

55

2er.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

CALIDAD EN LAS ORGANIZACIONES
(EMPRESAS E INSTITUCIONES):
"SISTEMA DE CALIDAD PARA UNA INDUSTRIA
DE MUEBLES DE MADERA"

TRABAJO DE SEMINARIO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A

CARLOS ALBERTO HERRERA GUZMAN

ASESOR: M.C. FRIDA MARIA LEON RODRIGUEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. MEX.

1998

264522

**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
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

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

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTTLAN
PRESENTE.

AT'N: Q. MA. DEL CARMEN GARCIA MIJARES
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautilán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:
Calidad en las Organizaciones (Empresas e Instituciones):
"Sistema de Calidad para una Industria de Muebles de Madera"

que presenta el pasante: Carlos Alberto Herrera Guzman,
con número de cuenta: 8909203-5 para obtener el Título de:
Ingeniero Mecánico 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"

Cuautilán Izcalli, Edo. de México, a 11 de Junio de 1998

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>I, II</u>	<u>Ing. Juan de la Cruz Hernández Zamudio</u>	<u>[Firma]</u>
<u>II</u>	<u>Ing. Juan Rafael Garibay Bermúdez</u>	<u>[Firma]</u>
<u>IV</u>	<u>Ing. Jorge de la Cruz Trejo</u>	<u>[Firma]</u>

DEDICO ESTE TRABAJO A MIS PADRES:

**POR TODO EL APOYO RECIBIDO PARA LA CULMINACION DE
MI CARRERA.**

A MI HERMANO:

POR LA TODA AYUDA RECIBIDA.

GRACIAS.

INDICE.

1.-	Introducción	1
1.1	Calidad en la época artesanal	1
1.2	Calidad a partir de la época industrial	2
1.3	México y el sistema administrativo del control total de calidad	13
2.-	Objetivos	16
3.-	Desarrollo de un sistema de calidad en la industria de muebles de madera	17
3.1	Diseño	17
3.1.1	Calidad del diseño	17
3.1.2	Definición del producto	17
3.1.3	Requisitos externos	18
3.1.4	Requisitos internos	20
3.1.5	Definición de tolerancias dimensionales y de calidad de la pieza	21
3.2	Fabricación	24
3.2.1	Calidad de fabricación	24
3.2.2	Humedad de la madera	24
3.2.3	Sierra tronzadora o radial	25
3.2.4	Cepilladora	25
3.2.5	Regruesadora	26
3.2.6	Sierra circular	26
3.2.7	Tupi	27
3.2.8	Moldurera, 4 caras	27

3.2.9 Sierra múltiple	27
3.2.10 Escopleadora	27
3.2.11 Taladro múltiple	28
3.2.12 Espigadora	28
3.2.13 Encoladora	29
3.2.14 Prensa	29
3.2.15 Despiezadora de tableros	30
3.2.16 Chapeadora de cantos	30
3.2.17 Acabados	31
3.2.18 Control de acabados	31
3.2.19 Pistolas pulverizadoras	32
3.2.20 Cortina y rodillos barnizadores	32
3.2.21 Condiciones de secado	32
4.- Calibración	33
5.- Control estadístico del proceso	40
5.1 Fundamentos estadísticos	43
5.2 Control de calidad en los procesos de fabricación	56
5.3 Gráficas de control	58
5.3.1 Gráficas de control en procesos por variables	62
5.3.2 Gráficos S o R: gráficos de control para la dispersión del proceso	64
6.- Acciones correctivas	68
6.1 Desarrollo del proceso	68
6.1.1 Solicitud de acciones correctivas	68
6.1.2 Puesta en marcha de acciones correctoras	69

6.1.3	Seguimiento y cierre	70
6.1.4	Control de acciones correctoras	70
6.1.5	Responsabilidades	71
6.1.6	Anexos	71
7.-	Compras	73
7.1	Evaluación de proveedores	73
7.2	Gestión de compras	76
7.3	Recepción de materias primas	77
7.4	Materias primas no conformes	79
7.5	Responsabilidades	79
8.-	Control de documentación	82
8.1	Documentación emitida por la empresa	86
	Conclusiones y comentarios	89
	Bibliografía	90
	Anexos y tabla de area bajo la curva	

1.-INTRODUCCION

Cuando se dice que algo tiene calidad, esta expresión designa entonces un juicio positivo con respecto a las características del objeto. El significado del vocablo calidad, en este caso pasa a ser equivalente al significado de los términos excelencia, perfección etc.

El concepto de perfección durante la edad media era tal, que se consideraba como obra perfecta, sólo aquella que no tenía ningún defecto. La presencia de uno de estos, por pequeño que fuera, era suficiente para calificar a la obra como imperfecta.

Se ha acostumbrado hablar de perfección en relación con las mejores expresiones culturales, como son las obras maestras de arte en cualquiera de sus manifestaciones: arquitectura, pintura, música, literatura, etc. Ultimamente, sin embargo, los términos perfección y calidad se aplican cada vez con mayor frecuencia a los productos que son resultados de las actividades de manufactura. debido, sobre todo, a la importancia que esta actividad comenzó a tener desde la transformación industrial y, sobre todo, en la actualidad.

1.1 CALIDAD EN LA EPOCA ARTESANAL.

Los trabajos de manufactura en la época pre-industrial, como eran prácticamente labores de artesanía, tenía mucho que ver con la obra de arte. El artesano ponía todo su empeño en hacer lo mejor posible cada una de sus obras, cuidando incluso que la presentación del trabajo satisficiera los gustos estéticos de la época, puesto que de la perfección de su obra dependía su prestigio artesanal.

El juicio acerca de la calidad del producto tenía entonces como base la relación personal, que se establecía entre el artesano y el usuario. Cuando alguien necesitaba un producto, como podría ser una herramienta o un determinado vestido o traje, exponía sus necesidades al fabricante, quien lo elaboraba de acuerdo con los requerimientos establecidos por el cliente. Como eran los trabajos hechos a la medida, el productor sabía de inmediato si su trabajo había dejado satisfecho al cliente o no.

1.2 CALIDAD A PARTIR DE LA EPOCA INDUSTRIAL

Con el advenimiento de la era industrial esta situación cambio. El taller cedió su lugar a la fabrica de producción masiva, bien fuera de artículos terminados o bien de piezas que iban a ser ensambladas en una época posterior de producción y que, por consiguiente, eran reemplazables.

El cambio del proceso de producción trajo consigo cambios en la organización de la empresa. Como ya no era el caso de un operario que se dedicara a la elaboración de un artículo, fue necesario introducir en las fabricas procedimientos específicos, para atender la calidad de los productos fabricados en forma masiva. Dichos procedimientos han ido evolucionando, sobre todo, durante estos últimos tiempos: lo cual ha sido a su vez, ocasión para que se pusieran de relieve determinados matices involucrados en el concepto de calidad.

En este proceso de evolución se distinguen cuatro diferentes etapas;

- 1.- La etapa en que se cuida la calidad de los productos mediante un trabajo de inspección;

- 2.- La etapa indicativa de que la atención a la calidad exige observación del proceso a fin de mejorarlo;
- 3.- La etapa en la que, además del mejoramiento del proceso, se percibe la necesidad de asegurar el mejoramiento introducido;
4. Y, finalmente, la etapa en la que la administración misma, redefine su papel con el propósito, de que la calidad del producto sea la estrategia a emplear para tener éxito frente a los competidores

A continuación se describen brevemente cada una de estas de etapas

Primera etapa.

El control de la calidad por medio de la inspección

Esta etapa, coincide con el periodo en el que comienza a tener mucha importancia la producción de los artículos en serie. Ante esta situación era necesario ver si el artículo, al final de la línea de producción, resultaba apto o no, para el uso al que estaba destinado; por eso, en las fábricas se dio la conveniencia de introducir un departamento especial a cuyo cargo estuviera la tarea de inspección. A este nuevo organismo se le denominó departamento de control calidad.

Según *Frederick W. Taylor*. El iniciador de la administración científica, dice que toca a la administración definir la tarea de los operarios y especificarles el procedimiento y la relación que debe darse entre tiempos y movimientos. La tarea de control de calidad compete a los supervisores.

G. S. Radford, en su obra de *The Control of Quality in Manufacturing*. Afirma que la inspección tiene como propósito examinar de cerca y en forma crítica el trabajo para comprobar su calidad y detectar los errores; una vez que han sido identificados: personas especializadas en la materia deben ponerles remedio. Lo importante es que el producto cumpla con los estándares establecidos, porque el comprador juzga la calidad de los artículos tomando como base su uniformidad, que es resultado de que el fabricante se ajuste a dichas especificaciones.

La inspección no solo se debe llevar a cabo en forma visual, sino además con ayuda de instrumentos de medición. Radford propone métodos de muestreo como ayuda para llevar a cabo el control de calidad, mas no fundamenta sus métodos en la estadística: habla, además, de cómo debe organizarse el departamento de inspección.

No obstante los elementos visionarios contenidos en el trabajo y su adelanto que significaba introducir en la organización un departamento dedicado al control de calidad, en esta época todavía no se consideraban tareas de este departamento descubrir las causas de los problemas. En la década siguiente se dio este paso con el propósito de la redefinición del papel, que en una empresa deben desempeñar los profesionales de la calidad.

Segunda etapa.

El control estadístico de la calidad.

Los trabajos de investigación llevados a cabo en la década de los treinta, por Bell Telephone Laboratories fueron el origen de lo que actualmente se denomina control estadístico de la calidad.

A este grupo de investigadores pertenecieron, entre otros *W. A. Shewhart, Harold Dodge, Harry Roming* y, mas tarde, *G.D. Edwards* y *Joseph Juran*, quienes con el tiempo iban a ser figuras prominentes de las bases de la calidad.

En 1931, *W. A. Shewhart* publica su libro *Economic Control of Quality of Manufactured Product*, que signifioco un avance definitivo en el movimiento hacia la calidad. El autor proporciona una definición precisa del control a efectuarse en el proceso de manufactura, desarrolla técnicas eficaces para monitorear y evaluar día a día la producción, al mismo tiempo que propone diversas formas para mejorar la calidad.

Shewhart, fue el primero en reconocer que en toda producción industrial se da variación en los procesos. Esta variación debe ser estudiada con los principios de la probabilidad y la estadística. Observo que no pueden producirse dos partes con las mismas especificaciones, lo cual se debe, entre otras cosas, a las diferencias que se dan en la materia prima, a las diferentes habilidades de los operadores y a las condiciones en que se encuentra el equipo. Mas aún, se da variación todavía en las piezas producidas por un mismo operador y con la misma maquinaria.

La administración, debe de tomar en cuenta este hecho, relacionado íntimamente con el problema de calidad. No se trata de suprimir la variación, *esto resulta prácticamente imposible*. sino de ver qué rango de variación es aceptable sin que se originen problemas. El análisis expuesto tuvo su origen en el concepto de control estadístico de *Shewhart*.

Se dice que un fenómeno es controlado cuando, con base en experimentos anteriores, podemos predecir, al menos dentro de ciertos limites, como esperamos

que el fenómeno va a variar en el futuro. Esta predicción significa que podemos establecer, en forma al menos aproximada, la probabilidad con la que el fenómeno observado se va a dar dentro de ciertos límites.

Teniendo en cuenta los conceptos anteriores, *Shewhart* desarrollo técnicas estadísticas sencillas para determinar dichos límites y gráficas de control en las que se pudiera presentar los resultados.

Mientras *Shewhart* proseguía su trabajo con respecto al control del proceso, otros investigadores de la misma compañía, principalmente *Harold Dodge* y *Harry Roming*, avanzaban en la forma de llevar acabo la practica de muestreo, que es el segundo elemento importante del control estadístico del proceso.

Las técnicas de muestreo, parten del hecho de que en una producción masiva es imposible inspeccionar todos los productos, para diferenciar los productos buenos de los malos. De ahí la necesidad de verificar un cierto numero de artículos entresacados de un mismo lote de producción, para decidir sobre esta base si el lote entero es aceptable o no.

Sin embargo, esta forma de proceder incluye riesgos: debido a defectos de unas cuantas muestras, se puede rechazar todo un lote de producción de calidad aceptable, como también se puede pasar por bueno un lote que en realidad debería ser rechazado. Los investigadores, que consideraron este problema como riesgo del productor y del consumidor, desarrollaron también algunas técnicas para solucionarlo.

