

0.1168 17 2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

FACULTAD DE INGENIERIA

SISTEMA DE CALIDAD EN PROYECTOS DE INGENIERIA PARA CENTRALES TERMoeLECTRICAS DE COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE: MAESTRIA EN INVESTIGACION DE OPERACIONES

P R E S E N T A : EDUARDO ANGEL PRADA CATAÑO

DIRECTOR DE TESIS: M.I. RUBEN TELLEZ SANCHEZ



MEXICO, D. F.,

.1998

263933

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.

A MI PADRE:

SIN EL QUIEN JAMÁS LE HUBIERA PODIDO DEDICAR ESTE TRABAJO

EDUARDO PRADA CATAÑO

## INDICE

<b>1 ANTECEDENTES, CLASIFICACIÓN Y ESTRUCTURA DE LAS EMPRESAS.....</b>	<b>1</b>
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 CLASIFICACIÓN.....	7
1.3 ESTRUCTURAS.....	11
<b>2 SISTEMAS Y OPERACIONES DE CALIDAD.....</b>	<b>15</b>
2.1 NORMA ISO-9001 COMO BÁSICA.....	15
2.2 LA APLICACIÓN DE LOS REQUISITOS DE LAS NORMAS ISO-9001 EN LAS DIFERENTES EMPRESAS DE INGENIERÍA.....	22
2.3 ESTRATEGIAS DE LAS OPERACIONES DE LA CALIDAD.....	26
2.4 MEDIOS Y RECURSOS PARA APLICAR A UN SISTEMA DE CALIDAD.....	31
2.5 MEJORA DE LA CALIDAD.....	37
<b>3 SISTEMA DE CALIDAD EN PROYECTOS PARA CENTRALES TERMOELÉCTRICAS DE CFE.....</b>	<b>42</b>
3.1 COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD (CFE).....	42
3.2 SUBDIRECCIÓN DE CONSTRUCCIÓN (SC).....	44
3.3 COORDINACIÓN DE PROYECTOS TERMOELÉCTRICOS (CPT).....	45
3.4 PROGRAMA INSTITUCIONAL DE CALIDAD (PICT).....	46
3.5 ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN LA COORDINACIÓN DE PROYECTOS TERMOELÉCTRICOS (ACCPT).....	49
3.6 REQUISITOS DE CALIDAD DE LA NORMA NMX-CC-003 MNC 1995 INMC (ISO-9001, 1994).....	51

3.7 MÉTODOS DE APLICACIÓN PARA LAS OPERACIONES DE CALIDAD.....	69
3.8 INFORMACIÓN DE CALIDAD PARA SU UTILIZACIÓN EN LA CERTIFICACIÓN DE LA CPT.....	80
3.9 MANEJO DE LA INFORMACIÓN DE CALIDAD (MIC).....	81
<b>4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>83</b>
4.1 CONCLUSIONES.....	83
4.2 RECOMENDACIONES.....	85
4.3 BIBLIOGRAFÍA.....	89

## **INTRODUCCIÓN**

El punto de referencia indispensable para determinar y controlar las actividades y decisiones desarrolladas en la Administración Global de una Empresa reside en identificar los elementos concernientes a su Organización.

Una forma de proporcionar la confianza adecuada en todos los elementos que intervienen en una Organización es la de Implantar un Sistema de Calidad que defina los procedimientos, procesos y recursos necesarios para el funcionamiento óptimo de tal Organización.

En este trabajo se vislumbran y proponen las posibilidades de desarrollo y adaptación de un Sistema de Calidad para Proyectos de Centrales Termoeléctricas de la Comisión Federal de Electricidad dentro del Programa Institucional de Calidad el cual fue emitido por la misma Institución para atender las demandas del Gobierno de la República que permitirán a México ampliar el Mercado Internacional para sus productos, fortalecer la Industria, consolidar y acrecentar la Economía y, en consecuencia, impulsar el desarrollo de la Nación.

Los propósitos en general, perseguidos con el trabajo presente son:

- 1) Definir los principios de calidad y sus operaciones, así como la documentación completa que el Organismo responsable del desarrollo de Proyectos Termoeléctricos (Coordinación de Proyectos Termoeléctricos o bien CPT) requiere para su funcionamiento en un Sistema de Calidad.
- 2) Lograr que la CPT cumpla con los requisitos para su certificación de acuerdo a las Normas Mexicanas NMX equivalentes a la ISO-9000.

Para poder dar alcance a dichos propósitos se analizan y determinan los requerimientos de Proyectos de Centrales Termoeléctricas necesarios para cumplir con las Normas de Calidad antes mencionadas.

En la implantación y desarrollo del Sistema de Calidad dentro de la CPT serán tomadas en cuenta las acciones principales siguientes:

- a) Planeación de la Calidad
- b) Control de Calidad
- c) Aseguramiento de Calidad
- d) Mejora de la Calidad

Este trabajo se divide en tres capítulos principales. El primer capítulo denominado "Antecedentes, Clasificación y Estructura de las Empresas" contiene como "Antecedentes" la historia de los Estándares de Calidad; la importancia Nacional e Internacional de la Serie de Estándares de Calidad ISO-9000 e igualmente las necesidades y causas por lo que las Empresas lo emplean.

En la parte de "Clasificación" se enumeran los diferentes tipos de empresas existentes. Las estructuras técnico-administrativas y sus recursos son tratados en la sección de "Estructuras".

El segundo capítulo de "Sistemas y Operaciones de Calidad" contiene la configuración de la Serie ISO-9000 y su equivalente mexicano; plantea las razones por las que se adopta la Norma ISO-9001 (NMX-CC-003) en el desarrollo de Proyectos de Ingeniería y describe los requerimientos que la misma enuncia; establece la documentación necesaria de un Sistema de Calidad; define las operaciones de calidad, posibles estrategias, medios y recursos utilizados en cada una de las etapas para la Implantación de un Sistema de Calidad.

El tercer capítulo denominado "Sistema de Calidad en Proyectos de Ingeniería para Centrales Termoeléctricas de Comisión Federal de Electricidad" (CFE) describe la estructura técnico-administrativa y de Calidad generada en la CFE a raíz de la Implantación del Sistema de Calidad; la aplicación de los requerimientos de la Norma NMX-CC-003 al caso particular de la Coordinación de Proyectos Termoeléctricos (CPT) en la CFE así como a las herramientas de Calidad y otras que se proponen para el desempeño óptimo de este Sistema de Calidad.

# 1

# ANTECEDENTES, CLASIFICACIÓN Y ESTRUCTURA DE LAS EMPRESAS

---

## 1.1 ANTECEDENTES

Actualmente, si una empresa compite con su producto en el mercado mundial, entonces necesita que el producto contenga la integración de características y aspectos determinantes en el grado de satisfacción de las necesidades del cliente. Este es uno de los conceptos de la calidad hoy en día. Por otra parte la conformancia del producto con el diseño, su producción, instalación, servicio y otros lineamientos ha dado origen a la creación de estándares

El desarrollo de estándares es llave para abrir la puerta donde se penetra al ámbito de la alta tecnología. Como es bien sabido los avances tecnológicos y el desarrollo de estándares han ido mano a mano. Cientos de años antes, los artesanos hicieron productos con una base individualizada. Operando en casas las cuales se encontraban en el campo, los artesanos emplearon estándares propios. Comúnmente, los estándares de calidad fueron manejados de manera individual con retroalimentación del cliente (un método que permanece pertinente en nuestro tiempo). En la Edad Media los artesanos comenzaron a congregarse para formar gremios y uniones de comercio. Estos grupos crearon sus propios estándares en los cuales la experiencia en las distintas habilidades era medida.

Al mismo tiempo las organizaciones militares encontraron que la calidad del equipo y material utilizado era en extremo, un asunto de vida o muerte. Como resultado, los estándares de calidad fueron impuestos a los proveedores. Cientos de años más tarde, el rey británico encargó a un oficial examinar la producción de barcos navales, fue entonces cuando éste puso en el cargo de calidad y efectividad de la Ingeniería utilizada en la armada a otro oficial. La estandarización por si misma se volvió preeminente con el comienzo de la era industrial. Por ejemplo, Eli Whitney además de inventar la desmotadora de algodón es también bien conocido en la aportación de estándares para la fabricación de rifles. Las aplicaciones militares como ésta, continúan manejando el desarrollo y refinamiento de estándares de otros productos.

A principios de siglo, los estándares de calidad fueron institucionalizados y documentados. En 1912, el Gobierno Británico creó una oficina para asegurar la calidad de las naves aéreas militares británicas. Después de la Segunda Guerra Mundial el Departamento de Defensa de los Estados Unidos estableció la serie de estándares MILSTD. Estos estándares fueron la llave, del desarrollo de los estándares de calidad como son conocidos hoy en día. De 1981-1982 en América, específicamente en Estados Unidos, el origen de la era de la calidad llegó con la recesión de 1981-1982 cuando Japón aparecía como una amenaza económica. En ese momento el eslogan principal de Ford Motor Company se convirtió en "La Labor 1 es Calidad".

En la década pasada el requerimiento de tales estándares (algunos desarrollados también por la industria automotriz) se volvieron más demandados y más específicos, así como el número de tipos de herramientas de calidad y técnicas desarrolladas. En 1987, probablemente el año más importante de la historia de Europa después de la Segunda Guerra Mundial, se formó la comunidad Europea, lo cual ponía en camino la intención de dirigir el desarrollo de una Europa (sino política) económicamente unida. Fue en este mismo evento donde se avanzó en el desarrollo de Sistemas de Calidad; en donde:

- La Organización Internacional de Estándares (ISO) creó el estándar para Sistemas de Calidad ISO-9000, derivado del estándar británico BS5750. Lo que significaba que el primero correspondía al segundo.
- La Comunidad Europea adoptó un estándar de calidad virtualmente idéntico a la ISO-9000 bajo la designación EN-29000.

Un Sistema de Calidad es un programa de dirección y amplio proceso, que involucra planes, actividades, recursos y eventos. Este programa es implementado y manejado con el objetivo de asegurar los requerimientos de calidad que el cliente exige del producto o servicio terminado y que las metas propuestas en dicha inversión se cumplan.

Actualmente, las diferencias entre las aplicaciones de estándares sobre Sistemas de Calidad europeos y estadounidenses son claras. En los Estados Unidos, los estándares de calidad han sido principalmente manejados por corporaciones individuales e imperativos militares. En Europa, los Gobiernos (y la Comunidad Europea, que se está convirtiendo en Supragobierno) han sido envueltos mucho más activamente en la mayoría de las naciones industrializadas las cuales han adoptado versiones equivalentes de la ISO-9000. Sin duda por razones de orgullo nacionalista estas naciones dan a sus estándares sus propias designaciones, aun cuando dichos estándares son palabra a palabra la ISO-9000. En México la norma equivalente a la ISO-9000 fue aprobada en 1989 bajo la designación NOM-CC-3/ 4 /5 (Modelo para el Aseguramiento de Calidad aplicable al proyecto, diseño, fabricación y servicio).

Ante la universalidad de la Serie ISO-9000, las empresas se ven en la necesidad de desarrollar Sistemas de Calidad que aseguren al producto o servicio cumplir con los requerimientos de calidad del cliente. Dicho Sistema de Calidad incorporará los siguientes conceptos:

- **Planeación de Calidad:** Conjunto de actividades que determina cuales son los elementos que debe contener el Sistema de Calidad para cumplir con los requerimientos necesarios.
- **Control de Calidad:** Término colectivo que incorpora las actividades internas del proceso y técnicas que intentan crear características de calidad específicas.
- **Aseguramiento de Calidad:** Término colectivo que incorpora las actividades planeadas y formalizadas referentes a procesos internos o externos que intentan brindar confianza en el producto o servicio terminado y así poder afrontar los niveles de calidad requeridos.
- **Mejora de la Calidad:** Conjunto de actividades empleadas para incrementar la eficiencia del Sistema de Calidad.

Existen empresas que no desean implantar un Sistema de Calidad, porque consideran eficiente su forma de trabajo; sin embargo, actualmente, tales empresas se ven forzadas a hacerlo, ya que sus clientes piden su registro ante la Serie de Normas ISO-9000. Este fenómeno es lógico, sobretodo, si los clientes de dichas empresas lograron su registro ante estas normas, lo que ocasiona un efecto cascada en todas las empresas.

Las causas que orillan a una empresa a implantar un Sistema de Calidad con registro ante ISO-9000, son principalmente:

- Organizaciones Internacionales lo piden como requisito para intervenir en relaciones comerciales en ciertos sectores del globo terráqueo.
- Los clientes se lo piden a una empresa.
- Estrategia de una empresa, para lograr mayor demanda de su producto.

Un agudo ejemplo de la necesidad de implantar Sistemas de Calidad certificados en empresas, es el que existe actualmente en Europa, donde la Comunidad Económica Europea pide que varios productos sean certificados con la Serie ISO-9000. Ante tales circunstancias, en un futuro cercano se espera que la aplicación de estas normas sea de carácter universal.

Numerosas empresas suponen que el carácter de la Serie de Normas ISO-9000 es ambiguo, debido a que no definen en forma específica como elaborar y poner en marcha un Sistema de Calidad, sin embargo tales normas indican únicamente los requisitos generales que debe cumplir un Sistema de Calidad y su aplicación es particular en el ejercicio de cada empresa.

La Serie ISO-9000 marca principalmente las tres siguientes disposiciones:

- Para la conformación de un Sistema de Calidad en el diseño, desarrollo, producción, instalación y servicio; se aplica ISO-9001.
- Para la conformación de un Sistema de Calidad en la producción, instalación y servicio; se aplica ISO-9002.
- Para la conformación de un Sistema de Calidad en la inspección y pruebas finales; se aplica ISO-9003.

Antes de implantar el Sistema de Calidad de la Serie ISO-9000 en una empresa, es importante entender:

- El Sistema de Calidad referente a una empresa debe contener los requerimientos de la Serie ISO-9000 que únicamente se cumplan. Lo cual significa, poder hacer caso omiso de los puntos pertenecientes a la Serie ISO-9000 que no formen parte de las actividades de una empresa.
- Cada empresa tiene un Sistema de Calidad específico. Es decir, aunque dos empresas tengan estructuras, procesos y productos muy similares, estas por funcionamiento y características particulares no necesariamente tienen que aplicar el mismo Sistema de Calidad.

- Flexibilidad del Sistema de Calidad para satisfacer las necesidades del cliente. Si un cliente requiere que alguno de los procedimientos del Sistema de Calidad sea cumplido entonces es conveniente que exista un mecanismo para poder satisfacerlo.

En general, la Serie de Normas ISO-9000 determina una sucesión de disposiciones universales, necesarias en las empresas para poner en funcionamiento un Sistema de Calidad. Los requerimientos establecidos en estas normas consideran la generalidad de los contenidos de los modelos organizacionales de cada empresa sin alterar las relaciones cliente-proveedor y así lograr que tales relaciones gocen de mayor simplicidad y eficiencia.

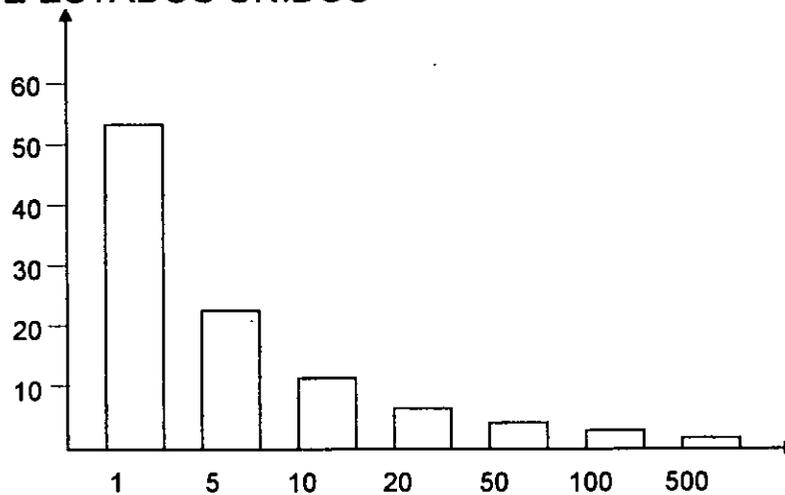
Las agencias de Certificación emplean a auditores que obtienen su certificación a través de un examen el cual contiene los conocimientos requeridos para evaluar un Sistema de Calidad, además es necesario que el auditor haya tenido experiencia en por lo menos cinco auditorias. Es obvio que la experiencia de un auditor esta en función del número de auditorias que ha realizado, sin embargo éste debe ser flexible y consistente en la interpretación de la Serie de Normas ISO-9000, ya que puede ser muy variada y depende del tipo de empresa.

Como ejemplos de Organismos de Certificación en el mundo, tenemos: Estados Unidos a RAB, Brasil (INMETRO), Francia (COFRAC), Italia (UNI), España (AENOR).

## 1.2 CLASIFICACIÓN

La forma tradicional de clasificar a las empresas por sus tamaños, es dependiendo del número de empleados, un ejemplo es el presentado por el investigador William J. Dennis en un reporte de la *Small Business Administration* publicado en 1991, en donde aparece la gráfica siguiente:

PORCIENTO DEL TOTAL DE EMPRESAS DE ESTADOS UNIDOS



TAMAÑO DE LA EMPRESA SEGÚN SU NO. DE EMPLEADOS

FIGURA 1.2.1

De donde saca las clasificaciones siguientes:

TAMAÑO DE LAS EMPRESAS	No. DE EMPLEADOS
Muy Pequeña	20
Pequeñas	75 a 100
Medianas	100 a 500
Grandes	500 a 1000
Muy Grandes	Mayores de 1000

**TABLA 1.2.1**

La CPT de acuerdo a la clasificación anterior queda dentro de las grandes empresas ya que su número rebasa los 500 empleados. Toda clasificación es relativa y la anterior es a la cantidad de los recursos humanos de las empresas, pudiendo estar referidas por ejemplo a la cantidad o variedad de productos que producen o al monto de ventas o ganancias.

Como factores importantes que afectan a la clasificación por cantidad de recursos humanos en Empresas de Ingeniería se distinguen los indicados a continuación:

- **Factor por Variabilidad de Personal:** En la actualidad la mayoría de las empresas especialmente las pequeñas operan con personal de contratación temporal que laboran según las necesidades de los proyectos, teniendo picos máximos de personal cuando sus requerimientos son altos y además tiempos con personal mínimo, así que dependiendo del instante en que se aplique el criterio de clasificación éste dará valores diferentes; lo que quiere decir que el tamaño de las empresas es fluctuante dependiendo directamente del mercado y de sus ventas.
- **Factor de horas-hombre:** Todos los presupuestos y planes de trabajo se reflejan en horas hombre (hh), siendo posible que las clasificaciones de las empresas indicadas en la Tabla 1.2.1 puedan transformarse con sólo considerar que un empleado labora 8 horas diarias durante 20 días de un mes, obteniéndose la clasificación siguiente (Tabla 1.2.2):

TAMAÑO DE LAS EMPRESAS POR MES	No. TOTAL DE HORAS-HOMBRE LABORADAS EN UN MES
Muy Pequeña	3200
Pequeñas	12000 a 16000
Mediana	16000 a 80000
Grandes	80000 a 160000
Muy Grandes	Mayores a 160000

TABLA 1.2.2

- **Factor de Diversidad de Horas-Hombre:** La situación actual influenciada por la automatización y la utilización generalizada de computadoras de tipo personal (PC); así como la aplicación de Sistemas de Calidad que obligan siempre a obtener una realidad basada en evidencias, inducen a buscar conceptos de clasificación cada día más exactos para que al sustentarse en ellos se obtengan resultados más cercanos a los previstos, de esta forma las horas-hombre presupuestadas en un Proyecto de Ingeniería de Diseño dentro de una misma especialidad pueden ser categorizadas, ya que no es lo mismo una hora-hombre de diseño tradicional a una hora-hombre con diseño asistido por computadora, esto debido a que las actuaciones en estos últimos son más eficientes y con costos mayores.

