determinado problema.

El primer paso a seguir en la construcción de esta herramienta es el definir el efecto o problema que deseamos atacar, lo cual ya hemos determinado a través de Diagrama de Pareto. Este problema lo podemos colocar en un cuadro cargado a la derecha de nuestra hoja de trabajo, poniendo a la izquierda una flecha que nos conduzca directamente a él.

Como paso siguiente debemos colocar las posibles causas principales que originan el problema. Tradicionalmente se consideran seis causas básicas ó "6mes".

- 1.- Maquinaria.
- 2.- Método de trabajo.
- 3.- Mano de Obra.
- 4.- Materiales.
- 5.- Mediciones.
- 6.- Medio Ambiente.

Sin embargo las causas las determinamos nosotros mismos, así que podemos definir cualesquiera que descemos.

Estas causas principales las vamos a conectar por medio de flechas a la flecha principal que nos conduce directamente al efecto o problema que deseamos solucionar. Ahora podemos observar que la gráfica tiene la apariencia de un espinazo de pescado. No debemos olvidar que es necesaria una fácil identificación de las causas para facilitar nuestro trabajo.

Para el siguiente paso debemos remontarnos a lo aprendido en el programa número dos "Tormenta de Ideas", método a través del cual analizaremos cada una de las causas que hemos considerado como principales, incrementado con esto el involucramiento de los participantes y aumentando el conocimiento de cada uno de ellos de la relación que existe entre diferentes factores y que van a desembocar en un mismo problema.

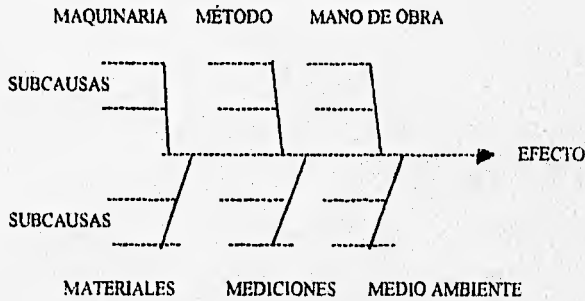
Las sub-causas que surgen de cada una de las principales las vamos a conectar con aquellas de la cual se derivan, no importando la cantidad que sean.

Ahora debemos evaluar cada una de las sub-causas, encerrando en un círculo las que consideramos como más importantes. En esta punto debemos ser realistas para jerarquizarlas, pues si destacamos muchas de ellas quedaremos exactamente como al principio.

De la selección de sub-causas que hemos hecho, tenemos que concluir cual de ellas es la de mayor efecto, para ahora, por fin dedicarnos a tratar de solucionarla.

Pues bien, a través de esta metodología el grupo de trabajo ha determinado que situación debe cambiarse. Todo esto se ha desarrollado en papel. Nuestra siguiente tarea será realizar un plan de trabajo para implementar los cambios surgidos.

Si después de haber hecho estos cambios, el grupo encuentra que no ha habido mejora, pruebe con la causa número dos y si tampoco funciona continúe probando hasta obtener resultados.



### 3.1.3.- Histograma.

"La variabilidad de los resultados de un proceso es un hecho innegable que se acepta como normal. lo que se debe discutir es: qué, tan grande es la variabilidad y cuáles son las causas que lo provocan".

Una Histograma es una gráfica de barras en la que se representa la realidad que guarda un conjunto de valores correspondientes a una característica de algo. (El conjunto de 100 frascos, el peso de 223 muestras, el tamaño de un grupo de varillas, el contenido de plomo en latas de leche, el contaminante "A" en muestras de producto "X", etc.).

La base de las barras representa un intervalo de valores de la característica que se mide y la altura representa la frecuencia con que se presentan lecturas que caen en ese intervalo.

#### Construcción de un Histograma

Paso 1. Cuente con los datos (N).

Paso 2. Obtenga de los datos el valor más grande ( $X_g$ ) el valor más pequeño ( $X_p$ ).

Paso 3. Obtenga el rango de todos los datos  
 $(R)R=X_g-X_p$

Paso 4. Consulte la tabla 1 y seleccione un valor R (número de intervalos).

Paso 5. Obtener la longitud de intervalo (Ll). Redondeando el resultado  $Ll=R/K$

Paso 6. Determine la unidad frontera (UF) como la mitad de la unidad de la medida.  
 $(UF) = (\text{Unidad de medición}) / 2$

Paso 7. Calcule el límite real inferior (LRI) y el límite real superior (LRS) del 1er. intervalo.  
 $LRI=X_p-UF$

$$LRS=LRI+Ll$$

Paso 8. Elabore una tabla de frecuencias.

Paso 9. Obtenga el promedio de los datos  $\bar{X}$  y la dispersión.

Paso 10. Determine los límites de especificación y el valor nominal de los datos (standar, máximo, y mínimo).

Paso 11. Dibuje el Histograma.

Paso 12. Haga resaltar en su Histograma:

- A. El promedio  $\bar{X}$
- B. El valor nominal standar.
- C. Los límites de especificación.
- D. La dispersión.
- E. Toda la información necesaria para que pueda ser interpretada correctamente (fuente de los datos, tiempo en que se tomaron, fecha de Histograma, quién lo elaboró, etc.)

TABLA 1

No. de datos (N)			No. de clase (K)		
0	A	50	5	A	7
51	A	100	6	A	10
101	A	250	7	A	12
251	A	1000	10	A	20

### 3.1.4. El diagrama de dispersión-correlación.

El diagrama de correlación se puede distinguir un eje horizontal en el que se representan valores de causa "X" que produce el efecto "Y" cuyos valores se representan en el eje vertical. Un punto (X1, Y1) de las gráficas representa dos datos interrelacionados o apareados (un valor X1 de la causa "X" y un valor Y1 del efecto "Y").

Como hacer un diagrama de dispersión-correlación.

#### Paso 1.-

Recolecte muestras de datos apareados cuya relación desea investigar y anótelos en una hoja de datos.

#### Paso 2.-

Dibuje los ejes horizontales y verticales en la gráfica. Indique los datos más grandes en la parte superior del eje vertical y la extrema derecha del eje horizontal. Si hace las medidas de ambos ejes aproximadamente son iguales, el diagrama será más fácil de leer. Si la relación entre dos tipos de datos es aquel de Causa y Efecto, los valores de la causa a menudo se colocan entre el eje horizontal y los valores de efecto en el eje vertical.

#### Paso 3.-

Trace los datos en un gráfica. Si los valores de los datos se repiten y caen en el mismo punto, haga círculos concéntricos, dos o tres, según sea necesario.

Hemos demostrado anteriormente como se pueden usar diagramas de correlación para determinar las relaciones entre dos tipos de datos. Pero, cuando hay una correlación, cómo podremos determinar el valor de la correlación? La respuesta es calcular el coeficiente de correlación con el llamado método de la mediana para analizar correlaciones.



- 1) Encuentre la mediana de  $X$  ( $\bar{X}$ ) y la mediana de  $Y$  ( $\bar{Y}$ ). Dibuje ambas líneas de la mediana en los diagramas de correlación.
- 2) Marque las cuatro áreas hechas por las líneas de las medianas I, II, III, y IV, empezando del lado derecho superior y dando la vuelta en contra del reloj. Cuente los puntos en cada área.
- 3) Encuentre el número de puntos para I y III y después II y IV y  $N$  (número total de datos menos el número de puntos en la línea).

### 3.2. Cartas de control.

Como ningún proceso de producción es perfecto, siempre existe una variación en la característica de calidad, provocado por un gran número de factores que pueden ser clasificados en:

**Incontrolables (inherentes)** : que producen una pequeña variación casual y se considera que el proceso continúa bajo control estadístico.

**Controlables (no inherentes)** : que producen una variación medible y el proceso puede estar o no estar bajo control estadístico, dependiendo del tamaño de dicha variación.

Las cartas de control se pueden clasificar como:

1.- Cartas de control para variables: Es un método de evaluar una característica cuantificable de un producto o de un proceso, o sea una característica que se puede medir. Esto implica el poder leer una escala de velocidad, temperatura, dureza, presión, duración de un ciclo, dimensiones, etc.

2.- Cartas de control para atributos: Es un método para registrar el número de unidades que tienen o no una determinada característica; esto se logra a través del conteo de las unidades que se conforman con las especificaciones, las que no lo hacen y los datos referentes a la aceptación o el rechazo con ciertas tolerancias.

#### Funciones y aplicaciones de las cartas de control

La principal finalidad de las cartas de control es la de proporcionar una herramienta estadística para distinguir entre la variación natural y la no natural. Esta capacidad las hace muy útiles en las tres siguientes áreas de aplicación:

1.- Para controlar un proceso: Esta es su aplicación principal. Al identificar cuándo el proceso es estable, determinan cuándo no es necesario ajustar el proceso, así como cuándo el proceso es inestable y requiere de ajustes.

2.- Estudios de capacidad: En esta aplicación las cartas de control se utilizan para identificar y ELIMINAR todas las causas asignables de variación durante un periodo que típicamente dura de 3 a 6 meses, permitiendo así que el proceso opere con su capacidad REAL.

3.- Resolución de problemas: Por lo general los problemas de un proceso se pueden rastrear a variaciones asignables. Al identificar cuándo se producen estas causas dentro del proceso, las cartas de control dan pistas para las acciones remediadoras a ser tomadas.

#### Utilidad de las cartas de control.

Utilizadas adecuadamente, las cartas de control para variables pueden ayudar a una planta a lograr lo siguiente:

- 1.- Ser empleadas por los operadores para el control permanente del proceso.
- 2.- Proporcionar un lenguaje común para hablar del rendimiento del proceso a todos los niveles de la organización.
- 3.- Detectar las causas naturales y no naturales de variación.
- 4.- Servir de guía para las acciones locales o gerenciales.
- 5.- Identificar las deficiencias ingenieriles.
- 6.- Ayudar a enfocar los proyectos que requieran de trabajos de ingeniería.
- 7.- Clasificar los problemas relacionados con los operadores o con las máquinas.
- 8.- Ser utilizadas como una herramienta de ingeniería a fin de establecer un proceso estable para fines experimentales.

### 3.2.1. Carta de control para la media.

Se utiliza generalmente cuando el proceso es automático, esta carta cuantifica la posición o medida de tendencia central

La media de una muestra de tamaño n

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

La carta de control para la media puede calcularse de 3 formas diferentes.