La participación de los Estados Unidos en la segunda guerra mundial y la necesidad de producir armamentos en grandes cantidades, fue la ocasión para que se aplicaran con mayor amplitud los conceptos y técnicas de control estadístico de la calidad.

En diciembre de 1940, el Departamento de Guerra de Estados Unidos, forma un comité para establecer estándares de calidad. Dicho departamento se enfrento con el problema de determinar los niveles aceptables de calidad de las armas e instrumentos estratégicos proporcionados por diferentes proveedores. Se presentaron alternativas: o se daba un entrenamiento masivo a los contratistas, o bien, se desarrolla un método de procedimientos de aceptación mediante un sistema de muestreo a ser aplicado por inspectores del gobierno. Se opto por esta segunda forma de proceder; y en 1942 el Departamento de Guerra estableció la sección de control de calidad, organismo en que ocuparon puestos relevantes algunos especialistas en estadística de la compañía Bel Telephone Laboratories.

Este grupo desarrollo pronto, un conjunto de tablas de muestreo basadas en el concepto de niveles aceptables de calidad. En ellas se determinaba el máximo porcentaje de defectos que se podía tolerar para que la producción de un proveedor pudiera ser considerada satisfactoria.

A finales de la década de los cuarenta, el control de la calidad era ya de la enseñanza académica. Sin embargo, se le consideraba únicamente desde el punto de vista estadístico y se creía que el ámbito de su aplicación se reducía, en la practica, al departamento de manufactura y producción.

Tercera etapa.

El aseguramiento de la calidad.

Esta tercera etapa se caracteriza por dos hechos fundamentales: 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 en Japón.

Antes de la década de los cincuenta, la atención se había centrado en el control estadístico del proceso, ya que en esta forma era posible tomar medidas adecuadas para prevenir los defectos. Este trabajo se considera responsable de los estadísticos.

Sin embargo, era necesario que quedara asegurado el mejoramiento de la calidad lograda; lo cual significaba que había que desarrollar profesionales dedicados al problema del aseguramiento de la calidad y que, mas aún, había que involucrar a todos en el logro de la calidad. Todo lo cual requería un compromiso mayor por parte de la administración.

Ciertamente, se era consciente de que el producto defectuoso incidía en los costos de producción, pero ¿hasta qué grado? La inversión hecha para asegurar la calidad ¿Quedaría justificada por el ahorro que significaba evitar el producto defectuoso? Tales eran, en el fondo, los problemas que se planteaban al inicio de esta nueva época del desarrollo del movimiento hacia la calidad.

Cuatro son ahora los autores más importantes que figuran; *Edward Deming, Joseph Juran, Armand Feigenbaum y Philip B. Crosby.*

Deming pone en relieve la responsabilidad de que la alta gerencia tiene en la producción de artículos defectuosos. *Juran* investiga los costos de la calidad. *Feigenbaum*, por su parte, concibe el sistema administrativo como coordinador, en la compañía, del compromiso de todos en orden al logro de la calidad. *Crosby* es el promotor del movimiento denominado cero defectos.

Edward Deming ocupa un lugar preponderante en el movimiento hacia la calidad debido, sobre todo, 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 justamente 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, lo cual le va a permitir permanecer en el mundo de los negocios conservando así las fuentes de trabajo para sus empleados. Hacer este cambio en el sistema es tarea de la alta gerencia.

Dado que la alta gerencia es responsable del sistema y puesto que gran parte de los productos defectuosos se derivan del sistema mismo, la alta gerencia, y no los trabajadores, es responsable en mayor medida de los productos defectuosos (85%). Si la alta gerencia quiere cumplir con la responsabilidad que le compete en esta época de gran competitividad, debe llevar a cabo determinadas acciones. LOS CATORCE PUNTOS de DEMING que le van a permitir hacer el cambio del sistema. El planteamiento de *Deming* se publicó en su obra *Quality, Productivity and Competitive Position*, editada en 1982.

Joseph Juran, en su libro *Quality Control Handbook* editado en 1951, trató el tema de los costos de la calidad y de los ahorros substanciales que los administradores podrían lograr si atendían inteligentemente el problema. Estos ahorros los compara el autor con el oro de una mina que es necesario saber explotar. 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 relacionados con los productos defectuosos, como son el material de desecho, las horas invertidas en reparaciones, en retrabajo 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. Se estaría explotando el oro contenido en la mina. 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 que va a repercutir grandemente en los costos de fabricación del artículo y en la aceptación que él artículo va a tener entre los consumidores.

En 1956, *Armand Feigenbaum* en su libro *Total Quality Control*, propone por primera vez el concepto **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 este 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.**

Tanto *Juran* como *Feigenbaum* señalan la necesidad de contar con nuevos profesionales de la calidad que reúnan conocimientos estadísticos y habilidades administrativas; expertos en ingeniería de control de calidad, que sepan planear la calidad a alto nivel, coordinar las actividades de otros departamentos, establecer estándares de calidad y proporcionar mediciones adecuadas.

Philip B. Crosby está ligado con la filosofía conocida como cero defectos, que se experimentó en la *Martin Company*, fábrica de los misiles *Pershing*. El hecho de haber podido entregar en cabo *Cañaveral* uno de estos artefactos el 12 de diciembre de 1961 sin ningún defecto y el haber podido entregar otro en febrero de 1962 también sin ningún defecto, pero este ya último como resultado de una petición expresa de la administración a los trabajadores en este sentido, hizo caer en la cuenta a los directivos de esta compañía, que cuando la administración pide perfección, esta se da. Si no se da la perfección en un trabajo, esto se debe a que la administración o no la exige o los trabajadores no tienen la intención de darla.

Dicho razonamiento permitió ver la importancia que tiene motivar a los trabajadores y hacerlos conscientes de que puede hacer su labor sin ningún defecto.

El programa se denomina cero defectos y se distinguió por el énfasis que se puso en hacer conscientes la importancia del programa, a quienes iban a participar en él y en motivarlos.

Cuarta etapa.

La calidad como estrategia competitiva.

En las dos últimas décadas, a tenido lugar un cambio muy importante en la actitud de la alta gerencia con respecto a la calidad debido, sobre todo, al impacto que, por su calidad, precio y confiabilidad, han tenido los productos japoneses en el mercado internacional.

Se trata de un cambio profundo en la forma en que la administración concibe el papel que desempeña la calidad actualmente en el mundo de los negocios. Si en épocas anteriores se pensaba que la falta de calidad era perjudicial a la compañía, ahora se valora la calidad como la estrategia fundamental, para alcanzar competitividad y, por consiguiente el valor más importante que debe presidir las actividades de la alta gerencia.

La calidad no pasa ha ser estrategia competitiva, solo porque se apliquen métodos estadísticos para controlar el proceso: como tampoco lo es por el hecho de que todos se comprometan a elaborar productos sin ningún defecto, pues de esto nada serviría sino hay mercado para ellos. La calidad pasa ha ser estrategia de competitividad en el momento en el que la alta gerencia toma como punto de partida para su planeación estratégica, los requerimientos del consumidor y la calidad de los productos de los competidores. Se trata de planear toda la actividad de la empresa, en tal forma de entregar al consumidor artículos que respondan a sus requerimientos y que tengan una calidad superior a la que ofrecen 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. La experiencia que las empresas japonesas han tenido en la implantación de un sistema administrativo enfocado al logro de la calidad, han contribuido en gran medida a visualizar cuales deben ser estos cambios y, por consiguiente, a comprender los pasos ha dar para lograr que la calidad llegue ha ser la estrategia competitiva por excelencia.

1.3 México y el sistema administrativo del control total de calidad.

La filosofía administrativa que busca la productividad con estrategia de calidad, se introduce a México en la década de los ochenta, debido principalmente a los siguientes factores:

- a) Varias compañías multinacionales, especialmente en la rama automotriz, comenzaron a exigir a sus filiales mexicanas llevar control estadístico de la calidad. Esto obligo a la alta gerencia de dichas compañías, a comprometerse con el sistema administrativo de control de calidad y, por consiguiente, a exigir evidencia estadística de calidad a las compañías proveedoras de los componentes nacionales de la industria automotriz. De esta forma, empresas estrictamente mexicanas han adoptado el nuevo sistema administrativo.
- b) La industria maquiladora, ha contribuido también a que la estrategia de la calidad se extienda, pues la maquila opera sistemas muy precisos de calidad; lo cual ha requerido una formación especial del personal que trabaja con la maquila y ha contribuido a la divulgación de los nuevos conceptos relacionados con la estrategia de calidad.

- c) Empresas mexicanas, debido a la crisis económica que a partir de 1982 enfrenta el país, han visualizado la necesidad de exportar para sobrevivir: por esto han buscado la forma de ser verdaderamente competitivas a nivel internacional y han recurrido al sistema administrativo de control total de calidad.

En la introducción de la estrategia de la calidad, la industria mexicana ha seguido básicamente 2 modelos:

- Algunas empresas han optado por recurrir a la consultoría extranjera en esta materia.
- Otras, en cambio, han ido asimilando, poco a poco, la nueva filosofía y han generado ellas mismas, etapa por etapa, los cambios de mentalidad y de estrategia implicados en el sistema administrativos del control total de calidad.

La nueva filosofía administrativa, ha sido también objeto de estudio y de investigación, por parte de los centros universitarios.

Merece mención especial, el Centro de Calidad del Tecnológico de Monterrey, fundado en 1982, con el propósito de investigar, diseñar y promover modelos de calidad especialmente adaptados a las empresas mexicanas, con el fin de que estas acrecienten su capacidad competitiva tanto a nivel nacional, como en el ámbito de exportación.

Los empresarios mexicanos, en general, tienen cada día mayor conciencia de la necesidad de operar un cambio de mentalidad a favor de la calidad de los productos y servicios que ofrecen. Eso se pone de manifiesto en el hecho de que los conceptos

de calidad y competitividad afloran cada vez mas en la mayoría de los eventos de diversas organizaciones profesionales.

Algunas de las organizaciones que han surgido últimamente para promover el sistema administrativo de control de calidad son las siguientes:

- La Asociación de Ex-becarios AOTS México-Japón A.C., que tiene como objetivo extender en nuestro país los conocimientos adquiridos durante su estancia en Japón y promover el intercambio de experiencia en el área del control total de calidad entre ambos países.
- La Fundación Mexicana para la Calidad Total A.C., que integra a organizaciones publicas y privadas, instituciones de educación superior y sindicatos comprometidos con la calidad. Esta Fundación tiene como propósito *Generar, recopilar y divulgar conocimientos, tecnología y experiencias acordes con nuestro medio en materia de calidad, productividad y calidad de vida en el trabajo, con el propósito de impulsar a las organizaciones a superarse y ser autosuficiente en materia da calidad productividad y así contribuir al desarrollo nacional.*
- La decisión de empresarios de Monterrey de establecer un organismo que coordine los esfuerzos de las diversas empresas a favor de la calidad. Esta decisión ha cristalizado en la organización denominada Consejo de Calidad Metropolitana A. C. Fundado apenas en 1988.

2.- OBJETIVOS.

Para lograr productos de calidad, los fabricantes deben tener una orientación cliente/mercado, estableciendo una relación adecuada entre calidad y precio de los productos, tener una fuerza de trabajo bien adiestrada y motivada. Y un sistema de administración de la calidad firmemente establecida. Además, el mercado de consumo, ahora requiere cada vez mas la adopción de sistemas de administración de la calidad reconocidos internacionalmente.

Entre otros objetivos de un sistema de administración de la calidad, cabe mencionar: mayor conciencia de la calidad; claridad en la distribución de responsabilidades; mayor participación de los trabajadores en las metas de la calidad; plena confianza del cliente; mayor eficacia interna; mejor imagen de la empresa y regularidad en la realización de las tareas y calidad del producto.

Objetivos como los anteriormente mencionados, son analizados en el trabajo que a continuación se desarrolla, explicando la estructura y el contenido de los principios de calidad y su administración, para ser aplicados a una industria de muebles de madera.

3.- DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CALIDAD EN LA INDUSTRIA DE MUEBLES DE MADERA.

3.1 DISEÑO

3.1.1 Calidad del diseño: Diseño y calidad son las bases en las que se apoya la industria actual. El mercado ofrece mas cada día nuevos materiales, además cambia constantemente de gustos, de exigencias, ante los que el fabricante debe evolucionar, debe satisfacer esos cambios del consumidor, a la vez probar esos nuevos materiales, buscando cada día, ser más competitivos.