Lo que antes era muy poco probable y hasta parecía imposible al tener a un sólo hombre dirigiendo y operando a una pequeña Empresa de Ingeniería hoy es algo posible con los medios computarizados existentes, aún considerándosele incluido un Sistema de Calidad con participación externa para propósitos de revisión y/o auditorias.

- **Factor por Sub-contratista:** Cuando las empresas utilizan sub-contratistas caen en otra clasificación de empresas. Estas deben tener Sistemas de

Calidad definidos para que permitan continuidad y rastreabilidad a través de los contratistas de la misma empresa.

Resulta importante para las Empresa de Ingeniería, el identificar sus características para obtener su clasificación ya que a partir de ésta se pueden diferenciar propiedades comunes.

Desde el punto de vista de tipo de ventas de los productos de una Empresa de Ingeniería se puede clasificar una empresa de ventas por mayoreo o menudeo, lo cual determina particularmente su tipo de mercado y de clientes, por ejemplo una empresa que vende un producto de *software* en forma individual a muchos clientes, actuará como empresa de ventas de menudeo, y si vende sólo a distribuidores actúa como empresa de ventas al mayoreo, en ambos casos sus Sistemas de Calidad deben tener también diferencias al aplicarse a cada tipo de cliente.

Desde la perspectiva técnica existen también características que diferencian a las empresas, por ejemplo una empresa de Diseño de Ingeniería de Plantas Termoeléctricas que consumen combustibles fósiles, tiene un Sistema de Calidad para productos menores en cantidad e importancia a los del Diseño de Ingeniería de Plantas Nucleoeléctricas de la misma capacidad.

Los aspectos de clasificación tratados en este inciso son de gran importancia, para tenerse en cuenta en el momento de decidir y adaptar las políticas de calidad de una Empresa de Diseño de Ingeniería ya que son medios para lograr sus objetivos.

### 1.3 ESTRUCTURAS

Al enfocarse en este estudio las Estructuras Técnico-Administrativas de las Empresas, se procede a considerar en bloques las responsabilidades y obligaciones dentro de las cuales se encuentran las operaciones de calidad.

Las Estructuras Técnico-Administrativas deben permanecer completamente determinadas para evitar confusiones, pero no necesariamente rígidas todas las operaciones que comprenden estas mismas estructuras.

En principio la Estructura de una Empresa esta formada por su Estructura Normal o puramente Administrativa y de la Estructura de su Sistema de Calidad, si es que está última es aplicada.

Las Estructuras de los Sistemas de Calidad pueden ser clasificados en la forma siguiente:

- **Estructuras de Calidad Restringidas a Ciertas Operaciones:** Las cuales son definidas por una empresa, para ser aplicadas sólo parcialmente y para dar cumplimiento a determinados propósitos.

Generalmente están restringidas en autoridad y participación en las decisiones de la empresa, y son utilizadas para cumplir con requisitos o mantener la detección relativa de la calidad del producto de una empresa. Este tipo de Estructura se aplica en empresas pequeñas con productos de poco riesgo.

- **Estructuras de Calidad con Capacidad de Decisión Igual al Máximo Nivel Ejecutivo:** En las cuales realmente existen ejecutivos de la calidad que tienen el poder y la autoridad de suspender cualquier operación dentro de la empresa que afecte la calidad de un producto y hasta suspender su entrega al cliente o al mercado.

Este tipo de Estructura es deseable para aquellos productos o servicios, donde la sociedad consumidora conozca que existen riesgos muy altos en su utilización, como por ejemplo Centrales Nucleoeléctricas, Fabricas de Productos Tóxicos, cuyos experimentos históricos llevados a la memoria (Chernovil, Challenger, Titanic, etc.), bastan para justificar la implantación de este tipo de Estructuras, con la esperanza de evitar catástrofes de gran magnitud.

- **Estructuras de Calidad Fusionadas con la Estructuras Normales o Puramente Administrativas:** Son deseadas por el grado de eficiencia que se obtiene en su aplicación. Estas se logran cuando las responsabilidades de calidad de los empleados y/o trabajadores las llevan a cabo en forma simultánea y oportuna con sus labores cotidianas de trabajo, sin necesitar de inspecciones o auditorias frecuentes.

Esta Estructura es recomendada de probarse cuando se hayan obtenido resultados comprobados de que la capacitación ha sido asimilada de forma positiva en el desarrollo del trabajo y evaluada su confiabilidad.

Los controles de presupuestos y consumos de tiempo de personal aplicados a labores de calidad por cada empleado, junto con los resultados obtenidos son los mejores indicadores del grado de eficiencia que tiene un grupo de trabajo y de la factibilidad de éxito de esta Estructura.

Las Estructuras de Calidad pueden utilizar los siguientes recursos:

- **Estructuras de Calidad utilizando Recursos Manuales o Recursos Computarizados:** Ambos tienen ventajas y desventajas. Los recursos manuales significan principalmente, manejar en papel a toda la información lo cual a la larga hace las operaciones más tardadas, cansadas y costosas, tiene el atractivo de no requerir que el personal tenga y conozca como operar a las computadoras.

Los recursos computarizados hacen posible reducir los volúmenes grandes de información en expedientes así como simplificar enormemente su manejo y actualización, facilitando también la comunicación. Tiene el inconveniente de establecer un sistema de *software* exprofeso para las funciones de calidad y de preparar al personal para su utilización y transformación desde las computadoras personales (PC), pero con el tiempo resulta más barato.

Cada una de las formas con Recursos Manuales o Computarizados, requiere de su propia Estructura de Calidad, ambas tienen requerimientos especiales con responsabilidades y aun cuando substancialmente son iguales son diferentes en la forma de llevarse a cabo.

Todas las estructuras pueden variar principalmente por razones de objetivos y evolución de la empresa y de los factores dependientes del mercado, clientes, tecnologías y productos.

Tradicionalmente las Estructuras de las Empresas de Ingeniería en General han dependido solamente de quien las posee o dirige, y en esto se producen cambios bruscos en el momento que se decide utilizar un Sistema de Calidad con las Normas de la familia ISO-9000 que a primera vista no son comprendidas.

Al enfrentarse a la aplicación de un Sistema de Calidad de acuerdo a las Normas ISO-9000 y tener que definir una estructura se presentan varias situaciones que pueden enlistarse de la forma siguiente:

- Apegarse necesariamente a los Lineamientos de las Normas.
- Requerir que el personal comprometido con el Sistema de Calidad sea definido y que comprenda el contenido de las normas en general y en sus trabajos específicos.

- Preparar acciones y documentación para lograr iniciar y preservar el sistema de calidad.

En el cumplimiento de los conceptos anteriores cada empresa se obliga de acuerdo a su situación a presentar sus propios métodos y estructuras.

Por ello se requiere contar con la asistencia de personas o consultores organizados en un grupo de calidad, para realizar lo que puede llamarse "Proyecto para Implantar un Sistema de Calidad Estructurado".

Debe tenerse presente que lo más deseable es contar con una Estructura Normal Administrativa coherente, integrada y óptima con su Sistema de Calidad, pero si ésto no es posible al principio, el Sistema de Calidad deberá tener habilidades para hacer evidentes las necesidades de los cambios administrativos o del mismo Sistema de Calidad y tener por efecto modificaciones adecuadas.

# 2

## SISTEMAS Y OPERACIONES DE CALIDAD

---

### 2.1 NORMA ISO-9001 COMO BÁSICA

El propósito de la creación de la Serie de Normas ISO-9000 (así como las equivalentes mexicanas NMX-CC) es la de puntualizar y dar inteligibilidad a los requerimientos de un Sistema de Calidad.

Comprender los conceptos y definiciones a los que se hace referencia a través de la norma, permite emplear dichos preceptos adecuadamente, ocasionando su familiarización que favorece la formación de un idioma común. El cual sistematiza y simplifica el manejo del Sistema de Calidad; comprobando una vez más la famosa frase celebre de Horacio, "La palabra dicha no puede volver atrás".

Es por ello que la Norma ISO-8402 (NMX-CC-001) que trata de la Administración y Aseguramiento de la Calidad presenta el vocabulario utilizado en la serie ISO-9000 (Serie NMX-CC), la cual coloca 67 términos de calidad importantes con definiciones que resultaron de un Consenso Internacional. Muchos términos de uso frecuente en el ambiente de la calidad, son utilizados

con un sentido específico, preciso y diferente en comparación con las mismas definiciones encontradas en el diccionario, debido principalmente a:

- Los diferentes sectores de Industrias y Negocios que adoptan una terminología de calidad para responder a necesidades específicas.
- Introducción de una multiplicidad de términos por los profesionales de la calidad en los diferentes sectores de Industrias y Negocios.

Las definiciones y aspectos especificados en la norma están orientados principalmente en lograr la satisfacción del cliente, previniendo la no conformidad en todas las etapas del proceso productivo, donde un Sistema de Calidad puede ser implantado.

En la Sección de la Industria que concierne a nuestro estudio, conocida como Ingeniería de Diseño (Proyectos de Ingeniería), la Norma ISO-9001 (su equivalente mexicano NMX-CC-003) perteneciente a la serie ISO-9000 (NMX-CC), es la que se debe aplicar; ya que se refiere a un Sistema de Calidad en el diseño, desarrollo, producción y servicio.

Existen otras normas pertenecientes a la serie ISO-9000 (NMX-CC) que son complementarias a la ISO-9001 (NMX-CC-003) como son: la ISO-9000-1 (su equivalente mexicano NMX-CC-002) donde se citan los lineamientos y directrices para uso y selección de la serie ISO-9000 (NMX-CC), la ISO-8402 (NMX-CC-001) mencionada anteriormente, la ISO-9004 (NMX-CC-006) que indica los elementos de la Administración de la Calidad, y otras más. Es por ello que la complementariedad que existe entre las normas pertenecientes a la serie ISO-9000 (serie NMX-CC) actúa como instrumento de evaluación uniforme de los Sistemas de Administración de Calidad.

La Ingeniería de Diseño tiene como objeto:

- Lanzar un nuevo producto.
- Generar dibujos (planos).

- Generar especificaciones y procedimientos.

Todas las actividades implicadas en la Ingeniería de Diseño deben garantizar básicamente:

- Que el diseño responda a las exigencias del cliente.
- Que las modificaciones de dicho diseño sean producidas a lo largo del proceso y a su vez válidas en cuanto a su fabricabilidad, funcionamiento y fiabilidad.

La Ingeniería de Diseño determina el proceso de desarrollo del producto, donde cada una de las etapas que lo conforman se deben realizar en forma organizada, a través de vías establecidas que se utilicen siempre y no ocasionalmente. Ésta es fundamentalmente la diferencia de una empresa que tiene un Sistema de Calidad documentado y la que no lo tiene. La norma ISO-9001(NMX-CC-003) requiere que todas las operaciones de calidad que influyen en la Ingeniería de Diseño sean documentadas, con lo cual obtiene como resultado facilitar la organización de los documentos de la empresa, además reducir la cantidad de información inútil. A continuación se indican los veinte requisitos de la norma ISO-9001 (NMX-CC-003):

**I.- Responsabilidad de la Dirección:** Toma en cuenta los objetivos y compromisos con la calidad, para dar origen a la Política de Calidad; la cual debe ser consistente con las necesidades y expectativas del cliente. Dicha política define la responsabilidad y autoridad de todo el personal que administra, realiza y verifica el trabajo que afecta a la calidad, controlando de esta forma deficiencias o condiciones insatisfactorias del producto. Todas estas actividades se deben realizar con recursos adecuados y personal capacitado, por ello dentro de las políticas de calidad se tienen que identificar la forma de asignación del personal y las necesidades que requieren los recursos. La Organización en general debe tener un gerente encargado de revisar la eficiencia así como asegurar la implantación y mantenimiento del Sistema de Calidad.

**II.- Sistema de Calidad:** Es el medio encargado de asegurar que el producto sea conforme a los requisitos especificados. En el Sistema de Calidad se tienen que documentar los procedimientos a través del Manual de Calidad; lo cual incluye a los planes de calidad, actualización del Control de Calidad, identificación y preparación de procesos, equipo, recursos y registros de calidad.

**III.- Revisión del Contrato:** Establece el procedimiento que se sigue en la aceptación y modificación de un contrato o pedido.

**IV.- Control de Diseño:** Asegura el cumplimiento de requisitos especificados en cada una de las etapas del Diseño. Estas etapas se definen como:

A)Planeación del Diseño y Desarrollo: Identifica la secuencia de actividades en el desarrollo de un producto.

B)Interrelaciones Organizacionales y Técnicas: Determina las funciones y técnicas entre los grupos que proporcionan datos de entrada para el proceso del diseño.

C)Datos de Entrada del Diseño: Información necesaria para el desarrollo en el diseño de un producto.

D)Resultados del Diseño: Información Documentada obtenida como consecuencia del proceso de Diseño.

E)Revisión del Diseño: Se comparan los resultados del Diseño con los requerimientos especificados, y así detectar errores.

F)Verificación del Diseño: Conjunto de actividades encauzadas a la liberación de los documentos de diseño del producto.

G)Cambios del Diseño: Una vez identificados los errores se hacen las modificaciones pertinentes.

**V.- Control de Documentos y Datos:** Son los procedimientos necesarios para el manejo de documentos. Entendiendo como manejo la emisión, modificación y aprobación de todas aquellas operaciones que se tengan que realizar con documentos que pueden estar en papel, medios electrónicos o cualquier forma.

**VI.- Adquisiciones:** Se refiere a los procedimientos documentados que evalúan la capacidad del proveedor (ó subproveedor) para cumplir con las especificaciones y requerimientos del contrato. El alcance del control ejercido sobre el subproveedor depende del impacto del producto subcontratado sobre el producto final.

**VII.- Control de Productos proporcionados por el Cliente:** Son los procedimientos para el control de verificación, almacenamiento y mantenimiento de los productos proporcionados por el cliente. Estos procedimientos se aplican si el cliente (incluyendo proveedores) entrega componentes que se integran al proceso final o bien si se proporciona maquinaria que forma parte del proceso.

**VIII.- Identificación y Rastreabilidad del Producto:** Es la forma en que el proveedor detecta su producto (componente o subensamble) desde la recepción hasta la instalación del producto final.

**IX.- Control del Proceso:** Son procedimientos documentados, los cuales aseguran el cumplimiento de los procesos que afectan directamente a la calidad, como son: producción, instalación o servicio; para ello es importante vigilar los parámetros y características del proceso.

**X.- Inspección y Pruebas:** Incluye a la forma en que se realiza la actividad de inspección, en las etapas de: recepción, proceso y fase final. Para poder obtener control y evidencia de la inspección en cada una de sus etapas es

necesario definir como se registra dicha información. Es preciso conservar los registros que identifican el resultado de la inspección o prueba. Los registros deben identificar a la autoridad responsable de liberación del producto.

**XI.- Control de Equipo de Inspección, Medición y Prueba:** Son los procedimientos documentados para calibrar y mantener equipos de medición y prueba. Es importante identificar el equipo que pueda afectar la calidad del producto e igualmente registrar los resultados de la evaluación de los equipos.

**XII.- Estado de Inspección y Prueba:** Se refiere al empleo de medios adecuados que indiquen la conformidad o no conformidad del producto con respecto a los resultados obtenidos de la inspección y pruebas.

**XIII.- Control de Producto no Conforme:** Es el manejo que se da a los productos que no cumplen con los requisitos especificados. Dicho manejo debe incluir la forma en que el producto no conforme se: identifica, documenta, evalúa y segrega. El resultado de estas etapas determina las acciones que se pueden realizar con el producto no conforme, es decir su disposición , las cuales pueden ser:

- Retrabajar para satisfacer especificaciones.
- Aceptar por concesiones con o sin reparación.
- Reclasificar para aplicaciones alternas.
- Rechazar o Desechar.

**XIV.- Acción Correctiva y Preventiva:** Se refiere a los procedimientos documentados adoptados para eliminar las causas de no conformidades reales o potenciales del Producto, Proceso o Sistema de Calidad. Las acciones correctivas deben eliminar la causa de no conformidad y poder investigar la causa de incumplimiento, es muy importante que tales acciones sean eficaces en la atención a las quejas del cliente. Las

acciones preventivas deberán detectar, analizar y eliminar, las causas potenciales de incumplimiento e informarlas con oportunidad.

**XV.- Manejo, Almacenamiento, Empaque, Conservación y Entrega:** Se refiere a las medidas necesarias para proteger la calidad del producto contra un posible deterioro. Estas disposiciones deben tomar en cuenta:

- Las áreas o locales designadas a los productos.
- Control de los procesos de empaque, embalaje y marcado incluyendo materia prima.
- Métodos empleados para recepción y despacho de productos almacenados.

**XVI.- Control de Registros de Calidad:** Se refiere al manejo que reciben los registros de calidad de la empresa, como pueden ser, registros de: Control de Calidad, Inspección y Auditoria Interna, Compras, etc. Los registros se deben conservar adecuadamente y durante un lapso de tiempo para poder ser empleados.

**XVII.- Auditorias de Calidad Internas:** Es el análisis sistemático e independiente que determina si las actividades de calidad y sus resultados cumplen con los requerimientos y eficiencia. Se deben realizar en intervalos prescritos con persona ajenas a las áreas auditadas

**XVIII.- Capacitación:** Son los procedimientos documentados que se aplican al personal que desempeña actividades que afectan la calidad. Es necesario que los reportes de capacitación se mantengan.

**XIX.- Servicio:** Se refiere a los procedimientos documentados que se siguen en el mantenimiento del producto.

**XX.- Técnicas Estadísticas:** Identifica el tipo de Técnicas Estadísticas para el control y comprobación de la capacidad del proceso y el producto.

