



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**“ANÁLISIS DE LOS PROCESOS EN LA
CONSTRUCCIÓN DE UNA OBRA DENTRO DE UN
SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD”.**

T E S I S

**PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA
(CONSTRUCCIÓN)**

**PRESENTA:
ING. JESÚS CHRISTIAN CASTRO GARCÍA**



**DIRIGIDA POR:
M. I. SALVADOR DÍAZ DÍAZ**

CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO, D.F. JULIO DE 2004



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.

INTRODUCCION

1 SISTEMAS DE GESTION DE LA CALIDAD

1.1 GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LAS EMPRESAS

1.1.1	Definiciones	2
1.1.2	Pasos de un sistema de gestion de la calidad	2
1.1.3	Politiclas de la calidad	3
1.1.4	Objetivos de la calidad	3
1.1.5	Establecimiento de objetivos	3
1.1.6	Planificacion para cumplir los objetivos	4
1.1.7	Controles para evaluar el comportamiento real	4
1.1.8	Directrices de la gerencia para mejorar la calidad y productividad	6
1.1.9	Organizacion para la calidad	7
1.1.10	El punto clave para la gestion de la calidad	8

1.2 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

1.2.1	Definicion de aseguramiento de la calidad.	9
1.2.2	Establecimiento del programa de control de la calidad	9
1.2.3	Documentacion del programa de aseguramiento de la calidad	11
1.2.4	Papel del departamento de aseguramiento de la calidad	12
1.2.5	Criterios generales para diseñar un programa de aseguramiento de la calidad	12
1.2.6	Manual de la calidad	15

1.3 CONTROL DE LA CALIDAD

1.3.1	Definicion del control de la calidad	19
1.3.2	Etapas del control de la calidad	19
1.3.3	Cuales son las tareas del control de la calidad	19
1.3.4	Que es control de nuevo diseño	20
1.3.5	Que es control de materiales adquiridos	20
1.3.6	Que es control del producto	21
1.3.7	Que son estudios especiales de procesos	22
1.3.8	La estadistica en el control de la calidad	24

2 PROCESOS

2.1	Definiciones	
2.2	Planeacion de la calidad del producto y del proceso	30
2.3	Tecnologia de la ingenieria en el control de procesos	30
2.4	Tecnicas empleadas en el análisis de procesos	30
2.5	Analisis y mejora de los procesos	31
2.5.1	Filosofia y condiciones basicas para el control y la mejora	35
2.5.2	Obstaculos a la mejora	35
2.5.3	Condiciones basicas para mejorar	36

2.5.4	Los pasos para mejorar	37
2.5.5	Investigaciones y analisis para poner de manifiesto los problemas	37
2.5.6	Decidir que problemas hay que acometer	38
2.5.7	Investigaciones para descubrir problemas	38
2.5.8	Como hacer la estratificacion	39
2.5.9	Graficos	41
2.5.10	Diagrama de causa efecto	42
		44

3 PROCESOS BASICOS PARA LA CALIDAD EN LA CONSTRUCCION DE UNA OBRA

3.1	LA PLANEACION	
3.1.1	La planificacion del trabajo	47
3.1.2	La programacion	48
3.1.3	Diagrama de flujo	52
3.2	LA EJECUCIÓN	53
3.2.1	Organos de la ejecución	55
3.3	EL CONTROL	56
3.3.1	Actividades antes de la ejecucion de las obras	57
3.3.2	Actividades durante la ejecucion de las obras	57
3.3.3	Actividades posteriores a la terminacion de las obras	58
3.4	ENTREGA RECEPCION	60
3.4.1	Recepcion de obra	61
3.4.2	Proceso de entrega	61
3.4.3	Documentacion para el operador de la obra	61
		62

4 CASO PRACTICO: ANALISIS DEL PROCESO DE DISEÑO DEL CONCRETO HIDRAULICO

4.1	Proceso de diseño de una mezcla de concreto hidraulico	
4.2	Analisis del proceso	64
4.3	Procedimiento	65
4.3.1	Diagrama de flujo	67
4.3.2	Ejemplo del procedimiento de analisis para un manual de la calidad	67
4.4	Control de diseño del concreto hidraulico	71
		75

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCIÓN

Existe un gran porcentaje de obras construidas, tanto públicas como privadas, que presentan deficiencias técnicas y retrasos de tiempo de elaboración. Sin lugar a duda, dichas deficiencias y retrasos son reflejados en el costo total de la obra y en el encarecimiento de su mantenimiento.

Los diferentes problemas que se presentan en las obras son los siguientes: el estar modificando continuamente algunas partes, la entrega de las obras se realiza fuera de los tiempos programados, las obras no cuentan con una excelente operabilidad, algunas obras presentan mal aspecto o inseguridad para los usuarios, entre otros. Todo esto mencionado, es una problemática que aqueja al cliente y que sin lugar a duda, es problema para las empresas constructoras ya que estas pierden dinero y prestigio.

Para dar solución a la problemática mencionada anteriormente, en este trabajo se maneja la siguiente hipótesis; Es conveniente que los procesos constructivos de una obra queden debidamente documentados y formen parte dentro de un sistema de gestión de la calidad.

Los temas que se presentan en esta tesis, están relacionados a ayudar a fomentar la aplicación de los sistemas de gestión de la calidad en las empresas constructoras, para que las obras que se realicen sean de calidad y de este modo se obtenga un beneficio tanto para la sociedad como para las mismas constructoras.

El contenido de este trabajo, consta de cuatro capítulos, los cuales se mencionan a continuación: sistemas de gestión de la calidad, procesos, procesos básicos para la calidad en la ejecución de una obra y análisis del proceso de diseño del concreto hidráulico.

En el primer capítulo se hace la aproximación a un sistema de gestión de la calidad, se hace notar, como está estructurado este sistema y también la influencia de los aspectos de la calidad que tienen su origen desde los más altos puestos de una empresa, como lo es la política y los objetivos del mencionado sistema de gestión de la calidad, hasta los puestos operativos o de producción en donde tiene participación el control de la calidad. Este capítulo está dividido en tres secciones, éstas son: gestión de la calidad en las empresas, aseguramiento de la calidad, y control de la calidad; en cada uno de ellas se hace una explicación general de las responsabilidades que en estos temas se asume.

El segundo capítulo, trata acerca de los procesos, se explican los puntos que contribuyen para obtener los resultados factibles de un proceso, es decir, se habla de las consideraciones necesarias para que un proceso funcione adecuadamente, o corregirlo cuando éste sea deficiente, además, se menciona detalladamente dentro de un apartado lo que se debe de realizar para mejorar la calidad de los resultados de un proceso.