- conocido,  $\mu$  la media poblacional, y  $\sigma$  la desviación standar poblacional

$$LC = \mu = \bar{X}$$

$$LCS = \mu + 3\sigma_{\bar{x}} = \mu + \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} = \mu + A\sigma$$

$$LCI = \mu - 3\sigma_{\bar{x}} = \mu - \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} = \mu - A\sigma$$

- Estimando  $\mu$  con  $\mu = \frac{\sum_{i=1}^K \bar{X}_i}{K} = \bar{\bar{X}}$

donde  $\bar{X}_i$  = media de la muestra numero i  
K = número de muestras

estimando  $\sigma$  con  $\sigma = \frac{\sum_{i=1}^K S_i}{K} / C_2 = \frac{S}{C_2}$

donde  $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}}$

$C_2$  es un factor de sesgo de la desviación standar en función de un tamaño de muestra n.

Los límites de control

$$LC = \bar{\bar{X}}$$

$$LCS = \bar{\bar{X}} + \frac{3\bar{S}}{\sqrt{n} c_2} = \bar{\bar{X}} + A_1 \bar{S}$$

$$LSI = \bar{\bar{X}} - \frac{3\bar{S}}{\sqrt{n} c_2} = \bar{\bar{X}} - A_1 \bar{S}$$

Estimando  $\sigma$  con  $\hat{\sigma}$  con  $\hat{\sigma} = \frac{\sum R}{K} / d_2 = \frac{\bar{R}}{d_2}$

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

$d_2 =$  factor de sesgo del rango tabulado en función de  $n$ .

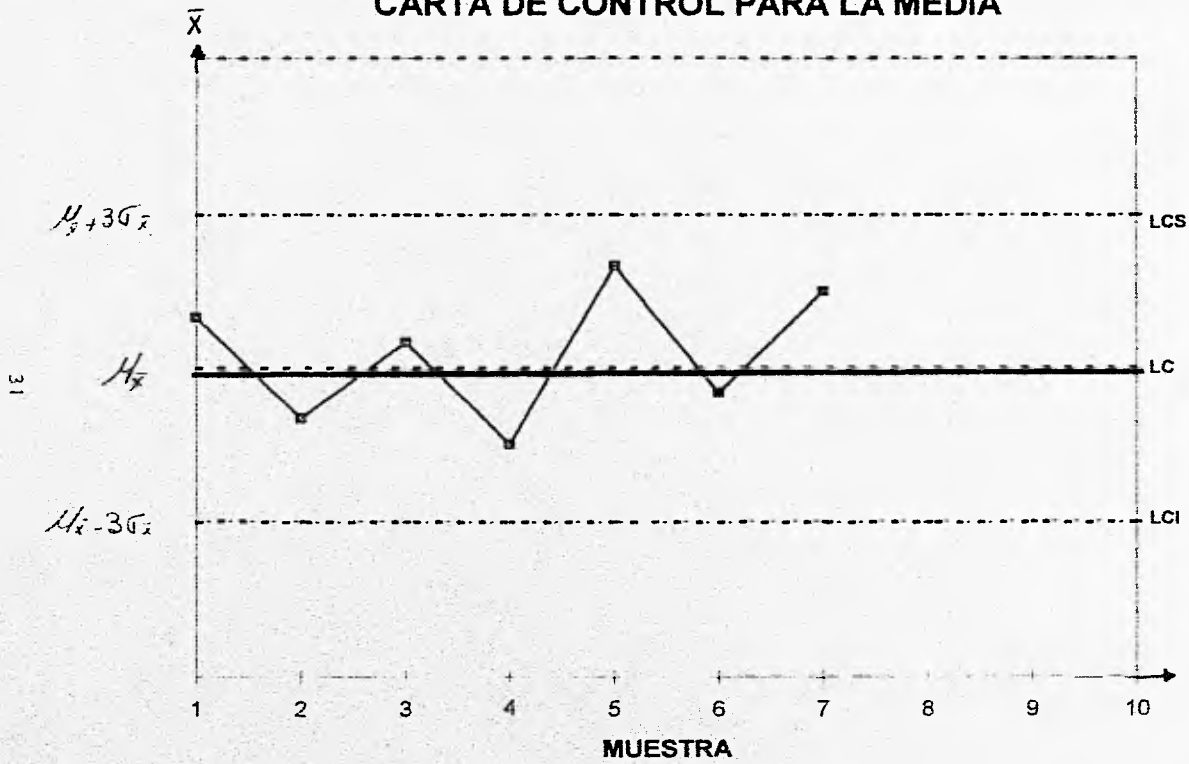
Los límites de control

$$LC = \bar{\bar{X}}$$

$$LCS = \bar{\bar{X}} + \frac{3\bar{R}}{\sqrt{n} d_2} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

$$LSI = \bar{\bar{X}} - \frac{3\bar{R}}{\sqrt{n} d_2} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

# CARTA DE CONTROL PARA LA MEDIA



Carta de control para la Desviación Standar

La desviación estandar de una muestra es:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n}}$$

La carta de control para la Desviación Standar se puede calcular de dos formas:

- conocido

$$LCS = \mu_s + 3\sigma_s = B_2 \sigma$$

$$LC = \mu_s = c_2 \sigma$$

$$LCI = \mu_s - 3\sigma_s = B_1 \sigma$$

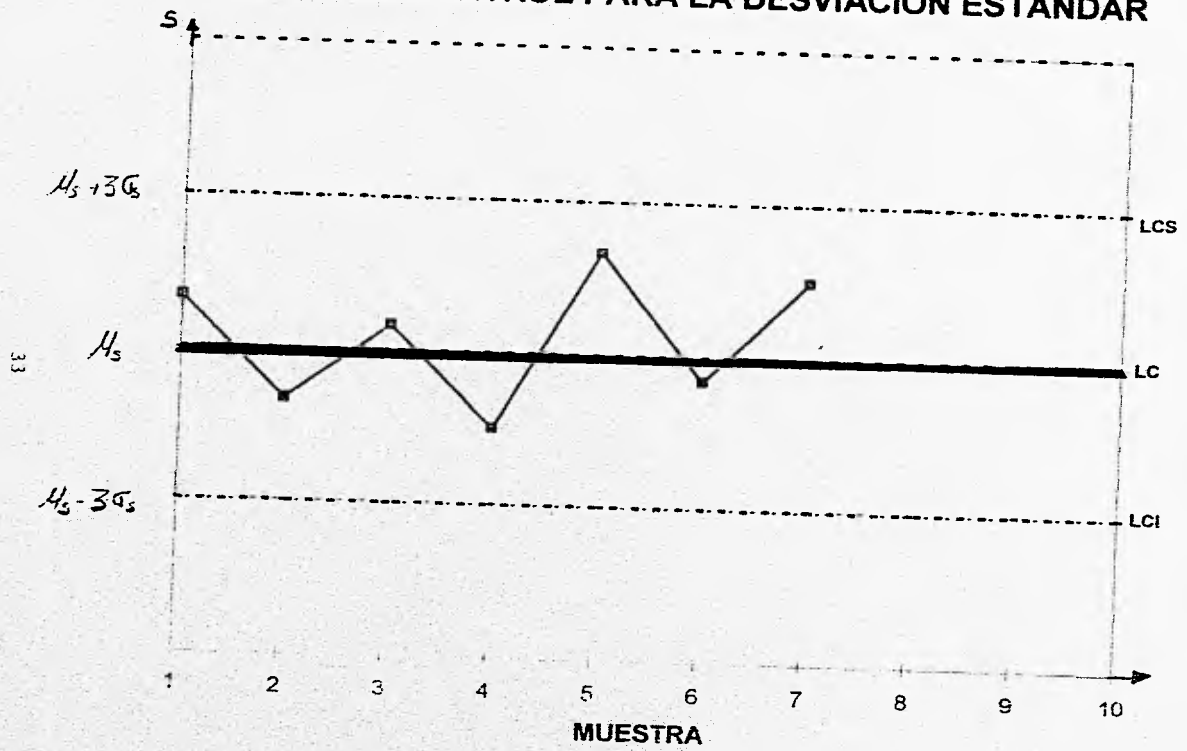
- estimando  $\sigma$  con  $\hat{\sigma} = \frac{\sum_{i=1}^K S_i}{K} / c_2 = \frac{\bar{S}}{c_2}$

$$LCS = B_1 \bar{S}$$

$$LC = \bar{S}$$

$$LCI = B_3 \bar{S}$$

### CARTA DE CONTROL PARA LA DESVIACION ESTANDAR





Carta de control para el Rango.

El Rango de una muestra es:

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

La carta para el Rango puede calcularse de dos formas

- conociendo

$$LCS = \bar{X}_R + 3 \sigma_R = D_4 \sigma$$

$$LC = \bar{X}_R = d_2 \sigma$$

$$LCI = \bar{X}_R - 3 \sigma_R = D_1 \sigma$$

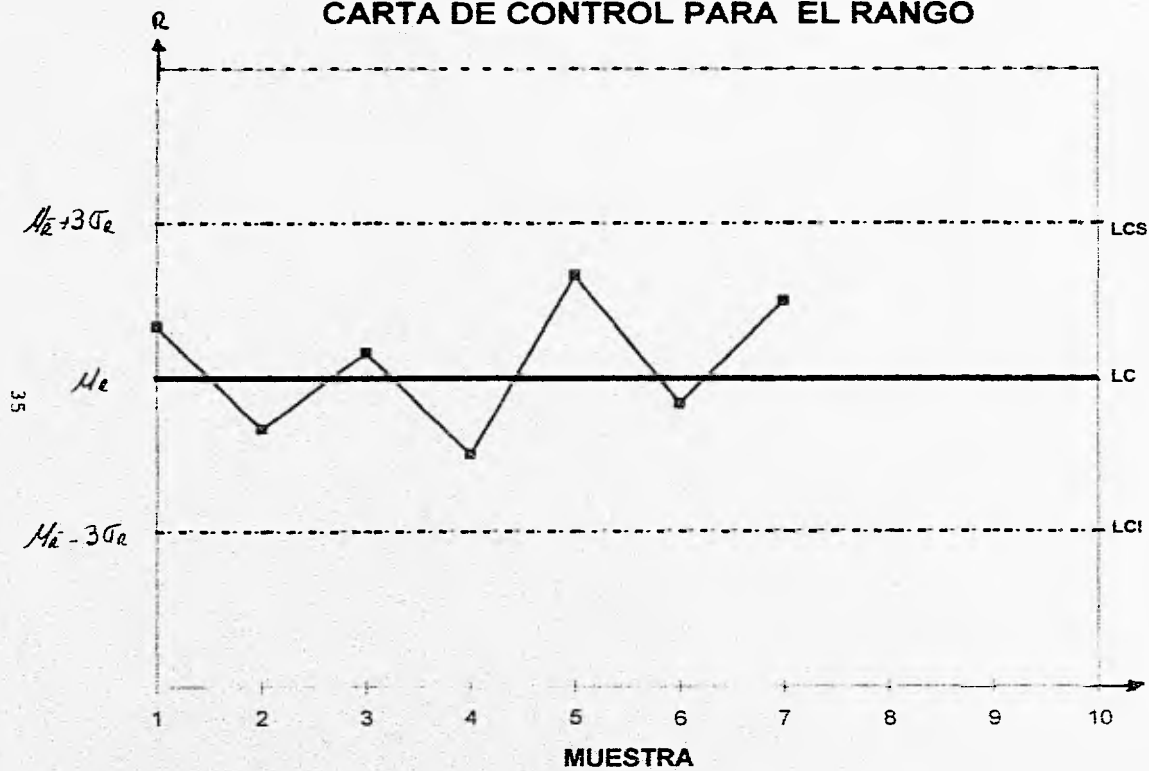
- estimando  $\sigma$  con  $\hat{\sigma} = \frac{\sum_{i=1}^K R_i}{K} / d_2 = \frac{\bar{R}}{d_2}$

$$LCS = \bar{R} + 3 d_2 \bar{R} / d_2 = D_4 \bar{R}$$

$$LC = \bar{R}$$

$$LCI = \bar{R} - 3 d_2 \bar{R} / d_2 = D_2 \bar{R}$$

# CARTA DE CONTROL PARA EL RANGO



Los factores para el cálculo de los límites de las cartas de control se encuentran en tablas en función del tamaño de la muestra  $n$ , y para cada tipo de carta.