## **2.2 LA APLICACIÓN DE LOS REQUISITOS DE LAS NORMAS ISO-9001 EN LAS DIFERENTES EMPRESAS DE INGENIERIA**

Los requerimientos enunciados en la norma ISO-9001 (NMX-CC-003) pueden ser aplicados total o parcialmente a una empresa según su actividad, capacidad y tamaño. Es claro que los recursos de las grandes, medianas y pequeñas empresas son diferentes. En la implantación de la norma ISO-9001 aplicada a una empresa de Ingeniería se distinguen seis etapas comunes:

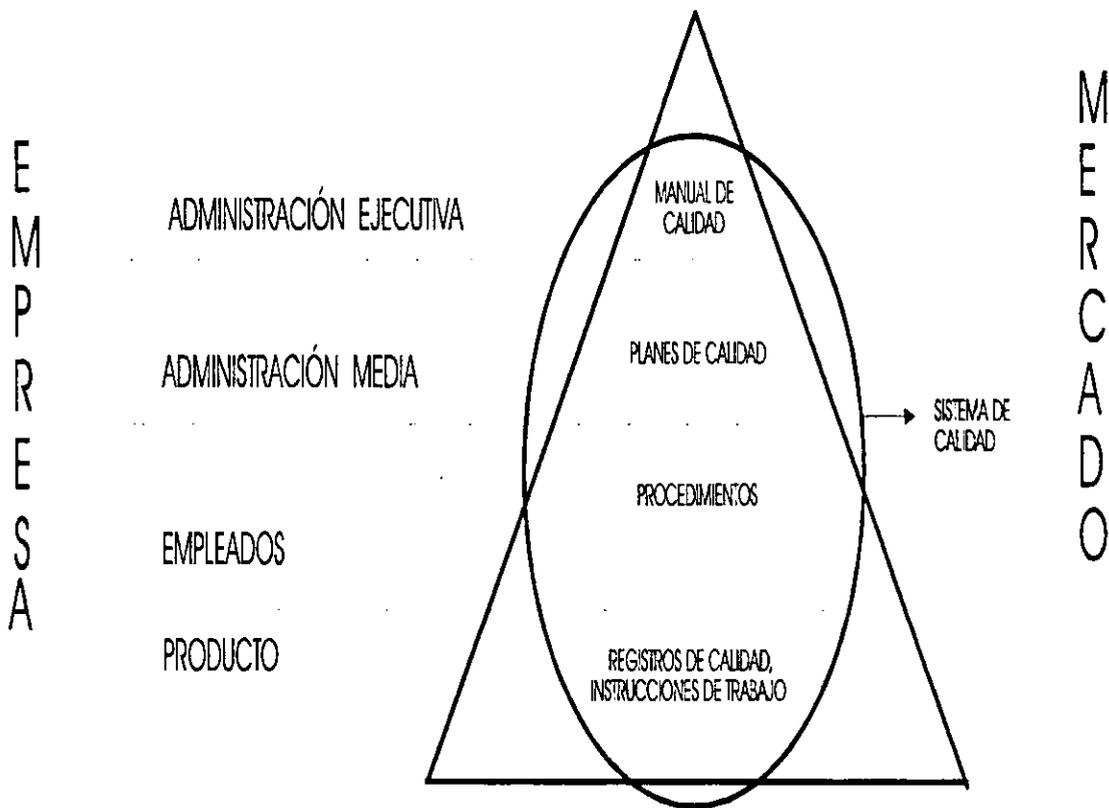
1. Revisión de la Empresa: La empresa revisa su plan de mercado así como su política a corto y largo plazo.
2. Auditoria Preliminar: Evaluación preliminar realizada por alguna consultoría o auditor externo, donde se califica el estado actual de la empresa (capacitación del personal, cambios culturales requeridos, problemas específicos originados en la empresa, etc.).
3. Plan de Acción: Efectúa las acciones correctivas que van a ser tomadas.
4. Creación de los Documentos de Calidad: Es la formación de los documentos necesarios en un Sistema de Calidad. Es conveniente que en esta etapa, se defina el control de documentos que será aplicado; donde se determinan las reglas en la creación, manejo, aprobación, verificación, modificación y distribución de documentos.

5. Establecimiento de la Documentación de la Calidad: En este momento, todas las actividades efectuadas en la empresa, se comienzan a realizar en base a los nuevos procedimientos escritos. Los documentos que se comprueben en esta etapa que sean no conformes, deberán ser corregidos.
6. Proceso de Certificación: Verificación del cumplimiento de los requerimientos de los Estándares Internacionales ISO-9000 a través de un organismo certificador externo autorizado.

Los documentos que se presentan en un Sistema de Calidad (es decir documentos de calidad), son por lo general, manuales, registros de calidad, instrucciones de trabajo, procedimientos, etc. Estos documentos están presentes en todos los niveles organizacionales ejecutivo, medio y de trabajo; los cuales se pueden ver en la figura 2.2.1. Se entiende por:

- **Manual de Calidad:** Al documento de una empresa en el que se encuentran aplicados en forma breve y concisa los requerimientos de la serie ISO-9000, así como los objetivos y metas de calidad y las políticas de calidad.
- **Planes de Calidad:** Son los requerimientos documentados de calidad para actividades como productos o servicios.
- **Procedimientos:** Son los documentos que describen la secuencia de procesos que sigue la empresa.
- **Instrucciones de Trabajo:** Documentos que precisan las operaciones de cada actividad dentro de la empresa.
- **Registros de Calidad:** Se refiere a la información documentada acerca de los resultados obtenidos en actividades como: cursos de capacitación de personal, auditorias, control de procesos, revisiones administrativas, acciones preventivas y correctivas, etc.

## ÁREAS APLICANTES



## DOCUMENTACIÓN DE LA CALIDAD DE UNA EMPRESA

FIGURA 2.2.1

La documentación de una empresa debe ser efectuada independientemente de sus características, por ser el medio preciso que brinda evidencia objetiva del cumplimiento de los requerimientos y efectividad en la implantación del Sistema de Calidad. Las dos reglas básicas para documentar una empresa son:

- Documentar lo que se hace.
- Hacer lo que se documenta.

Esto significa que una vez comprendidos cuales son los procedimientos e instrucciones de trabajo, se procede a registrar los requerimientos de la Norma ISO9001 en el manual de calidad.

En el proceso de certificación, el organismo certificador debe revisar la documentación del manual de calidad y procedimientos, para verificar que estos cumplen con los requerimientos del estándar. Después de esta evaluación la empresa debe tomar en cuenta las no conformidades encontradas y poner en marcha las acciones correctivas necesarias. En contraste con las grandes y medianas empresas, las restricciones en los recursos disponibles de las pequeñas empresas, hacen que la implantación de los requerimientos de los estándares internacionales de calidad de la Serie ISO-9000 sean adaptados gradualmente, en función de la evaluación y necesidades reales de la empresa. Se sugiere que para establecer adecuadamente los requerimientos de la norma ISO-9001 en el manual de calidad, sean realizadas las siguientes actividades:

- Identificar los objetivos y propósitos del Sistema de Calidad.
- Identificar los elementos principales que forman parte de los procesos y organización general de la empresa.

- Entender la forma de elaboración del trabajo y procedimientos en cada una de las partes principales de los procesos y organización general de la empresa.
- Identificar los responsables en las partes de la Organización de la empresa.
- Relacionar quien hace que, con respecto a cada uno de los requerimientos de la Serie de Normas ISO-9000.
- Realizar los diagramas de flujo e instrucciones de trabajo de cada parte de la Organización de la empresa.
- Entrevistar a los principales responsables para revisar cada uno de los procesos.
- Hacer correcciones.

### **2.3 ESTRATEGIAS DE LAS OPERACIONES DE LA CALIDAD**

En un proceso regulable como es el comportamiento de una empresa, se entiende por estrategia, al conjunto de reglas que aseguran una decisión óptima en sus operaciones cada momento. Típicamente una empresa puede tener más de una estrategia, sin embargo primero, es necesario reconocer las diversas aspiraciones e intereses de la misma.

Una vez reconocidas estas, deben ser clasificados en un grupo de metas competentes a su organización global. Cuando la empresa se enfrente con el problema de metas múltiples y recursos limitados, debe decidir que nuevos programas iniciar y cuales de los existentes aumentar o disminuir.

Para tomar tales decisiones, es conveniente establecer la prioridad de cada una de sus metas. Es decir, el orden de importancia o peso asignado a cada meta.

Pero cuando los recursos son limitados y todas las metas no pueden ser alcanzadas simultáneamente, entonces resulta pertinente substituir unas metas por otras. La existencia de metas múltiples, puede complicar el desarrollo de las actividades en una empresa. Lo cual puede suceder si las metas planeadas son conflictivas. Esto significa que existe incompatibilidad entre las metas o bien la ocurrencia de una es contraria a la existencia de la otra. Por ejemplo, en una empresa la meta de pagar salarios competitivos puede ser conflictiva con la de minimizar los costos laborales.

Para evitar el conflicto entre metas se sugiere hacer un estudio adecuado de las mismas. Una empresa debe tener bien definidas sus funciones y situación en el mercado antes de modificar las metas compatibles con sus intereses primarios o incorporar nuevas metas, si esto sucede es posible que la empresa desvíe tales intereses y por tanto debe atender aspectos, como:

- Brindar nuevos servicios al producto.
- Agregar nuevos atributos al producto o aumentar su confiabilidad.
- Generar nuevas actividades dentro de los procesos y organización de la empresa.
- Incrementar el profesionalismo del personal en lugar de solventar las necesidades primarias de la empresa.
- Ignorancia e incomunicación de las metas de la empresa en todos los niveles organizacionales.

Actualmente la meta de una empresa puede ser, implantar un Sistema de Calidad conforme a los Estándares Internacionales de la Serie ISO-9000; entendiendo por Sistema de Calidad a todos los procedimientos, procesos y recursos introducidos en la estructura organizacional de la empresa con el propósito de definir las responsabilidades, objetivos y políticas de calidad. Las ventajas que se encuentran al cumplir con las normas ISO-9000 son:

- Puede ayudar a una empresa a alcanzar y mantener un nivel deseado de calidad.
- Muchas empresas consolidan sus contratos comerciales con un pequeño número de proveedores. A menudo, uno de los criterios de selección es la certificación dentro de la Serie de Normas ISO-9000.
- Las empresas que no están certificadas con un Sistema de Calidad como es el que brinda la Serie de Normas ISO-9000, encontrarán que es más difícil administrar y llevar a cabo todos sus procesos de producción ya que un Sistema de Calidad ISO-9000 facilita su sistematización, dando como resultado el incremento en la eficiencia de una empresa.
- Seguir las Normas de la Serie ISO-9000 puede simplificar las relaciones comerciales, reduciendo la frecuencia y la intensidad de auditorías realizadas por clientes o agencias de regulación.
- Las empresas certificadas con las Normas ISO-9000 pueden encontrar que tienen la ventaja de entrar en un mercado competitivo, sobre las empresas que aun no están certificadas.
- El Departamento de Defensa de los Estados Unidos ha indicado que reemplazará el MIL-Q-9858 y MIL-I-45208A por los estándares de calidad ISO-9000.

- Las empresas que han aplicado Normas de la Serie ISO-9000 reportan un cambio cultural positivo, en el cual los empleados quedan habilitados para tomar responsabilidad en la calidad.
- La certificación de acuerdo a Normas de la Serie ISO-9000 y la documentación que lo mantiene, pueden ser prueba fehaciente en la defensa, en contra de obligaciones sobre el producto establecidas en litigios.

La estrategia asignada para la implantación y mantenimiento de un Sistema de Calidad, donde intervengan operaciones de calidad adecuadas, depende principalmente del mercado, tamaño y tipo de producto. Se consideran como operaciones de calidad todas aquellas comprendidas dentro de un Sistema de Calidad. En un Sistema de Calidad se pueden distinguir las siguientes operaciones de calidad:

- Identificación y aplicación de metas y objetivos.
- Identificación, creación y aplicación de herramientas de Calidad
- Identificación, creación y aplicación de procedimientos.
- Identificación, creación y aplicación de procesos.
- Identificación, creación y aplicación de productos.
- Identificación, creación y aplicación de documentos.
- Identificación, creación y asignación de recursos humanos y materiales.

Como se acaba de mencionar, las estrategias de calidad dependen de las condiciones del mercado (es decir de los clientes, proveedores y competencia), y de estas estrategias se define en que procesos se van a aplicar el Aseguramiento de Calidad y el Control de Calidad. Un Sistema de Calidad no se arma completamente desde un principio, si no que se define paso a paso.

Para alcanzar la calidad de un producto o servicio en una empresa, es necesario contar con recursos humanos y materiales, los cuales tienen que adecuarse para alcanzar dicha calidad. Los recursos humanos requieren de capacidad y capacitación del personal. Los recursos materiales requieren de confiabilidad, capacidad y tecnología adecuadas.

La estrategia de calidad de una empresa debe ser proyectada a largo plazo, ya que muchas veces, su introducción puede provocar una reducción en el nivel de desempeño en corto plazo, mientras se adoptan los nuevos procedimientos y procesos o se eliminan los errores producidos por la introducción del Sistema de Calidad. Los pasos recomendados para formar una estrategia de calidad son:

- **Paso 1:** Establecer las prioridades, metas y sus sustituciones.
- **Paso 2:** Analizar los problemas y oportunidades en el ambiente de competencia. Considerar el medio ambiente: económico, político, social, tecnológico y de mercado así como las probables acciones de proveedores, competidores y clientes
- **Paso 3:** Informar los recursos actuales, fortalezas y debilidades de la Organización.
- **Paso 4:** Orientar la situación única de la Organización a nichos de mercado apropiados. Considerar las metas, prioridades y sus sustituciones identificadas en el Paso 1.
- **Paso 5:** Desarrollar una estrategia para explotar las oportunidades del entorno. Activar planes de acción y sistemas para monitorear y evaluar el progreso de la Organización.
- **Paso 6:** Poner la estrategia en acción y ejercer control para asegurar que los resultados sean conformes con el plan.

## **2.4 MEDIOS Y RECURSOS PARA APLICAR A UN SISTEMA DE CALIDAD**

Toda empresa consta de recursos humanos y materiales. Estos deben ser empleados adecuadamente en el Sistema de Calidad. Los recursos humanos son principalmente el personal que labora en una empresa. Un ingrediente importante de una empresa con un Sistema de Calidad eficiente es el involucramiento del personal, lo cual significa que los empleados deben ser incluidos dentro del Sistema de Calidad, en cada paso de los procesos desarrollados en toda la Organización.

El involucramiento del personal se fomenta construyendo redes de comunicación que incluyen a todos los empleados. Esto se logra introduciendo supervisores de apoyo, construyendo Organizaciones con alto grado de moralidad, y técnicas formales como son los Círculos de calidad. Un Círculo de Calidad es básicamente, un grupo de entre 6 a 12 empleados voluntarios los cuales se reúnen regularmente para resolver los problemas de trabajo relacionados con su misma área. Los Círculos discuten y recomiendan formas de mejorar la calidad de sus productos, el ambiente de trabajo y el involucramiento del personal. Los Círculos comúnmente se reúnen por 4 horas al mes (usualmente después de trabajar o algunas veces con el tiempo de la empresa), y aunque sus miembros no son recompensados financieramente, el reconocimiento que reciben debe ser estimado a través de la empresa. Un gerente entrenado especialmente; llamado facilitador, ayuda a entrenar a los miembros del grupo así como a mantener las reuniones paso a paso.

Los recursos materiales aplicados a un Sistema de Calidad constan principalmente de: documentos (procedimientos, manuales, estándares, etc.), equipo (instrumentos, computadoras, etc.) y herramientas (técnicas, tecnología, etc.). En general, los recursos humanos y materiales asignados a un Sistema de Calidad, son distribuidos en los procesos que implican el manejo de la calidad, los cuales son :

- **Planeación de la Calidad:** Identifica cuales estándares de calidad son relevantes para el proyecto y determina como satisfacer dichos estándares.
- **Aseguramiento de Calidad:** Actividades sistemáticas y planeadas, implementadas dentro del Sistema de Calidad que dan cumplimiento y certidumbre a los estándares de Calidad.
- **Control de Calidad:** Monitoreo de resultados específicos del Sistema de Calidad para determinar e Identificar, causas de incumplimiento de los estándares de calidad.

Las herramientas (técnicas) usadas comúnmente en cada uno de los procesos anteriores son:

En Planeación de la Calidad:

- **Análisis Beneficio/Costo:** Estudio de decisiones para determinar si estas son factibles o no, en base a su relación beneficio/costo. Los beneficios obtenidos por cumplir con requerimientos de calidad (por, los establecidos en los estándares de la Serie ISO-9000) son: mayor productividad, menores costos y mayor eficiencia económica. El principal costo por cumplir con requerimientos de calidad es el que esta asociado con el manejo de las operaciones de calidad.
- **Prueba de Banco:** En inglés conocido como *Benchmarking*, análisis basado en la comparación de otros proyectos (en nuestro caso Sistemas de Calidad) actuales o planeados, los cuales pueden ser realizados dentro de la Organización o fuera de ella, y dentro de la misma área de aplicación o en otra. Su objetivo es generar ideas para el mejoramiento de proyectos, así como brindar un estándar en base al cual se mida el cumplimiento de los requerimientos.

- **Cartas de Flujo:** En inglés conocido como *Flowcharting*, son diagramas que muestran varios elementos relacionados de un Sistema.

Las técnicas comúnmente utilizadas en Sistemas de Calidad son:

A. Diagramas causa efecto: Ilustra la relación existente entre varias causas o subcausas con el problema o efecto del cual se busca la solución. Esta técnica es también conocida como diagramas de Ishikawa o de esqueleto de pescado.

B. Diagramas de flujo de proceso: Muestra como los elementos de un Sistema se relacionan.

- **Diseño de Experimentos:** Técnica analítica que identifica cuales variables tienen mayor influencia en los resultados de un proceso y de esta forma optimizarlo.

En Aseguramiento de Calidad:

- **Auditorias de Calidad:** Revisión estructurada de las operaciones de calidad: El objetivo de una auditoria de calidad es identificar las partes del Sistema de Calidad que no cumplen los requisitos o pueden mejorar la eficiencia. Las auditorias de calidad deben ser registradas por auditores entrenados pertenecientes a la empresa o agencias externas certificadas.
- Las técnicas descritas anteriormente en la Planeación de la Calidad son todas aplicables a Aseguramiento de Calidad.

En Control de Calidad, el cual se basa en:

- **Inspección:** Son las actividades como medición y pruebas, encargadas de determinar si los resultados son conformes con los requerimientos. Algunas veces las inspecciones son llamadas revisiones, revisiones de productos o auditorias, en algunas áreas de aplicación estos términos tienen significados específicos y cercanos.

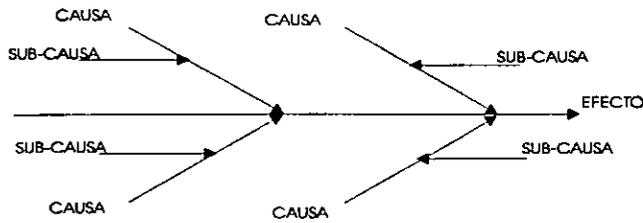
- **Muestreo Estadístico:** Consiste en escoger parte de una población para inspección. Un muestreo adecuado puede a menudo reducir el costo del Control de Calidad. Es necesario que el equipo de calidad este familiarizado con una variedad de técnicas de muestreo.
- **Análisis de Tendencia:** Técnicas matemáticas para pronosticar consecuencias futuras basadas en resultados históricos. El análisis de tendencia es usualmente usado para monitorear: cumplimiento técnico (cuantos errores o defectos han sido identificados, cuantos permanecen sin corregir), cumplimiento de costos y documentos (cuantas actividades por periodo fueron completadas con variaciones significativas), etc.