En el tercer capítulo se hace una descripción de los procesos básicos que se deben efectuar en la ejecución de una obra. Es muy importante en cualquier obra llevar un orden en el proceso de la planeación, ejecución, control y entrega de ésta, para que los resultados del proceso constructivo sean de una alta calidad. El propósito de éste capítulo es tocar los puntos

INTRODUCCIÓN

medulares en el proceso de la construcción de una obra, describiéndolos como se deben de realizar correctamente para que la obra cumpla con su función satisfactoriamente.

Con el cuarto capítulo se establece como realizar el análisis de un proceso, que en este caso es el proceso de diseño del concreto hidráulico. El objetivo de este capítulo es, además de obtener excelentes resultados en el proceso de producción del concreto hidráulico, dejar un modelo de análisis para los diferentes procesos constructivos que se deseen realizar. Éste capítulo también muestra un ejemplo de cómo se debe de redactar un procedimiento que forme parte de un manual de la calidad, ya que es de gran importancia tener documentado la secuencia de las actividades de un proceso para evitar errores o variaciones en los resultados de éste.

CAPÍTULO 1

SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

En este capítulo se desarrollan las partes que forman un sistema de gestión de la calidad, como lo es, la gestión de la calidad, el aseguramiento de la calidad y el control de a calidad, con el propósito de demostrar lo que se debe hacer para que las obras que realicen las empresas constructoras sean de calidad.

CAPÍTULO 1

SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

1.1 GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LAS EMPRESAS

1.1.1 DEFINICIONES¹

¿QUE ES UN SISTEMA?

“Conjunto de elementos mutuamente relacionados que interactúan”.

¿QUÉ ES LA GESTIÓN DE LA CALIDAD?

“La gestión de la calidad consiste en las actividades coordinadas para dirigir y controlar una empresa en lo relativo a la calidad”.

¿QUÉ ES UN SISTEMA DE GESTIÓN?

“Sistema para establecer la política y los objetivos y para lograr dichos objetivos”

¿QUÉ ES UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD?

“Sistema de gestión para dirigir y controlar una organización con respecto a la calidad”.

La crisis de la calidad de los años 80 fue principalmente el resultado del surgimiento de nuevas maneras de gestionar la calidad, maneras que evitaban la perpetuación de deficiencias para que el mercado no tuviera que seguir pagándolas.

El enfoque correspondiente a la gestión de la calidad está aun en las primeras etapas de su evolución. Sin embargo ya existe un cuerpo considerable de evidencias que indican que las empresas que utilizan la idea de la gestión de la calidad obtienen mejores resultados que las que no lo hacen.

1.1.2 PASOS DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

Los pasos para llegar a conformar un sistema de gestión de la calidad son los siguientes:

- Establecer políticas y objetivos de calidad.
- Establecer los planes para cumplir esos objetivos de calidad.
- Proveer los recursos que hacen falta para llevar a cabo los planes.
- Establecer controles para evaluar los progresos con respecto a los objetivos y para actuar adecuadamente.

¹ ISO 9000:2000, SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

- Proveer la motivación para estimular al personal a cumplir los objetivos de calidad.

1.1.3 POLÍTICAS DE LA CALIDAD

Una política es una guía para la gestión. Las definiciones promulgadas de la política son el resultado de muchas deliberaciones en los altos puestos directivos, seguidas de su aprobación al más alto nivel.

Las políticas de la calidad establecen un principio a seguir de lo que debe hacerse, pero no como debe hacerse. El cómo, se describe en un procedimiento. Con frecuencia es mejor tener una política en lugar de un procedimiento con el fin de proporcionar la flexibilidad necesaria para situaciones diferentes.

1.1.4 OBJETIVOS DE LA CALIDAD

Un objetivo es un enunciado del resultado deseado que debe lograrse dentro del tiempo específico, es un blanco al que se apunta. Estas metas después forman la base de la planeación detallada de actividades. Los objetivos tácticos son generalmente para el corto plazo (se puede decir que 1 año); los objetivos estratégicos son generalmente para el largo plazo (5 años). Un concepto ampliamente aceptado es el de administración por objetivos. Según este concepto, los administradores participan en el establecimiento de los objetivos, que se reducen después a documentos y se convierten en la base de la planeación de los resultados.

Es importante señalar que los objetivos no conducen a ningún resultado a menos que se desplieguen, es decir, subdividir los objetivos y asignar los subobjetivos a los niveles inferiores. Este despliegue consigue algunos fines fundamentales:

- La subdivisión continua hasta que se identifican los hechos concretos que se han de realizar.
- La asignación sigue hasta que se asigna la responsabilidad concreta de ejecutar los hechos concretos.
- Aquellos a quienes se asigna la responsabilidad, responden determinando los recursos que hacen falta y comunicándolos a los niveles más altos.

De modo que el despliegue implica en la realidad la comunicación hacia arriba y hacia abajo en la jerarquía. Los objetivos de calidad corporativos se tienen que proponer arriba. Luego, los niveles inferiores identifican los hechos que conjuntamente, si se ejecutan, cumplirán los objetivos.

1.1.5 ESTABLECIMIENTO DE OBJETIVOS

Un buen consejo es que una empresa que acomete la gestión de la calidad cree un comité de calidad en la empresa, un comité de directores de alto nivel para establecer y coordinar el enfoque. El comité es un canal lógico para recibir las propuestas de los posibles objetivos corporativos de la calidad y para desplegar los mismos hasta los niveles inferiores. Una alternativa consiste en utilizar los miembros del comité para llevar a cabo esa idea. Cuando se hace así, los gerentes de la empresa aprenden pronto que sus propuestas pueden

ganar prioridad si consiguen encontrar algún miembro del comité para que defienda su propuesta.

Los objetivos de calidad se pueden identificar utilizando varias informaciones, como las siguientes:

- Análisis de Pareto de señales de alarma externas (fallas de operación, reclamaciones, etc.)
- Análisis de Pareto de señales de alarma internas (desperdicios, retrabajo, etc.)
- Propuestas de personal clave (administradores, supervisores, profesionistas, etc.)
- Datos sobre el desempeño de los productos comparados con los de la competencia (de usuarios y de pruebas de laboratorio.)
- Comentarios de personas esenciales externas a la compañía (clientes, prensa, críticos.)
- Descubrimientos y comentarios del personal de normatividad del gobierno y de laboratorios independientes.