$A$ ,  $A_1$ ,  $A_2$  Carta de control de Media

$c_2$ ,  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$ ,  $B_4$  Carta de control de la Desviación Standard

$d_2$ ,  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$ ,  $D_4$  Carta de control del Rango

### Carta de control para la Proporción de Defectuosos.

Esta carta se aplica cuando se quiere detectar cualquier cambio en el nivel medio de calidad, para averiguar o comprobar después de cierto tiempo la proporción de defectuosos en el proceso.

La carta de control para la proporción de defectuosos puede calcularse de dos formas:

- conocido  $P$ , la proporción de defectuosos poblacional o esperada o del proceso estabilizado.

$$LC = \mu_p = P$$

$$LCS = \mu_p + 3 \sigma_p = P + 3 \sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}$$

$$LCI = \mu_p - 3 \sigma_p = P - 3 \sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}$$

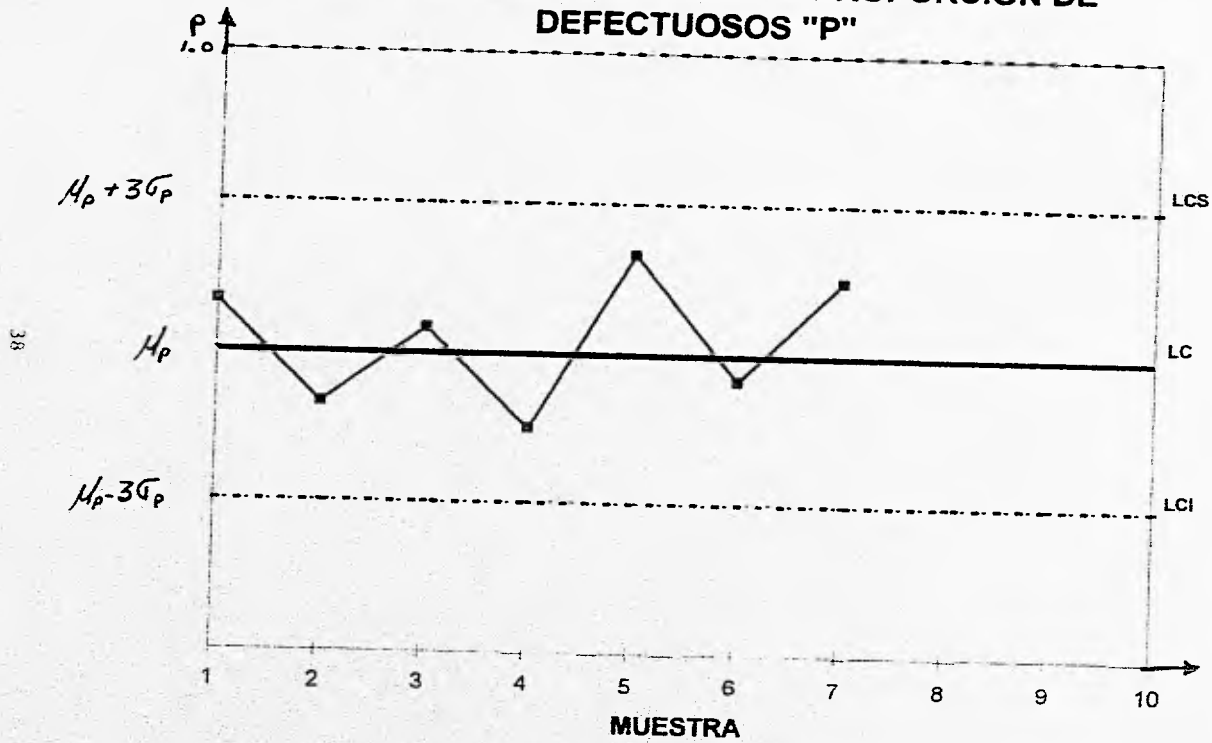
- estimando  $P$  con  $\hat{P} = \frac{\sum_{i=1}^K P_i}{K} = \bar{p}$  si  $n = \text{cte.}$

$$LC = \bar{p}$$

$$LCS = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$LCI = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

# CARTA DE CONTROL PARA LA PROPORCION DE DEFECTUOSOS "P"



Carta de control  $c$  número de defectos por unidad.

Se utiliza la carta  $c$  para medir el número total de defectos en una muestra de artículos fabricados con tamaño de muestra constante.

La carta de control  $c$  para el número de defectos por unidad puede calcularse de dos formas:

- conociendo  $C$ , el número esperado o poblacional de defectos por unidad.

$$LC = \mu_c = C$$

$$LCS = \mu_c + 3\sigma_c = C + 3\sqrt{C}$$

$$LCI = \mu_c - 3\sigma_c = C - 3\sqrt{C}$$

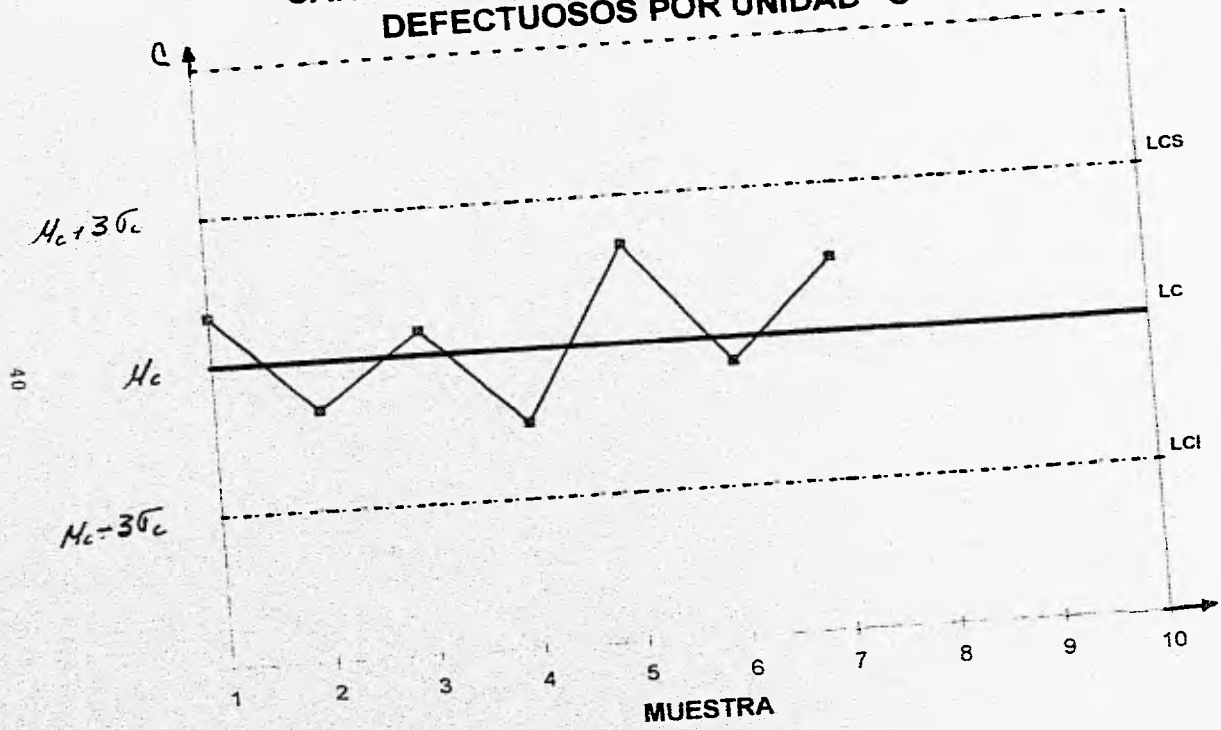
- estimando  $C$  con  $\hat{C} = \frac{\sum c_i}{K} = \bar{c}$

$$LC = \bar{c}$$

$$LCS = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$LCI = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

# CARTA DE CONTROL PARA EL NUMERO DE DEFECTUOSOS POR UNIDAD "C"



Carta de control de  $\bar{u}$  de defectos por unidad de artículo.

La carta  $\bar{u}$  se utiliza para medir el número de defectos por unidad de artículos fabricados y el tamaño de la muestra puede variar.