Se conocen como las Siete Herramientas básicas del Control de Calidad (ver Figura 2.4.1), a:

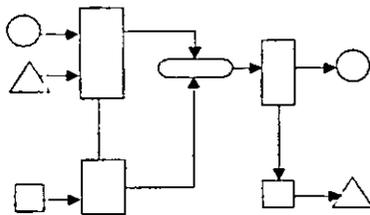
1. **Cartas de Control:** Diagrama que sirve para examinar e indicar si un proceso se encuentra o mantiene en una condición estable. A partir de los límites de control de las cartas; se puede determinar si los datos muestrales del proceso están fuera de control o experimentan una variación natural. No obstante, la variación natural puede permanecer inaceptable y entonces será necesario modificar el proceso hasta que la variación sea reducida dentro de los límites aceptables. Cuando un proceso esta bajo control, es mejor que el proceso no sea ajustado. El proceso puede ser modificado con el objeto de mejorarlo pero no debe ser ajustado cuando se encuentra bajo control.
2. **Histograma:** Gráfica de barras utilizada para observar la forma como se distribuyen los datos según su frecuencia de ocurrencia y así tomar decisiones con base en ello.

- 3. Diagrama de Pareto:** Es una gráfica (histograma) que representa en forma ordenada el grado de importancia que tienen los diferentes factores en un determinado problema, tomando en consideración la frecuencia con que ocurren. El rango de ordenamiento es usado para guiar la acción correctiva y el equipo de calidad debe tomar acciones para resolver en un principio, los problemas que causan el número más grande de defectos. Los diagramas de Pareto están conceptualmente relacionados a la Ley de Pareto, que establece que un número relativamente pequeño de causas producirán la mayoría de los problemas o defectos (comúnmente se dice el 80% de los síntomas son debido al 20% de los problemas).
- 4. Hoja de Verificación:** Herramienta utilizada para el registro y organización de información y los datos. A menudo, proporciona registros históricos que ayudan a percibir los cambios en el tiempo, los cuales puede graficarse.
- 5. Análisis de Proceso (Estratificación):** Clasificación por afinidad de los elementos de un proceso, para analizarlos, poder definir con más facilidad su comportamiento y poder determinar la relación entre cada uno.
- 6. Diagrama de Dispersión:** Gráfica que muestra la correlación entre dos variables, la cual puede ser utilizada para inferir la causalidad de un problema.
- 7. Cartas de Flujo:** Es un diagrama que muestra la relación sistemática entre un resultado fijo y sus causas. Su construcción se realiza en base a preguntar siempre el porque de los efectos ocasionados por algún problema hasta agotar sus posibles causas.

CARTAS DE FLUJO (DIAGRAMAS CAUSA-EFECTO)



ANÁLISIS DE PROCESO



HOJA DE VERIFICACIÓN

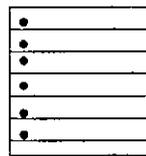
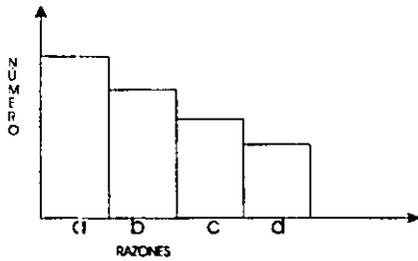


DIAGRAMA DE PARETO



CARTA DE CONTROL

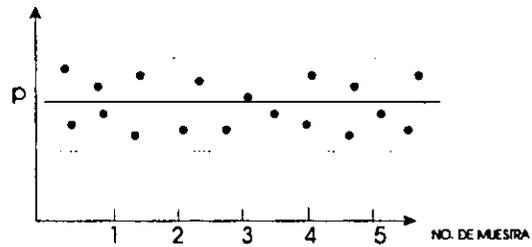
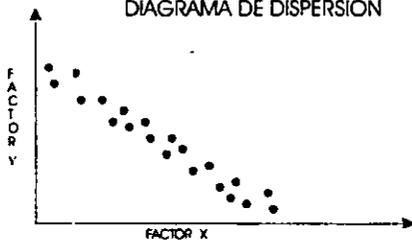
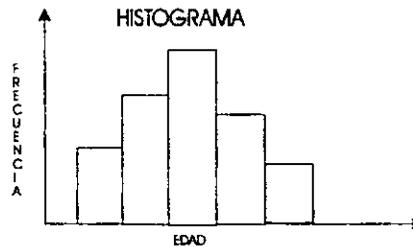


DIAGRAMA DE DISPERSIÓN



HISTOGRAMA



LAS SIETE HERAMIENTAS DE LA CALIDAD

FIGURA 2.4.1

## 2.5 MEJORA DE LA CALIDAD

Se define mejoramiento de calidad, como las acciones tomadas en toda la Organización, con el objeto de incrementar la efectividad y la eficiencia de las actividades y los procesos. Para lograr un nuevo nivel de calidad superior al nivel anterior se tiene que hacer el análisis de los procesos y definición de las acciones necesarias. Las actividades de mejoramiento de calidad se pueden identificar en dos grupos:

### 1. ACTIVIDADES PREVIAS:

- A. Selección de Procesos: Seleccionar los procesos a los que se les aplicará la Metodología de Proyectos de Mejora.
- B. Formación de los Equipos de Mejora: Es la integración de personas que laboran en las áreas donde corresponden los procesos, las cuales deben conocer tanto la metodología de calidad para llevar a cabo los proyectos de mejora así como el proceso en cuestión.
- C. Nombramiento del Líder del Equipo: Se debe definir al jefe del equipo de mejora por escrito.

### 2. ACTIVIDADES PRINCIPALES:

- A. Programa de Trabajo: Documento donde se debe indicar el nombre del área o áreas afectadas, el Sistema al que pertenece el proceso a mejorar, el nombre y objetivo del proceso, los nombres de los integrantes, el nombre del líder, los días en que el grupo sesionará, así como la hora y el tiempo que durarán las sesiones.
- B. Aplicación de la Metodología de Proyectos de Mejora: Consta de los siguientes pasos:

1. Elaborar el diagrama:

- Sistémico (Sistegramas): Define el alcance del proceso.
- Estructural (Organigramas): Define la Organización del proceso.
- Dinámico (flujogramas): Define el flujo del proceso.

2. Identificación Proveedor-Cliente: Establecer las relaciones que anteceden al proceso (sus proveedores) y las que le siguen (sus clientes). Despejando cualquier confusión respecto a quienes integran el sistema proveedor-cliente del proceso.

3. Contratación del Requisitos: Investigar, negociar y acordar los requisitos mutuos con los miembros del sistema proveedor-cliente del proceso. La formalización de la negociación y los acuerdos se llevan a cabo a través de "cartas-compromiso proveedor-cliente".

4. Mediciones e Indicadores: Hay tres aspectos a medir:

- Resultados.
- Incumplimiento de Requisitos.
- Grado de satisfacción del cliente.

La medición de los procesos brinda información de lo sucedido durante y como consecuencia de los mismos. Para cada indicador se procede a recolectar datos históricos del proceso que se está analizando; en el caso de que no se disponga de datos históricos, en ese momento se inicia la medición. Las siete herramientas del control de calidad pueden ser aplicadas para determinar la situación actual del proceso.

5. Metas de Calidad: Una meta es el resultado concreto y medible que se desea lograr. En un proceso es necesario determinar en forma medible lo que se espera. Las fuentes para determinar las metas de calidad son tres:

- Los planes de la empresa en su conjunto.
- Los datos históricos acerca del comportamiento pasado del proceso.
- La probabilidad real que un proceso tiene para ser sometido a cambios (capacidad del proceso).

Hay tres niveles de metas:

- El cumplimiento de requisitos (calidad explícita).
- La satisfacción de expectativas (calidad implícita).
- El proporcionar un nivel sorprendente de satisfacción al cliente (valor agregado).

6. Medios para lograr la Calidad: Consiste en determinar los cuatro factores causales presentes en todo proceso. Los factores causales a ser identificados y evaluados son los siguientes:

- Factores Sociales.
- Factores Estratégicos.
- Factores Tecnológicos.
- Factores Administrativos.

Los factores se identifican de acuerdo a lo siguiente:

- Se reúne el equipo de mejora.
- Se precisa la necesidad de identificar los factores.
- El equipo de mejora elabora un cuestionario que ayuda a identificar los factores.
- El cuestionario se aplica a una muestra del personal que interviene en el proceso a mejorar, seleccionada previamente en el proceso a mejorar. Se asigna una escala, para calificar desde inexistente hasta muy existente el grado de cada factor a identificar. Una vez aplicado el cuestionario el equipo realiza las sumas del grado de existencia que cada pregunta tiene en sus respuestas.
- Se comisionará a un miembro del equipo para que concentre y tabule.
- Se vuelve a reunir el Equipo para conocer los resultados.
- Se precisan y acuerdan acciones de mejoramiento.

7. Observación y Retroalimentación: Su objetivo es encausar el proceso hacia el mejoramiento permanente. El modelo para el mejoramiento permanente consta de las siguientes fases:

a) Nivel Actual de Desempeño: En esta fase se llevan a cabo las siguientes actividades, una vez seleccionado el proceso a ser mejorado:

- Diagrama de flujo de proceso.
- Requisitos proveedor-cliente.
- Evaluación del desempeño del proceso.
- Visualización del desempeño superior y sus brechas.
- Detección de incumplimientos.
- Datos y hechos.
- Costos/impacto económico.

b) Obstáculos al desempeño superior: En esta fase se identificarán las causas que impiden un desempeño superior. Las herramientas utilizadas son las siguientes:

- Diagramas causa y efecto.
- Diagrama de Pareto (cuando existe plena seguridad en cuanto a las causas, procedemos a valorar los costos de las mismas).

c) Acciones de mejora: Se identifican las tareas específicas que se deben desarrollar para la solución de obstáculos. Es necesario justificar técnica y económicamente cada opción para proceder a implantarla. Se debe definir, el tiempo deseado de implantación, las áreas que serán beneficiadas, los responsables de las diferentes actividades de implantación, fijando compromisos y fechas límite.

d) Desempeño Superior: Es el alcance de los objetivos a través de un plan de acción, el cual debe contener:

- Descripción de actividades.
- Tiempos.

- Responsables.
- Evaluación.
- Costos de Calidad: Es necesario medir los costos de calidad en los procesos como se encuentran actualmente, para que después de haber implantado las acciones de mejora, los costos puedan ser verificados y en realidad hayan sido abatidos como resultado de las acciones de mejora. Se define como costos de calidad a los costos en que se incurre para asegurar una calidad satisfactoria y proporcionar confianza, así como las pérdidas incurridas cuando no se logra la calidad satisfactoria. Se pueden clasificar los costos de calidad como:
  - I. Costo de Aseguramiento al Cumplimiento de Requisitos: Son los costos de calidad originados para lograr que las cosas se realicen correctamente, las cuales se dividen en:
    - a) Costos de Prevención: Dirigidos a la prevención de errores, fallas o defectos en los productos o servicios.
    - b) Costos de Evaluación: Se refieren a la valorización o estimación de los niveles de calidad.
  - II. Costos de Incumplimiento de Requisitos: Son los costos de calidad originados por hacer las cosas mal, los cuales se dividen en:
    - a) Costos de Fallas Internas: Originados por corregir defectos descubiertos antes de enviar el producto o servicio al cliente.
    - b) Costos por Fallas Externas: Son aquellos relacionados por defectos descubiertos después de proporcionar el producto o servicio al cliente. Estos costos suelen ser críticos y elevados por que originan quejas de los clientes.

# 3

## SISTEMA DE CALIDAD EN PROYECTOS PARA CENTRALES TERMOELÉC- TRICAS DE CFE

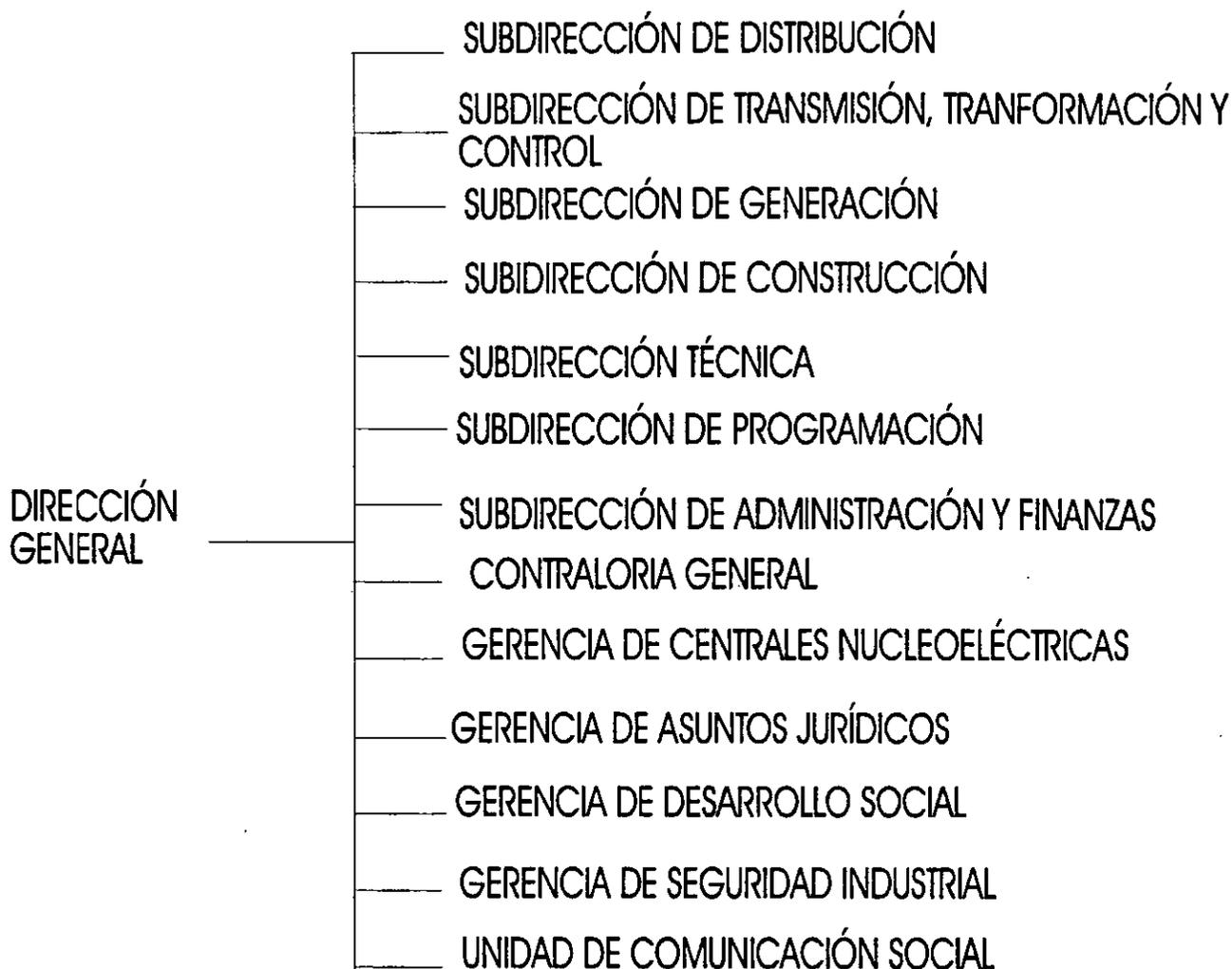
---

### 3.1 COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD (CFE)

CFE cómo Empresa tiene las metas principales siguientes:

- Asegurar el suministro de energía eléctrica en el país en condiciones adecuadas a su cantidad, calidad deseada y precio.
- Proporcionar una atención esmerada a sus clientes.
- Proteger el ambiente, promover el desarrollo social y respetar los valores de las poblaciones en donde se aplican las obras de electrificación.

CFE busca el logro de las metas anteriores mediante su estructura básicas administrativa actual mostrada en la Fig. 3.1.1:



ORGANIGRAMA ESTRUCTURAL BÁSICO DE  
COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD  
FIGURA 3.1.1

### 3.2 SUBDIRECCIÓN DE CONSTRUCCIÓN (SC)

Es dentro de la SC donde se realizan los Proyectos de Ingeniería como se muestra en la Fig. 3.2.1:



ESTRUCTURA GENERAL DE LA SUBDIRECCIÓN DE CONSTRUCCIÓN  
FIGURA 3.2.1

Las características comunes de la Ingeniería en cada una de estas coordinaciones y Gerencia es que se deben tratar dos tipos de Ingeniería: La Ingeniería Básica y la Ingeniería de Proyecto. Ambas tienen que atenderse en forma independiente para el control eficiente de la Ingeniería en su totalidad.

### 3.3 COORDINACIÓN DE PROYECTOS TERMOELÉCTRICOS (CPT)

La CPT es el Grupo de Proyectos al cual se enfoca este estudio, esta coordinación tiene la responsabilidad de realizar proyectos de centrales de los tipos: Termoeléctricas (CT), Ciclo Combinado (CC), Combustión Interna Tipo Diesel (CITD), Turbogas (TG) y Carboeléctricas (C). Todos ellos bajo las modalidades de Proyectos: Llave en Mano del tipo Construir, Arrendar, Transferir (BLT); Productores Externos de Energía (PEE); Proyectos por Administración Directa y Proyectos de carácter General que involucran acondicionamientos o asesorías a las Centrales Termoeléctricas de CFE.