El análisis de esta información requiere, igual que al formular las políticas, un mecanismo que dé a los administradores la oportunidad de participar en el establecimiento de las metas sin la carga de desarrollar el trabajo detallado. Los ingenieros de la calidad y otros especialistas del personal tendrán asignado el trabajo de analizar los insumos disponibles y de crear los que falten. Estos análisis señalan los proyectos potenciales que después se proponen. En cada nivel se hace un resumen y reforzamiento hasta que llega al nivel corporativo.

1.1.6 PLANIFICACIÓN PARA CUMPLIR LOS OBJETIVOS

En un grado considerable, el despliegue de los objetivos en sí mismo es una parte del proceso de planificación. Comienza con las necesidades de una clase de clientes (los jefes corporativos). Traduce esas necesidades a formas (subobjetivos, proyectos) que se pueden lograr a niveles más bajos. Identifica los recursos que hacen falta para cumplir los objetivos. Optimiza la relación entre el valor de los objetivos y el esfuerzo requerido para alcanzarlos.

Debido a su misma naturaleza, el grueso de la planificación de la calidad se tiene que hacer a niveles inferiores al corporativo. Por ejemplo, la corporación puede mandar que las divisiones evalúen anualmente la calidad respecto de la competencia. Sin embargo, los métodos para lograrlo generalmente se tienen que dejar en manos de las divisiones. Algunos *staffs* corporativos dicen claramente "ustedes entienden de eso mejor que nosotros".

1.1.7 EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO REAL

Para evaluar el comportamiento de una empresa con respecto a la calidad de su producción se requiere:

- Una unidad de medida
- Un sensor que pueda evaluar el comportamiento en función de la unidad de medida.

LA NECESIDAD DE MEDIR

La buena planificación de la calidad requiere de una comunicación precisa entre los clientes y los proveedores. Parte de la información esencial se puede transmitir adecuadamente por medio de las palabras. Sin embargo, una sociedad industrial exige cada vez más una precisión mayor para comunicar la información relativa a la calidad. Esa precisión se consigue mejor cuando lo "decimos con números". Decirlo con números, exige que creemos una unidad de medida.

Una unidad de medida es una cantidad definida de cualquier característica de la calidad, que permita la evaluación de esa característica con números.

Un sensor es un método o instrumento, que puede realizar la evaluación y expresar los hallazgos con números, en función de la unidad de medida.

Una vez que hemos establecido un sistema de medidas, disponemos de un lenguaje común. Podemos utilizar ese lenguaje para que nos ayude en cada una y todas las etapas de la planificación de la calidad.

- Evaluación de las necesidades del cliente y de nuestras necesidades.
- Evaluación de las características del producto y del proceso.
- Establecimiento de un producto óptimo.

El sistema de medidas también es de gran ayuda en los otros dos procesos de la trilogía de la calidad: el control de la calidad y el mejoramiento de la calidad. Además, la medida nos ayuda a tratar otros fenómenos tales como las consideraciones económicas relacionadas con la calidad.

- Valor de la calidad.
- Aceptación de la calidad.
- Calidad de los productos de la competencia.
- Costo de lograr la calidad.
- Costo de la mala calidad.

LA PIRÁMIDE DE LAS UNIDADES DE MEDIDA

Las distintas unidades de medida están todas interconectadas: constituyen una especie de pirámide, los estratos son algo así:

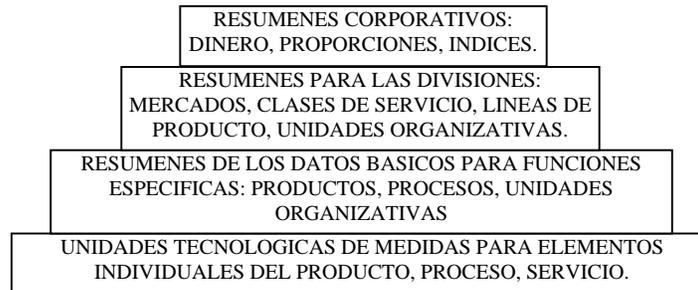
En la base de la pirámide se encuentran las miríadas de unidades tecnológicas de medida, de las unidades individuales del producto y de los elementos individuales del servicio.

En el segundo estrato de la pirámide están las unidades de medida que sirven para resumir los datos básicos, porcentaje de unidades defectuosas para los procesos específicos, los documentos, los componentes de productos, los ciclos del servicio, las personas.

A continuación vienen las unidades de medida para expresar la calidad de los departamentos completos, las líneas de productos, las clases de servicio. En las grandes

organizaciones puede que haya múltiples estratos dentro de esta categoría de unidades de medida.

En la parte superior de la pirámide se encuentran las medidas financieras, los índices, las proporciones y así sucesivamente, que atienden las necesidades de los niveles más elevados de la organización: corporativos, de división, funcionales.



Pirámide de unidades de medida²

Aun cuando la gestión de la calidad requiere que se hagan medidas en todos los niveles de la pirámide, son las medidas en los niveles más altos las que requieren el máximo desarrollo. Generalmente, las medidas en los niveles inferiores ya están establecidas.

EL SENSOR

Para "decirlo con números" no sólo necesitamos una unidad de medida. También tenemos que evaluar la calidad en función de esa unidad de medida. Un elemento clave para hacer esa evaluación es el sensor.

Un sensor es un dispositivo especializado de percepción. Se diseña para que reconozca la presencia e intensidad de ciertos fenómenos y para que convierta el conocimiento detectado en "información".

El sensor puede consistir en un medio tecnológico para detectar los estímulos que no pueden ser detectados por el ser humano sin más (magnetismo, radiación). Puede consistir en un medio que amplifique los sentidos humanos (termómetro, microscopio). En cualquier caso, los estímulos detectados se tienen que convertir en señales de "sí o no", medidas sobre una escala, pitidos u otras cosas que puedan detectar los sentidos humanos.

1.1.8 DIRECTRICES DE LA GERENCIA PARA MEJORAR LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD

- Los gerentes deben asumir la responsabilidad de mejorar la calidad y productividad.
- La mejora de productividad y calidad deben convertirse en un problema estratégico.
- Debe pedirse a los empleados que aporten ideas y actuar basándose en ellas.