La carta de control de  $\bar{u}$  se calcula de la siguiente manera:

$$\bar{u} = \frac{c}{n} \quad \begin{array}{l} c = \text{número total de defectos} \\ n = \text{tamaño de muestra} \end{array}$$

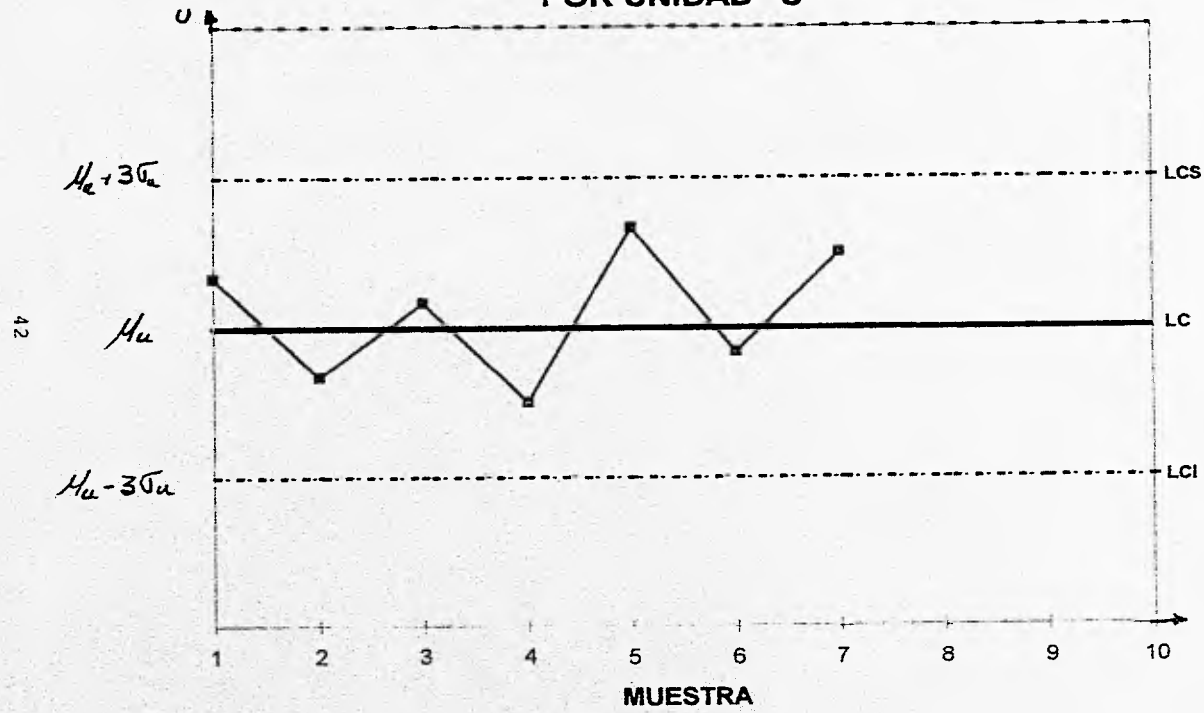
$$LC = \bar{u} = \frac{c_1 + c_2 + c_3 + \dots + c_n}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_n}$$

$$LCS = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

$$LCI = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$



# CARTA DE CONTROL PARA EL NUMERO DE DEFECTUOSOS POR UNIDAD "U"



#### 4.0 Muestreo de aceptación.

La inspección de recepción de materiales y piezas, durante el proceso de fabricación y del producto terminado, se hacen utilizando un muestreo, para no efectuar una inspección del 100% de las unidades, pues resulta muy costoso y laborioso, o a veces imposible, cuando la prueba del artículo es destructiva.

Muestreo de aceptación es el proceso de evaluar una parte del producto contenido en un lote, a fin de aceptar o rechazar todo el lote, considerándolo conforme o no conforme con una especificación de calidad, y puede aplicarse a la medición de atributos o a la medición de variables.

Los objetivos principales del muestreo de aceptación son: asegurar la calidad de una unidad o lote de unidades entregadas para su aceptación y asegurar que la calidad se encuentre de acuerdo con la especificada durante un largo plazo.

El muestreo de aceptación es válido, porque el producto no inspeccionado, proviene del mismo proceso que produjo la muestra del producto inspeccionado.

Existe una variación en el muestreo y, por lo tanto, cabe la posibilidad de cometer errores de decisión que pueden ser: el de rechazar un lote que es bueno o el de aceptar un lote que es malo.

En los planes de muestreo se pueden cometer 2 tipos de errores, cuyas probabilidades se denominan como:

$A = P(\text{cometer error tipo I}) = P(\text{rechazar el lote / lote bueno})$ .

$A =$  riesgo del productor.

$B = P(\text{cometer error tipo II}) = P(\text{aceptar el lote / lote malo})$

$B =$  riesgo del consumidor.

#### Curva OC.

La Curva característica de operación (OC) de un plan de muestreo de aceptación, cuantifica en forma aproximada los riesgos mencionados anteriormente, y es una gráfica de la probabilidad de que el plan acepte el lote, en función de la verdadera proporción de defectuosos en dicho lote.

#### 4.1 Índices de calidad.

Los planes de muestreo de aceptación publicados, pueden clasificarse en función de la utilización de uno de los siguientes índices de calidad elegidos como puntos de la Curva Oc.

AQL = Nivel de Calidad Aceptable.

Es el peor nivel de calidad que todavía se considera satisfactorio, o también es el máximo porcentaje de defectuoso que puede tomarse satisfactoriamente como media de todo el proceso. La probabilidad de aceptar un lote cuyo verdadero nivel sea AQL, debe ser muy grande ( $1 - \alpha = 0.95$ )

LTPD = Porcentaje de Defectuosos Tolerado en el Lote.

Es un nivel inaceptable de calidad o una calidad de entrada, arriba de la cual sólo queda una pequeña probabilidad de aceptar el lote. La probabilidad de aceptar un lote cuyo verdadero nivel sea LTPD, debe ser muy pequeña ( $\beta = 0.10$ ).

IQL = Nivel de Calidad Indiferente o Punto de Control.

Es un nivel de calidad situado entre los 2 anteriores, y siempre tiene una probabilidad de aceptación de 0.50 para un plan de muestreo dado. ( $1 - \alpha = 0.50 = \beta$ ).

#### 4.2. Tipos de muestreo de aceptación.

Los planes de muestreo son de 2 tipos, es decir, que podemos clasificar el muestreo de aceptación de 2 formas que son:

**Por atributos:** Se toma una muestra de unidades del lote y cada unidad se clasifica como buena ó defectuosa respecto a una dimensión o especificación determinada. El número de unidades defectuosas encontrado en la muestra mediante la inspección se compara con el número permitido que fija el plan de muestreo adoptado (número de aceptación) y se toma la decisión de aceptar o rechazar todo el lote.

**Por variables:** Se toma una muestra de unidades del lote y en cada unidad se mide una característica de calidad determinada; estas medidas se resumen en un parámetro muestra y este valor obtenido a partir de la inspección, se compara con un valor permitido que define el plan de muestreo adoptado y se toma la decisión de aceptar o rechazar el lote.

En ambos casos, se considera que la muestra se extrae en forma aleatoria del lote, es decir, que todas las muestras posibles tienen la misma probabilidad de ser extraídas o que el lote está compuesto de unidades del producto con calidad homogénea.

### Característica de un plan de muestreo.

Un plan de muestreo de aceptación, para ser considerado eficiente, debe tener las siguientes características.

1.1 Un índice de calidad que debe reflejar las necesidades del consumidor y del productor.

1.2 Conocer la curva característica de operación correspondiente.

1.3 Reducir al mínimo, el costo total de inspección de todas las unidades de la muestra.

1.4 Ser flexible para adaptarse a las variaciones del tamaño del lote y de la calidad del producto presentado.

La forma de efectuar la inspección de las unidades de producción sometidas para su aceptación puede ser de las siguientes formas de muestreo de aceptación:

**Lote por lote:** Las unidades están formadas en lotes, y cada lote se acepta o se rechaza en base a la calidad encontrada en una muestra extraída aleatoriamente de dicho lote.

**Continuo:** Se analiza una unidad o cierto número de unidades tomadas del proceso de producción, y los resultados de calidad obtenidos de ellas, van determinando el tipo de inspección para las siguientes unidades.

### Clasificación.

podemos enumerar y clasificar las principales técnicas del muestreo de aceptación de la siguiente manera.

#### Por atributos:

Lote por lote

Simple

Doble

Múltiple

Secuencial

#### Continuo

Un nivel

Multinivel

#### Característica de un plan de muestreo.

Un plan de muestro de aceptación, para ser considerado eficiente, debe tener las siguientes características:

- 1.1 Un Índice de calidad que debe reflejar las necesidades del consumidor y del productor.
- 1.2 Conocer la curva característica de operación correspondiente.
- 1.3 Reducir al mínimo, el costo total de inspección de todas las unidades de la muestra.
- 1.4 Ser flexible para adaptarse a las variaciones del tamaño del lote y de la calidad del producto presentado.

La forma de efectuar la inspección de las unidades de producción sometidas para su aceptación puede ser de las siguientes formas de muestreo de aceptación:

**Lote por lote:** Las unidades están formadas en lotes, y cada lote se acepta o se rechaza en base a la calidad encontrada en una muestra extraída aleatoriamente de dicho lote.

**Continuo:** Se analiza una unidad o cierto número de unidades tomadas del proceso de producción, y los resultados de calidad obtenidos de ellas, van determinando el tipo de inspección para las siguientes unidades.

#### Clasificación.

podemos enumerar y clasificar las principales técnicas del muestro de aceptación de la siguiente manera:

##### Por atributos:

- Lote por lote
- Simple
- Doble
- Múltiple
- Secuencial

##### Continuo

- Un nivel
- Multinivel

Por variables

Lote por lote  
Variabilidad conocida  
Variabilidad desconocida.

Formas de muestreo de aceptación por atributos.

El muestreo de aceptación por atributos puede ser de dos maneras diferentes:

1.1. Lote a lote: Se somete para su aceptación en base a la calidad de una muestra inspeccionada, un lote de unidades, enseguida otro y así sucesivamente.

Un lote de inspección está en función de la velocidad de producción, del espacio de almacenamiento y de otros factores que causan diferencias entre las unidades, como son: materia prima, tipo de máquina, eficiencia de operador, etc. Y en base a todo lo anterior, lo más conveniente es formarlo del tamaño lo más grande posible.

1.2 Continuo: En forma permanente se está inspeccionando la calidad de una muestra y su resultado determina la inspección subsecuente.

4.3. Tipos de planes.

Existen básicamente 4 tipos de planes en el muestreo de aceptación por atributos lote a lote, y que son los siguientes:

1. Plan simple.

Una muestra de tamaño  $N$  ( número de unidades que forman la muestra) se extrae de un lote de  $N$  unidades y en ella, al inspeccionarla, se cuenta  $D$  = número de unidades defectuosas en la muestra; entonces de acuerdo al plan adoptado se busca  $c$ = número de aceptación ( o número máximo de unidades defectuosas que es posible aceptar en la muestra). Si  $d < c$ , se acepta todo el lote sometido, pero si  $d > c$ , entonces se rechaza el lote.

### 2. Plan doble.

Del lote sometido se extrae una primera muestra de  $n_1$  unidades, y al inspeccionarla se cuentan  $d_1$  unidades defectuosas; del plan adoptado se obtiene  $c_1$  número de aceptación en la muestra primera, y  $r_1$ , número de rechazo en la muestra primera; entonces si  $d_1 < \hat{o} = c_1$ , se acepta todo el lote, y si  $d_1 > \hat{o} = r_1$ , se rechaza el lote, pero si  $c_1 < d_1 < r_1$ , entonces se extrae otra muestra de  $n_2$  unidades que junto con la primera muestra ya inspeccionada, forma la muestra combinada de  $(n_1 + n_2)$  unidades y en ella se cuentan  $(d_1 + d_2)$  unidades defectuosas; del plan adoptado también se obtiene  $c_2$ , número de aceptación de la muestra combinada y finalmente si  $(d_1 + d_2) < \hat{o} = c_2$ , se acepta el lote y si  $(d_1 + d_2) > c_2$ , se rechaza todo el lote sometido.