La CPT tiene la Estructura Organizacional indicada en la Fig. 3.3.1:

ORGANIGRAMA FUNCIONAL DE LA COORDINACIÓN DE PROYECTOS TERMOELÉCTRICOS

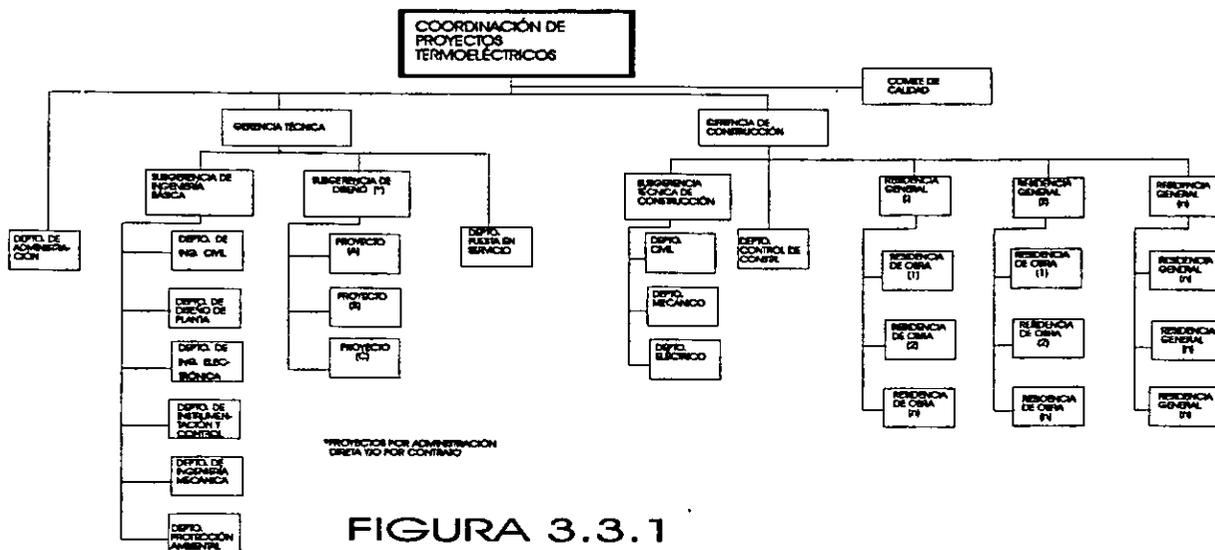


FIGURA 3.3.1

### **3.4 PROGRAMA INSTITUCIONAL DE CALIDAD TOTAL (PICT)**

Obedeciendo al Plan Nacional de Desarrollo definido entre 1990 Y 1992 la Empresa (CFE) junto con su Sindicato (SUTERM) firmó en 1995 su Programa Institucional de Calidad Total (PICT) el cual persigue una mejora continua para acelerar los procesos que permitan a México ampliar el Mercado Internacional para sus productos, fortalecer la Industria, consolidar y acrecentar la economía y en consecuencia impulsar al País.

A partir de las Estructuras Administrativas. (Fig. No.1 y 2) de los recursos y metas de cada dependencia de CFE se estableció la Organización para la Calidad que se muestra en la Fig. 3.4.1.

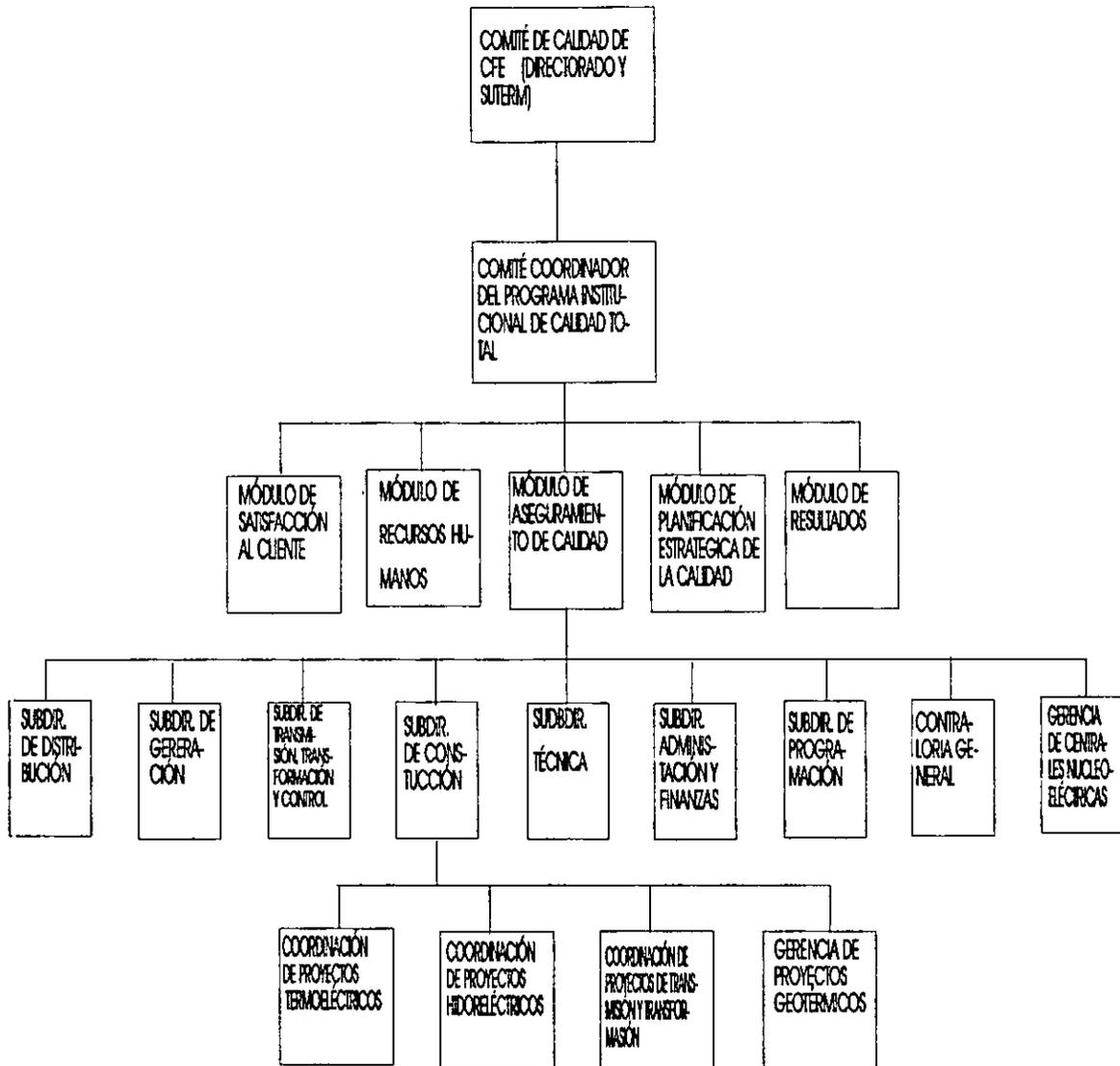
La función principal de cada uno de los Integrantes de la Organización mostrada en esta figura es la indicada a continuación:

- Comité de Calidad de CFE; define las directrices y Políticas de Calidad de la Institución.
- Comité Coordinador del Programa Institucional de Calidad Total; elabora y coordina la planeación, desarrollo, implantación y mantenimiento del Programa de Calidad Total.
- Módulos de Coordinación por Especialidad; planean, desarrollan e Implantan los Programas Específicos de Calidad. Comunicándose entre ellos.

- Subdirecciones, Gerencias y Contralorías; interpretan el PICT y los coordinan entre sí y con sus dependencias.
- Coordinaciones y Gerencias de Proyectos; enfocando con detalle de acuerdo a la índole de su trabajo crean sus propios mecanismos Técnico-Administrativos para dar cumplimiento y aprovechar los beneficios del Sistema de Calidad y también lograr los objetivos del PICT.

Como toda empresa la CFE tiene que efectuar una cantidad de Operaciones de Calidad para lograr además de las metas mencionadas, también las de mantener a la empresa misma dentro de su eficiencia, competitividad, economía en cada una de sus áreas, lo cual determinó considerar los lineamientos generales siguientes:

- Lograr que las Operaciones de Calidad se realicen en la forma más directa, integradas a las actividades y deberes que cada empleado tiene que ejercer dentro de sus labores.
- Dar la capacitación necesaria y suficiente a cada empleado para lograr las metas deseadas.
- Clasificar, relacionar y simplificar en trabajos y tiempos a cada una de las Operaciones.



ORGANIZACIÓN PARA LA CALIDAD EN LA COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD

FIGURA 3.4.1

### **3.5 ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN LA COORDINACIÓN DE PROYECTOS TERMOELÉCTRICOS (ACCPT)**

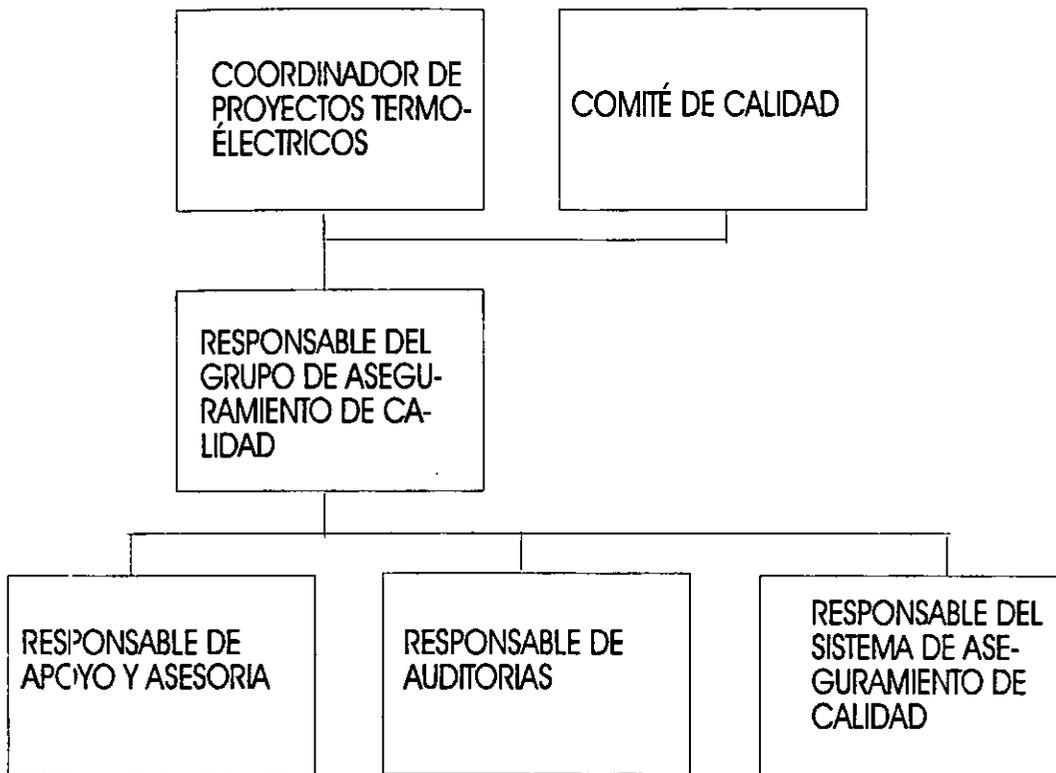
La CPT tiene antecedentes de haber creado proyectos de Centrales Termoeléctricas por más de una década, por lo que al ingresar al Sistema de Calidad de CFE tuvo que tomar las acciones indicadas a continuación.

La CPT centró sus Operaciones de Calidad dentro del campo del Aseguramiento de Calidad, para dar cumplimiento al PICT, y preparar la certificación de acuerdo a las Normas ISO-9001.

Para cumplir con los fines anteriores y conocer sus compromisos la CPT revisó y determinó lo siguiente:

- Las Políticas de Calidad de la CFE.
- Las metas y Organigramas Administrativos y de Calidad del PICT, para quedar siempre sus acciones, productos y procesos dentro de los mismos objetivos.
- Los clientes internos y externos.
- Los documentos de calidad; norma NMX-CC-003-1995-IMNC (Norma ISO-9001, 1994) Manual Corporativo de CFE, Programa de Calidad de la CPT.

Después de lo anterior se decidió adoptar el Organograma de Aseguramiento de Calidad mostrado en la Fig. 3.5.1:



ORGANIGRAMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

FIGURA 3.5.1

### **3.6 REQUISITOS DE CALIDAD DE LA NORMA NMX-CC-003 MNC 1995 INMC (ISO-9001,1994)**

La capacidad de la CPT para realizar Proyectos Termoeléctricos está apoyada en sus propios procedimientos y normas de Diseño que han sido derivados y actualizados de las compañías *Bechtel*, *General Electric*, ambas de Estados Unidos con normas de instituciones y compañías de Ingeniería Internacionales así como de la propia CFE a través de sus organismos y laboratorios. Lo anterior junto con el número suficiente de personal capacitado, coloca a la CPT en una empresa mediana.

Al aplicar las normas ISO-9001, éstas recaen directamente sobre la aplicación de procedimientos y códigos que aquí se están citando.

Para dar cumplimiento con la norma NMX-CC-003-MNC-1995-INMC (ISO-9001,1994) la CPT revisó y dio satisfacción a los 20 requisitos del Sistema de Aseguramiento de Calidad que se mencionan al inicio (4.1) de la norma en la forma ordenada por prioridades que se menciona a continuación (entre paréntesis aparece el número de inciso de norma):

3.6.1 Responsabilidades de la dirección (4.1) en La política de Calidad (4.1.1): Esta claramente definida para CFE en su Programa Institucional de Calidad Total (PICT) mencionado en el párrafo 6.1 de este estudio, enfocándose el Aseguramiento de Calidad a las metas siguientes:

- Conocer y comprender las necesidades, requerimientos y expectativas de nuestros clientes y esforzarse para satisfacerlos primeramente a través del ofrecimiento, compromiso y entrega de los productos.

Para dar cumplimiento a lo anterior la CPT procedió hacer un estudio de prioridades de acuerdo a los tipos de productos que son Centrales

Termoeléctricas, las cuales se manejarán en base al Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE) de la CFE dado en la Tabla 3.6.1. donde se muestran las centrales en que la CPT intervendrá en su diseño con la probable modalidad de Construcción, Arrendamiento y Transferencia (CAT) que se construirán con capital de la iniciativa privada y posteriormente se transferirán a CFE; y las de modalidad de Productor Externo de Energía (PEE) las cuales se construyen con capital de la iniciativa privada y permanecen bajo su propiedad hasta la terminación de la vida de la Central. En los dos tipos de Centrales tiene injerencia la CFE en lo que respecta a la definición y vigilancia de su calidad, pero en los CAT es mayor por que en su última mitad de vida serán operadas y explotadas por CFE.

NOMBRE	UBICACIÓN	TIPO	CONTRATO PROBABLE	CAPACIDAD REQUERIDA EN SITO (MW)				
				2002	2003	2004	2005	2006
1.-TULA-SANJUAN	HGO. QRO.	CC	CAT	450	450			
2.-LEÓN AGS. 1 Y 2	AGS. LEÓN SLP	CC	CAT	450		450		
3.- F. VILLA REP.	CHIHUAHUA	CC	CAT		249			
4.-CAMPECHE	CAMPECHE	CC	CAT	225				
5.- ROSARITO 10 Y 11	BAJ A. CALIF.	CC	CAT		450			
6.- ALTAMIRA	TAMAULIPAS	CC	CAT		450	450		450
7.- NOROESTE	SONORA	CC	CAT		225		225	
8.- MONTERREY TG	NUEVO LEÓN	TG	CAT			150		
9.- LAGUNA 1 Y 2	DURANGO	CC	CAT			450		
10.- SALTILLO 2	COAHUILA	CC	CAT				450	
11.- ORIENTAL Y	P. RICA TUXPAN	CC	CAT				450	
12.- VALLADOLID	VALLADOLID	CC	CAT				225	
13.- BAJA CALIF. SUR	BAJA. CALIF.	CITD	PEE					38
14.- RIO BRAVO 5	TAMAULIPAS	CC	CAT					450
15.- ORIENTAL 2	P. RICA TUXPAN	CC	CAT					450
16.- BAJA CALIF. NORTE	BAJA. CALIF.	CC	CAT					225

C. C.=CÍCLO COMBINADO

C.I.T.D.= COMBUSTION INTERNA TIPO DIESEL

T. G.=TURBO GAS

C=CAREON

C.A.T.= PROYECTOS CON ESQUEMA DE CONSTRUCCIÓN, ARRENDAMIENTO Y TRANSFERENCIA

P.E.E.=PRODUCTOR EXTERNO DE ENERGIA

C.T. = CENTRAL TERMOELÉCTRICA

**TABLA 3.6.1**

**PROYECTOS DE CENTRALES TERMOÉLECTRICAS PROGRAMADAS A REALIZARSE**

De Tabla 3.6.1 anterior se deduce que la modalidad de Central tipo CAT es la que tiene la mayor probabilidad de ser lograda y para la cual la CPT debe dirigir principalmente sus operaciones de calidad. Lo anterior se interpreta como requerimientos de clientes externos que finalmente serán los consumidores de energía eléctrica.

- "Ofrecer productos a aquellos clientes cuando para el cumplimiento de requerimientos se tenga una seguridad del 100%."

La CPT tiene que realizar y/o supervisar proyectos de Centrales Termoeléctricas, integrales en todas sus etapas; Ingeniería Básica, Ingeniería de Detalle, Suministros, Construcción, Pruebas, Puesta en Servicio teniendo en cuenta el estado del arte de los procesos de generación termoeléctricos, cumpliendo siempre con los requisitos de la calidad establecidos para satisfacer las necesidades de clientes internos y externos, preservando el medio ambiente y buscando siempre que los costos y precios de generación de energía eléctrica sean los más bajos posibles.

Por cumplir con lo anterior la CPT decidió encaminar sus esfuerzos para convertirse en una organización competitiva para solicitar una certificación en la supervisión de centrales Termoeléctricas bajo la modalidad CAT con base en la norma NMX-CC-003-1995 IMNC (ISO-9001,1994) en el año de 1988. Para lo cual decidió tomar al Proyecto de la C.T. Samalayuca II C.C. unidades 1,2 y 3. Como modelo piloto para aplicar el Sistema de Calidad.

- "Involucrará a todos los empleados para el trabajo en Equipo siempre dentro de un marco de confianza y respeto."

A fin de dar cumplimiento a lo anterior la CPT creó e inició la aplicación de un Programa de divulgación de la cultura de la calidad, en forma adecuada a la realización de las Operaciones de la Calidad del

Personal, para tratar de cumplir al 100% los requisitos acordados con sus clientes.

Organización (4.1.2): La CPT estableció su Estructura Organizacional mostrada en el Organigrama de la Figura 3.3.1

Las responsabilidades y autoridades mayores de los elementos integrantes del Organigrama anterior son los indicados a continuación:

- Coordinación de Proyectos Termoeléctricos (CPT); participa en la definición de las Políticas y objetivos de la Calidad.
- Gerencia Técnica de Proyectos Termoeléctricos (GPT); revisa y aprueba la documentación relacionada con el Sistema de Aseguramiento de Calidad (Procedimientos, etc) así como las revisiones respectivas.
- Gerencia de Construcción de Proyectos Termoeléctricos (GCPT); verifica la entrega de las Centrales Termoeléctricas a la Subdirección de Generación de acuerdo a los requisitos de calidad establecidos.
- Subgerencia de Ingeniería Básica (SIB); Establece y dirige los Planes de Calidad en los Trabajos desarrollados en los Departamentos de Ingeniería.
- Subgerencia de Diseño (SD); Establece y dirige los planes de calidad requeridos en la ejecución de proyectos.
- Subgerencia Técnica de Construcción (STC); define planes y participa en la vigilancia y supervisión de las obras para que estas se efectúen con la calidad, oportunidad, costo requerida y aplican normas, códigos, manuales y procedimientos.

- Departamentos de Ingeniería Civil, Mecánica, Eléctrica, Instrumentación y Control, Diseño de Planta y Protección Ambiental de la Subgerencia de Ingeniería Básica.