² J.M. JURAN, JURAN Y LA PLANIFICACIÓN PARA LA CALIDAD, ED. DÍAZ DE SANTOS, MADRID 1990, p. 230

- Los directores de la empresa deben reconocer que mejorar la calidad es un catalizador que lleva a mejorar la productividad.
- Los gerentes deben determinar con todo cuidado los niveles de calidad y productividad antes de diseñar e implementar planes para lograr mejoras.
- Debe entenderse que existen una gran variedad de técnicas y herramientas que podrían mejorar calidad y productividad.
- La innovación, no la imitación, es el camino a seguir para que el esfuerzo dedicado a la calidad y productividad produzca los frutos deseados.

1.1.9 ORGANIZACIÓN PARA LA CALIDAD

Existen tres consideraciones en el establecimiento y funcionamiento en la organización de la calidad. La primera es la determinación y confirmación del trabajo específico de la calidad y del equipo, incluyendo responsabilidad, autoridad, contabilidad y relaciones para la calidad de cada una de las personas clave y de los grupos clave en la compañía y planta.

La segunda consideración es la determinación y confirmación de estos mismos conceptos para la función del control de la calidad, de forma que pueda ayudar a la compañía a lograr sus objetivos de la calidad.

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

REQUISITOS PARA LA ORGANIZACIÓN DE LA CALIDAD

Algunos factores modernos del mercado, tecnológicos y económicos han establecido nuevos requisitos importantes en la organización de la calidad. Cuatro de estos factores son de particular importancia y son:

- En el pasado, los programas tradicionales de la calidad eran considerados como una función exclusiva en la compañía. En vez de esto, hoy deben ser reconocidos como un grupo sistemático de disciplinas de la calidad, para ser aplicadas en una base coordinada por todas las funciones en toda la compañía y planta.
- En el pasado, los programas tradicionales de calidad eran capas de la organización tomadas de un contacto directo, continuo y satisfactorio con los clientes de los productos y servicios de la compañía. Hoy, en vez de esto, deben estar continuamente enlazados con el comprador y el cliente tanto en una base de retroalimentación como de prealimentación.
- Los problemas de la calidad trascienden y no respetan fronteras funcionales individuales en la organización dentro de la compañía. Si se quiere ser realista, el programa de la calidad debe ser organizado de acuerdo con esto.
- Las operaciones relacionadas con la calidad en las compañías son tan extensas, intrincadas y relacionadas entre sí, que la necesidad de un control integrado de alto grado es de importancia primordial, no secundaria, como se consideraba en el pasado.

Esto es necesario para asegurar orientación de los hechos reales de calidad de los nuevos productos que se perfeccionan, para recibir “advertencias tempranas” y así detener problemas de la calidad en la producción y para permitir a la administración manejar sus operaciones de la calidad en vez de ser manejadas por ellas.

LA TAREA DE LA ORGANIZACIÓN DE LA CALIDAD

La tarea de la organización de la calidad, es funcionamiento e integración, en el marco del sistema de la calidad, de las actividades de las personas y grupos que trabajan dentro del marco tecnológico representado por las tareas del control de la calidad.

El espíritu que guíe a esta organización debe ser el que estimule una conciencia dinámica para la calidad entre todos los empleados de la compañía. Este espíritu depende muchos intangibles, entre los cuales la actitud de la gerencia hacia la calidad suprema es muy importante.

También depende de varios factores muy tangibles. El más importante de ellos es que la estructura de la organización de la calidad permite un máximo de resultados e integración con un mínimo de fricciones personales, quebrantamiento de autoridad y disensión entre los grupos funcionales.

1.1.10 EL PUNTO CLAVE PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD

Es un hecho y una realidad constatable que el éxito de las empresas depende de las personas que la forman. No solamente desde el punto de vista empresarial, sino desde el mucho más importante punto de vista personal, es de trascendental importancia conseguir que sus empleados, trabajadores y seres humanos, se sepan y se sientan realizados, seguros de sí mismo e integrados en su entorno y en su propia individualidad.

No es posible dar formulas de tipo general que puedan aplicarse para este ultimo objetivo, pero los conocimientos y un adecuado grado de estimulo facilitaran la labor en este sentido, basando su aplicación en el respeto y el reconocimiento de los valores individuales de cada uno.

Así, del mismo modo que el ejercicio físico desarrolla la musculatura y da gracia a los movimientos, la puesta en practica de estímulos y ejercicios mentales interviene en el desarrollo de la mente y la personalidad, permitiendo que cada persona se convierta en ingeniero o escultor de su propio cerebro y en campeón de su diaria competición vital.

Los hombres que se sepan triunfadores estarán mas realizados y podrán sentirse mas cerca de la felicidad. Las empresas que consigan hacer e integrar equipos de triunfadores, capaces de disfrutar en sus intentos de permanente mejora personal y profesional, tienen garantizado el éxito, no sólo a nivel contable o de mercado, sino a nivel ético y social.

1.2 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

1.2.1 DEFINICIÓN DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

J.M. Juran y F.M. Gryna definen al “aseguramiento de la calidad” como “la actividad de proporcionar la evidencia necesaria para establecer la confianza, entre todos los interesados, de que las actividades relacionadas con la calidad se están realizando en forma efectiva”.³

ISO 9000:2000 define al aseguramiento de la calidad como “parte de la gestión de la calidad orientada a proporcionar confianza a que se cumplirán los requisitos de la calidad”.

Muchas actividades de aseguramiento de la calidad proporcionan protección contra problemas de la calidad a través de advertencias tempranas de problemas que pueden encontrarse. Para productos simples, la evidencia es, por lo general, alguna forma de inspección o prueba del producto. Para productos complejos, la evidencia no solo corresponde a los datos de inspección y prueba sino, además, a la revisión de los planes y las auditorías de los planes de ejecución.

1.2.2 ESTABLECIMIENTO DEL PROGRAMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

El objetivo del grupo de trabajo es establecer el programa de aseguramiento de la calidad apropiado y aplicable a la organización de que se trate. La experiencia ha demostrado que antes de alcanzar este objetivo, es necesario, generalmente, ejecutar ciertas acciones, por ejemplo:

- a) Definir responsabilidades y líneas de comunicación dentro de cada departamento.
 - b) Establecer interfaces interdepartamentales.
 - c) Revisar y establecer un acuerdo sobre las actividades y funciones que se controlaran mediante procedimientos.
 - d) Comunicar a todos los empleados las razones para establecer un programa de aseguramiento de la calidad y los beneficios por obtener del mismo.
- a) Definir responsabilidades y líneas de comunicación dentro de cada departamento o área.**

En muchas organizaciones las responsabilidades de las personas no están definidas con claridad. Existe la tendencia a nombrar a alguien en un determinado puesto y después delegar responsabilidades adicionales en esa persona según van aumentando su habilidad y experiencia. Conforme pasa el tiempo, esta persona llega a posiciones de supervisión o administración tan sólo por recibir estas responsabilidades adicionales y, después, cuando las cosas salen mal, resulta en extremo difícil identificar la causa o la fuente del problema.