### 3. Plan múltiple.

Con la implantación de este plan se tiene una carga de trabajo variable en la inspección de las muestras de unidades y es un poco complicado en la aplicación por parte de los inspectores; sin embargo, en determinados casos es de mucha utilidad o indispensable.

Consiste en sacar una muestra  $n_1$  y tomar una de las tres decisiones posibles que son, se acepta lote, se rechaza lote, o se toma una segunda muestra, y así sucesivamente hasta sacar un máximo de siete muestras, que es el caso más utilizado del plan múltiple, pero si se considera necesario, se puede modificar el procedimiento para establecer otro plan múltiple, que finalice en una determinada  $k$ -ésima muestra.

4.4. Sistemas publicados de planes de muestreo.

4.4.1. Sistema Dodge-Romig. Se inicia con el objetivo de minimizar la inspección total en promedio. El promedio del proceso específico el porcentaje de unidades defectuosas. Cuanto mayor es el promedio del proceso seleccionado para entrar a las tablas, mayor ser el tamaño de la muestra que se debe inspeccionar.

Se debe seleccionar uno de los Indices de calidad siguientes:

LTPD Porcentaje de defectuosos tolerado en el lote

AOQL Limite de calidad promedio de salida

Las tablas de este sistema se agrupan en cuatro diferentes grupos, I,II,III,IV, de acuerdo a los par metros empleados. En las tablas I y II se emplea el índice de calidad LTPD, con ocho valores en porcentaje de unidades defectuosas, al seleccionar este índice, las tablas indican implícitamente el otro índice AOQL asociado con su valor correspondiente. En las tablas III, y IV se emplea el índice de calidad AOQL con trece valores en porcentaje de unidades defectuosas, al seleccionar este índice las tablas indican implícitamente el otro índice LTPD asociado con su valor correspondiente.

También se debe seleccionar un plan de muestreo, que puede ser únicamente simple o doble. Para aplicar las tablas se debe conocer el tamaño del lote sometido N y la entrada se seleccionara mediante intervalos de amplitud variable que van desde 1 hasta 100,000 unidades.

TIPO DE TABLA	INDICE DE CALIDAD	TIPO DE PLAN	DATOS NECESARIOS	RESULTADOS
I	LTPD	SIMPLE	N, PP	n, c AOQL
II	LTPD	DOBLE	N, PP	n1, c1, n2, (n1+n2), c2, AOQL
III	AOQL	SIMPLE	N, PP	n1, c, LTPD
IV	AOQL	DOBLE	N, PP	n1, c1, n2, (n1+n2), c2, LTPD



#### 4.4.2. Sistema Military Standard 105D (MIL-STD-105D).

Se emplea el índice de calidad AQL Nivel de Calidad Aceptable, y es cuantificado como el mayor porcentaje de unidades defectuosas, que se considera satisfactorio, como la calidad del promedio del proceso.

Se pueden elegir entre 26 diferentes valores de AQL, que siguen aproximadamente una progresión geométrica y que son los niveles más comúnmente utilizados.

La elección de este índice tiene el objetivo primordial de ofrecer protección ( con probabilidad aproximada de 0.88 para muestras pequeñas y de 0.99 para muestras grandes, con un promedio de 0.95 ) al productor o proveedor, contra el rechazo de lotes sometidos que tienen una calidad mejor o igual que el valor de AQL elegido.

##### Tipos de Inspección.

- a) Inspección Normal. Se establece cuando la calidad del lote sometido es o ha sido igual o mejor que el nivel del índice AQL elegido.
- b) Inspección Rigurosa. Se establece cuando la calidad de los lotes sometidos es o ha sido peor que el valor de AQL seleccionado.
- c) Inspección Reducida. Se establece cuando la calidad de los lotes sometidos es o ha sido mucho mejor que el valor de AQL elegido.

##### Tipos de Defectos.

Se debe tomar en cuenta el tipo de los defectos encontrados en las unidades de las muestras inspeccionadas, por lo que los criterios de aceptación deben ser diferentes, según el tipo de defecto. Se deben emplear valores bajos de AQL para los defectos peligrosos o severos y valores altos de AQL para los defectos triviales.

- a) Defectos Críticos. Cuando su presencia amenaza la vida o calidad de una unidad, o cuando la inutiliza. Provocan condiciones peligrosas para la persona que la usa.
- b) Defectos Mayores. Cuando se presenta este tipo de defecto, la unidad no cumple su función asignada y disminuye casi totalmente su utilización.
- c) Defectos Menores. Son los defectos que hacen poco probable que se afecte el rendimiento proyectado de una unidad, es decir, que no es muy importante la variación con respecto a las especificaciones del diseño.

Conociendo el tamaño del lote (N), se ubica en uno de los 15 intervalos de amplitud variable, que van desde 2 hasta más de 500,001 unidades. después se selecciona el nivel de inspección.

Con el tamaño del lote sometido y con el nivel de inspección elegido, se calcula mediante una tabla de esta sistema MIL-STD-105D, el tamaño de la muestra que se debe inspeccionar, en forma codificada con una de 16 letras mayúsculas del alfabeto que puede ser desde la A hasta la R, excluyendo 3 letras I, N, y O.

El sistema MIL-STD-105D, presenta tablas del índice de calidad LTPD (porcentaje de defectuosos tolerado en el lote) para diferentes planes de muestreo y tipo de inspección, estipulando el riesgo del consumidor B. De estas tablas se obtiene el tamaño de muestra codificado para obtener el criterio de aceptación con el plan de muestreo que se adopte.

También presenta tablas de índice de calidad AOQL (límite de calidad promedio de salida), para diferentes planes de muestreo y tipos de inspección que se obtienen al calcular el tamaño de muestra codificado y elegir el nivel de calidad aceptable AQL.

#### 4.4.3 SISTEMA PHILIPS.

Utiliza el índice de calidad IQL (nivel de calidad indiferente) que es un punto de la curva OC expresado como porcentaje de defectuosos, en el cual la probabilidad de aceptación de un lote sometido es de 0.50 y es la misma probabilidad de que sea rechazado, sin importar el plan de muestreo adoptado.

Si la calidad del lote sometido es igual o mejor que el valor de IQL elegido, entonces la probabilidad de aceptar el lote también es igual o mayor del 50% ; en forma similar, si la calidad del lote sometido es menor o igual que el nivel de IQL seleccionado, la probabilidad de aceptar el lote será igual o menor del 50% ; con cambios aproximadamente iguales hacia ambos lados del punto IQL.

Se puede elegir entre los 8 niveles de calidad indiferente o punto de control .

Se puede utilizar plan simple y plan doble solamente, y se eligen con el siguiente criterio, basado en el tamaño del lote (N) sometido:

Si  $N < 1000$  unidades se utiliza el plan simple y

Si  $N > 1000$  unidades se utiliza el plan doble .

#### 4.4.4. MUESTREO CONTINUO DE ACEPTACIÓN POR ATRIBUTOS.

Cuando se necesita decidir sobre unidades complejas, caras y que no se producen en gran número, es muy inconveniente tener que acumular un lote de ellas, pues la formación de un lote o grupos de unidades afecta seriamente la fluidez de circulación del producto, a través de la línea de producción hacia su acabado, para poder tomar la decisión de aceptarlo o rechazarlo, entonces es mejor inspeccionar las unidades en forma continua tomándolas de la línea de producción y detectando las unidades defectuosas muy poco tiempo después de producidas, y reemplazando estas unidades defectuosas por unidades buenas o corregidas.

#### PLANES CONTINUOS DE MUESTREO DE ACEPTACIÓN.

a) Plan CSP-1. Iniciar con la inspección del 100% de las unidades y continuar de esta forma hasta encontrar  $n$  unidades sucesivas que no sean defectuosas; entonces se puede cambiar a la inspección parcial (muestreo) en la que se elige una fracción  $f=1/n$  para inspeccionar, o sea de cada  $n$  unidades se selecciona una unidad o muestra unitaria; si esta unidad es buena, se continua con la inspección parcial (muestreo), pero si es defectuosa se retorna a la inspección del 100% (total) de las unidades. De la inspección total se puede volver a adoptar la parcial si nuevamente se encuentran  $n$  unidades sucesivas que son defectuosas.

b) Plan CSP-2. Es un plan similar al CSP-1 anterior, con la diferencia de que al implantar la inspección parcial hace más tardada la reimplantación o retorno a la inspección total del 100%, es decir, que contiene la siguiente modificación: Se adopta la inspección parcial con las mismas condiciones del plan CSP-1 y si se encuentra que la unidad seleccionada en la muestra aleatoria es defectuosa, todavía no se regresa a la inspección total, a menos de que se encuentre otra unidad defectuosa en las siguientes  $K$  o menos unidades o muestras unitarias.

c) Plan CSP-3. Es un nuevo plan que modifica el CSP-2, únicamente en que al encontrar en una muestra unitaria de la inspección parcial adoptada, que la unidad es defectuosa, se inspeccionan las 4 siguientes unidades y si ninguna de ellas es defectuosa, se continua con la inspección parcial del plan CSP-2, pero si una o más de esas 4 unidades consecutivas se encuentran que es defectuosa, entonces se retorna a la inspección total del 100% de las unidades y se adoptan las condiciones del plan CSP-2.

## 5.0 APLICACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD EN LA FABRICACIÓN DEL ENVASE DE VIDRIO

Para llevar a cabo el control estadístico de calidad en la fabricación de envases de vidrio, es necesario identificar las variables claves del proceso desde la fundición de la materia prima, hasta el producto terminado.

Las técnicas y métodos estadísticos, son la base principal para tener bajo control el proceso y poder identificar las variables que están fuera de control y perjudican la calidad del producto, así como poder identificar las causas que provocan la variación y dar la solución correctiva y preventiva adecuada para mantener el proceso estable.

Se determinará el uso de técnicas y métodos estadísticos para controlar las variables claves del proceso de fabricación de envases de vidrio de cada departamento que interviene en la elaboración del producto.

### 1.- DEPARTAMENTO DE PREPARACIÓN DE VIDRIO.

#### - Materias Primas:

Este departamento es el responsable de recibir la materia prima, preparar un vidrio de calidad optima aceptable desde el punto de vista de defectos e impurezas.

Existen factores que afectan la calidad del vidrio entre los cuales esta.

- Contaminación de materias primas.
- Error de pesaje
- Mala homogeneización de mezclas
- Segregación
- Acondicionamiento anormal.

Existen 27 materias primas para producir vidrio entre las cuales las principales son:

**ALUMINA:** En el vidrio mejora la resistencia al ataque químico y aumenta su esfuerzo mecánico.

**ARENA SILICA:** Constituyente principal de la formulación que después del oxígeno es el elemento más abundante de la naturaleza.