El diseño es el arma que tiene el empresario para evolucionar para desarrollarse, mientras que la calidad es el arma que dispone para organizarse, evitando riesgos innecesarios.

NOTA: La norma ISO 9001 aborda la calidad del diseño y el desarrollo de los productos, estableciendo una serie de pautas para evitar que el diseño sea una aventura de la empresa, evitando riesgos innecesarios.

3.1.2 Definición del producto:

Deben partir de las necesidades del mercado, constatadas a través de estudios de mercado o de la experiencia de los comerciales de la empresa obtenidas a por medio de sugerencias de los clientes.

En esta definición del producto se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

3.1.3 Requisitos externos.

Son los que buscan satisfacer las demandas del mercado.

-Segmentos del mercado donde va dirigido:

Una empresa debe proporcionar producto dentro de un ámbito de mercado característico y actuar exclusivamente dentro de ese ámbito. Los productos deben identificar la empresa y la empresa los productos.

Cada sector de mercado proporciona diferente servicio al cliente. Un sector bajo puede permitir que el producto sea autoarmable, mientras que un sector alto puede exigir su instalación, incluso su mantenimiento.

A este aspecto es también interesante indicar donde realizar la venta, tanto por el tipo de almacenes y tiendas en donde se distribuiría, como su ámbito territorial.

- Nivel del precio del producto:

Cada sector del mercado exige unos precios de los productos.

Un precio excesivamente barato en un sector alto, produce desconfianza del consumidor. Un producto caro, en un sector bajo lo hace inaccesible al comprador.

- Clases de materiales que acepta el sector al que va dirigido:

Este apartado puede ser contraproducente, pues los sectores bajos pueden exigir productos más tradicionales que sectores altos. Antes de sacar cualquier producto al mercado se debe sondear la aceptación de los materiales.

- Formas preferidas por el mercado donde va dirigido:

De igual manera, debe analizar las formas que acepta el sector donde va dirigido el producto. Esto no quiere decir que sea necesario realizar estudios de mercado profundos, en empresas pequeñas basta con la experiencia de la red comercial.

- Colores preferidos.
- Características funcionales:

Se debe conocer perfectamente cuales son las preferencias funcionales que quiere el consumidor acerca del producto. Así, en las ventanas, la funcionalidad puede ser que la ventana sea corredera o abatible a la francesa o abatible vertical. La falta de espacio en los sectores de mercado bajo, puede hacer que la demanda de ventanas se este orientando mas por las correderas que por las abatibles. Lo mismo en puertas.

- Especificaciones exigibles:

Se debe conocer las especificaciones del producto y diseñarlo sobre la base de dichas especificaciones y con el sector del mercado donde se orienta.

Estas especificaciones no solo se refieren a resistencia, sino también son las ergonómicas, dimensionales.

- Fecha de lanzamiento.

En esta fecha también se incluirá las fechas de culminación de cada etapa en el proceso de diseño del producto.

3.1.4 Requisitos internos.

Son los que buscan reducir los costos de fabricación.

- Que el producto pueda fabricarse con los medios de producción disponibles o con inversiones que estén de acuerdo a las perspectivas del producto.
- Costo de fabricación del producto:

La gestión de la calidad vela por los riesgos de la empresa, solo aceptando aquellas soluciones que comporten menos riesgos.

- Compatibilidad y modulación con otros modelos:

La industria comporta la fabricación en serie de los productos, cuanto mayor sea el tamaño de las series mayor será la productividad y más regular será la calidad de los productos. Según esto, lo ideal para una empresa es ofrecer un único modelo de producto, pero el cliente exige diferenciación en los productos, disponer de una alta

gama de alternativas y de acuerdo a ellas elegir.

Para compatibilizar ambos requisitos, el fabricante debe recurrir a la compatibilidad y a la modulación.

La compatibilidad es la posibilidad de que una pieza sirva para varios modelos.

La modulación permite llegar a diferentes modelos combinando varios productos.

La modulación no solo hay que buscarla en el producto final, sino también en cada una de sus piezas. De esta forma se simplifican los posicionamientos de cada maquina, y por tanto los tiempos perdidos y los controles de calidad.

3.1.5 Definición de tolerancias dimensionales y de calidad de la pieza.

La exactitud no existe en términos absolutos, pero tampoco es necesaria. Todas las piezas y cada parte de una pieza admiten una imprecisión de medidas o de calidad, de forma que el error no suponga costos añadidos de elaboración (por necesidad de realizar retoques, o perder tiempos de ajuste durante el armado) ni pérdidas ostensibles de calidad.

Por tanto, es labor del departamento de diseño, establecer la tolerancia de cada pieza que compone el producto.

Estos valores de tolerancia son solo indicativos, el diseñador, en función del destino de la pieza y la función de cada elemento de la pieza debe definir las tolerancias admisibles.

Un ejemplo de todo esto seria, siguiendo el comentario anterior. lo siguiente:

1.- Dimensiones :

Las dimensiones se deben representar en un esquema, junto con la escala que se va a utilizar, con las tolerancias en cada parte de la pieza. Debe destacarse como los

taladros y su situación respecto de la cara y canto superior, se le exige alta precisión, mientras que el resto de las dimensiones, solo precisión para muebles desarmables y partes intercambiables.

2.- De calidad.

Cara y canto externos: Sin defectos.

Contra cara y contra cantos externos: Se admiten defectos de aspecto y de resistencia, que no mermen esta mas de un 25%. Estos defectos pueden ser nudos pequeños, bolsas de resina, azulado, quemaduras de maquinas, marcas de cuchillas, repelo etc.

3.- Análisis de valor:

Realizada la propuesta de diseño del departamento, se somete a su evaluación y mejoramiento al resto de los departamentos, mediante una técnica denominada de análisis de valor por lo cual cada pieza se le analiza en su concepción y en su fabricación para poder optimizarlo al máximo.

Las propuestas aceptadas, se incorporan al nuevo diseño, y se vuelve analizar todos los parámetros que hayan podido analizarse.

4.- Construcción del prototipo:

Después de la evaluación del diseño sobre el plano, se pasa a la evaluación del producto tal como se va a presentar en realidad, analizando todos los problemas que comportan su fabricación, así como el producto final.

Seria muy conveniente analizar el comportamiento de todas las especificaciones establecidas en los requisitos previos, si bien las fabricas no suelen disponer de estos medios, por lo que se recurre a centros de control o se analiza empíricamente.

Al igual que el caso anterior, los defectos que se hayan podido detectar se resuelven, y se incorpora al diseño del producto.

5.- Documentación:

Con el diseño ya aprobado, se completa la documentación para poder fabricar el producto de forma organizada, evitando que puedan surgir problemas tanto de organización como de calidad.

Para ello se deberá elaborar la siguiente documentación:

- Planos definitivos de las piezas, con sus tolerancias dimensionales y de calidad.
- Lay-out de la producción de cada pieza, es decir, el proceso de fabricación de cada pieza.

- Plan de control de fabricación de cada pieza, tanto en control del operario, como el control externo del mismo (departamento de control de calidad).

Toda esta documentación es la base para la elaboración de la hoja de ruta de la producción.

3.2 FABRICACION.

3.2.1 Calidad de fabricación:

La calidad de fabricación se basa, en términos generales, en mecanizar las piezas dentro de los rangos establecidos en el diseño de estas, no causando astillados, marcas de cuchillas o sierras, quemaduras, repelos o cualquier otro defecto de corte. En particular, cada maquina tiene su función, debiendo especificarse como control, que dicha maquina lo realiza de acuerdo con el rango especificado.

3.2.2 Humedad de la madera:

El primer control de fabricación en todos los productos fabricados con madera debe ser la medida de la humedad de la madera.

Esta se realiza por medio de un xilohigrómetro de acuerdo con la norma ISO 9000. La humedad que se exige depende del destino de la madera, por ejemplo para España en interiores de vivienda debe estar comprendida entre un 7 y 10%, para exteriores la humedad puede oscilar entre un 12y 16%.

3.2.3 Sierra tronzadora o radial:

Esta maquina solo realiza un procedimiento en longitud de la madera, porque la inspección se basa en controlar la longitud de la pieza, dejando una tolerancia muy amplia, de alrededor de 20 mm en exceso. El control de fabricación se basaría en medir la longitud de la pieza, con un metro graduado en mm y comprobar que se ajusta a lo establecido.

El control de longitud se debe realizar en cuatro medidas, 2 en cada cara, de forma paralela a las aristas y próximas a ellas.

También, como el resto de las maquinas se debe comprobar si la sierra produce astillamientos, quemaduras, marcas de dientes o cualquier otro defecto.

3.2.4 Cepilladora:

Esta maquina realiza un plano de referencia y normalmente un canto a escuadra. El control se basa en comprobar la planitud de dicha cara, por lo que en la propia mesa de maquina se debe situar la cara realizada, sin ningún tipo de presión, comprobando que no existe ningún tipo de separación con respecto de la mesa superior a lo establecido, haciendo pasar una galga por el hueco entre madera y mesa.

Debe hacerse especial comprobación en los extremos de las piezas, en donde por defecto de situación de la cuchilla respecto a la mesa de salida se suelen producir defectos de planitud.

El ángulo se debe verificar con una escuadra, comprobando la desviación a una determinada distancia mediante una galga.

3.2.5 Regruesadora:

La maquina determina el grueso final de la pieza, por lo que su control se basa en determinar con un calibrador o pie de rey, dicho grueso, determinándolo con presión de décimas de mm.

También puede utilizarse vernier.

3.2.6 Sierra circular:

Esta maquina dimensiona la anchura final de la pieza, mediante un corte que suele ser paralelo al canto realizado por la cepilladora. El ancho debe de medirse con la precisión que determine el diseño. Suele ser frecuente precisiones de décimas, por lo que debe utilizarse el pie de rey o calibre. Para precisiones de medio o 1 mm se puede utilizar la cinta métrica. Dependiendo de la importancia del canto, se puede también exigir la planitud del canto, en cuyo caso se debe de comprobar de la misma forma que en la cepilladora.

La medida de anchura se debe realizar midiendo en las dos caras, en los extremos y centro de la pieza.

3.2.7 Tupí:

Esta maquina puede realizar muchas funciones, tales como moldurar un canto, ranurar el canto, espigar. Para el caso más normal de moldurado del canto, debe comprobarse visualmente la continuidad de dicha moldura a lo largo de todo el canto. En los demás casos se debe seguir las recomendaciones que se establecen para las maquinas de ensamblar.

3.2.8 Moldurera, 4 caras:

Estas maquinas realizan las funciones de la cepilladora, reguesadora, tupí, de forma simultanea, por lo que debe hacerse todos los controles establecidos con anterioridad.

3.2.9 Sierra múltiple:

Esta maquina realiza la función de la sierra circular de mesa, es decir, realiza el dimencionado en anchura de la pieza, por lo que debe hacerse los controles señalados en la sierra circular.

3.2.10 Escopleadora.

Estas maquinas realizan el escople donde se alojara la espiga. El control de calidad de esta operación se basa en determinar la exactitud de su pocision, y sus dimensiones en cuanto a anchura, grueso y profundidad. La anchura y el grueso deben de ser iguales a la espiga que vaya a alojar (la espiga debe de entrar en él

escople siempre de manera forzada, para garantizar la presión de fraguado de la cola), mientras que la profundidad suele ser de 1 mm superior.

Tanto la posición como sus dimensiones deben ser determinadas mediante un calibre, comprobando que se ajustan a las tolerancias de diseño.

Además de esta comprobación, se debe observar que los cortes de escople son limpios y continuos, y como siempre que no existan quemadura u otros defectos de mecanización.

3.2.11 Taladro múltiple:

La función de esta maquina es similar a la anterior, por lo que los controles deben ser los mismos.

Es particularmente interesante, fundamentalmente por la frecuencia de este defecto, el comprobar el carácter circular del orificio practicado.

3.2.12 Espigadora:

Al igual que antes, el control de calidad de esta maquina se basa en comprobar la situación y las dimensiones de esta espiga mediante un calibre o pie de rey.

La espiga tiene un pequeño bisel en la punta y en la base, la primera para facilitar la entrada de la espiga en el escople y la segunda para alojar el exceso de pegamento aplicado.