³ J.M. JURAN Y F.M. GRZYNA, ANÁLISIS Y PLANEACIÓN DE LA CALIDAD, ED. Mc. GRAW HILL, p. 565

Todas las responsabilidades deben documentarse como descripciones de puestos, que incluyan como mínimo:

- El nombre o la descripción del puesto.
- El grado o nivel del puesto.
- La estructura de presentación de informes del puesto.
- Si el puesto conlleva o no responsabilidades de supervisión.
- Las principales responsabilidades de ese puesto.
- Los conocimientos y la experiencia necesarios para ocupar ese puesto.

b) Establecer interfaces departamentales.

Se pueden establecer organigramas individuales para los departamentos y, o las áreas, pero no se logrará la integración de la presentación total si se desarrollan en forma aislada. Ningún departamento puede trabajar solo. Siempre es necesario establecer enlaces con otros. Por tanto, se debe desarrollar un organigrama que identifique estas interfaces; estas, una vez establecidas, por supuesto serían documentadas mediante las descripciones de puestos apropiadas y los procedimientos de trabajo. Este organigrama detallado será el que identificará en definitiva los puestos principales y las rutas de presentación de informes de la compañía.

c) Revisar y establecer un acuerdo sobre las actividades y funciones que se controlarán mediante procedimientos.

Con el tiempo esta actividad determinará el nivel apropiado del programa de la calidad y es aquí donde las propias normas proporcionan pautas útiles.

Se deben relacionar primero las actividades totales o las actividades importantes de la organización. Si una compañía se dedica al diseño, producción e instalación de un producto, de debe pormenorizar cada actividad dentro de cada uno de estos tres elementos. Por ejemplos, el control del diseño cubriría actividades tales como:

- Establecer parámetros de diseño.
- Presentar en forma detallada el diseño.
- Verificar el diseño.
- Aprobación del diseño.
- Control de los cambios en el diseño.
- Desarrollo de especificaciones y otras.
- Otras.

El control de la producción cubriría actividades tales como:

- Inspección a la recepción.
- Inspección durante el proceso.
- Inspección final
- Otras.

d) Comunicar a todos los empleados las razones para establecer un programa de aseguramiento de la calidad y los beneficios por obtener el mismo.

La mejor forma de lograrlo es sostener una serie de charlas, o seminarios, de "conciencia", comenzando con la alta dirección y continuando a través de todos los niveles del personal de categoría inferior. Nadie debe quedar fuera.

La experiencia ha demostrado, que se obtiene cooperación con más facilidad si estas sesiones de "conciencia" se efectúan antes de documentar los controles de procedimientos, pero después de que se ha redactado y aprobado el manual de la calidad. Así, todos los empleados pueden preparar, y probablemente hacer resaltar, las áreas problemáticas que existen debido a controles inadecuados. De esta manera puede lograrse que el personal comprenda que forman parte del programa y que sólo les beneficiará si cooperan.

Por tanto, las sesiones de "conciencia" tienen mejores resultados si se realizan después de redactar y aprobar el manual de la calidad. El manual debe proporcionar, en particular a los empleados de supervisión, un amplio bosquejo del programa dentro del área en que ellos participen.

1.2.3 DOCUMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

Cuando se han identificado todas las actividades principales puede documentarse un breve bosquejo que describa que se hace para controlarlas. Estos bosquejos ayudan a determinar las necesidades de procedimientos y también se utilizarán en la creación del manual de aseguramiento de la calidad.

Se observará que se desarrollan varios "niveles" de documentación y, estos son:

Documentos del sistema, que presentan la función global. El acto en la presentación total.

Procedimientos, que detallan como se lleva a cabo cada actividad dentro de un sistema.

Se deben crear bosquejos para cada departamento interesado, incluyendo el propio departamento de aseguramiento de la calidad.

Finalmente las responsabilidades del departamento de aseguramiento de la calidad serán:

- Verificar la puesta en práctica y la exactitud del programa de la calidad.
- Identificar cualquier deficiencia dentro del programa.
- Verificar la realización de las acciones pertinentes para corregir las deficiencias y también que se han tomado medidas para evitar que se repitan.
- Verificar que el personal involucrado en la función del aseguramiento de la calidad esté adecuadamente entrenado para realizar sus actividades.

1.2.4 PAPEL DEL DEPARTAMENTO DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

- Verificar que todos los departamentos y, o áreas estén poniendo en práctica procedimientos e instrucciones de trabajo efectivos.
- Comprobar que los responsables de controlar y verificar cualquier actividad lo hayan hecho en una forma sistemática y que haya evidencia objetiva que lo confirme.
- Asegurar que se resuelvan todos los casos en los cuales no se cumplen las especificaciones debido a procedimientos.
- Asegurar que estén establecidos métodos de trabajo fundamentales y que se desarrollen procedimientos completamente aprobados que los cubran así como que todos los departamentos y el personal conozcan versiones actualizadas de estos procedimientos y tengan acceso a ellos.
- Verificar que todos los procedimientos se revisen y actualicen regularmente, según sea necesario.
- Determinar e informar de las principales causas de pérdidas en la calidad y de casos en que no se cumplan las especificaciones.
- Determinar con la alta dirección los casos donde se requieren mejoras y, si fuera necesario, recomendar la acción correctiva.

Al aplicar un poco más estas acciones se desprende que el departamento citado verifica que la organización esté poniendo en práctica y cumpliendo el programa de aseguramiento de la calidad que, como se ha determinado, fue desarrollado por la administración bajo la dirección del más alto ejecutivo en colaboración con el ejecutivo de aseguramiento de la calidad; este y el departamento a su cargo actúan, por tanto, como los ojos y oídos del más alto ejecutivo para determinar que la compañía esté operando en la forma ordenada y que si se llegaran a producirse problemas, estos puedan resolverse con efectividad y eficiencia.

1.2.5 CRITERIOS GENERALES PARA DISEÑAR UN PROGRAMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD.

Los criterios que a continuación se mencionan, provienen de la serie de normas ISO9000 y tienen el propósito de hacer ver la relevancia de factores que afectan la calidad.

a) **Organización**

Consiste en integrar un grupo multidisciplinario, encabezado por alguien encargado de administrar y dirigir el programa de garantía de la calidad y que cuenta con la autoridad suficiente y necesaria para realizar su trabajo.