**AZUFRE:** Utilizado principalmente en producción de vidrio ámbar.

**CALIZA:** Se utiliza como fuente de óxido de calcio y debe ser compatible a las fórmulas.

Es necesario la realización de evaluaciones químicas y físicas para verificar que los materiales cumplan con las especificaciones.

En base a una muestra representativa del lote a evaluar se procede a realizar el análisis químico y pruebas físicas como granulometría o determinar si cumple con las especificaciones establecidas.

La determinación de estas especificaciones fue considerando la información de las plantas, proveedores y de la experiencia.

#### **-Operación de hornos.**

Existe una variedad de hornos para la fundición de vidrio, diseñados según el tipo de vidrio que se va a utilizar para la formación de los diversos productos elaborados.

El proceso de fundición consiste en lo siguiente: Fundición, Refinación, Homogeneización y Acondicionamiento. El total de tiempo requerido en el proceso es de 24 horas aproximadamente.

Todas las condiciones de operación como la fundición el refinador, la homogeneización y el acondicionamiento acontecen simultáneamente. Si se lleva un control de tiempos y temperaturas y se mantiene la fluidez del vidrio a través del sistema, se asegura la continuidad de la operación y la calidad del vidrio.

Las temperaturas del horno para la fundición del vidrio se componen de la siguiente manera: La fundición ocurre en las tres cuartas partes de la longitud del horno. El refinador va desde el inicio del cargador hasta la garganta, la homogeneización y el acondicionamiento empieza de una cuarta parte antes de la garganta hasta la formación de la vela.

Fundición	1550 °C
Refinación	1550 °C
Homogeneización	1550 °C a 1300 °C
Acondicionamiento	1550 °C a 1100 °C

Para el control de la temperatura del horno llevaremos dos gráficas de control de promedios y de rangos. Gráfica 1 para la temperatura del piso del fundidor y Gráfica 2 para la temperatura óptica del fundidor.

#### **-Acondicionamiento del vidrio.**

Acondicionamiento del vidrio significa controlar la temperatura de éste, desde el refinador a través de las alcobas ó alimentadores hasta llegar a la noria refractaria con un gradiente de temperatura uniforme. Para lograr esta temperatura uniforme debemos controlar la temperatura del vidrio del fondo, desde que entra al alimentador y fluye a través de la noria.

El alimentador es un canal refractario que se extiende del refinador a la noria y por el cual fluye el vidrio adquiriendo la temperatura apropiada para la fabricación del envase y consiste en dos partes. Sección de enfriamiento que cuenta con un sistema de enfriamiento forzado para dar temperatura necesaria y cuenta con una, dos o tres zonas de enfriamiento. Sección de acondicionamiento, que asegura que la temperatura de todo el vidrio sea homogénea.

**Factores a considerar para acondicionar la temperatura del vidrio:**

- Operación del refinador.**
- Presión interna del alimentador.**
- Color de vidrio.**
- Estiraje.**
- Capacidad.**
- Nivel de vidrio.**
- Curva de temperaturas.**
- Sistema de combustión.**
- Sistema de enfriamiento.**
- Sistema de control.**



VIDRIERA MEXICO, S.A. DE C.V.

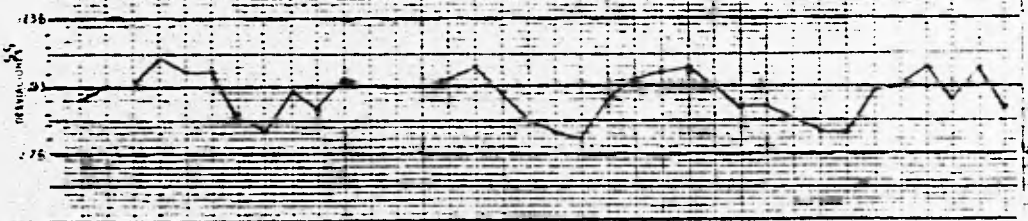
FORM 0000023

GRAFICA DE CONTROL PARA DESVIACIONES Y RANGOS

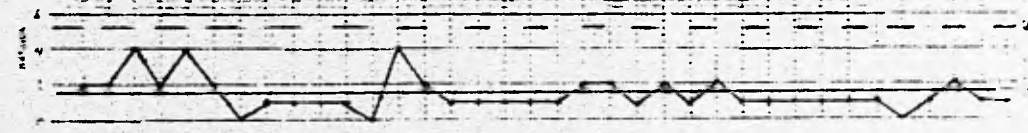
AREA DE TRABAJO	NUMERO DE CONTROL	OC	OBJETIVO	UNIDAD
HIDROS	TEMP. USO FUNDICION	1233	1233	H084
FECHA DE EMISION	FECHA DE	LC DESV.	LC	OC DESV.
28-2-96	2-Feo-96	1235	1233	1238
			1.6	52

El Proprietario Autoriza:  
 a) Que el personal:  
 b) No sea de 3 por ciento de error  
 c) No sea de 5 en caso de error  
 d) No sea de 10 en caso de error  
 e) No sea de 15 en caso de error  
 f) No sea de 20 en caso de error  
 g) No sea de 25 en caso de error  
 h) No sea de 30 en caso de error  
 i) No sea de 35 en caso de error  
 j) No sea de 40 en caso de error  
 k) No sea de 45 en caso de error  
 l) No sea de 50 en caso de error  
 m) No sea de 55 en caso de error  
 n) No sea de 60 en caso de error  
 o) No sea de 65 en caso de error  
 p) No sea de 70 en caso de error  
 q) No sea de 75 en caso de error  
 r) No sea de 80 en caso de error  
 s) No sea de 85 en caso de error  
 t) No sea de 90 en caso de error  
 u) No sea de 95 en caso de error  
 v) No sea de 100 en caso de error

FECHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36			
10.0	0.0	0.2	1.2	2.4	3.6	4.8	6.0	7.2	8.4	9.6	10.8	12.0	13.2	14.4	15.6	16.8	18.0	19.2	20.4	21.6	22.8	24.0	25.2	26.4	27.6	28.8	30.0	31.2	32.4	33.6	34.8	36.0	37.2	38.4	39.6	40.8			
28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36



1238  
 1233  
 1228



0.2  
 1.6

GRAFICA 1



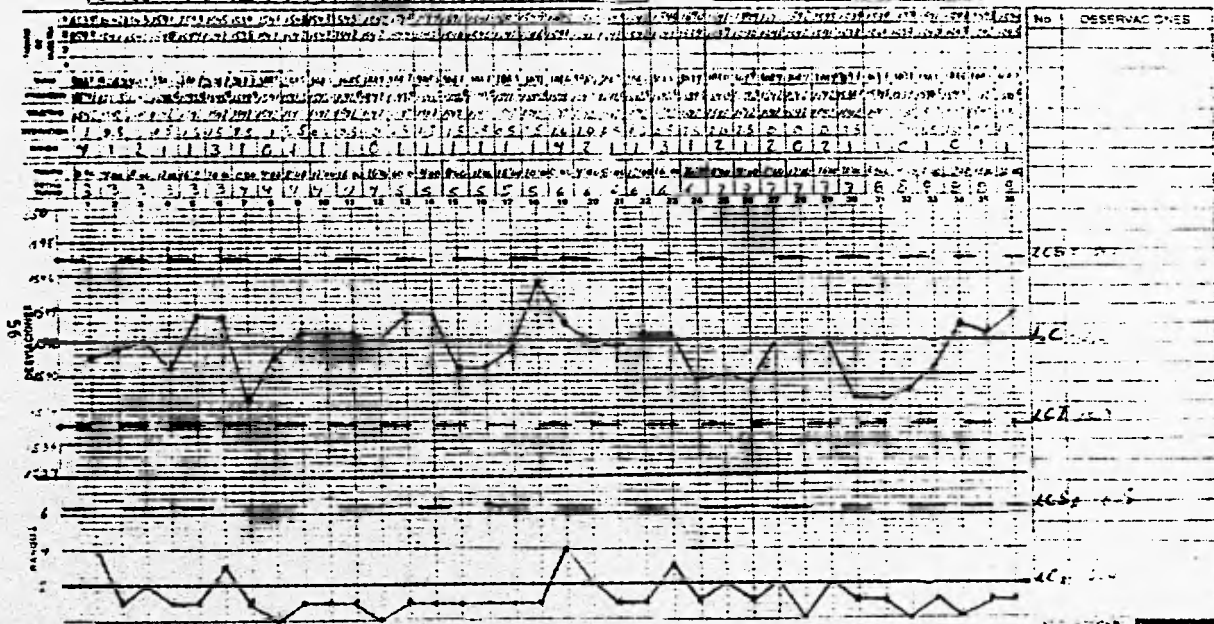
VIDRIERA MEXICO, S.A. DE C.V.

VIDRIO ENFRASE

GRAFICA DE CONTROL PARA DESVIACIONES Y RANGOS

NOMBRE DE PRODUCTO <b>HOGAR</b>		VARIABLE A CONTROLAR <b>TEMP. CILIND. INYECTOR °C</b>			OBJETIVO <b>1-42</b>	SECCION <b>HUX-4</b>
FECHA DE INICIO <b>3-Feb-96</b>	FECHA DE FIN <b>8-Feb-96</b>	UC DESV <b>1597</b>	LC <b>1541</b>	LEC DESV <b>1573</b>	n <b>20</b>	LEC RANGOS <b>75</b>

1. Desviación 2. Rango 3. Control de la calidad 4. Control de la cantidad de producción	5. Control de la calidad 6. Control de la cantidad de producción 7. Control de la calidad 8. Control de la cantidad de producción
--	--



GRAFICA 2



## Máquinas I.S.

Ese departamento se encarga de controlar la calidad de solución utilizada para la lubricación del aparato de cuchillas. Que tiene la función de cortar la porción de vidrio que fluye del alimentador.

La lubricación de las cuchillas es indispensable para mantener las hojas de cuchillas a una temperatura adecuada, ya que si trabajan con exceso de temperatura el vidrio tiende a pegarse en las hojas provocando un mal corte que hace que las velas cortadas caigan fuera de su posición. Y si las hojas de cuchillas trabajan demasiadas frías provocan que la vela salga con marcas del corte o bien salga el vidrio manchado por exceso de lubricación.

Para esto se lleva un control de la dureza del agua tratada, la cual a base de una sustancia especial se comprueba si el agua tratada tiene las condiciones ideales de su composición. En caso contrario hay que regenerar el agua mediante un proceso de purificación.

Este control se lleva a cabo mediante un formato de chequeo en el cual se establece el número de gotas de sustancia aplicable para comprobar la dureza, siendo el límite 5 gotas, excediendo este límite se procede a la regeneración. Esta toma de lectura se lleva a cabo una vez al día.