3.2.13 Encoladora:

La encoladora es una maquina que tiene como función, recubrir la superficie con cola, en la cantidad predeterminada, y de forma igual en toda la superficie. Para comprobar la calidad del encolado, se debe comprobar primero el estado de la cola es el adecuado mediante la comprobación de la viscosidad (utilizando una copa ford) y el residuo sólido (utilizando una de secadora de estufa). Comprobada la cola se debe comprobar el extendido, primero visualmente que la cola cubre toda la superficie, y además por diferencias de pesada del tablero, antes y después del encolado, que el gramaje aplicado es el predeterminado en el diseño.

Si S es la superficie del tablero a encolar (si se encola las 2 caras, deben sumarse ambas superficies), $P1$ el peso antes del encolado y $P2$ el de después de encolado, la cantidad de cola C aplicada por metro cuadrado será: la diferencia de pesos entre la suma de las superficies.

Con carácter excepcional debe comprobarse que la cantidad de cola que se aplica, es similar en toda la superficie del tablero, por lo que debe introducirse simultáneamente un tablero hecho tiras, y comprobar que la cantidad aplicada en cada tira es similar.

3.2.14 Prensa:

Esta maquina tiene como fin producir el fraguado de la cola, comunicando la presión y la temperatura necesaria para el tipo de cola aplicado.

Para comprobar la presión P se debe multiplicar la presión hidráulica H por la superficie S_e que tiene el conjunto de los émbolos, y todo ello, dividirlo por la superficie S a encolar.

Para comprobar la temperatura, se debe de medir con un termómetro. De forma ocasional, se debe de comprobar que la temperatura se reparte de forma igual por toda la superficie de la prensa, mediante de termopares perfectamente bien calibrados.

3.2.15 Despiezadora de tableros:

Esta maquina tiene como función, cortar los tableros, dimensionandolos en anchura y longitud, por lo que debe comprobarse ambos valores de la misma forma que se señalo con la madera maciza. También puede requerirse al despiezado, la existencia de un ángulo entre dos cantos y la testa de la pieza, en cuyo caso debe determinarse con un porta ángulos y comprobar que es el indicado en el diseño.

En el caso de despiece de tableros con chapa o laminados plasticos, es frecuente el utilizar sierra incisora, para evitar el astillado de la contra cara del tablero. Debe pues exigirse el control de la falta de astillado, además debe comprobarse el ajuste entre el corte con la incisora y el corte con la sierra (siempre la sierra incisora corta 1 décima más ancho que la sierra de corte).

3.2.16 Chapeadora de cantos:

El control de esta maquina se basa en comprobar la calidad de la cola, la temperatura de aplicación de la cola y el perfecto recubrimiento de la chapa al canto, sin que

sobre en grueso o en longitud. Si la esquina del tablero esta con cierto ángulo, también debe de comprobarse este extremo.

3.2.17 Acabados:

Los métodos de aplicación de los productos para el acabado de la madera o de muebles, puede dividirse en tres grupos:

Manuales: muñeca, inmersión, brocha, esponja, rodillo.

Mecánicos: pistola cortina, rodillo, rociado.

Automático: cabinas robotizados, robots.

La decisión sobre si emplear sistemas de aplicación de uno o de otro grupo, viene en dada en primer lugar por la producción diaria a realizar y continuación por la forma de la pieza o el objeto a barnizar. Igualmente de acuerdo con la operación a realizar emplearemos uno u otro sistema.

3.2.18 Control de acabados:

El control de acabados se basa primero en comprobar el estado de los productos a aplicar, fundamentalmente la viscosidad mediante una copa *ford* y el contenido en

sólidos, por evaporación el disolvente en estufa además se debe comprobar los medios de aplicación como son:

3.2.19 Pistolas pulverizadoras:

Si son de un componente, se debe comprobar que no existe ninguna obstrucción, que el caudal es el recomendado para la pistola y que la presión del compresor es también la recomendada.

Si la pistola es de dos componentes, entonces debe comprobarse que la mezcla es la recomendada, además de comprobar los valores de caudal y presiones anteriores.

Si la aplicación por pistola se realiza de forma robotizada, se debe comprobar el gramaje aplicado, de la misma forma que se calculaba la aplicación del pegamento.

3.2.20 Cortina y rodillos barnizadores:

El control de calidad de estas máquinas está en determinar el gramaje de aplicación y comprobar que no existen grumos, burbujas o cualquier otra circunstancia que pueda deteriorar la aplicación.

3.2.21 Condiciones de secado:

Estas condiciones son la temperatura, la humedad, y la inexistencia de polvo en el aire.

Además de todo esto, se deben de comprobar las características de aplicación del barniz, en cuanto a temperatura y humedad relativa de aplicación en el tiempo de prefraguado. Por último, se debe comprobar la inexistencia de defectos al término del acabado.

4.- CALIBRACION.

Todo equipo de medida o sistema de medición tiene una serie de factores que producen una variabilidad de resultados.

Cualquier medida debe ser corregida con mayor o menor minuciosidad, según la precisión que queramos dar a la misma. Esta precisión va a depender del nivel de exigencia de la especificación que vaya a comprobarse en dicha medida.

Los errores que se cometen al realizar una medición son debido a diferentes factores:

* Equipo:

A determinados niveles de exigencia en la medida de todo equipo resulta imperfecto, o bien este puede estar desajustado, escalas mal grabadas, etc.

* Mesurando:

Este nunca es perfecto, y de medir una parte u otra del mismo el resultado varía.

* Operador o sistema de adquisición de datos:

Cansancio, descuidos, una mala vista, etc. Pueden modificar el resultado de la medida.

* Factores que escapan a nuestro control:

Siempre hay una variabilidad por causas desconocidas no achacables a ninguna de las anteriores.

Hay una imposibilidad de conseguir un control total sobre las causas de error, esto es, en la corrección residual siempre existirá un ruido de fondo por los que los resultados de las medidas tendrán naturaleza estadística.

Toda medida se reflejara entonces como $X \pm I$ donde X es el resultado de la medición, incluyendo sus correcciones conocidas, e I es el limite de un intervalo de una zona de valores entre los cuales es casi seguro de que se encuentre el valor del medurado. Este es el concepto de incertidumbre de medida, la cota superior de dicha corrección residual.

Una medida será por tanto mejor cuanto más se aproxime al valor verdadero, pero acercarnos hay que hacer correcciones, y cada corrección supone un costo adicional (tiempo, trabajo, instrumentación, etc.), que no siempre estará justificado. En este caso, la política de calidad se orienta a valorar el beneficio y el riesgo y equilibrarlos.

En resumen, al medir, si exigimos una precisión, aplicamos una corrección, a su vez la corrección obligara a realizar una medición que llevara su corrección etc. Esto es un bucle sin salida. Este bucle lo cortamos por el punto donde más nos interesa. incluyendo todas las demás correcciones en la incertidumbre, y realizando este corte por los criterios económicos antes expuestos.

Intervalos de tolerancia e incertidumbre de medida.

Toda unidad significativa viene dada con sus tolerancias: Intervalo de valores admisibles que se prescriben en cada caso. Dicha Tolerancia asegura la intercambiabilidad de los elementos análogos en conjuntos más complejos sin alterar la funcionalidad de los mismos.

Para poder garantizar el movernos dentro de los valores de tolerancia necesitamos conocer la incertidumbre. También en productos finales, desplazamientos relativos de las piezas y herramientas, etc., tendrán unas tolerancias.

En un proceso industrial en el que se desea controlar la variación de una magnitud, la tolerancia es un intervalo de dicha magnitud, establecido previamente al inicio de aquel control, dentro del que debe encontrarse el verdadero valor de la magnitud vigilada para que esta sea aceptada como válida.

Mayores niveles de exigencia determinan menores niveles de tolerancias. Si la medida no se asegura con la calidad necesaria (incertidumbre) la decisión al aceptarla o rechazarla de acuerdo con las tolerancias puede ser errónea.

Posibilidades:

* El intervalo de incertidumbre esta contenida en el de tolerancia:

Es casi seguro que valor verdadero del mensurado, es admisible.

* El intervalo de incertidumbre y el valor de tolerancia son distintos:

Con seguridad total de rechazo.

* Se solapan:

Muy dudoso, en términos de probabilidad exigiera funciones de distribución particulares para cada caso. Se desecha este método. En la práctica aceptamos el criterio de seguridad, rechazar cualquier medido en situación dudosa. Este método es adecuado si el intervalo de incertidumbre es varias veces más pequeño que el de tolerancia. Esto equivale a definir un intervalo de decisión correspondiente a $T-2I$ (tolerancia efectiva). Para medidas dimensionales suele ser admisible:

$$3 \leq T + 2I \leq 10$$

Ya que si tomamos valores > 10 , los métodos de medida serían muy costosos y si tomamos valores < 3 se realizarían rechazos importantes de los elementos correctos.

Las fuentes de error y sus correcciones al realizar sus mediciones son:

- * Equipo: Se acotan y determinan mediante la calibración.
- * Mesurando: Se determinan por experiencia, por conocimiento estadístico del mismo.
- * Ambientales: Por aplicación de reglas o fórmulas de corrección (dilatación del material por temperatura, etc.)
- Ruido de fondo. Por solución estadística.

Para determinar este “ruido de fondo”, base fundamental de la calibración de equipos, se realizan medidas en condiciones de repetibilidad o reiteraciones, sus características son:

- * Sobre el mismo mesurado.
- * Con el mismo método de medida.
- * Por el mismo observador.
- * Con el mismo instrumento.
- * En mismo lugar.
- * En iguales condiciones de uso.
- * En intervalos de tiempo muy pequeños.

Las indicaciones dadas en estas condiciones no serán las mismas. Es decir tendremos una población de resultados de la reiteración.

Adoptamos como indicadores o parámetros de dicha población la media μ para el centrado y la desviación típica para la dispersión, para lo que utilizaremos los estimadores:

Media aritmética:

$$\bar{x} = \sum x f$$

Donde x es la marca de clase.

Donde f es la frecuencia.

Varianza muestral:

$$S^2 = \frac{\sum f(x - \bar{x})^2}{n-1}$$

En un primer análisis, el resultado de la media seria:

$$\bar{x} \pm S$$

Pero S es estimador de la dispersión de la población pero no es un elemento de la población el valor que hemos atribuido al mesurado, por lo que no es correcto asignar un parámetro de dispersión al valor resultante que se refiere a la dispersión de otra población.

Calibración:

Se define como el conjunto de operaciones que establecen, en unas condiciones determinadas, la relación que existe entre los valores indicados por un instrumento o sistema de medida a los valores representados por una medida materializada y los correspondientes valores conocidos de una magnitud medida.

La finalidad de la calibración es poner de manifiesto las discrepancias existentes entre el instrumento que se calibra y un elemento de referencia con características suficientemente conocidas y estables.

El resultado de calibración queda reflejado en un documento que se conoce como certificado de calibración, que deberá recoger las incertidumbres y correcciones

resultantes de la calibración y usualmente la incertidumbre del instrumento.

La calibración se realiza reiterando las medidas sobre un patrón conocido, en la forma que el instrumento trabaja habitualmente.

5.- CONTROL ESTADISTICO DEL PROCESO.

En todo proceso de fabricación, por muy bien ajustado que esté, existe una serie de factores que van a producir variaciones, esto es, no siempre se obtienen idénticos resultados.

Estas variaciones pueden ser aleatorias debidas a causas de variación fortuita, están siempre presentes y de muy difícil asignación. La variabilidad que produce suele ser pequeña. También puede ser asignable, que son aquellas que podemos achacar a una causa concreta; maquina, operario, material, etc. Estas suelen dar lugar a mayores variaciones, muchas veces irregulares.

Se define un proceso como que se encuentra en *estado de control estadístico* si las variaciones obtenidas entre los resultados de las muestras observadas en él pueden ser atribuidas a un sistema constante de causas aleatorias.

La implantación y uso de un sistema de control estadístico del proceso, servirá pues para descubrir de una manera rápida y eficiente las causas asignables, para poder tomar las medidas correctas oportunas de una manera inmediata.

Un concepto muy importante dentro del proceso de fabricación es el de tolerancias de fabricación. Hasta principios del siglo XX se pensaba que mejorando la tecnología y los procesos de fabricación podrían conseguirse productos perfectos, que cumplieran exactamente las especificaciones y fueran idénticos entre sí. Actualmente se reconoce que eso es imposible debido a la variabilidad de resultados de carácter aleatorio e incontrolables que influyen en cualquier proceso productivo.