Implica además, la responsabilidad de establecer y dar seguimiento a un programa de aseguramiento de la calidad, de manera clara y por escrito, así como establecer la autoridad y deberes de las personas y organizaciones participantes en el desarrollo de funciones relacionadas con el programa.

b) Garantía de la calidad

Establece de manera temprana un programa de garantía de la calidad que de manera resumida consiste en planear lo que se va a realizar, realizar lo que se planeó y documentar lo hecho.

El programa de garantía de la calidad debe cumplir además, con los requisitos objetivos y políticas generales del programa de aseguramiento de la calidad; documentar procedimientos o instrucciones por escrito; establecer los controles de las actividades que afectan la calidad; considerar la implantación de controles en procesos, equipo de pruebas, herramientas y habilidades especiales para lograr la calidad deseada, y prever revisiones y ajustes periódicos del programa y procedimientos de implantación y seguimiento.

c) Control de diseño

El control de diseño establece las medidas a seguir para asegurar que los requisitos y bases que norman y reglamentan el diseño, se trasladen correctamente en instructivos, especificaciones, procedimientos y planos.

El control de diseño también debe asegurar que se especifiquen los estándares de calidad y anexas los documentos de diseño, además de controlar y corregir las desviaciones de estos estándares. Contempla también las revisiones al diseño por métodos de cálculo alternos o simplificados, mediante un programa de prueba simplificado, mediante un programa de pruebas realizado por un grupo de técnicos diferente al que diseñó originalmente.

d) Control de adquisiciones

Este criterio establece las acciones a seguir para asegurar que los requisitos, reglamentos, bases de diseño y otras normas necesarias, se incluyan o se les haga referencia de manera apropiada en los documentos de adquisición de materiales, equipo y contratación de servicios, así como asegurar en los documentos de procuración se establezca claramente que los proveedores de bienes y servicios proporcionen los certificados de calidad junto con su programa de aseguramiento de la calidad.

e) Instructivos, procedimientos y planos

Establecen las instrucciones documentadas, procedimientos y planos para las actividades que afecten la calidad, que incluyan criterios de aceptación cuantitativos y cualitativos a fin de satisfacer las necesidades de las actividades previamente jerarquizadas en orden de importancia, elaboradas al nivel de comprensión del ejecutante.

f) Control de documentos

Fija las reglas de control para la emisión de documentos como instructivos, procedimientos, normas, especificaciones, comunicaciones, bitácoras y planos incluyendo los cambios a los mismos. Además se encarga de la distribución al área y personal donde se realiza la actividad relacionada.

g) Control de materiales, equipos y servicios comprados

En este criterio se toma en cuenta el establecimiento de medidas para asegurar que el material, equipo y servicios comprados concuerden con los documentos de adquisición, incluyendo las provisiones para la evaluación y selección de las fuentes de suministro; evidencias objetivas de la calidad proporcionada por el proveedor; inspección en las instalaciones del proveedor y un examen de los productos al momento de su entrega.

h) Identificación y control de materiales, partes y componentes

Contempla el establecimiento de procedimientos de identificación y control de materiales, partes y componentes, asegurando que se mantenga y de seguimiento a la identificación de la partida por número de lote, parte, serie y otro medio apropiado, en documentos traceables a fin de evitar el uso de materiales, partes o componentes defectuosos o incorrectos.

i) Control de procesos especiales

Prescribe el establecimiento de acciones para asegurar que los procesos especiales como soldaduras, tratamiento térmico y pruebas no destructivas se controlen y efectúen mediante procedimientos y personal calificado de acuerdo con los códigos, estándares, especificaciones, normas y/o criterios aplicables. Se consideran dentro de estos procesos a las pinturas especiales, acabados poco comunes y otros.

j) Inspección

Establece un programa de inspección de actividades que afecten a la calidad, con objeto de verificar que existe concordancia entre las instrucciones, procedimientos y dibujos documentados.

Las inspecciones se realizarán por individuos ajenos a la ejecución de los trabajos inspeccionados, y los exámenes, mediciones o pruebas de materiales, productos y equipos se realizaran por cada concepto de obra donde sea necesario asegurar la calidad.

k) Control de pruebas

Establece un programa de pruebas a realizar de acuerdo con procedimientos escritos que contengan los requisitos y límites de aceptación contenidos en los documentos de diseño.

Incluye los ensayos previos a la instalación, pruebas preoperativas y operativas para estructuras, sistemas y componentes. También debe contar con las revisiones y medidas para asegurar que se ha cumplido con todos los prerequisites para cada prueba. Asimismo, debe asegurar que se cuenta con la instrumentación adecuada para las pruebas y que estas se realizan bajo condiciones ambientales adecuadas.

l) Control de equipo de medición y prueba

Fija los procedimientos para asegurar que las herramientas, calibraciones, instrumentos y equipo de medición general, que se empleen durante y para pruebas que afecten la calidad, se controlen, calibren y ajusten en periodos específicos para mantener el grado de exactitud dentro de límites preestablecidos.

m) Manejo, almacén, y embarque de insumos y equipo

Prescribe el establecimiento de medidas para controlar el manejo, almacenaje, embarque, limpieza y conservación de materiales y equipo, de acuerdo con las instrucciones de trabajo e inspección, con objeto de prevenir daños o deterioro.

n) Estado de la inspección, prueba y operación

Fija procedimientos para indicar el estado de las inspecciones, prueba y operación mediante el uso de sellos, tarjetas, etiquetas o marcas especiales para identificación y codificación de aceptación o rechazo.

ñ) Materiales, partes y componentes discordantes

Establece métodos de control de materiales, partes o componentes que no concuerden con los requisitos, para prevenir su instalación o uso inadvertido.

o) Acciones correctivas

Aseguran que las condiciones que afectan a la calidad como fallas, mal funcionamiento, deficiencias, desviaciones, materiales y equipo defectuoso se identifiquen y corrijan con prontitud, determinando las causas a fin de prevenir la repetición.

p) Registros

Elaborar y mantener registros codificados de fácil acceso para proporcionar evidencia de actividades que afecten la calidad, incluyendo bitácoras de operación y resultados de revisión, inspección, pruebas, auditorías, monitoreo del desempeño por concepto de trabajo y análisis de los mismos; además de los datos de calificación, capacitación y desempeño del personal y de eficiencia de procedimientos y equipo.

q) Auditorías técnicas

Es el establecimiento de un sistema comprensible de auditorías planeadas y periódicas, para verificar el cumplimiento y seguimiento de todos los aspectos que cubre el programa de aseguramiento de la calidad.