Para controlar la lubricación de agua soluble se lleva a cabo una gráfica de promedios y rangos en la cual se gráfica la relación de agua tratada y aceite. Esta relación debe ser de 200 a 1 siendo sus límites de 270 a 1 y 150 a 1. Según las especificaciones del proveedor para una eficiencia óptima de trabajo. Gráfica 3



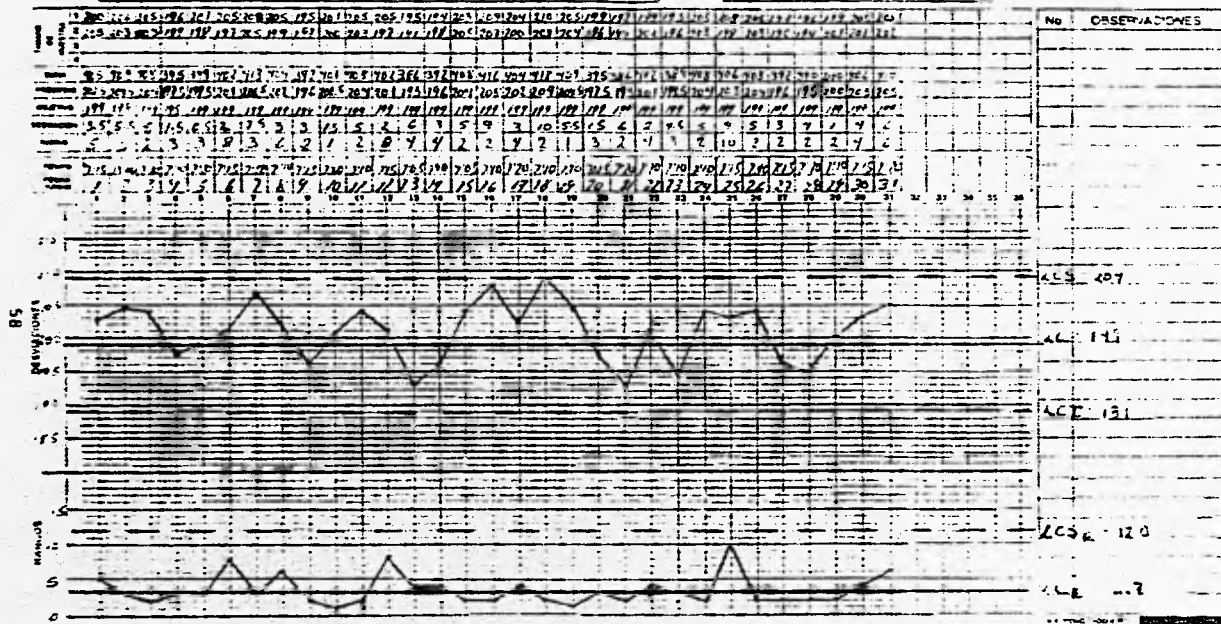
VIDERRA MEXICO, S.A. DE C.V.

VMS 000000

## GRAFICA DE CONTROL PARA DESVIACIONES Y RANGOS

PLAN DE ESTUDIO		PARAMETRO A CONTROLAR				OBJETIVO	UNIDAD
IDENTIFICACION DE CUCHILLAS		LARGO DE PUNZAS				199	51
FECHA DE EMPEZO	FECHA DE TERMINACION	LIC DESV	L.C	LIC DEVY	R	LIC RANGOS	
1 Enero 96	31 Enero 96	189	199	209	3.7	12.0	

1. El Plan de Control debe estar basado en el Plan de Control. 2. El Plan de Control debe estar basado en el Plan de Control. 3. El Plan de Control debe estar basado en el Plan de Control. 4. El Plan de Control debe estar basado en el Plan de Control. 5. El Plan de Control debe estar basado en el Plan de Control.	6. El Plan de Control debe estar basado en el Plan de Control. 7. El Plan de Control debe estar basado en el Plan de Control. 8. El Plan de Control debe estar basado en el Plan de Control. 9. El Plan de Control debe estar basado en el Plan de Control. 10. El Plan de Control debe estar basado en el Plan de Control.
--	---



GRAFICA 3

## Formación del envase de vidrio.

La formación del envase de vidrio se realiza en máquinas formadora I.S. en las cuales se controla 8 factores:

- **Velocidad de la máquina.** Es la velocidad con que se realizan los cortes de vela (porción de vidrio) para alimentar la máquina. Estos se toman en cortes por minuto y pueden ser en cavidad sencilla, doble cavidad, triple cavidad ó cuádruple cavidad. La velocidad depende del peso del envase de su forma y del tamaño del orificio del refractario. Esta se verifica cada 8 horas en un formato de chequeo. Formato 1.

- **Presión y tiempo de formar corona.** Es la presión de aire y el tiempo en grados necesario para la formación de la corona del envase. El exceso de tiempo y presión de formar corona provocan fracturas en ella, y la deficiencia del tiempo o presión de formar corona provocan que la corona no se forme adecuadamente. Este se verifica cada 8 horas en un formato de chequeo. Formato 1.

- **Presión y tiempo de sople de vela.** Es la presión de aire y el tiempo en grados necesario para la formación del parison el cual determina la distribución del vidrio en el envase. Deficiencia o exceso de presión o tiempo de sople de vela provocan mala distribución del vidrio por lo cual aparecen partes delgadas en el cuerpo o en el fondo del envase. Este se verifica cada 8 horas en un formato de chequeo. Formato 1.

- **Presión y tiempo de sople final.** Es la presión de aire y tiempo en grados necesario para dar la forma final del envase. El exceso de tiempo o presión de sople final provocan fracturas en el cuerpo o defectos de apariencia. La falta de tiempo o presión de sople final provocan que no se forme bien el envase. Este se verifica cada 8 horas en un formato de chequeo. Formato 1.

- **Diferencia de peso.** El peso del envase es la variable clave en el proceso ya que de el peso de la porción del vidrio depende la capacidad del envase puesto que el equipo de moldeo está diseñado para un peso específico.

El peso se controla mediante una gráfica de promedios y rangos la cual se lleva continuamente, calculándose sus límites de control cada 8 horas. Ejemplo 1. Gráfica 4.

FORMATO 1




VIDRIERA MEXICO, S.A. DE C.V.

FABRICACION PERFUMERA  
 REPORTE ENTREGA DE TURNO

VITRO ENVASES DE VIDRIO

FECHA: 20 de enero de 1996 MAQUINA: 51  
 NOMBRE MOLDURA: Tequila mini CODIGO: 7146093  
 DEFECTIVO PROMEDIADO: 9.6 % DEFECTOS PRINCIPALES: 1. Fuera de verticalidad  
 GRASA: 1.0 % BURBUJA: 1.9 % 2. Corona estrellada  
 ROTA: 0.5 % P. NEGROS: - % 3. Descalibrada de diametro T  
 CAIDA: - % BETA: - % 4.  
 CAUSAS DE PARO DE MAQUINA O SECCIONES PARADAS

VELOCIDAD DE LA MAQUINA: 45 C.P.M. NOMBRE SUPERVISOR: Manuel Zuniga  
 TEMPERATURA DE VELA: 1135 GRADOS C. FIRMA:   
 PESO: 265 y- 2 GRS.

CONDICIONES DE OPERACION				ENTRA	CORTA
A. GRAL.	40	LBS.	T.F. COR	30	50
P.F.C.	30	LBS.	T.S.V.	90	160
P.S.V.	35	LBS.	T.S.F.	340	120
P.S.F.	25	LBS.	T.S.A.F.	250	80

### Ejemplo 1.

En la fabricación de envases de vidrio la capacidad del envase esta en relación al peso de la porción de vidrio. En la fabricación de una sodera estándar se toman muestras cada 15 minutos durante el turno de 8 horas.

Construir la carta de control para la media y el rango.

Se tiene:

$$A2 = 0.7285$$

$$D3 = 0$$

$$D4 = 2.2822$$

$$\bar{X} = 325.07$$

$$R = 1.4$$

Promedios.

$$LCS = \bar{X} + A2 \bar{R}$$

$$LCS = 325.07 + (0.7285)(1.4) = 326.09$$

$$LC = \bar{X} = 325.07$$

$$LCI = \bar{X} - A2 \bar{R}$$

$$LCI = 325.07 - (0.7285)(1.4) = 324.05$$

Rangos

$$LCS = D4 \bar{R} = (2.2822)(1.4) = 3.19$$

$$LC = \bar{R} = 1.4$$

$$LCI = D3 \bar{R} = (0)(1.4) = 0$$



## Templadores.

El envase ya formado sale de las máquina a una temperatura de 350 o C a 400 oC y es llevado mediante bandas transportadoras al templador para quitar los esfuerzos del vidrio. Alcanzando una temperatura de 550 oC dentro del templador, saliendo a una temperatura de 150 oC . A la salida del templador se encuentra una serie de ventiladores que enfrían el envase de 110 oC a 90 oC para aplicarle el tratamiento superficial el cual es indispensable para que el envase no se talte y tenga buen deslizamiento en su manejo ya sea en la línea de revisión ó en la línea de decorado. El tratamiento solo se adhiere al envase a esta temperatura y puede ser externo e interna y externa.

Se llevan a cabo dos gráficas de control de promedios y rango para controlar la temperatura a la salida del templador (gráfica 5 ) y la aplicación del tratamiento superficial (gráfica 6 ).

El tratamiento superficial debe ser de 5 oC a 15 oC y se mide en un aparato especial el cual determina el ángulo en el cual se empieza a deslizar el envase .

La falta de tratamiento superficial provocn que el envase se talte en el manejo y el exceso del tratamiento superficial provoca que el envase se manche.







VIDRIERA MEXICO, S.A. DE C.V.