Esta constatación lleva implícita la aceptación de una tolerancias de fabricación, esto es, unos límites entre los cuales puede variar la característica considerada sin perjudicar la utilización posterior del producto:

Se llama *límite de especificación o diseño* a las cotas entre las que puede oscilar una característica mensurable de un producto cualquiera de acuerdo con una norma.

Actualmente se acepta que, aun con la existencia de tolerancias normalizadas es imposible que en una producción en serie aparezcan unidades fuera de norma.

Evidentemente cabe pensar que una inspección 100% evitaría este inconveniente, pero esto además de ser antieconómico en muchos casos es inviable, como por ejemplo cuando los ensayos o controles a realizar durante la inspección son destructivos: Si probamos la resistencia a tracción de una partida de producto, por ejemplo cables eléctricos, determinaremos si era o no correcto, pero nos quedaremos sin ellos.

Este obstáculo condujo a admitir que en todos los procesos de fabricación puede aparecer cierto número de unidades defectuosas y simultáneamente a intentar controlar la calidad mediante el examen de unas pocas unidades del producto, esto es, una muestra. Esto es lo que se llama **Control Estadístico de calidad**: Conjunto de técnicas que pretenden obtener conclusiones respecto a la calidad de un producto mediante la extracción y posterior análisis de muestras del mismo.

Atributos y variables:

En control de calidad, a las características susceptibles de ser medidas sobre una escala continua se le llama **variable**. A las características cuya consideración hace que una unidad del producto pueda ser clasificada como buena o defectuosa se les llama **atributos**.

Una misma característica de calidad puede ser considerada como variable o como atributo, por ejemplo en un control de espesores de piezas de muebles, podemos reflejar la medida exacta (variable) o como cumple o no cumple la tolerancia. Las razones para elegir una u otra calificación es de orden económico. Es más rápida la clasificación de atributos, y por tanto mas barata, si bien, la información proporcionada por la medida exacta (variable) es más completa, y exigirá el examen de un menor numero de piezas para llegar a conclusiones básicas.

Hay características que no pueden ser tratadas alternativamente, por ejemplo, en el parquet de madera no se admite albura si no esta tratada. Así pues, la presencia de albura será siempre atributo.

Además de este control de calidad de procesos o control de fabricación, tendente a garantizar el funcionamiento correcto de los procesos de producción, existe un segundo control: control de calidad de aceptación o control de aceptación, en este caso es el cliente el que lo realiza. Supongamos la compra de un lote de 10 000 unidades de chapa de madera. Conociendo el carácter aleatorio del proceso de producción admitidos, por ejemplo, un máximo del 2% de unidades defectuosas, para ello, tomamos una muestra de 300 unidades y de acuerdo con el resultado decidimos adquirir el lote o rechazarlo.

Así pues existen dos controles: de procesos y de aceptación y ambos pueden realizarse por atributos o variables.

5.1 Fundamentos estadísticos:

Las técnicas de control de calidad han sido posibles gracias al desarrollo previo de la estadística.

La estadística estudia los métodos científicos para recoger, organizar, resumir y analizar datos, así como para sacar conclusiones válidas y tomar decisiones razonables basadas en tal análisis.

Una base estadística elemental es imprescindible para la correcta comprensión y aplicación de las técnicas de control de calidad.

Fundamentos:

Fenómenos aleatorios: Son aquellos que se caracterizan por la impredecibilidad de sus resultados, pero con tendencia a la estabilidad de la frecuencia con la que se presenta cada uno de ellos.

Por ejemplo, en el lanzamiento de una moneda no se podrá predecir si saldrá cara o cruz, pero, tras arrojar la moneda un gran número de veces, la mitad saldrá cara y la mitad cruz.

Distribución de frecuencias:

Supongamos que en el control final de barnizado, se extrae una muestra de 50 unidades diarias, y que se anota la fecha y el número de unidades con gran defecto, tras un número determinado de días, tendremos una colección de números que habrá de ordenar para que tenga utilidad, por ejemplo en dos columnas, la primera de fecha y la segunda de números defectuosos.

Si el número de observaciones es muy elevado, convendrá agrupar el número de veces que aparece cada uno de los distintos valores, por ejemplo, 0 defectos = 142 casos, 1 defecto = 82 casos, etc. Esto sería la frecuencia absoluta. El número de veces que aparece cada uno de los posibles resultados.

La frecuencia relativa, sería el cociente entre esta frecuencia y el número total de observaciones realizadas.

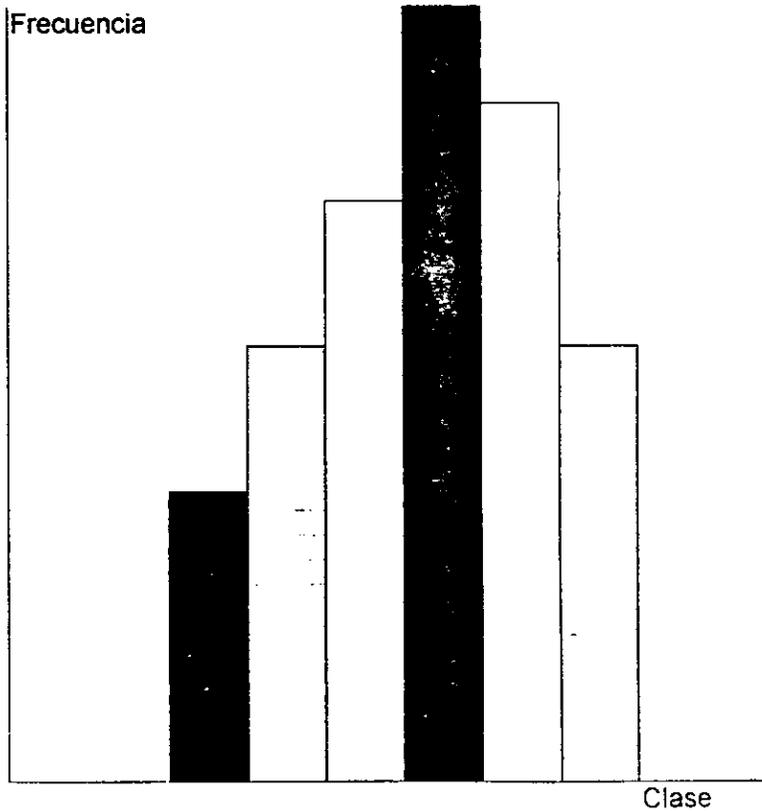
Si el número de valores que puede tomar la variable observado es muy grande, podemos agrupar los datos en intervalos, llamados clases. Por ejemplo, si hay mucha variación de espesor de la madera maciza adquirida, para su control se puede agrupar en clases de 0 a 2.5, de 2.5 a 5 cm., Etc. Cada intervalo así considerado se representa por su punto central. Al que se llama Marca de clase.

El número de clases que deba establecerse depende de la precisión deseada, un criterio práctico es la división 5 a 15 clases. Es conveniente que las marcas coincidan con valores observados, para evitar errores de agrupamientos.

Al proceso de agrupar los datos se le denomina tabulación y al resultado distribución de frecuencias.

Representaciones gráficas:

Sirven para darnos ideas de la forma de la distribución de frecuencias de una manera cómoda y rápida.



Histogramas: son rectángulos de longitud proporcional al valor de su frecuencia.

Polígonos de frecuencia: Es el gráfico resultante de unir los puntos centrales de los rectángulos obtenidos.

Medidas de centralización y dispersión.

Los valores para determinar el valor central de la distribución de frecuencias son: moda, mediana, media geométrica y media aritmética.

La más importante en control de calidad es la media aritmética o simplemente la media.

$$\bar{x} = \frac{\sum x f}{n}$$

Donde x = Marca de clase.

f = frecuencia.

Este valor nos da una idea del número de piezas defectuosas por término medio, pero no nos dice si nuestro proceso es estable entorno a ese valor o presenta grandes oscilaciones día a día, es decir si los valores X están próximos al valor medio o están muy dispersos.

Para determinar la dispersión hallamos entre los valores y su central, lo elevamos al cuadrado para evitar que de siempre cero. lo ponderamos con su frecuencia y los sumamos. Este valor es lo que se conoce con el término de varianza

$$S^2 = \frac{\sum f(x - \bar{x})^2}{n-1}$$

El valor de la varianza, esta elevado al cuadrado. Para evitar discrepancias de unidades, Se suele emplear la desviación típica, que es la raíz cuadrada positiva de la varianza.

Otra medida de la dispersión muy utilizada en el control de calidad cuando se observan variables, es el recorrido. Es la diferencia entre el mayor y el valor observado:

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

La probabilidad.

Es una de las características fundamentales de los fenómenos aleatorios. Laplace la definió como casos favorables dividido entre casos posibles, cuando estos son igualmente probables. Esto encierra una contradicción. Actualmente se define como el valor en el cual tiende a estabilizarse la frecuencia relativa con la que se presenta cuando el número de observaciones crece indefinidamente la probabilidad de cada uno de ellos. Si son excluyentes, la probabilidad total es el producto de cada una de ellos.

Variables aleatorias discretas y continuas: Si contamos el número de defectos en una pieza elegida al azar, los valores serán 1, 2, etc. Estas variables serán variables aleatorias discretas y se corresponden con los atributos. Si medimos el espesor de un cerco, estaremos frente a una variable aleatoria continua.

- Funciones de distribución discretas: Llamamos función de distribución de una variable aleatoria discreta X a la posibilidad con que dicha variable toma menores o iguales a cierto valor x .

La representación gráfica de esta función tiene forma de escalera. Para calcular en el punto x , no hay más que sumar los valores de probabilidad p correspondientes a los valores x' inferiores o iguales a x . A este tipo de distribución se le llama distribución binomial.

En el caso de que P sea la probabilidad de que ocurra un suceso en un único intento y que

$q = 1 - p$ las posibilidades que no ocurran, la posibilidad de que ocurra x veces en n intentos será:

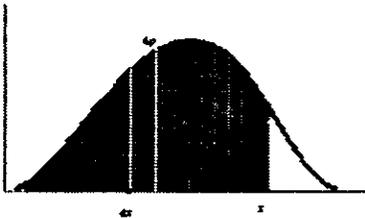
$$P(x) = {}_n C_x p^x q^{n-x}$$

Donde: p = probabilidad de éxito

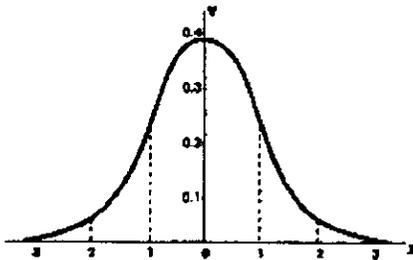
$$q = 1-p$$

Distribución de probabilidades continuas:

Una distribución de probabilidad continua tomara la forma de una función $f(x)$, donde el elemento diferencial se llama probabilidad elemental, y es el área comprendida bajo la curva. La probabilidad de que se dé un valor x , será pues el área comprendida debajo de la curva hasta el valor x .



La más importante de estas distribuciones es la distribución normal. Esta función tiene la forma de una campana (campana de Gauss). La probabilidad de que ocurra un suceso entre los valores $x = a$ y $x = b$ con $a < b$, es el área comprendida entre la curva y el eje x entre a y b .



La gráfica muestra algunas probabilidades entre distintos valores bastante habituales: (-1, 1), (-2, 2) y (-3, 3).

La distribución normal y binomial están relacionadas a través de la formula:

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu_{\bar{x}}}{\sigma_{\bar{x}}}$$

Medidas de dispersión y centralización:

Al igual que se vio para las distribuciones de frecuencia, interesa conocer para las distribuciones de probabilidad de algún tipo de parámetro que indique cual es aproximadamente el valor central y como están de dispersos los valores de las variables alrededor de dicho valor central.

En este caso la media será:

$$\mu = \sum x p$$

donde x = marca de clase

p = probabilidad

análogamente, la varianza será:

$$\sigma^2 = (x - \mu)^2 p$$

El recorrido será:

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

Inferencia estadística:

El cálculo de probabilidad vista hasta ahora no constituye el objetivo final de las aplicaciones de la estadística, en nuestro caso, nos interesa hacer alguna inferencia respecto alguna población, lo que constituye un problema de estimación de acuerdo con el resultado obtenido, la forma de proceder y el riesgo de error que se asume. Esto es la teoría de la decisión, el procedimiento a seguir es la extracción y el análisis de una muestra, de la relación entre sus características y las de la población se ocupa de la teoría de muestreo. Este conjunto de técnicas se denomina inferencia estadística.