1.2.6 MANUAL DE LA CALIDAD

Es usual que el manual de la calidad se defina como "un documento que establece las políticas de la calidad, los procedimientos y las prácticas generales de una organización".⁴

ISO 9000:2000 define al manual de la calidad como, "documento que especifica el sistema de gestión de la calidad de una organización".

Normalmente el manual de la calidad es la primera señal que un probable cliente recibe del enfoque otorgado por una compañía al aseguramiento de la calidad. Este documento debe mostrar las intenciones de la compañía. Como mínimo debe contener:

- Declaración de políticas
- La autoridad
- Las responsabilidades
- La organización
- Bosquejos del sistema
- Índice de procedimientos

Sin embargo, no debe contener procedimientos detallados; el incluirlos no sólo haría oneroso este documento sino que mantenerlo actualizado sería un problema continuo. Se pueden modificar los procedimientos sin afectar el bosquejo general en el manual y deben estar disponibles en el lugar de uso.

Programa de la calidad

Por lo general, se define como "un grupo documentado de actividades, recursos y hechos que sirven para poner en práctica el sistema de la calidad de una organización".⁵

Ya se ha visto que el manual describe la intención, es decir, lo que se hará. Los procedimientos no solo detallan lo que se hará, sino también quien, como, cuando, donde y posiblemente por que. Por consiguiente, el manual más los procedimientos detallados de respaldo conforman el programa de la calidad de la compañía.

Plan de la calidad

Según ISO 9000:2000, el plan de la calidad se define como "un documento que especifica que procedimientos y recursos asociados deben aplicarse, quien debe aplicarlos y cuando deben aplicarse a un proyecto, proceso, producto o contrato específico.

POR QUE ES NECESARIO UN MANUAL DE LA CALIDAD

Además de que la mayor parte de las normas de la calidad señalan el requisito de este documento, existen otras muy buenas razones para elaborarlo.

⁴ LIONEL STEBBING, ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD, ED. CECSA, MÉXICO 1991, p. 40

⁵ IDEM

Es una "herramienta" de administración muy buena para mantener a los empleados conscientes de su responsabilidad dentro del programa de la calidad; así puede convertirse en un documento de entrenamiento apropiado.

Su uso puede reducir la "curva de aprendizaje" causada por la rotación de empleados y de esta forma ayudar a la continuidad de los acontecimientos en esos casos.

Si está bien redactado puede convertirse en una adición útil a las "ayudas para las ventas" de una organización, pues bosquejará las intenciones de la compañía encaminadas a satisfacer al cliente mediante la producción de artículos y, o servicios idóneos para que logre su propósito.

El manual de la calidad presenta en términos generales los métodos usados por una compañía para asegurar la calidad. Como ya se ha señalado, es un documento de propósitos y describe "que" se hace para asegurar la calidad. Los procedimientos detallados, que deben estar disponibles en los lugares donde se realice la actividad, describirán además el "quién", "cómo", "cuando", "dónde" y probablemente "por que" de una actividad.

Como una pauta, se recomienda que un manual esté compuesto de tres secciones, de la siguiente forma:

1) Políticas de la calidad

Esta sección debe dedicarse por completo a describir el compromiso de la compañía con la calidad.

- Declaración de políticas.
- Declaración general de los objetivos de calidad.
- Declaración sobre la autoridad y responsabilidad del aseguramiento de la calidad.
- Detalles de la compañía y de la organización del aseguramiento de la calidad.
- Declaración sobre modificaciones al manual, reimpresión y distribución.

2) Bosquejos del sistema

De acuerdo a las necesidades tanto de la empresa como del cliente, esta sección debe contener breves aspectos generales de las principales funciones del programa de aseguramiento de la calidad de la compañía.

Debe incluir los controles que deben ejercerse sobre aquellos aspectos de la función que indican en la calidad para asegurar su concordancia con las necesidades del cliente.

- Bosquejos de los sistemas que muestren los criterios aplicables del programa de la calidad de la compañía.

3) Índice de procedimientos

Esta sección debe incluir los procedimientos para todos los sistemas, procesos y funciones aplicables al programa de aseguramiento de la calidad propio de la compañía.

Aunque por lo general sólo es necesario incluir los procedimientos relevantes para un determinado nivel de programa de la calidad, vale la pena preparar un índice de procedimientos relacionados con todas las funciones administrativas. Este índice ayudará a los empleados a determinar el procedimiento correcto para cualquier función específica.

DIEZ PASOS QUE SE DEBEN SEGUIR EN EL DESARROLLO DE UN PROCEDIMIENTO DENTRO DE UN MANUAL DE LA CALIDAD

- 1) Revisar la práctica actual.
- 2) Analizar la práctica actual.
- 3) Elaborar un borrador del procedimiento.
- 4) Distribuir borrador para recibir comentarios.
- 5) Revisar los comentarios.
- 6) Revisar y entregar los procedimientos para su aceptación.
- 7) Obtener la aprobación.
- 8) Entregarlos para su uso.
- 9) Ponerlos en práctica.
- 10) Supervisar y revisar.

La descripción de un procedimiento dentro del manual, por lo general debe tener el siguiente contenido:

- a) *Objetivo*; bosqueja el objeto o la intención del documento.
- b) *Alcance*; bosqueja la actividad o actividades a las que se aplica el procedimiento.
- c) *Referencias*; se mencionan los documentos relacionados con las actividades dentro del procedimiento.
- d) *Definiciones*; se define una palabra o acción que no se comprenda con facilidad.
- e) *Acciones*; se presentan las acciones de los trabajadores que participan en la actividad. Siempre que sea posible, también se debe informar quien hace que y como, donde, cuando y posiblemente por que se lleva a cabo la actividad.
- f) *Documentación*; se relaciona cualquier documentación mencionada en el procedimiento y que se produce como resultado de ponerlo en practica. Debe incluirse como un apéndice del procedimiento, una copia de cada uno de estos documentos. Se facilita el control si todos los documentos relacionados con un determinado procedimiento tienen un número de referencia que lo vinculen con el.