VITRO ERRABES

## GRAFICA DE CONTROL PARA DESVIACIONES Y RANGOS

AREA DE TRABAJO	OPERARIO A CONTROLAR	OBJETIVO	INDICADOR
LABORATORIO	V. 10	10	51
FECHA DE INICIO	LC DEVI	LC RANGOS	
10-X-50	5	3.6	7.71

Definición de los tipos de defectos:

Definición de los tipos de defectos:

A Defecto de Tipo A

B Defecto de Tipo B

C Defecto de Tipo C

D Defecto de Tipo D

E Defecto de Tipo E

F Defecto de Tipo F

G Defecto de Tipo G

H Defecto de Tipo H

I Defecto de Tipo I

J Defecto de Tipo J

K Defecto de Tipo K

L Defecto de Tipo L

M Defecto de Tipo M

N Defecto de Tipo N

O Defecto de Tipo O

P Defecto de Tipo P

Q Defecto de Tipo Q

R Defecto de Tipo R

S Defecto de Tipo S

T Defecto de Tipo T

U Defecto de Tipo U

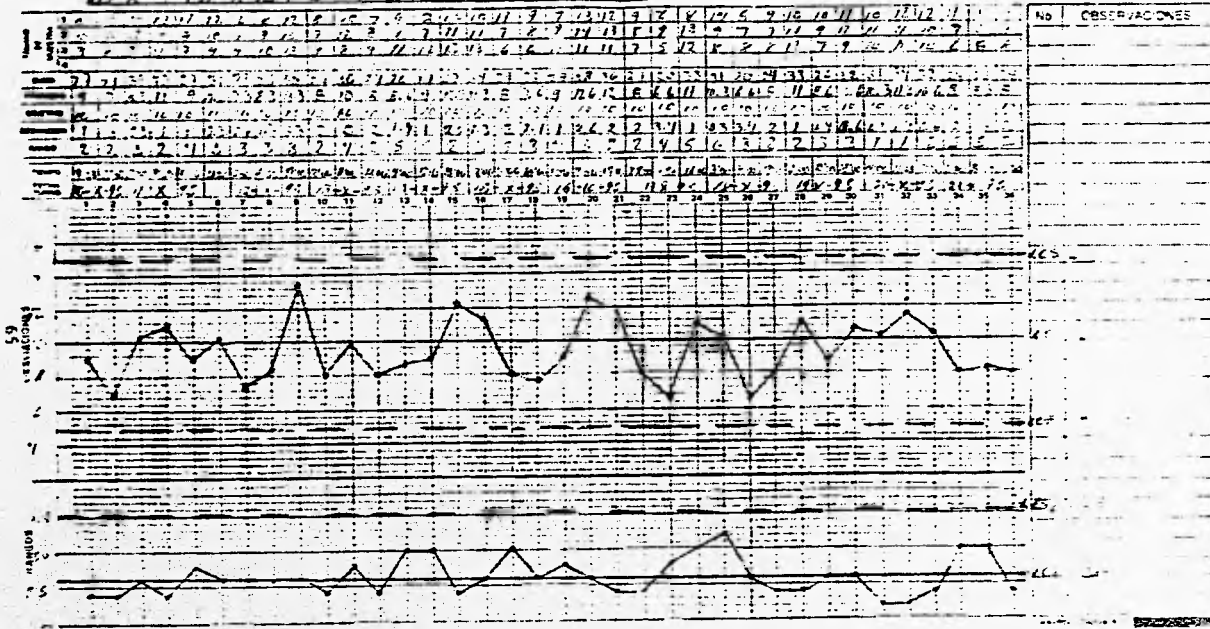
V Defecto de Tipo V

W Defecto de Tipo W

X Defecto de Tipo X

Y Defecto de Tipo Y

Z Defecto de Tipo Z



GRAFICA 6

Muestreo de aceptación .

El muestreo de aceptación utilizado en esta planta se basa en la norma MILITARY STANDAR 105D. Se utilizan los niveles de calidad aceptable establecidos con cada unos de los clientes y el tipo de inspección a realizar. Siendo la más frecuente la inspección normal .

La liberación de los lotes aceptados son llevados a la bodega de productos terminados.

Los lotes rechazados son llevados a una segunda revisión en la cual se revisa al 100% la producción de ese lote y se vuelve a aplicar el muestreo de aceptación establecido.

El control del muestreo de aceptación se lleva a cabo mediante un formato de inspección (formato 2), en el cual se determina el tamaño del lote el tamaño de la muestra y el número de unidades con defectos con el que se acepta o se rechaza el lote.

**EJEMPLO:**

Se tiene un lote de 4600 unidades de un tarro standar de 100 ml. sometido a la aceptación con un nivel general de inspección II y un nivel de calidad aceptable de 1.5 % de unidades defectuosas bajo inspección reducida .

Datos:

Plan doble

$N = 4600$

Nivel de inspección II

Inspección reducida

$AQL = 1.5$

De tablas:

$N = 3201 - 10,000$

Nivel II letra L.

$n1 = 50$        $n1 + n2 = 100$

$c1 = 1$        $c2 = 4$

$r1 = 5$        $r2 = 7$

Primera inspección con 50 unidades.

Si  $c1 < o = 1$  se acepta lote

Si  $r1 > o = 5$  se rechaza lote

Si  $c1 > 1 < 5$  se toma una segunda muestra de 50 unidades haciendo un total de 100

Si  $c2 < o = 4$  se acepta lote

Si  $r2 > o = 7$  se rechaza lote



En los departamentos de servicio a fabricación se lleva un formato de control de variables que manejan en las cuales realizan gráficas de Pareto para encontrar áreas de oportunidad de mejora para la corrección y prevención de problemas (ejemplo 2).

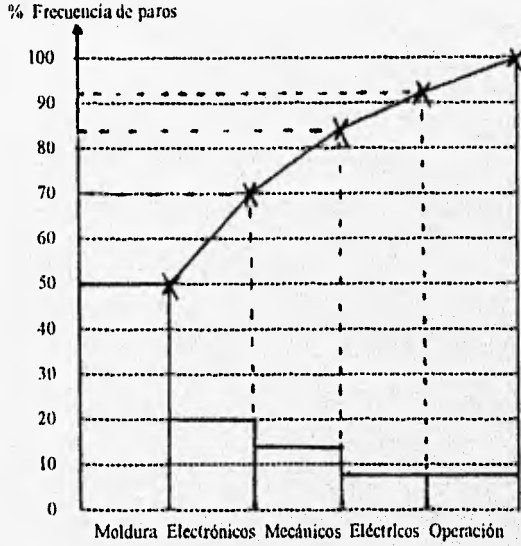
PROCESO	VARIABLE CLAVE	TÉCNICAS UTILIZADAS
Mto. de moldura	Tiempo muerto	Hoja de chequeo, Pareto
Mto. eléctrico	Tiempo muerto	Hoja de chequeo, Pareto
Mto. mecánico	Tiempo muerto	Hoja de chequeo, Pareto
Mto. electrónico	Tiempo muerto	Hoja de chequeo, Pareto
Mto. Máq. I.S.	Tiempo muerto	Hoja de chequeo, Pareto

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Ejemplo 2.

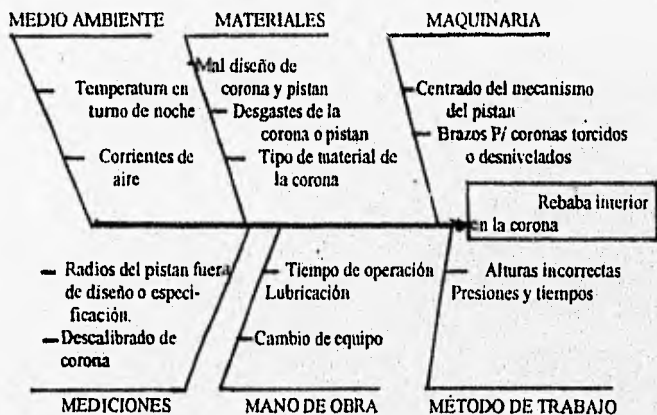
Se analizó el problema de paros continuos en la línea de producción buscando las causas principales obtenidos los siguientes resultados:

60 Paros al mes	% Frecuencia de paros
30 Paros por molduras	50
12 Paros por electrónicos	20
08 Paros por mecánicos	13.3
05 Paros por eléctricos	8.3
05 Paros por operación	8.3



DEPARTAMENTOS.

Se tiene problema con el defecto de rebaba interior en la corona que es un defecto crítico, se hizo un estudio para identificar las causas que puedan provocar este defecto para eliminarlo. Se desarrollo un diagrama causa-efecto.



En el estudio de las gráficas mostradas se aprecia que las variables claves del proceso de fabricación de envases de vidrio se encuentran dentro de los límites de control, lo cual indica que nuestro proceso está estable y que se están fabricando productos que satisfacen los requerimientos del cliente.

Sin embargo podemos ver que en la gráfica 4 departamento de formación del envase, donde la variable a controlar es el peso, hay 5 puntos fuera de los límites de control, esta variación puede ser ocasionada por varios factores y es donde se encuentra la oportunidad para determinar cuál fue la causa de esta variación, que fue lo que cambió para que el peso del envase saliera de los límites de control y tomar las acciones correctivas y preventivas para mantener esta variable bajo control.

En la gráfica 5 departamento de templadores, donde la variable a controlar es la temperatura del envase a la salida del templador, se ve que los límites de control están muy abiertos, ya que el proceso está muy bien controlado, lo que nos permite hacer el cálculo para obtener los límites de control más cerrados y tener bien controlada esta variable.

Las gráficas de control nos ayudan a identificar claramente cómo se está llevando a cabo el control del proceso y determina los puntos en los que se desestabiliza el proceso y nos da la oportunidad de encontrar la solución rápidamente.

## 6.0 CONCLUSIÓN

La calidad es el camino a seguir para que una empresa siga en el mercado nacional e internacional. Las propuestas de calidad coinciden en que la responsabilidad del cambio y mantener siempre un sistema de control de calidad, dependen de la dirección. La cual debe involucrar a todo el personal que contribuye al proceso de elaboración del producto. Desde la dirección, hasta gente de línea y gente de ventas.

La funcionalidad del control de calidad depende del trabajo en equipo y la relación interdepartamental que exista para la realización de círculos de calidad y poder realizar mejoras continuas.

El mejoramiento de la calidad esta relacionada con los gastos, ya que reduce costos y aumenta productividad.

La calidad de los productos dependen de la estabilidad del proceso, mientras tengamos el proceso bajo control tendremos la seguridad de que el producto cumplir con los requerimientos del cliente.

Con el control estadístico del proceso en las variables claves mantendremos la uniformidad de la calidad de los productos elaborados, y cuando no se esté cumpliendo con los requerimientos del cliente nos da la oportunidad de saber que variable es la que provoca que nuestro proceso este fuera de control, para tomar las medidas correctivas y preventivas necesarias.

Es recomendable implantar el control estadístico en todos los procesos que intervienen en la elaboración de un producto, con lo cual tendremos conocimiento del comportamiento del proceso y las desviaciones que provocan la deficiente calidad de los productos.



**7.0. BIBLIOGRAFÍA.**

**J. M. JURAN**  
**JURAN Y LA PLANIFICACIÓN PARA LA CALIDAD**  
**EDITORIAL DÍAZ DE SANTOS 1990**

**W. EDWARD DEMING**  
**CALIDAD, PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD**  
**EDITORIAL DÍAZ DE SANTOS 1989**

**KARU ISHIKAWA**  
**QUE ES EL CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD**  
**EDITORIAL NORMA 1985**

**OTT, ELLIS R.**  
**CONTROL DE LA CALIDAD DE PROCESOS**  
**EDITORIAL MCGRAW HILL 1975**

**KENNETH L. CHAPMAN**  
**MANUAL CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO**  
**EDITORIAL INDEPENDIENTE 1993**