Poblaciones y muestras:

Población es el conjunto de elementos cuyas características queremos investigar.

Muestra: subconjunto cualquiera de una población.

La forma de extraer una muestra es importantísimo en el análisis e interpretación de resultados.

Puede realizarse con o sin reposición, según se retorne o no a la población después de examinada.

Las muestras deben extraerse de manera que no se produzca sesgos; por ejemplo, tomar las piezas superiores en la recepción de una mercancía puede producir sesgos (la humedad que puede ser no representativa), El inspeccionar al comienzo de cada hora puede llevar al operario a una mayor meticulosidad, etc.

Esto se puede evitar mediante sorteo o utilización de números aleatorios; una muestra seleccionada de esta forma será una muestra aleatoria y si todas las muestras tienen igual probabilidad de ser elegidas: Muestra aleatoria simple.

Las muestras, antes de ser analizadas son variables aleatorias, que tendrán por tanto su correspondiente valor de probabilidad.

La media muestra, varianza muestral y recorrido, serán así mismo variables aleatorias y podrá hablar de distribución de la media muestral, distribución de la varianza muestral, etc.

En general: TODAS LAS CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA (MEDIA, VARIANZA, ETC.) TENDRAN DISTRIBUCIONES RELACIONADAS CON LAS DE POBLACION ORIGINAL. Esto hace posible la inferencia estadística.

Consideremos todas las muestras de tamaño n de una población dada N , podemos calcular un estadístico, que variara muestra a muestra, de esta manera obtenemos una distribución del estadístico, que se llama distribución del muestreo.

Se cumple, cuando el muestreo es sin reposición:

$$\mu_{\bar{x}} = \mu \quad \text{y} \quad \sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$$

$\sqrt{\quad}$ = Raíz cuadrada.

Siendo $\mu_{\bar{x}}$ y $\sigma_{\bar{x}}$ las medias y desviaciones típicas del muestreo de medidas y μ y σ ,
De la población.

Si el muestreo es con reposición o la población infinita:

$$\mu_{\bar{x}} = \mu \quad \text{y} \quad \sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

En el caso de un muestreo de poblaciones (binomial):

$$\mu_p = p \quad \text{y} \quad \sigma_p = \sqrt{qp/n}$$

$\sqrt{\quad}$ = Raíz cuadrada.

Si la población es finita, y el muestreo sin reposición:

$$\mu_p = p \quad \text{y} \quad \sigma_p = \sqrt{qp}$$

$\sqrt{\quad}$ = Raíz cuadrada.

Error típico: se denomina así a la desviación típica de una distribución de muestreo estadístico.

Estimación estadística.

Decimos que un estimador es sin sesgo, si la media de las distribuciones de un muestreo de un estadístico es igual que la del correspondiente parámetro de la población. Ejemplos de estos son la media muestral y también el siguiente:

$$S^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Estimadores para intervalos de confianza: En una distribución normal (para tamaños de muestra $n = 30$) Determinaremos un intervalo de confianza, centrado en un estadístico muestral S real de tal manera que este intervalo:

$$\mu_s - k\sigma_s \leq S \leq \mu_s + k\sigma_s$$

Donde $k = 1, 2, \text{ o } 3$, los niveles de confianza serán de 68.27%, 95.45%, y 99.73% respectivamente.

Así pues, los niveles de confianza para las medias serán obtenidos anteriormente, multiplicadas por el factor K . Para las desviaciones típicas

$$S \pm k \sigma_s = S \pm k \frac{\sigma}{\sqrt{2n}}$$

$\sqrt{\quad} =$ Raíz cuadrada

Decisiones estadísticas

Son las decisiones relativas a una población con base a la información proveniente de muestras.

El primer paso será realizar una hipótesis estadística: Enunciados acerca de las distribuciones de probabilidad de las poblaciones.

Algunas hipótesis se formulan con el único fin de rechazarlas, es lo que se conoce como hipótesis nula, por ejemplo, queremos decidir si una moneda está trucada; formulamos la hipótesis nula de que es buena ($p = 0.5$, posibilidad de cara).

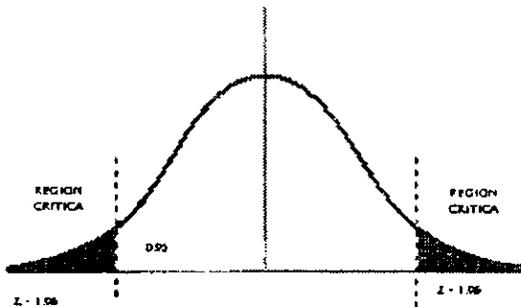
Paralelamente se establece la hipótesis alternativa, que es aquella que difiere de una previamente dada (por ejemplo la nula). En el ejemplo la moneda $p = 0.7$ o $p > 0.5$ son hipótesis alternativas.

Estas hipótesis al contrastarlas pueden originar dos tipos de errores:

- Error de tipo 1.- Rechazar una hipótesis cuando se debiera haber aceptado.
- Error de tipo 2.- Aceptarla cuando se debería rechazarla.

Al contrastar una hipótesis, La máxima probabilidad con la que estamos dispuestos a correr riesgo de cometer un error de tipo 1 se llama nivel de significación, se suele fijar antes de tomar la muestra. Suelen ser de 0.05 a 0.01; es decir del 95% al 99% de confianza.

Contrastes mediante la distribución normal



En una distribución normal de un estadístico S , como vemos en el gráfico, podemos tener el 95% de confianza que si la hipótesis es verdadera, el valor de S estará comprendido entre los valores de $z = -1.96$ a $z = 1.96$. En este caso, el contraste de la hipótesis sería:

- Rechazar la hipótesis al nivel de significación 0.05 si el valor z esta fuera del rango -1.96 a 1.96 .
- Aceptar en caso contrario.

5.2 Control de calidad en los procesos de fabricación.

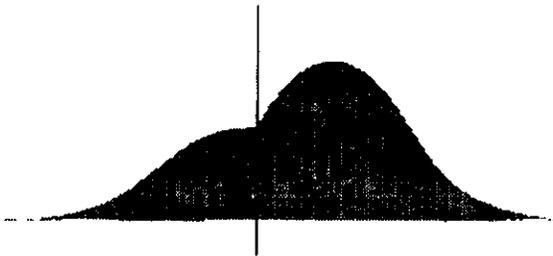
Como ya hemos visto, existe una variabilidad en todo proceso industrial, cuyas fuentes principales son la maquinaria, la materia prima y el hombre, siendo el hombre él más influyente de todas.

Algunas de las causas son inevitables: distracciones, malos reglajes etc. Otras sin embargo son atribuibles: cansancio al final de la jornada, etc.

Interesa disponer de alguna técnica que permita garantizar que un producto defectuoso no va a ser fabricado, lo que habrá que intentarlo sobre el proceso de fabricación y no sobre el producto terminado.

Lógicamente, en muchos casos la única forma de averiguar si un producto funciona bien es examinando el resultado final, pero siempre sobre intervalos de tiempo suficientemente cortos como para el proceso, en caso de ser necesario.

El objetivo del control de proceso de fabricación es detectar cualquier desajuste susceptible de originar una disminución del nivel de calidad exigido.



Un proceso puede estar desajustado por dos causas:

- Por que la media no coincidía con el valor deseado.

- Por que haya mucha dispersión de resultados, con lo que habrá elevada cantidad de unidades fuera de tolerancia.

Limites de tolerancia y limites de variación:

Se llama limites de tolerancia, de especificación o de diseño a aquellos entre los que se pueda oscilar una característica para que el producto pueda ser considerado como aceptable dentro de una norma establecida. Estas características pueden venir fijadas por normas legales, exigencias técnicas, diseño exigencias del cliente o simple capricho del proyectista, pero el resultado final es el establecimiento de estos limites de tolerancia.

Los limites de variación natural son aquellos entre los que se mueve el proceso sin que podamos mejorarlo.

En control de calidad se admiten aquellos que abarcan el 99.74% de la producción bajo control (equivalentes a la media más tres desviaciones típicas). A la amplitud de este intervalo es a lo que llamamos capacidad del proceso o maquina.

5.3 Gráficas de control

Es la herramienta fundamental en el control estadístico de calidad de proceso de fabricación para discriminar si la variabilidad es debida a causas aleatorias o asignables.

La construcción de un gráfico es la siguiente:

Supongamos taladros para espigas de 8mm de diámetro, con distribución normal, de manera que la media sea de 8mm y la desviación típica de 0.03mm.

Sus límites de variación natural serán de $8 \pm 3 \times 0.03\text{mm}$. Con un nivel de confianza del 99.74%

Si extraemos una muestra de tamaño $n = 5$, la media muestral será:

$$\mu_{\bar{x}} = \mu = 8\text{mm}.$$

Y la desviación típica:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{0.03}{\sqrt{5}} = 0.013\text{mm}$$

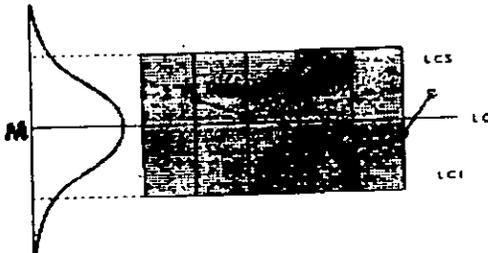
Esto quiere decir que la media se encontrara, con una probabilidad del 99.74%, en el intervalo de $8 \pm 3 \times 0.03\text{mm}$ y un 0.26% de probabilidad de que este fuera de él.

Si esto ultimo sucede, es tan raro, que nos induce a pensar que la distribución de la media muestral, y por tanto de la población no es la que habíamos previsto.

Esto es un contraste de hipótesis en la que mediante una muestra de tamaño $n = 5$ hemos contrastado y rechazado a un nivel de significancia de 0.26% la hipótesis nula de que la media de la población era distinta de 8 mm. Frente a la alternativa de

que es igual a 8mm., utilizado como región crítica el intervalo $1-0.26 = 0.9974$ para la media muestral \bar{X} :

Si la toma de n muestras la repetimos periódicamente y reflejamos en un gráfico los resultados, este tomara la siguiente forma:



Limite de control superior (LCS) = $M + 3\sigma$

Limite de control inferior (LCI) = $M - 3\sigma$

Interpretación de los gráficos de control:

- Aparece un punto por encima o por debajo de los límites de control:

El proceso puede ser o no detenido en función de consideraciones económicas, pero si se deja sin modificar y el siguiente punto esta entre los límites de control, indicara que el punto fue accidental, pueden haber producido unidades defectuosas en ese intervalo de tiempo.

- Dos puntos seguidos cerca de los límites de control:

5.3.1 Gráficas de control en procesos por variables.

El control por variable supone la realización de medidas y análisis de naturaleza más costosa que en el caso de atributos, si bien, requiere menos muestras. Si la importancia económica de la característica a controlar si los ensayos son destructivos la pueden justificar. Antes de su aplicación se debe proceder a un estudio económico.

Gráfico X: Gráfico de control para el promedio del proceso.

Sirve para garantizar que el promedio del proceso se mantiene en el valor teórico deseado.

En este caso los valores de los límites de control son

$$LCS = \mu + 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$LCI = \mu - 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Estos son validos cuando la distribución del proceso (media y desviación) es conocida, por ejemplo por experiencias anteriores.

Si la distribución del proceso es desconocida, habrá que estimarla para conocer los límites de control:

Se establece un periodo base de observación durante el que se obtiene 20 a 25 muestras con las que se realiza la estimación.

El promedio, en este caso se estima mediante la media de las medias muestrales, los límites de control serán:

$$LCS = \bar{x} + A1S$$

$$LCI = \bar{x} - A1S$$

Donde se encuentra tabulado:

N	A1
2	3.76
3	2.394
4	1.88
5	1.596
6	1.41
7	1.277
8	1.175
9	1.094
10	1.028

5.3.2 Gráficos S o R: Gráficos de control para la dispersión del proceso:

El objetivo de estos gráficos es garantizar que la dispersión del proceso no supere un límite determinado. Puesto que la dispersión se mide mediante la desviación típica, y esta puede determinarse mediante la desviación típica muestral o del recorrido muestral, para construir un gráfico de control bastará establecer un intervalo de confianza para cualquier de los dos estimadores S o R.