Promueve el mejoramiento del Sistema de Calidad mediante el uso del Manual de Aseguramiento de Calidad, normas, especificaciones y procedimientos así como fomenta la capacitación del personal en aspectos técnicos, administrativos y de calidad.

- Departamento de Puesta en Servicio (DPS); aplica el Manual de Aseguramiento de Calidad, los planes de calidad y los procedimientos en los trabajos bajo su responsabilidad.
- Responsables Ejecutivos de Proyectos (REP); coordinan la elaboración, revisión y efectúan la aprobación de los procedimientos operativos e instrucciones de trabajo específicos para la supervisión de los diferentes proyectos bajo sus responsabilidades.
- Jefaturas de Proyecto (JP); aplican el Manual de Aseguramiento de Calidad y los procedimientos en los trabajos bajo su responsabilidad.
- Departamentos Civil, Mecánico y Eléctrico de la Subgerencia Técnica de Construcción; aplican el Manual de Aseguramiento de Calidad, los planes de calidad y los procedimientos de los trabajos bajo su responsabilidad, dando seguimiento a las auditorias de las áreas bajo su cargo hasta el cierre de las mismas.
- Departamento de Control de Construcción (DCC); coordina la revisión interdisciplinaria para que los documentos de ejecución de obra y servicios sean emitidos con todos y cada uno de los requisitos técnicos de calidad.

- Residentes Generales de Construcción (RGC); coordina la revisión interdisciplinaria para que los documentos de ejecución de obra y servicio sean emitidos con todos y cada uno de los requisitos técnicos de calidad.
- Coordinación de Pruebas y Puesta en Servicio (CPPS); elaboran y cumplen el Plan de Calidad para la supervisión de pruebas y puesta en servicio.
- Responsable del Grupo de Aseguramiento de Calidad (RGAC); Desarrollan, implantan, apoyan y mantienen el Sistema de Calidad, revisando su aplicación y efectuando auditorias internas y externas.
- Responsable de Apoyo y Asesoría (RAA); maneja y mantiene actualizado un banco de información de normas y códigos nacionales e internacionales para apoyo de la CPT, así como de un registro del personal relacionado con actividades de calidad, vigilando que las certificaciones se mantengan vigentes.
- Responsable del Sistema de Calidad (RSC); coordinan la elaboración y revisión de los documentos del Sistema de Calidad y de los Proyectos de Mejora de Calidad.
- Responsable de Auditorias (RA); planea, programa, realiza y coordina auditorias de calidad internas y externas.
- Comité de Calidad (CC); Esta integrado por el coordinador de proyectos termoeléctricos, el gerente técnico, el gerente de construcción, el subgerente técnico de construcción, el subgerente de ingeniería básica, el subgerente de diseño, el responsable del grupo de aseguramiento de calidad y el representante del SUTERM (Sindicato Unico de Trabajadores Electricistas de la República Mexicana). Definen y revisan en su oportunidad las políticas,

principios, objetivos, directrices, misión, visión y metas del Aseguramiento de Calidad.

Recursos (4.1.2.2): Las jefaturas de las áreas de la CPT efectúan los análisis para conocer los requerimientos y disponibilidades de sus recursos humanos, materiales y económicos para realizar sus trabajos.

Representante de la Coordinación de Proyectos Termoeléctricos (4.1.2.3): El coordinador de proyectos termoeléctricos delegó por escrito la autoridad suficiente al grupo de Aseguramiento de Calidad para que asegure que el Sistema de Calidad se implante de acuerdo a la Norma NMX-CC-003-1995-IMNC (ISO-9001,1994)

Revisión de la Dirección (4.1.3): A través de juntas que se efectuarán cada dos meses, el coordinador de Proyectos termoeléctricos y el responsable del grupo de Aseguramiento de Calidad, contando además con la participación de los miembros de la CPT que se requieran, revisaran: Evaluaciones al Sistema de Calidad, retroalimentación de clientes, análisis de recursos y modificaciones al Sistema.

3.6.2. Sistema de Calidad(4.2) en Generalidades(4.2.1): Con el Sistema de Calidad (SC) la CPT demuestra capacidad para elaborar productos y servicios conformes para satisfacer a clientes internos y externos.

El SC establece los niveles de documentos siguientes:

NIVEL I: Manual (4.2.1) de Aseguramiento de Calidad (MAC); que es el documento que describe su Sistema de Calidad estableciendo políticas y objetivos de calidad, cubriendo los requisitos de la norma NMX-CC-003-1995 (ISO-9001,1994) y la norma NMX-CC-018-1996 INMC (ISO-10013.1995). La CPT elaboró su manual.

**NIVEL II:** Procedimientos(4.2.2) de Gestión (PG) del Sistema de Calidad; definen en general como se deben identificar y aplicar los requisitos de Aseguramiento de Calidad en las diferentes etapas del desarrollo de los productos de la CPT. Los procedimientos fueron creados por la CPT para satisfacer cada requerimiento de la Norma.

**NIVEL III:** El Plan de Calidad (PC)(4.2.3); aplicado a un proyecto, contrato o producto define los objetivos de calidad, los procesos y la secuencia de actividades de los mismos recursos, autoridades, inspección, verificaciones, pruebas, auditorias de calidad e informes de progreso. En el procedimiento CPT-AC14 se indica como elaboraron un Plan de Calidad.

**NIVEL II:** Procedimientos Operativos; muestran las condiciones y formas de realizar las actividades propias de las funciones de la CPT para desarrollo del producto. Los procedimientos son con los que cuenta la CPT para administrar y realizar trabajos.

**NIVEL III:** Instrucciones de trabajo para un proyecto o producto específico (ITPPE); detallan la forma lógica de realizar actividades únicas para un proyecto o producto específico. La CPT tiene sus Manuales para estos fines.

**3.6.3 Capacitación(4.18):** Por principio, la capacitación son las operaciones primarias que deben iniciarse antes de implantar un Sistema de Calidad, en relación con la especialidad de cada empleado y de sus necesidades de conocimientos de la calidad que aplica, para lo cual tanto empleados de la CPT como de los pertenecientes a consorcios en los proyectos del tipo CAT deben presentar cada uno un plan de capacitación, que quede considerado dentro de sus respectivos, planes de calidad, además de

esto la CPT creó un procedimiento específico para la calificación y certificación de auditores, para aplicar el Sistema Institucional de capacitación que cubre la capacitación de cada empleado de acuerdo a su especialidad.

3.6.4 Revisión del Contrato(4.3): La CPT revisa con sus técnicas responsables la definición, documentación, los compromisos y requisitos en materia de calidad, ambas partes cliente y proveedor deben cumplir de acuerdo a las especificaciones acordadas de aplicarse en cada proyecto.

Las diferencias entre lo que se indique en las ofertas y lo indicado en los pedidos o contratos deben definirse y ser aclarados en los documentos acordados por ambas partes.

En todo caso la CPT debe verificar junto con la parte contractuante sus capacidades para cumplir con el pedido.

3.6.5 Control del Diseño(4.4): El control del Diseño comprende una serie de acciones tendientes a evidenciar el estado de las condiciones, requisitos y características de un producto en sus diferentes etapas de la elaboración e inducirlo a cumplir con la calidad deseada, en las especificaciones y contratos.

Todas estas acciones deben quedar identificadas (4.4.1) y presentadas en documentos del proyecto, que muestran las interfases técnicas requeridas entre diferentes grupos (4.4.3) indicando las fechas de compromiso.

Para lograr lo anterior deben tomarse en cuenta las consideraciones siguientes:

- Para evitar y resolver cualquier deficiencia antes del comienzo de alguna actividad relevante, todos los datos de entrada (4.4.4) para el

diseño incluyendo los requisitos legales y regulatorios aplicables serán identificados, documentados y revisados para su adecuación.

- Datos de entrada como códigos, normas, especificaciones, y procedimientos, estarán disponibles para los ingenieros de diseño.
- Resultados del Diseño (4.4.5) como hojas de datos, diagramas y dibujos, incluyendo aquellos generados por el equipo de cómputo, cumplirán con los requisitos de entrada del diseño, especificados y con los procedimientos que controlen la actividad.
- El diseño debe identificar las características importantes para la seguridad y funcionamiento de los productos del diseño.
- El diseño estará conforme con los requisitos legales y regulatorios.
- Se harán Revisiones formales (4.4.6) documentadas de los resultados del diseño. La verificación (4.4.7) del diseño se hará asegurando que cumplen los requisitos de entrada con los requisitos especificados a través de un sistema planeado y documentado de revisiones conducidas por personal calificado.
- La Validación de los Productos (4.4.8) diseñados por la CPT es demostrada por la terminación exitosa de la construcción, arranque y puesta en servicio de los mismos.
- Todos los Cambios del Diseño (4.4.9) a los requisitos especificados serán identificados, documentados y revisados por personal autorizado. Para establecer el efecto total en los parámetros de costo, antes de la aprobación e implantación del cambio.

3.6.6 Control del Proceso(4.9): En proyectos de Centrales Termoeléctricas los procesos de producción, instalación y servicio están divididos en responsabilidades diferentes como se indica a continuación.

- Procesos para la construcción y puesta en servicio de las centrales, cuando interviene la CFE debe tener sus propios controles de procesos, para evitar no conformidades debiendo contar con lo siguiente: tener equipo adecuado, personal capacitado y entrenado, planeación adecuada ampliamente con los registros diseño, establecimiento, emisión y mantenimiento de procedimientos e instrucciones de trabajo, documentos, inspecciones y pruebas, criterios de aceptación, mantenimiento adecuado del equipo para asegurar capacidad del proceso, cumplimiento con las normas y códigos de preferencia, establecimiento de clientes para la ejecución de trabajos.

Los procesos que no pueden verificarse por inspección y pruebas incluyen circunstancias donde:

- Las características que califican al proceso son objetivas y evidentes hasta que el producto esta en uso.
- El método de medición no existe o es destructivo al producto.
- Los resultados dentro del proceso no pueden ser medidos en pruebas o inspecciones posteriores.

Para el logro de lo anterior en todas las modalidades de proyectos de Centrales Termoeléctricas se llevará a la CPT el cumplimiento de varias etapas, dándole preferencia a la aplicación de proyectos del tipo llave en mano ó CAT.

- Procesos para productos o servicios de Centrales Termoeléctricas pero no producidas por CFE, donde los productos o centrales privadas deberán contar con lo indicado en el inciso anterior, y la CPT se limitará

sólo a asegurar su calidad a través de especificaciones y de sus auditorias externas.

- 3.6.7 Adquisiciones (4.6) en Generalidades (4.6.1): Los productos que adquirirá la CPT para ella o para sus centrales, cumplirán con los requisitos especificados de acuerdo a los documentos contractuales relevantes, para lo cual se llenara el registro de adquisiciones.

Se mantendrá un padrón de contratistas o proveedores confiables, evaluados que cumplan con el Sistema de Calidad de CFE. Los datos para adquisiciones (4.6.3) incluirán adicionalmente los requisitos para aprobación o calificación de producto, procedimientos equipo de proceso y personal cuando se requiera. Las verificaciones de los proveedores de los productos hacia sus subcontratistas (4.6.4.1) harán constar en los documentos de compra o contratos, diciéndose allí (4.6.4.2) también que se concederán los derechos a la CFE para su verificación al Producto subcontratado.

- 3.6.8 Control de Productos Proporcionados por el Cliente (4.7): Este requisito no es aplicable en la CPT ya que en las actividades que ella realiza, sus clientes no le proporcionan productos para ser un incorporados a los productos que suministra.

- 3.6.9 Servicio (4.19): Se identificará el servicio que sea complemento de un producto que la CPT proporcionará al cliente para el uso del mismo producto. Los servicios pueden ser información, instrucciones, capacitación o manuales.

- 3.6.10 Control de Equipo de Inspección, Medición y Prueba (4.11) en Generalidades (4.11.1): El equipo de inspección, medición y prueba será controlado, calibrado y mantenido de tal forma que la incertidumbre de la medición permanezca conocida y dentro de los rangos tolerables para los cuales fue destinado el equipo.

El control del equipo incluirá identificación y calibración a intervalos prescritos contra equipo certificado el cual sea rastreable en sus mediciones y tenga validez referida a patrones nacionales o internacionales, reconocidos.

Se mantendrán requisitos que especifiquen, el tipo de equipo, número de identificación y frecuencia de calibración.

3.6.11 Inspección y Prueba (4.10) en Generalidades: La CPT mantendrá y aplicará a través del LAPEM (Laboratorio de Pruebas de Equipos y Materiales) sus procedimientos de prueba. Ningún producto (*hardware*, *software*, materiales procesados y servicios) debe ser usado o procesado sin una verificación previa con el objeto de estar conforme con los requisitos especificados; en el plan de calidad del proyecto o producto y en los procedimientos o instrucciones de trabajo se deben especificar los medios para verificar que los productos recibidos estén de acuerdo a las especificaciones, estén completos, tengan una identificación apropiada y no estén dañados. Los procedimientos también deben incluir provisiones para verificar que los artículos recibidos, equipos, materiales o servicios vienen acompañados por documentos soporte por ejemplo: reportes de pruebas, reportes de exámenes no destructivos, etc. Las acciones apropiadas en el caso de no conformidades deben ser especificadas.

Cuando por urgencia se libere un producto de entrada previamente a su verificación de cumplimiento con los requisitos especificados, debe identificarse adecuadamente y hacerse un registro que permita su recuperación y remplazo inmediato en el caso de no conformidad con los requisitos especificados.

La liberación de artículos o productos de entrada sin verificación, sujetos a remplazo debe ser considerada como una mala práctica de administración de la calidad. Los productos o artículos solo deben ser liberados y sujetos a remplazo si:

- Una evaluación objetiva del estado de la calidad y solución de cualquier no conformidad puede aún ser implementada.
- La corrección de no conformidades no comprometen la calidad de artículos adyacentes o incorporados.

Los procedimientos o instrucciones de trabajo deben definir al personal autorizado que puede permitir el uso de productos de entrada sin una demostración previa de conformidad con los requisitos especificados.

Inspección y prueba en proceso (4.10.3): La inspección y prueba en proceso aplica a todas las formas de producto, incluyendo servicios. Permite un reconocimiento oportuno de no conformidades y disposición oportuna de artículos no conformes. El plan de calidad y los procedimientos deben asegurar la objetividad de los resultados de la inspección y prueba en proceso. La aceptación de un producto debe ser retenida hasta que todas las inspecciones y pruebas especificadas hayan sido completadas o se hayan recibido y verificado los informes necesarios.

Inspección y pruebas finales (4.10.4): La inspección y pruebas finales de un producto para verificar el cumplimiento con los requisitos especificados, incluyendo aquellos especificados tanto en la recepción del producto como en proceso, deben ser llevados a cabo, como se indica en el plan de calidad y/o los procedimientos aplicables. Ningún producto debe ser liberado hasta que todas las actividades especificadas en el plan de calidad y/o los procedimientos documentados hayan sido concluidas satisfactoriamente, además los datos y la documentación asociada debe estar disponible y autorizada.

Registros de inspección y prueba (4.10.5): Se deben establecer, mantener y controlar registros que contengan la evidencia de que el producto ha sido inspeccionado y/o probado. Estos registros deben

mostrar claramente, si el producto ha pasado o ha fallado las inspecciones y/o pruebas de acuerdo con los criterios de aceptación definidos.

Todos los pasos de inspección y prueba de recibo, en proceso y finales de los productos no conformes deben ser identificados y controlados hasta su disposición.

- 3.6.12 Estado de Inspección y Prueba (4.12): Se tomarán provisiones para conocer el estado del producto incluyendo sus respectivos servicios. El estado puede ser indicado por una marca, una etiqueta, una firma, registros de inspección u otros medios físicos o electrónicos que indiquen la conformidad o no conformidad con los requisitos especificados.

El estado de un producto será: no ha sido inspeccionado, ha sido inspeccionado, rechazado, y retenido en espera de una toma de decisión, o ha sido inspeccionado y rechazado. La localización física de estas categorías de productos debe asegurar el estado y disposición adecuada de los mismos.

- 3.6.13 Control de Producto No Conforme (4.13) en Generalidades (4.13.1): Los productos no conformes de la CPT y los productos no conformes recibidos de proveedores que así resulten de inspecciones o pruebas deben ser identificados y separados de los aceptados para evitar su instalación o uso, documentados, y notificados a los niveles jerárquicos responsables.

La revisión y disposición de productos no conformes (4.13.2) debe contar con el conocimiento y decisión del cliente para rechazarlo, retrabajarlo, o reclasificarlo par aplicaciones diferentes.

Todo producto retrabajado o reparado deberá ser reinspeccionado de acuerdo a los procedimientos aplicables, manteniendo registros describiendo las no conformidades.

- 3.6.14 Acción Correctiva y Preventiva (4.14) en Generalidades (4.14.1) todas condiciones de no-conformidad serán revisadas para identificar las tendencias que afectan a los productos o procesos de trabajo.

Las tendencias se estudiarán para obtener oportunidades de mejora del proceso, y también para efectuar acciones preventivas (4.14.3). Toda no-conformidad deberá dar una correctiva (4.14.2) que prevenga o evite su ocurrencia.

Ambas acciones correctiva y preventiva están controladas mediante registros.

- 3.6.15 Manejo, Almacenamiento, Empaque, Conservación y Entrega (4.15) en Generalidades (4.15.1): El manejo almacenamiento, empaque, conservación y entrega de un producto serán controlados mediante procedimientos que los proveedores de productos deban de proporcionar a la CPT, dependiendo de las características y cuidados particulares que cada uno de ellos demande.

En estas acciones se mantendrá siempre identificación del contenido de los empaques para permitir la rastreabilidad de los productos.

La protección de la calidad del producto después de las inspecciones y pruebas debe ser mantenida hasta la entrega del trabajo completo al cliente cuando esto ha sido especificado en el contrato.

3.6.16 Identificación y Rastreabilidad del Producto (4.8): Tanto para la identificación de documentos como de componentes, la CPT definirá sus procedimientos de aplicarse internamente y cuando las responsabilidades de estos trabajos de identificación y rastreabilidad pertenezcan a contratistas, la CPT solicitará a estos les proporcionen los procedimientos que aplicarán.

3.6.17 Técnicas Estadísticas (4.20): La CPT al hacer su identificación de necesidades estadísticas (4.20.1), consideró lo siguiente:

- El uso de técnicas estadísticas implica desde el uso únicamente de medias y desviaciones estándar hasta el uso de métodos complicados de la estadística descriptiva y estadística inferencial.
- Las técnicas estadísticas se aplicarán en forma sistemática para el establecimiento, control y verificación de procesos o de las características de la calidad de cada uno de los productos.

En forma circunstancial las técnicas estadísticas se aplicarán para análisis, estudios, investigaciones o encuestas así como para el respaldo decisiones.

- En sus aplicaciones sistemáticas las técnicas estadísticas se describirán en procedimientos(4.20.2). En sus aplicaciones circunstanciales estarán descritas en los mismos procedimientos de trabajo (4.20.2) o en una instrucción de trabajo.