Cuando la desviación típica es conocida, la media de esta distribución es:

$$\mu = c_2 \sigma$$

Donde c_2 es un coeficiente función del tamaño muestral.

La distribución de S puede aproximarse bastante bien por la normal, por lo que podemos establecer un intervalo de confianza del tipo que daría los límites de control:

$$LCS = B_2 \sigma$$

$$LCI = B_1 \sigma$$

Las cantidades B2 y B1 están tabuladas.

N	c2	B1	B2	B3	B4
2	0.5642	0	1.843	0	3.267
3	0.7236	0	1.858	0	2.568
4	0.7979	0	1.808	0	2.266
5	0.8407	0	1.756	0	2.089
6	0.8686	0.026	1.711	0.03	1.97
7	0.8882	0.105	1.672	0.118	1.882
8	0.9027	0.167	1.638	0.185	1.815
9	0.9139	0.219	1.609	0.239	1.761
10	0.9227	0.262	1.584	0.284	1.716

Cuando la desviación típica es desconocida, puede estimar, según visto mediante un estimador estadístico

$$\sigma = S + C2$$

Donde S, es la desviación estándar de 20 a 25 muestras.

La línea central será entonces S

Y los límites quedan:

$$LCS = B4 S$$

$$LCI = B3 S$$

Los valores de B3 y B4 están tabulados en el cuadro anterior.

Gráfico para el recorrido cuando la desviación típica es conocida:

Para pequeñas muestras la variable aleatoria R/σ se distribuyen con media:

$d_2 = R/\sigma$ donde R es el recorrido medio y d_2 un factor que depende del tamaño muestral y esta tabulado.

Por tanto si la desviación típica es conocida, la línea central del gráfico será:

$$\mu = c_2 \sigma$$

Los límites del intervalo de control para R serán:

$$LCS = D_2 \sigma$$

$$LCI = D_1 \sigma$$

N	d2	D1	D2	D3	D4
2	1.128	0	3.686	0	3.267
3	1.696	0	4.358	0	2.575
4	2.059	0	4.698	0	2.282
5	2.326	0	4.918	0	2.115
6	2.534	0	5.078	0	2.004
7	2.704	0.205	5.203	0.076	1.924
8	2.847	0.387	5.307	0.136	1.864
9	2.97	0.546	5.394	0.184	1.816
10	3.078	0.687	5.469	0.223	1.777

Si la desviación típica es desconocida: Habrá que estimarla a partir de 20 a 25 muestras iniciales.

En este caso la $LC = R$ y los límites de control:

$$LCS = D4R$$

$$LCI = D3R$$

Donde $D3$ y $D4$ son los tabulados anteriormente.

6.- Acciones correctivas:

En este capítulo se tratará de definir la actuación sistemática seguida por la organización de una empresa para la detección de no conformidades y la puesta en marcha, correspondientes acciones correctoras.

En una empresa, es necesario poner en marcha acciones correctoras pertinentes como consecuencia de la aparición de no conformidades de tipo repetitivo relacionado con el proceso de fabricación, recepción, inspección final, reclamaciones del cliente funcionamiento del sistema de calidad, para solucionar problemas y evitar la repetición de las mismas.

6.1 Desarrollo del proceso:

6.1.1 Solicitud de acciones correctivas.

La detección de posibles no conformidades podrá ser realizada por cualquier persona de la organización de la empresa. Generalmente se pondrán de manifiesto durante:

- Auditorias del sistema de calidad (internas o externas)
- Revisión del sistema de calidad por la dirección.
- Análisis de resultados y tendencias de calidad.
- Seguimiento de los suministradores.

- **Reclamaciones de clientes.**
- **Defectos repetitivos en un proceso o tarea, etc.**

Cuando se detecta una no-conformidad, se ha de poner en conocimiento, del responsable del departamento afectado directamente. Este analizará el problema y recabará toda la información referente al mismo. Como consecuencia del análisis, determinará la solución que a su juicio considere más adecuada o conveniente.

El responsable del departamento debe emitir el correspondiente (parte de acción correctora) indicando la causa de la solicitud y la solución propuesta, enviándolo normalmente al departamento de calidad.

El responsable de calidad analizará la propuesta y de estar conforme con la misma dará su realización. Como puede ocurrir a veces que exista discrepancia entre los departamentos afectados, conviene que dirija las diferencias el máximo responsable de la empresa.

6.1.2 Puesta en marcha de acciones correctoras:

Una vez detectada una no conformidad, se debe poner en marcha una acción correctora, para lo cual, se encargará de la misma el jefe de sección afectado, el cual deberá gestionar y proporcionar todos los recursos necesarios para tal fin, controlando además de que se cumpla con los plazos establecidos.

De surgir algún otro problema, lo pondrá en conocimiento del departamento de calidad para que se tomen las medidas oportunas.

6.1.3 Seguimiento y cierre:

El departamento de calidad debe realizar un seguimiento de todo el proceso de implantación de la acción correctora para asegurarse que esta se implanta correctamente.

Una vez que el responsable de la implantación considera que esta finalizada, avisara al departamento de calidad, que procederá a comprobar la efectividad de la misma. Tras esto, cerrara la acción correctora, cumpliendo el parte de acción correctora.

En caso de no haberse implantando correctamente, o resultar ineficaz se podrá ampliar el plazo propuesto inicialmente o poner en marcha una nueva acción correctora, para lo cual se seguirá el mismo proceso, descrito en los puntos anteriores y se abrirá un nuevo (parte de acción correctora).

6.1.4 Control de acciones correctoras.

Para el correcto control de las acciones correctoras. El departamento de calidad debe mantener actualizado un registro de control de acciones correctoras.

En dicho registro se han de incluir todas las acciones correctoras puestas en marcha en las empresas, el departamento o departamentos afectados y la situación en que se encuentran (pendiente, en implantación, cerrada, etc.).

6.1.5 Responsabilidades:

Como en todos los procedimientos, y en función de la organización propia de cada empresa han de quedar perfectamente definidas las responsabilidades.

La responsabilidad de arbitrar en los casos de discrepancias entre los distintos departamentos, y analizar en colaboración con calidad los resultados de las acciones correctoras ha de recaer en la máxima autoridad de la empresa.

El departamento de calidad de la empresa ha de ser el responsable de aprobar las acciones correctoras propuestas, realizar el seguimiento y cierre de las mismas y llevar el control de todas aquellas puestas en marcha en la empresa.

Cualquier trabajador de la empresa es responsable de proponer y llevar acabo las acciones correctoras que afecten a su departamento, según lo propuesto en el presente capítulo.

Todo trabajador es responsable de la detección de posibles no conformidades y de comunicar dicha circunstancia a su jefe de departamento, comunicándolo este al departamento de calidad.

6.1.6 Anexos:

Los registros que se generan de la aplicación de este capítulo son:

- Parte de acción correctora.

Es emitido por el jefe del departamento a que afecta la no conformidad detectada.

El original es archivado por el departamento afectado y una copia por calidad, durante un plazo de cinco años.

- Control de acciones correctoras.

Es emitido y actualizado por el departamento de calidad, y distribuido periódicamente al resto de los departamentos para su conocimiento, incluida la dirección.

7.- Compras:

A la hora de iniciar la fabricación de un producto es muy importante que las materias primas y materiales usados respondan a las necesidades de calidad de la empresa.

Las compras pueden ser de dos tipos: Aquellas que forman parte del producto vendido por la empresa, y aquellas que no formaran parte de este, como por ejemplo, los equipos utilizados para la producción de estos.

Este capítulo tiene por objeto, por un lado, la evaluación de los proveedores, así como la gestión de materias primas destinadas a la fabricación de los productos; y por otro lado, se estudia el mecanismo para realizar la aceptación y control de las materias primas, con el fin de utilizar en las etapas de fabricación, de aquellas que no cumplan con los requisitos establecidos por la normativa vigente y/o por las especificaciones propias de las empresas

7.1 Evaluación de proveedores

- Selección de proveedores:

El departamento de compras de la empresa debe realizar los estudios necesarios para la selección de posibles suministradores, teniendo en cuenta para ello la posición del suministrador en el mercado, precios, plazos de entrega, cumplimiento a norma y otros criterios de su competencia.

El departamento de compras ha de comunicar al departamento de calidad de los posibles suministradores seleccionados para que proceda a su evaluación y posterior inclusión en un listado de proveedores.

La evaluación se puede realizar de varias formas según lo dispuesto en los dos siguientes apartados del presente capítulo.

*** Selección de proveedores conocidos:**

Cuando una planta quiere implantar un procedimiento de control de materias primas para la fabricación de un determinado producto, en principio, se puede incluir en un listado de proveedores a todos aquellos que durante el último año (contando a partir de la fecha de aplicación del procedimiento) no hayan producido rechazos significativos de los materiales suministrados.

*** Selección de proveedores no conocidos:**

Los proveedores no conocidos son aquellos que hasta la fecha de aplicación del procedimiento de control de materias primas no han suministrado materiales a la empresa, y de los cuales no se conocen por tanto, datos objetivos que permitan predecir el posible comportamiento de la materia prima suministrada por el proveedor en aspectos relativos a la calidad. En este caso, la aprobación se puede realizar con base a:

a) Evaluación de primeras muestras.

b) Esta en posesión de algún sello o marca de calidad reconocida a nivel nacional o internacional.

c) Combinación de los anteriores.

Si los resultados son satisfactorios, se considerara como apto y el departamento de calidad lo incluirá en la lista de proveedores. En caso contrario, serán descartados.

Tanto en el caso de los proveedores conocidos, como en el de proveedores no conocidos, el departamento de calidad debe dejar constancia del sistema empleado en el listado de proveedores, archivando los registros que avalen los resultados (informes de primeras muestras, copia de los documentos que acrediten estar en posesión de un sello o marca de calidad, etc.).

*** Seguimiento de proveedores:**

La aprobación inicial de un suministrador no implica que esta sea permanente. Dicha circunstancia podrá modificarse en base a los resultados de las recepciones de materias primas realizada por la empresa o ante la aparición de problemas graves de calidad.

El seguimiento de los suministradores lo realiza el departamento de calidad analizando de forma anual los resultados de las recepciones que hayan tenido lugar durante dicho periodo.

Para ello se emplea un informe de seguimiento de proveedores, debiendo estudiar proveedor por proveedor y por materia prima, eliminando aquellos que en función de la materia prima, y de la importancia de esta en el producto final hagan que un determinado proveedor no cumpla las necesidades de la empresa, debiendo definir previamente los límites máximos rechazados permitidos.

De detectarse no conformidad, el departamento de calidad junto con el departamento de producción, tomara las medidas oportunas, cumpliendo el parte de acción correctiva.

*** Listado de proveedores aprobados:**

Todos los suministros aprobados por la empresa, se deben incluir por el departamento de calidad en el listado de proveedores. Dicho listado será archivado y actualizado por el departamento de calidad cada vez que se produzcan modificaciones, y distribuirlo al departamento de compras, para que los pedidos se realicen únicamente a suministradores incluidos en dicho listado.

7.2 Gestión de compras.

*** Gestión interna:**

El departamento de compras debe llevar un control de las existencias (stocks) de todas las materias primas empleadas para la fabricación de los productos que elabora la empresa.

Con base a esto y las previsiones de los consumos, el departamento de compras ha de emitir los pedidos por carta, fax o telefónicamente (en este caso se confirmara por escrito) a los proveedores incluidos en el listado.

Es muy importante que quede constancia por escrito del pedido realizado para poder así controlar cuando lleguen las materias primas, que lo pedido se ajuste a lo suministrado.

* Emisión de pedidos:

Los pedidos los efectúan el departamento de compras y posteriormente son enviados a aquellos suministradores incluidos en el listado de proveedores, cuya copia actualizada debe estar en poder del departamento.

En los pedidos se indicaran las cantidades, plazos de entrega, así como las características técnicas que definan los materiales, o referencia a estos.

Estas características técnicas, estarán definidas previamente por el departamento de calidad en las especificaciones de materias primas basándose en las normas o bien en las directrices de la propia empresa.

Los albaranes deben ser archivados el tiempo que la empresa considere conveniente.

7.3 Recepción de materias primas.

* Recepción cuantitativa:

La recepción cuantitativa la realiza el departamento de compras a la llegada de los materiales a las instalaciones de las empresas. Durante esta recepción se debe comprobar que las materias primas enviadas por el suministrador coinciden con las indicaciones en el albarán y con el pedido efectuado en lo relativo a cantidades, tipo y clase.

Asimismo, se debe realizara una comprobación visual del estado general del envío, embalajes, etc.

Si las comprobaciones resultan correctas, las materias primas pasan al almacén, identificándolas mediante una etiqueta identificativa.

En el caso de materias primas que no cumplan los requisitos establecidos, o existan indicios de estos, se actuara como se indica dos apartados adelante.

- Recepción cualitativa:

Es el departamento de compras o persona delegada por él, el que etiquetara las materias primas una vez halla firmado la conformidad en el albarán de recepción.

El departamento de compras, una vez recepcionada la materia prima, debe comunicar inmediatamente al departamento de calidad la recepción de la misma, para que proceda en un plazo de tiempo lo más breve posible al análisis cualitativo de la materia prima recepcionada.

Las comprobaciones, controles y ensayos se han de realizar conforme a lo indicado en un plan de control de recepciones.

En el caso de encontrarse conformes, se coloca una etiqueta identificativa de material aceptado, en caso contrario, se identifica el material rechazado, abriéndose el correspondiente parte de acción correctora. Es conveniente que las etiquetas sean de distinto color para así facilitar el trabajo de los operarios.

Solo podrán utilizarse en fabricación aquellas materias primas identificadas con la etiqueta de material aceptado.

Los resultados de las comprobaciones, controles y ensayos se deben registrar en partes e informes indicados en el plan de control de recepción.

7.4 Materias primas no conformes.

Todas las materias primas que no cumplan los requisitos establecidos para ellas, se tiene que identificar para evitar su utilización en las fases de fabricación.

La identificación se realiza por medio de etiquetas.

Material rechazado Etiqueta color rojo.

Material retenido Etiqueta de color blanco.

La decisión final sobre las materias primas no conforme es responsabilidad del departamento de calidad.

Tanto la detección como la solución final adoptada sobre las materias primas no conformes será registrada por el responsable del control / comprobación durante la recepción con la firma del departamento de calidad y el visto bueno por el departamento de compras en el parte de incidencias de recepción.

7.5 Responsabilidades.

Si bien cada empresa en su organigrama tiene definida una serie de responsabilidades para cada uno de los departamentos que forman el conjunto de la empresa, en los temas específicos de calidad se recomiendan las siguientes:

- Departamento de compras:

Es responsabilidad del departamento de compras la selección inicial de posibles proveedores y la emisión de los pedidos a aquellos aprobados previamente por la calidad.

Es el responsable de la recepción cuantitativa de las materias primas compradas.

Es el responsable último de determinar la aceptación o rechazo de las materias primas, en función del cumplimiento de los requisitos establecidos. Tiene la responsabilidad de la devolución a los proveedores de aquellos materiales que son rechazados durante la recepción, y de aclarar cualquier duda o problema que surja:

- Departamento de calidad:

Es responsabilidad del departamento de calidad la aprobación de los posibles proveedores seleccionados por el departamento de compras y actualización de la lista de proveedores aprobados.

Es responsable de realizar la recepción cualitativa de las materias primas de acuerdo a lo establecido en el presente capítulo, y registrar los resultados obtenidos.

- Otros departamentos.

Es responsabilidad de los distintos departamentos de la empresa cumplir lo establecido en este capítulo en lo referente a la gestión interna de los materiales necesarios para el desarrollo de sus actividades.

- Gerencia

Es el responsable de resolver las discrepancias que puedan surgir entre distintos departamentos en lo que se refiere a este capítulo.

8.- Control de documentación.

Este apartado tiene por objetivo definir el sistema de actuación seguido por una empresa para llevar un adecuado control de los documentos, que por su naturaleza puedan afectar a la calidad de los productos fabricados o a las actividades regulares por el sistema de calidad.

Esta materia es de aplicación a las actividades de elaboración, revisión, aprobación, codificación, distribución archivo y modificaciones de los documentos que se relacionaran posteriormente.

Definiciones.

Procedimiento:

Documento que define toda la metodología para realizar unas actividades determinadas:

Instrucción:

Documento que describe partes específicas de los procedimientos o regulan actividades específicas que estaban esbozadas en documentos más generales.

Especificaciones técnicas:

Conjunto de documentos donde se definen las características aplicables a un producto.

Responsabilidades.

Es responsabilidad de los todos los departamentos, el emitir todos los documentos de acuerdo a lo dispuesto en el procedimiento de control de la documentación, emitiendo y actualizando las listas de distribución correspondientes.

Es responsabilidad de los departamentos emisores el archivo de los originales de los documentos por ellos generados.

Es responsabilidad del departamento de calidad actualizar y distribuir el listado de documentos en vigor del sistema de calidad.

Es responsabilidad de todo personal de archivo, custodia y conservación de los documentos que le han sido distribuidos.

Las responsabilidades de elaboración, revisión, aprobación, distribución y archivos de los distintos documentos se definen en el anexo Matriz de responsabilidades.

Clasificación de la documentación.

A los documentos a los que se aplica el procedimiento de control de la documentación son:

- Documentación recibida del exterior:

Esta constituida por todas aquellas normas, reglamentos técnicos y anexos de gestión técnica de la marca relativa a la fabricación, control y aseguramiento de la

calidad de los productos que se aplica el sistema de calidad implantado en la empresa.

- documentación emitida por la empresa

Dentro de este se incluyen:

- **Manual de calidad.**
- **Procedimientos generales de calidad.**
- **Planos, croquis.**
- **Especificaciones (materias primas, productos)**
- **Instrucciones (Control, autocontrol, ensayo, fabricación, etc.**

- Recepción.

Toda la documentación relativa a los productos (características, control, fabricación, etc.)

Y al aseguramiento de la calidad de los mismos será recepcionado por el departamento de calidad, incluyéndola, cuando proceda, en el listado de documentos en vigor. (anexo 3)

- Distribución y control.

El departamento de calidad determinara en que áreas de la empresa debe ser distribuida dicha documentación, y elaborara la lista de distribución correspondiente. (anexo 4)

Los receptores de los documentos deberán firmar en la lista de distribución como acuse de recibo del documento.

Los documentos serán distribuidos por calidad a los responsables de las áreas a que afecten, siendo estos los encargados de su difusión entre el personal a su cargo, de la forma que crea más conveniente (archivo común del departamento, tableros de información, copias, etc.)

- Modificaciones y cambios.

Los cambios o modificaciones en estos documentos tendrán su origen en los organismos emisores correspondientes.

A la llegada de dichos cambios o modificaciones a la empresa, serán recepcionados y distribuidos de igual forma que las ediciones iniciales, debiendo el departamento de calidad distribuir las a todos los poseedores que figuran en la lista de distribución y retirando, si procede, los documentos obsoletos.

Archivo.

Los originales de los documentos recibidos del exterior serán archivados por el departamento de calidad, mientras sean de aplicación.

Cada departamento incluido en la lista de distribución deberá archivar la copia que le sea asignada por calidad.

8.1 Documentación emitida por la empresa.

- Elaboración, revisión y aprobación.

Todos los documentos emitidos por la empresa, que afectan a la calidad, o a las actividades reguladas por el sistema de calidad, deberán ser revisados y aprobados por los responsables autorizados a tal fin. De acuerdo a lo establecidos en la matriz de responsabilidad.

De la elaboración, revisión y aprobación quedara constancia mediante firma de los responsables en la portada de los documentos.

En la misma, se indicara además el titulo del documento, su referencia código asignado, numero de revisión y fecha de aplicación.

- Identificación.

Todos los documentos emitidos tendrán asignados un código o referencia identificativa en función del documento de que se trate su naturaleza y alcance (La empresa puede proponer el suyo propio).

- Distribución y control.

Una vez aprobado un documento, el departamento emisor procederá a su distribución a aquellas personas u organizaciones que lo precisen para el desarrollo de sus actividades, y serán incluidos en la lista de distribución. (anexo 4)

Cada destinatario firmara en la lista de distribución como acuse de recibido cuando le sea entregado el documento, en cuya portada se indicara el numero de copia, el destinatario, cargo y fecha de entrega del documento (excepto los planos, croquis que no llevan portada).

Cuando un documento se entregue a una persona ajena a la empresa, se enviara acompañada de una carta que deberá ser firmada por el destinatario y devuelta como acuse de recibo. Dichas cartas serán archivadas junto con la lista de distribución correspondiente.

Las listas de distribución serán actualizadas por los responsables de la emisión de cada documento.

El departamento de calidad mantendrá un listado de documentos en vigor (anexo) con todos los documentos aplicables relativos a la calidad, indicando el título, referencia, revisión en vigor y la fecha de aplicación.

El listado será actualizado por calidad cada vez que se produzca cambios, distribuyendo al resto de los departamentos de la empresa.

- modificaciones

Cuando se produzca una modificación en un documento, esta deberá ser aprobada y revisada por las mismas organizaciones que lo hicieron sobre el documento original.

Las modificaciones serán distribuidas a todas las personas incluidas en la lista de distribución correspondiente al documento original, debiendo retirarse la copia obsoleta.

Sí la modificación afecta a una parte del sistema de calidad, el o los capítulos afectados pasaran al numero de revisión siguiente a la que se encuentren, manteniendo él numero de edición. De la revisión y aprobación quedara constancia en el listado de documentos en vigor.

- Archivo

Cada departamento deberá archivar el original en vigor de los documentos por el emitidos y como mínimo una copia.

Conclusiones y comentarios:

Hay que señalar que la calidad industrial no es establecer un control final de fabricación que deseche aquellos productos defectuosos, sino que el sistema de calidad es un medio para poder controlar y detectar problemas, que empieza desde el diseño del producto y continua hasta la venta del mismo y si fuera necesario continuarlo en la posventa (servicio de garantía).

En general un sistema de calidad es para producir productos y servicios de calidad total para permitirles a las empresas competitividad en su mercado interno y externo.

En este caso en una industria de muebles de madera se implementa un sistema de calidad para hacer que la compañía pueda competir mediante la calidad como producto.

El mayor obstáculo a la mejora de la calidad en la industria de los países en desarrollo es que los fabricantes no son conscientes de sus ventajas económicas. La calidad se considera un objetivo deseable socialmente, pero su contribución a la rentabilidad de los negocios se ve como algo marginal. Esto es el resultado de malas interpretaciones:

La calidad total cuesta más. Esta es la mala interpretación más difundida sobre la calidad. Sin embargo se ha demostrado que la calidad no siempre cuesta más. Es importante entender como, dentro de los procesos modernos de fabricación, la calidad se constituye en un producto.

Bibliografía:

- Asociación de Investigación de la Madera. Curso de calidad industrial. España, 1997.
- Instituto Tecnológico del Mueble y afines. Estándares de calidad y normas técnicas. España, AIDIMA, 1997.
- Centro de Comercio internacional UNCTAD/OMC. Sistemas ISO 9000 de gestión de la calidad. Directrices para las empresas de países en desarrollo. Suiza, 1996.
- Centro de Comercio Internacional UNCTAD/OMC. Aplicación de los sistemas ISO 9000 de gestión de la calidad. Suiza, 1996.
- Rothery Brian. ISO 9000. México D. F., Panorama 1995.
- Lamprecht James L. ISO 9000 en la pequeña empresa: manual de implementación. México D. F., Panorama 1996.
- Lloyd Mexicano. Seminario de introducción a ISO 9000. México D. F., 1997
- González González Carlos. ISO 9000/QS 9000. México D. F., 1996

EMPRESA _____

No. _____

PARTE DE ACCION CORRECTIVA

DESCRIPCION DE LA NO CONFORMIDAD

FECHA _____

JEFE DE DEPTO. _____

ACCION CORRECTIVA PROPUESTA

PLAZO DE FINALIZACION _____

JEFE DE DEPARTAMENTO _____ CALIDAD _____ Vo. Bo. DIRECTOR DE FAB _____

FINALIZACION Y CIERRE

RESULTADO: () CORRECTO

() REQUIERE NUEVA ACCION No. _____

() SE AMPLIA PLAZO HASTA: ____/____/____

FECHA: ____/____/____ CALIDAD _____