3.6.18 Control de Requisitos de Calidad (4.16): La CPT clasificó primero a los requisitos de calidad en permanentes que son los que deben de existir durante toda la ida del producto y en temporales definiéndole su tiempo de vida. Es necesario establecer un método para controlar a cada uno de sus registros de calidad de los cuales se deben apegar los mismos.

Para el caso de contratistas la CPT les solicitará sus controles de registros de calidad para someterlos a revisión y aprobación.

3.6.19 Auditorias de Calidad Internas (4.17): La CPT establecerá para cada una de sus áreas un Plan Anual de Auditorias Internas el cual debe de ser congruente con el Plan Anual de Auditorias Externas, ambos tipos de auditorias tendrán como propósitos el verificar que las actividades de calidad cumplan con los requisitos especificados, evaluando la efectividad del Sistema de Calidad, con identificación de áreas para mejoramiento de procesos.

En todos los casos las auditorias serán llevadas a cabo por personal capacitado e independiente que tenga la responsabilidad directa sobre la actividad a ser auditada.

3.6.20 Control de Documentos y Datos (4.5): Como principio de Control, todos los documentos y datos concernientes al Sistema de Calidad estarán sujetos a revisión, y aprobación por el personal autorizado antes de su emisión primera y subsecuentes.

### 3.7 MÉTODOS DE APLICACIÓN PARA LAS OPERACIONES DE CALIDAD

A las operaciones de Calidad se les asocian métodos para estimar o medir sus efectos, cuyas aplicaciones se hacen en la CPT de acuerdo a las necesidades, recursos materiales y tiempo. Estos métodos se indican a continuación.

#### PROCESOS DE MARKOV

Para el análisis de adquisición de equipos, es necesario conocer las características como: disponibilidad y confiabilidad. La información que nos permite definir tales características debe ser otorgada por los fabricantes, ya que esta información, forma parte de las pruebas que se realizan a los equipos. Un método alternativo utilizado para determinar las características de un equipo es el de considerar su desempeño como un Proceso de Markov, es decir el comportamiento futuro del equipo depende únicamente de su Estado actual y no depende de cuando y como el equipo llegó a éste. El conjunto de Estados son las situaciones (resultados) que puede alcanzar el equipo a lo largo del tiempo. Cuando se analiza el comportamiento de un equipo a partir de un Proceso de Markov, es necesario primero definir los Estados que puede tomar y de esta forma poder deducir las ecuaciones que caracterizan al Proceso. Las características (como disponibilidad) de un elemento reparable (equipo), son en general analizadas, Un elemento reparable presenta dos posibles Estados:

1. Estado de funcionamiento (Estado 1).
2. Estado de no funcionamiento (Estado 0).

Si el elemento se mueve del Estado 1 al 0 como resultado de una falla entonces una tasa constante de falla  $\lambda$  se asume, la cual es inversa al MTBF (*Mean Time Between Failure* en español Tiempo Medio Entre Falla), donde:

$$MTBF = \frac{\text{TiempoTotaldeFuncionamiento}}{\text{NúmerodeFallas}} = \frac{1}{\lambda}$$

Similarmente un elemento se mueve del Estado 1 al 0 como resultado de una reparación, entonces una tasa constante de reparación  $\mu$  es asumida la cual es inversa al MDT (*Mean Down Time* en español Tiempo Medio Fuera de Servicio), donde:

$$MDT = \frac{\text{TiempoFueradeFuncionamientoTotal}}{\text{NúmerodeFallas}} = \frac{1}{\mu}$$

Si  $P_1(t)$ ,  $P_0(t)$  son las probabilidades de él elemento estando en los Estados 1 y 0 respectivamente en el tiempo  $t$ , entonces la probabilidad de que el elemento este en el Estado 0 en el tiempo  $t+\Delta t$  esta dado por:

$P_1(t+\Delta t)$  = Probabilidad de estar en 1 en el tiempo  $t$  y probabilidad de no fallar entre  $t$  y  $t+\Delta t$  ó probabilidad de estar en 0 en el tiempo  $t$  y probabilidad de ser reparado entre  $t$  y  $t+\Delta t$ .

$P_0(t+\Delta t)$  = Probabilidad de estar en 0 en el tiempo  $t$  y probabilidad de fallar entre  $t$  y  $t+\Delta t$  ó probabilidad de estar en 1 en el tiempo  $t$  y probabilidad de fallar entre  $t$  y  $t+\Delta t$ .

Se denomina Elemento de Probabilidad, a la probabilidad de que caiga entre  $t$  y  $\Delta t$  un Flujo de Sucesos, (como son las posibles fallas y reparaciones de un producto). El Elemento de Probabilidad es igual a la intensidad del flujo multiplicado por la duración del lapso:

$$P_{\Delta t} = \lambda \Delta t$$

Es así como la probabilidad de falla entre  $t$  y  $t+\Delta t$  es  $\lambda\Delta t$ , entonces la probabilidad de no falla es  $(1-\lambda\Delta t)$ , similarmente la probabilidad de reparación  $\mu\Delta t$ , usando las reglas de adición y multiplicación de probabilidades, se tiene:

$$P_1(t + \Delta t) = P_1(t)(1 - \lambda\Delta t) + P_0(t)\mu\Delta t$$

Para el Estado 0 se tiene:

$$P_0(t + \Delta t) = P_1(t)\lambda\Delta t + P_0(t)(1 - \mu\Delta t)$$

Dividiendo entre  $\Delta t$  ambas ecuaciones:

$$\frac{P_1(t + \Delta t) - P_1(t)}{\Delta t} = -\lambda P_1(t) + \mu P_0(t)$$

$$\frac{P_0(t + \Delta t) - P_0(t)}{\Delta t} = \lambda P_1(t) - \mu P_0(t)$$

En el límite en que  $\Delta t \Rightarrow 0$ , las ecuaciones son:

$$\frac{dP_1}{dt} = -\lambda P_1(t) + \mu P_0(t)$$

$$\frac{dP_0}{dt} = \lambda P_1(t) - \mu P_0(t)$$

Además otra ecuación perteneciente al sistema es:

$$P_1(t) + P_0(t) = 1$$

En la teoría de los procesos aleatorios es demostrable que si el número  $n$  de Estados del Sistema es finito y de cada uno de ellos es posible pasar (tomando un número finito de pasos), a cualquier otro, podemos decir que existen probabilidades finales. De esta condición se cumple cuando  $t \Rightarrow \infty$ , entonces  $P_1(t)$  y  $P_0(t)$  serán constantes, y las ecuaciones del proceso se convierten en:

$$0 = -\lambda P_1(t) + \mu P_0(t)$$

$$0 = \lambda P_1(t) - \mu P_0(t)$$

$$1 = P_1(t) + P_0(t)$$

Si las resolvemos como ecuaciones simultaneas; la disponibilidad en Estado Estable de que el elemento funcione, es:

$$P_1(\infty) = \frac{\mu}{\mu + \lambda}$$

La disponibilidad en Estado Estable de que el elemento no funcione, es:

$$P_0(\infty) = \frac{\lambda}{\mu + \lambda}$$

A partir de un Proceso de Markov, también es posible estudiar el comportamiento de un producto (equipo) que puede ser o no redundante. Con este análisis es posible determinar que producto(s) nos conviene adquirir para el mejor desempeño de una Central Termoeléctrica.

### CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA CALIDAD

La problemática para reducir fallas en cada uno de los componentes y Sistemas de una Central Termoeléctrica, conduce a observar los requerimientos que en el diseño de cada producto se deben cumplir.

Existen 2 criterios generales que se reconocen para el diseño de la calidad, y que a continuación se mencionan:

- El criterio de evitar (*Avoiding*) que un producto falle, esto significa efectuar el análisis de posibilidades de falla y remedios interna que comprenda, por ejemplo: cuidados y redundancias.
- El criterio de dar resistencia (*strenght*) a los productos para que soporten las condiciones máximas externas. Se ha adoptado al factor B como unidad de medida de los productos que cumplen con este criterio.

Ambos criterios se aplican en las áreas de diseño de equipo de Instrumentación y Control Electromecánico, siendo reconocidos por diseñadores y fabricantes y son requeridos en las especificaciones de la CPT.

## HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD

Las herramientas que se aplican con éxito en la CPT e involucran análisis conceptuales, así como las que consisten de análisis numéricos se indican a continuación en forma típica.

- **Colección de Datos**  
Propósito: encontrar errores en el Diseño de Centrales Termoeléctricas en 1997

CAUSAS DE DEFECTOS	TIPOS DE DEFECTOS				TOTAL DE DEFECTOS
	INCUMPLIMIENTOS CON PROGRAMA	EVENTOS CON GASTOS ADICIONALES	COMPRAS INDEBIDAS	REPARACIONES	
INFORMACIÓN NO ACTUALIZADA	5	5	0	0	10
CRITERIOS ERRONEOS	2	2	0	0	4
CALCULOS EQUIVOCADOS	1	2	1	1	5
ESPECIFICACIONES CONFUSAS	3	2	0	0	5
CONTRATOS NO BIEN DEFINIDOS	1	1	0	0	2
<b>TOTAL</b>					<b>26</b>

- ♦ Quien coleccionó los datos: EPC  
Fecha: 05SE97  
Lugar: México D.F.  
Dónde: Oficinas Nacionales de C.F.E.

**TABLA 3.7.1**

- **Diagramas de Causa y Efecto**

Se representan las relaciones entre los efectos y sus causas potenciales, en un diagrama llamado cola de pescado en donde se organizan en categorías y subcategorías.

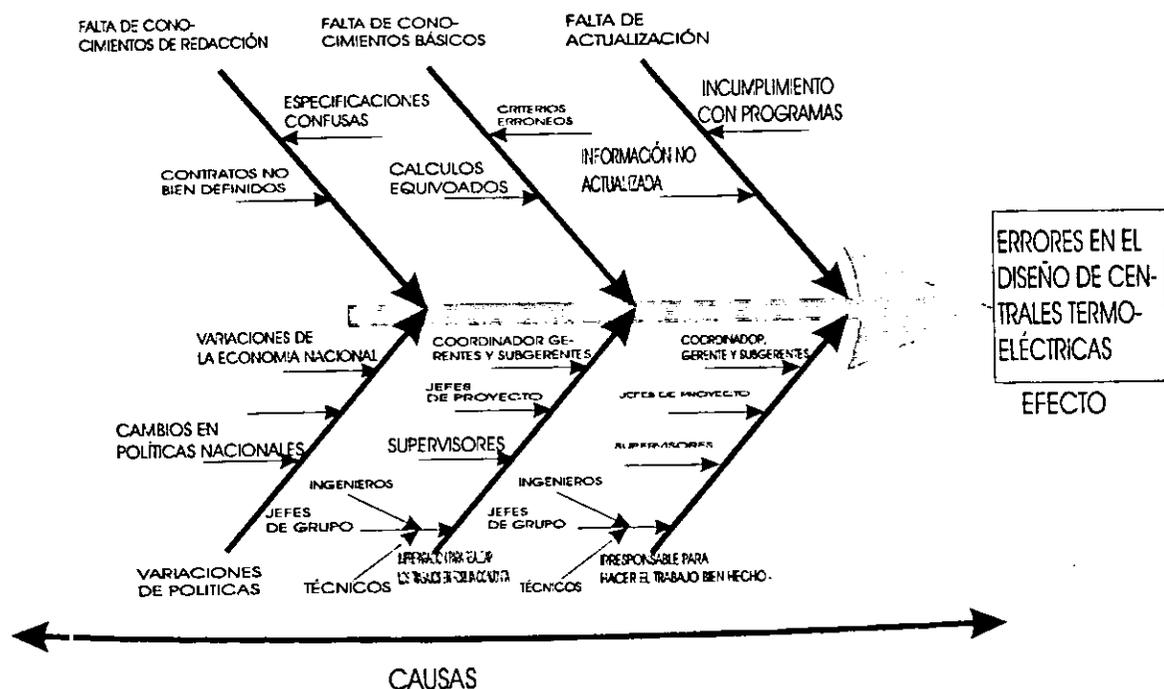


DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO DE LA CPT

FIG. 3.7.1

• Diagrama de Flujo

Con diagramas de Flujo la CPT visualiza y analiza fácilmente las operaciones de calidad de cualquier proceso. A continuación se muestra:

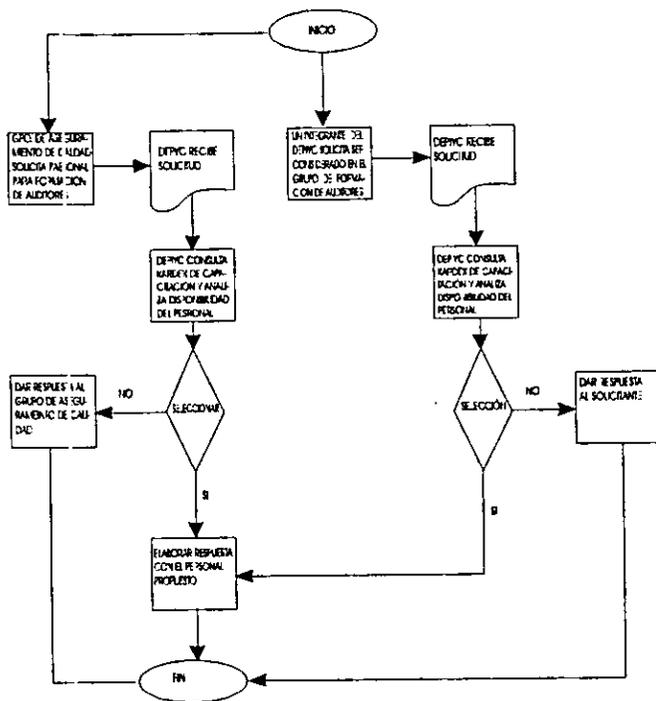


DIAGRAMA DE FLUJO DE APLICACIÓN PERSONAL PARA REALIZAR AUDITORIAS EN LA CPT

FIG.3.7.2

• Diagrama de Arbol

Con objeto de poder dividir un tema de calidad en sus distintos componentes se utilizan los diagramas de arboles en la CPT, en la Fig.3.7.3. Se muestra un diagrama de árbol con los requisitos de la Norma ISO-9001 (Indicando entre paréntesis el número de inciso que aplica de la Norma), clasificando sus aplicaciones más importantes.

# MÉTODOS DE APLICACIÓN PARA LAS OPERACIONES DE CALIDAD

## CLASIFICACIÓN DE APLICACIONES

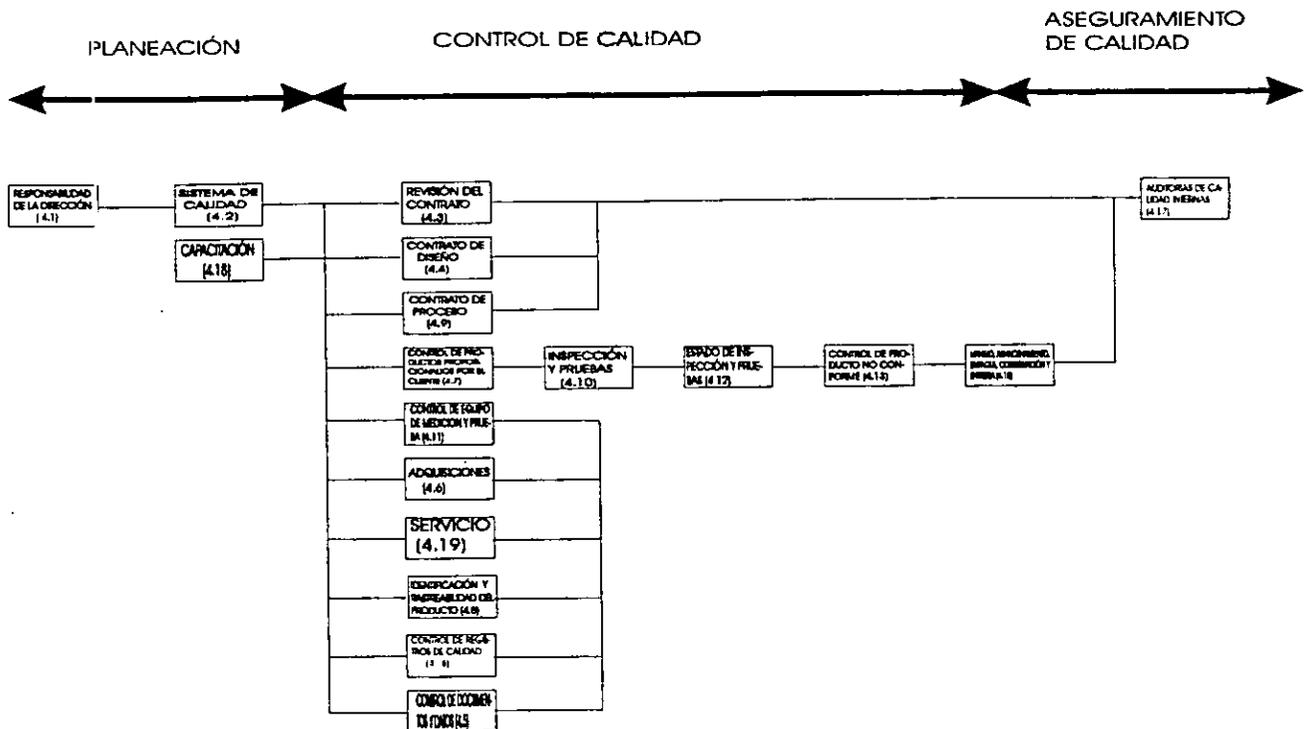


DIAGRAMA DE ARBOL DE LAS ETAPAS DE APLICACIÓN DE CALIDAD DE ACUERDO A REQUISITOS DE LA NORMA ISO-9001  
FIG.3.7.3

- Diagramas Cronológicos e Histograma

La CPT los utiliza plenamente para comunicar visualmente la información sobre los comportamientos de los procesos, exhibir los patrones de variación y tomar decisiones sobre donde enfocar los esfuerzos de mejoramiento.

Un diagrama cronológico de porcentaje de avance de la Ingeniería de la C.T. Samalayuca II, Ciclo Combinado, con modalidad CAT, se muestra en la Fig. 3.7.4, donde aparece sus Gráfica de Progreso en Avance Real y Avance Programados.

GRÁFICA DE PROGRESO

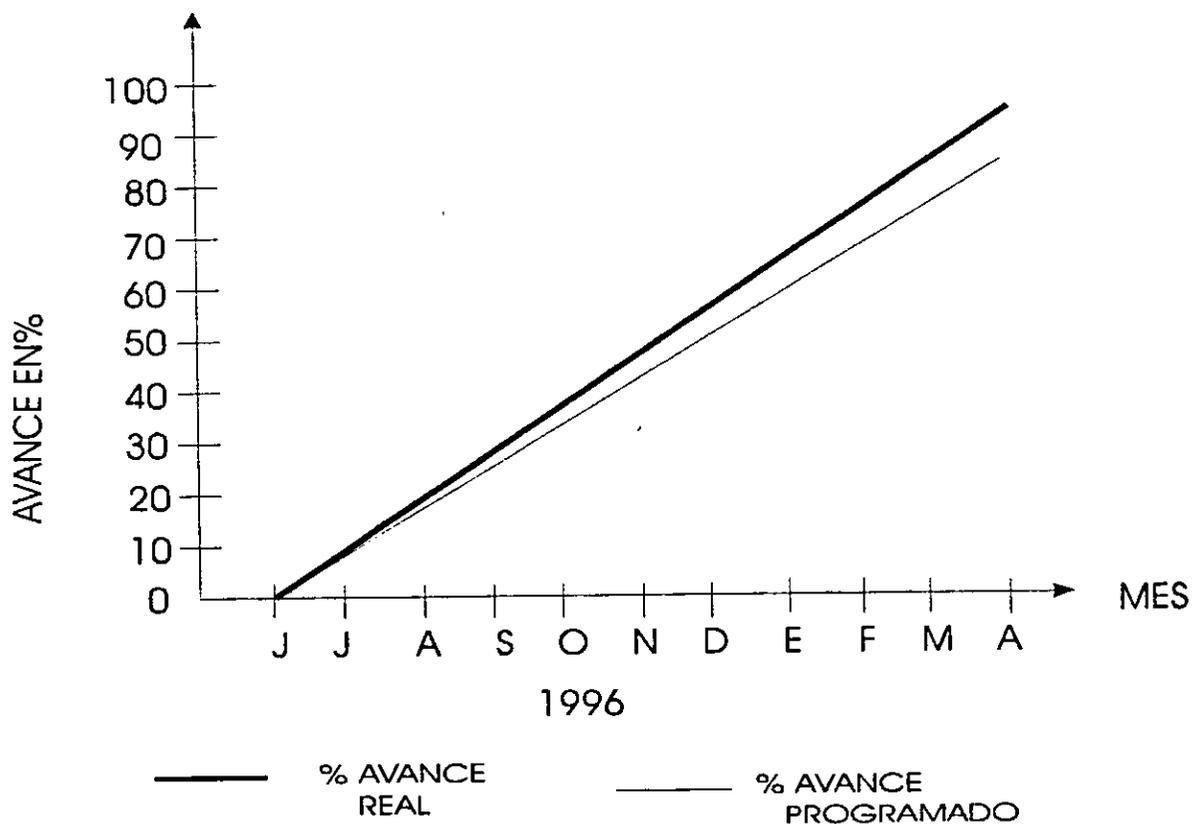


DIAGRAMA CRONOLÓGICO  
FIG. 3.7.4

MESES												
	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	
% DE AVANCE PROGRAMADO	0	8.4	16.8	25.2	33.6	42	50.4	58.8	67.2	75.6	84	
% DE AVANCE REAL	0	9.5	19	29.5	38	47.5	57	55.5	76	85.5	95	
PERSONAL ASIGNADO	21	22	22	23	23	23	23	23	23	24	23	
PERSONAL PROG	21	22	22	24	25	25	25	26	27	27	27	

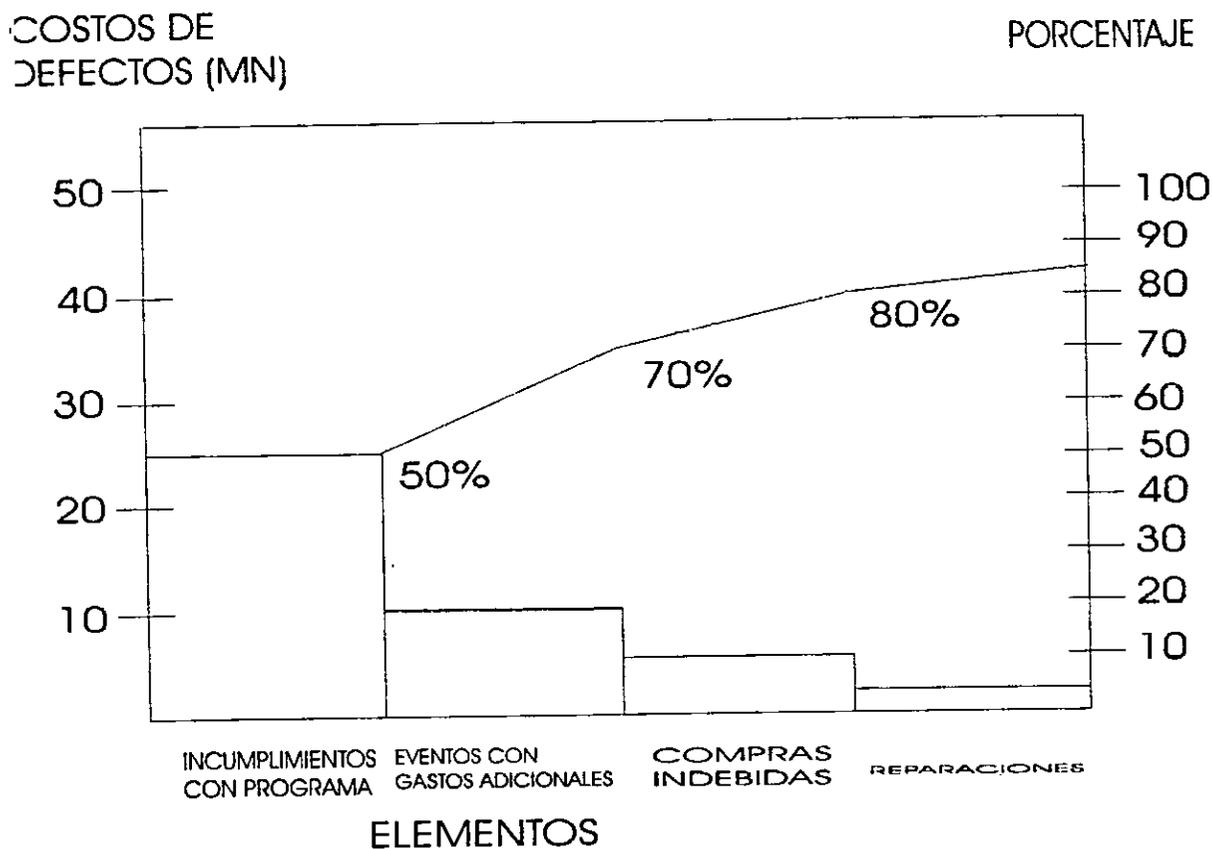
• DIAGRAMAS DE PARETO

Su utilización es para visualizar en forma gráfica la contribución de cada elemento en el efecto total de acuerdo al orden de importancia, y clasificando las oportunidades de mejora.

En el ejemplo de la Fig. 3.7.5 se muestra un Diagrama de Pareto aplicado a los costos ocasionados por defectos en CPT indicados en un eje vertical y en el otro eje vertical los valores de frecuencias acumuladas.

La línea que une los diversos puntos llamada línea de frecuencias acumuladas nos indica la idea de las variaciones de las mismas.

Se observa de la figura que los dos primeros elementos son los que influyen y que deben corregirse.



**DIAGRAMA DE PARETO**  
**FIG. 3.7.5**

### **3.8 INFORMACIÓN DE CALIDAD PARA SU UTILIZACIÓN EN LA CERTIFICACIÓN DE LA CPT**

La certificación de calidad dentro de la norma ISO9001 equivalente a la NMX-CC-003 1995, por parte de un Organismo de Certificación consiste en el reconocimiento por parte de esta que la CPT cumple con los requisitos solicitados por la norma para lo cual deberá presentar la documentación de respaldo que acredite que la CPT esta dentro del Sistema de Calidad ISO-900" y que además lo esta aplicando en sus trabajos o proyectos.

Lo anterior significa que los documentos definidos en los procedimientos de calidad de la CPT tendrán que presentarse en forma actualizada y operante ante el Organismo de certificación para su verificación en fechas previstas.

### **3.9 MANEJO DE LA INFORMACIÓN DE CALIDAD (MIC)**

#### **A. ESTRATEGIA GENERAL:**

La forma de ordenar, actualizar y presentar la información de calidad, depende de cómo se decide administrar a la calidad.

Como aportación de esta tesis se recomienda a la CPT mantenga en sus operaciones de calidad la distinción de los objetivos siguientes:

1. Planeación de la Calidad
2. Control de la Calidad
3. Aseguramiento de la Calidad
4. Mejoramiento de la Calidad

Teniendo cada empleado o grupo de ellos conciencia de que deben observarse, ejercerse y ponerse acciones sobre cada uno de los objetivos anteriores, los llevará a considerar entonces al orden a seguir.

#### **B. FORMATOS**

Los formatos que contengan la información de calidad deberán de considerar a los objetivos citados en la Estrategia General, tomando en cuenta cada sistema o componente perteneciente a las Centrales Termoeléctricas, quedando perfectamente identificadas las operaciones de calidad realizadas internamente en la CPT y externamente a ella.

La clasificación de la calidad en las etapas, Planeación, Control, Aseguramiento y Mejora, sirve para ordenar a la Información que se origina y relaciona un Sistema de Calidad, facilitando así su manejo al ubicar a los usuarios de la misma información en una posición de distinción de las características de cada una de las operaciones de calidad.

Basado en lo anterior en esta tesis se presentan a continuación formatos típicos de reportes que pueden contener la información de calidad que en cada etapa de General, Anteproyecto, Proyecto, Construcción y Puesta en Servicio de la CPT pueden aplicarse con las ventajas de precisión, rendimiento y amplitud informática.

**ETAPA: PROYECTO C.T. SAMALAYUCA II US. 1 Y 2**

**REPORTE DE PLANEACION DE LA CALIDAD**

No. SIC	No. de Plan	Fecha de Revisión	Aplicación	Hoja de Validaciones No.	Reporte de Progreso No.	Registro de Calidad No.	Cumple/Norma de Calidad No.	Observaciones

**REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD**

No. SIC	Aplicación	Diagrama No. (DTI, Unifilar, de Control, etc)	Revisión No.	Tasas de:				Registro de Calidad No.	Cumple Norma de Calidad No.	Ubicación
				Falla $\lambda$	Reparación $\mu$	MTBF	Factor $\beta$			

**REPORTE DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD**

No. SIC	Aplicación	Diagrama No. (DTI, Unifilar, de Control, etc)	Revisión No.	Calculo No.	Dibujo No.	No. de Procedimiento		Auditoria de Calidad	Cumple Norma de Calidad No.	Observación
						Técnico	Calidad			

**REPORTE DE MEJORA DE CALIDAD**

No. SIC	Aplicación	Diagrama No. (DTI, Unifilar, de Control, etc)	Revisión No.	Grupo de Mejora de Calidad	Círculo de Calidad	Técnica Estadística Aplicada	Auditoria	Tipo de Mejora	Observación

# 4

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

### 4.1 CONCLUSIONES

- La esencia de la calidad es la definición de productos y sus procesos.
- La calidad no es una definición fija en forma absoluta sino relativa de acuerdo a las circunstancias, cambios y decisiones.
- La dinámica del cambio es concepto primordial en un Sistema de Calidad.
- En la definición de la calidad de un producto deben quedar consideradas, las calidades de cada uno de los componentes de dicho producto.
- La medición de la calidad no se tiene en la actualidad por parte de todos los fabricantes de equipos para Centrales Termoeléctricas. Los fabricantes de componentes electrónicos y de instrumentos de medición y control destacan en tales clasificaciones de la calidad.

- La disponibilidad y confiabilidad son elementos comunes y evaluables para equipos y sistemas de Centrales Termoeléctricas y sirven para estimar la calidad de equipos y sistemas.
- El contenido de la Información de la calidad debe cumplir primeramente con los requerimientos básicos de la norma NMX-CC-003 (ISO-9001) y después, con los requerimientos importantes que en detalle soportan a los básicos.
- Los Métodos de Investigación de Operaciones son participes para lograr la calidad de un producto.
- Las reacciones humanas ante la aplicación de un Sistema de Calidad son de importancia capital en el éxito de la empresa.
- La mejora de la calidad está en función de la dinámica del cambio y de sus efectos, la cual contempla cambios materiales (productos) y humanos (recursos).
- La "Definición" es la característica común de la calidad cuando se propaga en una empresa, la acción de "Definir" en todos sus productos y procesos se convierte en requisito que todas las definiciones tengan "Congruencia" en sus efectos finales. Un tercer término llamado "Actualización" se agrega a "Definición" y "Congruencia", el cual al interactuar marca un ritmo a la empresa, en una relación con la calidad como se indica a continuación:

$$\text{Definiciones} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Congruencias entre} \\ \text{Definiciones} \end{array} \right\} + \text{Actualización} \longrightarrow \text{Calidad}$$

La relación conceptual anterior orienta a establecer a la mostrada a continuación y que refleja en forma cuantitativa los efectos en la calidad.

$$(OGLC)(ACOOG)=EC$$

Donde:

OGLC: Número de objetivos generales para lograrse con la calidad.

ACOOG: Número de actividades congruentes dirigidas para obtener los objetivos generales (acciones por sección de la empresa).

EC: Esfuerzo por la calidad.

Las unidades del Esfuerzo por la calidad son número de actividades por número de objetivos generales para lograrlos.

La formula anterior se puede extender a todas las secciones o áreas de una empresa para estimar el esfuerzo por la calidad total de la misma aplicando la formula siguiente:

$$(OGLC_1+...+ OGLC_n)(ACOOG_1+...+ ACOOG_n)=EC \dots\dots\dots(4.1)$$

## 4.2 RECOMENDACIONES

- Los clientes y proveedores necesitan conocer la esencialidad, importancia y alcance de la calidad. La capacitación y motivación del personal en una empresa son los mecanismos que impulsan este objetivo.

- La dirección en una empresa es el primer nivel organizacional el cual debe concientizarse y entender la importancia de la dinámica de los cambios que se llevan a cabo internamente y externamente a la empresa.
- Es necesario que los cambios realizados en una empresa así como sus implicaciones en el pasado, presente y futuro sean analizados por las partes competentes más adecuadas. Una empresa debe contar con elementos que atiendan a cada instante y a largo plazo la dinámica de todos los cambios generados.
- Cada responsable de un proceso de producción debe tener conocidas, actualizadas y documentadas las especificaciones y calidades de su(s) producto(s) así como la del(os) producto(s) en la(s) que se integra(n) su(s) producto(s).
- Cuando se realice la adquisición de un producto es necesario solicitar el grado de calidad que los proveedores le acreditan.
- La información de calidad de los productos (como es disponibilidad y confiabilidad) es indispensable que cuente con un medio adecuado para llevar su registro y control. El manejo apropiado de esta información determinara la conformidad del producto evaluado.
- Al estructurar el Sistema de Calidad es conveniente identificar cuales de los veinte puntos (del 4.1 al 4.20) de la norma NMX-CC-003; 1995 INMC (ISO-9001; 1994) son aplicables y así elaborar un procedimiento por cada uno de ellos.
- Para la mejora de la calidad es conveniente auxiliarse con los métodos de Investigación de Operaciones (Métodos Determinísticos y Estocásticos) cuando sean necesarios.

- Es importante que el personal perciba los beneficios del Sistema de Calidad lo cual servirá para concientizarlo.
- El personal encargado del manejo del Sistema de Calidad debe analizar cada cambio que se suscita en la empresa como efecto de los resultados del propio Sistema.
- La expresión (4.1) se puede aplicar a cualquier Sistema de Calidad. En el caso de la aplicación con el Sistema de Calidad ISO-9001, los objetivos generales serian los de la empresa en este caso CFE y las acciones de cada sección serian básicamente la Norma ISO-9001.
- La expresión (4.1) puede adaptarse a una calidad relativa, por ejemplo para un subproducto considerándoles sus objetivos particulares (que deben estar dentro de los objetivos generales de la calidad) y de sus acciones en detalle que cada sección tenga que efectuar para lograr esa calidad particular.
- La expresión (4.1) tiene la flexibilidad de que una vez aplicada a un Sistema de Calidad determinado por ejemplo con Norma ISO-9001, se le pueden añadir términos no contemplados por la Norma ISO-9001 y que intervengan también como acciones de cada sección, con la condición sólo de que persigan los mismos objetivos generales de calidad.

$$EC=(OGLC_1+\dots+OGLC_n)((ACOOG_1+\dots+ACOOG_n)+(ACOOG^1_1+\dots+ACOOG^1_n))$$

Donde:

ACOOG: Son las acciones de ISO-9001 descritas en los 20 puntos.  
ACCOG<sup>1</sup>: Son las acciones extras de la producción propia.

Pudiendose diferenciar en la expresión las acciones por ISO-9001 y por acciones extras.

- Bajo una misma base de Norma y de condiciones de aplicación con la expresión (4.1) se pueden evaluar cuantitativamente, diversos Sistemas de Calidad de vendedores.

- Calidad → Definiciones + Congruencias entre definiciones + Actualización
- 

La relación anterior muestra que la calidad no es constante sino que depende básicamente del estado actual que requiere clientes, mercados, productos, procesos, diseños, etc. y que incidirá sobre las definiciones que serán administrativas y técnicas como: objetivos, tipos de productos etc.

En la relación anterior también se observa que el concepto de calidad es relativo; diciendose que un producto tiene una calidad definida, y para sus subproductos o componentes del mismo producto se les podrá asignar sus calidades propias. Se podrá hablar de Calidad Total sólo cuando todos los productos y sus procesos estén orientados a objetivos definidos que sean comunes.

## 4.3 BIBLIOGRAFÍA

P. LYONNET, "TOOLS OF TOTAL QUALITY", 1ª Edición CHAPMAN AND HALL, 183 p.p., 1991.

NORMA NMX-CC-003:1995 IMNC (ISO9001: 1994)

NORMA NMX-CC-006/4 1996 IMNC (ISO9004/4 1993)

JAMES L. LAMPRECHT, "ISO-9000 EN LA PEQUEÑA EMPRESA", 1ª edición, PANORAMA, 150 p.p., 1996.

JUAN PRAWDA Y WITENBERG, "MÉTODOS Y MODELOS DE INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES VOL2", 1ª edición, LIMUSA, 1026 p.p., 1981.

QUALITY COST COMMITTEE, "GUIDE FOR REDUCING QUALITY COSTS", 2ª edición, AMERICAN SOCIETY FOR QUALITY CONTROL, 79 p.p., 1987.

ASOCIACIÓN DE LA INDUSTRIA NAVARRA, "LA CALIDAD EN EL AREA DE DISEÑO", 1ª edición, DIAZ DE LOS SANTOS S.A., 125 p.p., 1991.

GOULD-EPPEN, "INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES EN LA CIENCIA ADMINISTRATIVA", 1ª edición, PRENTICE HALL, 783 p.p., 1987.

PARK-SHARP, "ADVANCED ENGINEERING ECONOMICS", 1ª edición, JOHN WILEY AND SONS, 740 p.p., 1990.

HEZEFER-RENDER, "PRODUCTION AND OPERATIONS MANAGEMENT", 1ª edición ALLYN AND BACON, 815 p.p., 1988.