1.3 CONTROL DE LA CALIDAD

1.3.1 DEFINICIONES

CONTROL

Se refiere al proceso que se emplea con el fin de cumplir con los estándares. Esto consiste en observar el desempeño real, compararlo con algún estándar y después tomar medidas si el desempeño observado es significativamente diferente del estándar.⁶

El control, es un elemento de la trilogía de los procesos de la calidad, está dirigido al cumplimiento de las metas y a la prevención de cambios adversos, es decir, a mantener el *statu quo*. Esto es contrario al “mejoramiento” que se centra en la creación del cambio, o sea, el cambiar el *statu quo*.

CONTROL DE LA CALIDAD

ISO 9000:2000 define al control de la calidad como, “parte de la gestión de la calidad orientada al cumplimiento de los requisitos de la calidad”.

1.3.2 ETAPAS DEL CONTROL DE LA CALIDAD

Normalmente existen cuatro pasos para efectuar el control de la calidad.

- 1) *Establecimientos de estándares*. Determinación de estándares requeridos para los costos de la calidad, el funcionamiento, la seguridad y la confiabilidad del producto.
- 2) *Evaluación del cumplimiento*. Comparación del cumplimiento entre el producto elaborado o el servicio ofrecido y los estándares.
- 3) *Ejercer acción cuando sea necesario*. Corrección de los problemas y sus causas en toda la gama de los factores de mercadotecnia, diseño, ingeniería, producción y mantenimiento que influyen en la satisfacción del usuario.
- 4) *Hacer planes para mejoramiento*. Desarrollar un esfuerzo continuo para mejorar los estándares de los costos, del comportamiento de la seguridad y de la confiabilidad del producto.

1.3.3 TAREAS DEL CONTROL DE LA CALIDAD

Las tareas del control de la calidad giran alrededor de la producción y procesos de servicio, y un medio para distinguirlas entre sí muestra que hay cuatro clasificaciones naturales en las que caen.

⁶ J.M. JURAN Y F.M. GRAYNA, ANÁLISIS Y PLANEACIÓN DE LA CALIDAD, ED. Mc. GRAW HILL, p. 98

1) Control de nuevo diseño.

Esta comprende todos los esfuerzos en un producto nuevo, durante la selección de sus características de venta; cuyos parámetros de diseño y confiabilidad se están fijando y comprobando mediante pruebas a prototipos; cuyos procesos de fabricación se están planeando y costearo inicialmente y cuyos estándares de la calidad están siendo especificados. Los diseños del producto y del proceso son revisados para eliminar posibles motivos de dificultades en la calidad, antes de que se proceda a la fabricación, con el fin de mejorar la función de mantenimiento y eliminar tropiezos en el aseguramiento de la confiabilidad del producto.

2) Control de la materia prima comprada.

Esta comprende los procedimientos de aceptabilidad de materiales, de partes y componentes comprados a otras compañías, o tal vez que provengan de la misma compañía. Se establecen especificaciones y normas como criterios para aceptación de materias primas, partes y componentes. Se aplican varias técnicas de control de la calidad a fin de lograr la aceptación a los precios más económicos. Estas técnicas incluyen la evaluación de la calidad de los proveedores; su certificación de los materiales o de componentes; muestreo de aceptación y pruebas de laboratorio.

3) Control del producto

Este implica el control de los productos en el sitio de la producción para que las correcciones que deban aplicarse se lleven a efecto con oportunidad y eviten la elaboración de productos defectuosos. No solamente comprende los materiales y las partes elaboradas, sino también alcanza a los procesos que imprimen en el producto las características de la calidad, durante su elaboración. El control trata de proporcionar un producto que cumpla su cometido satisfactoriamente durante el término de vida que se le supone y las condiciones en que será usado. Por tanto, abarca actividades de la calidad después de la producción y en el campo de servicio al producto que garantice al consumidor que el producto cumplirá con sus funciones, en caso de que esa garantía sea necesaria.

4) Estudios especiales del proceso

Consiste en investigaciones y pruebas que ayudan a localizar causas que originen producto defectuoso y proporciona una acción correctiva permanente. Está dirigida hacia mejoras en producto y proceso, no sólo en las mejoras de las características de la calidad, sino también en la reducción de costos.

1.3.4 ¿QUÉ ES EL CONTROL DE NUEVO DISEÑO?

El control de nuevo diseño comprende el establecimiento y la especificación de la calidad deseable de costo, calidad de desempeño, calidad de seguridad y calidad de confiabilidad del producto, para el grado de satisfacción esperado por el cliente, incluyendo la eliminación o localización de causas de deficiencias en la calidad, antes de iniciar la producción normal.

Las técnicas empleadas en el control de nuevos diseños incluyen:

- Análisis de la función del producto
- Investigación de la calidad
- Pruebas ambientales y de uso final
- Clasificación de características de la calidad
- Establecimiento de grados y normas de la calidad
- Estudios de capacidad de los procesos
- Establecimiento de parámetros del proceso
- Otras

1.3.5 ¿QUÉ ES EL CONTROL DE MATERIALES ADQUIRIDOS?

El control de materiales adquiridos implica la recepción y almacenamiento a los costos más económicos de la calidad, de sólo aquellas partes cuya calidad cumplen con los requisitos especificados, con atención a la más completa responsabilidad práctica del vendedor.

Existen tres fases en el control de materiales adquiridos:

- 1) Establecimiento de encuestas, responsabilidad y vigilancia orientadas hacia el proveedor.
- 2) Control sobre materiales y partes recibidas de fuentes externas.
- 3) Control sobre materiales y partes procesadas por otras plantas de la misma compañía o en otras divisiones de la planta.

Las técnicas usadas en el control de materiales adquiridos incluyen:

- Valuaciones de capacidad del vendedor
- Planes de valuación del proveedor
- Certificación de la calidad por parte del proveedor de materiales
- Delineación clara de los requisitos de la calidad
- Procedimiento de inspección y pruebas, incluyendo el uso de los instrumentos de medición, estándares y equipo especializado de información de la calidad
- Otras

1.3.6 ¿QUÉ ES EL CONTROL DEL PRODUCTO?

El control del producto comprende el control en el lugar mismo de la elaboración y continúa hasta el área de servicio, de modo que la discrepancia con las especificaciones de la calidad pueden ser corregidas, evitando la fabricación de producto defectuoso y que, en consecuencia, el servicio en el campo de aplicación sea convenientemente logrado, para asegurar la provisión completa de la calidad esperada por el cliente.

Existen tres fases en el control del producto:

- 1) Control de maquinado o del proceso de partes componentes

- 2) Control de ensambles y de empaques de lotes
- 3) Control de servicio del producto al cliente

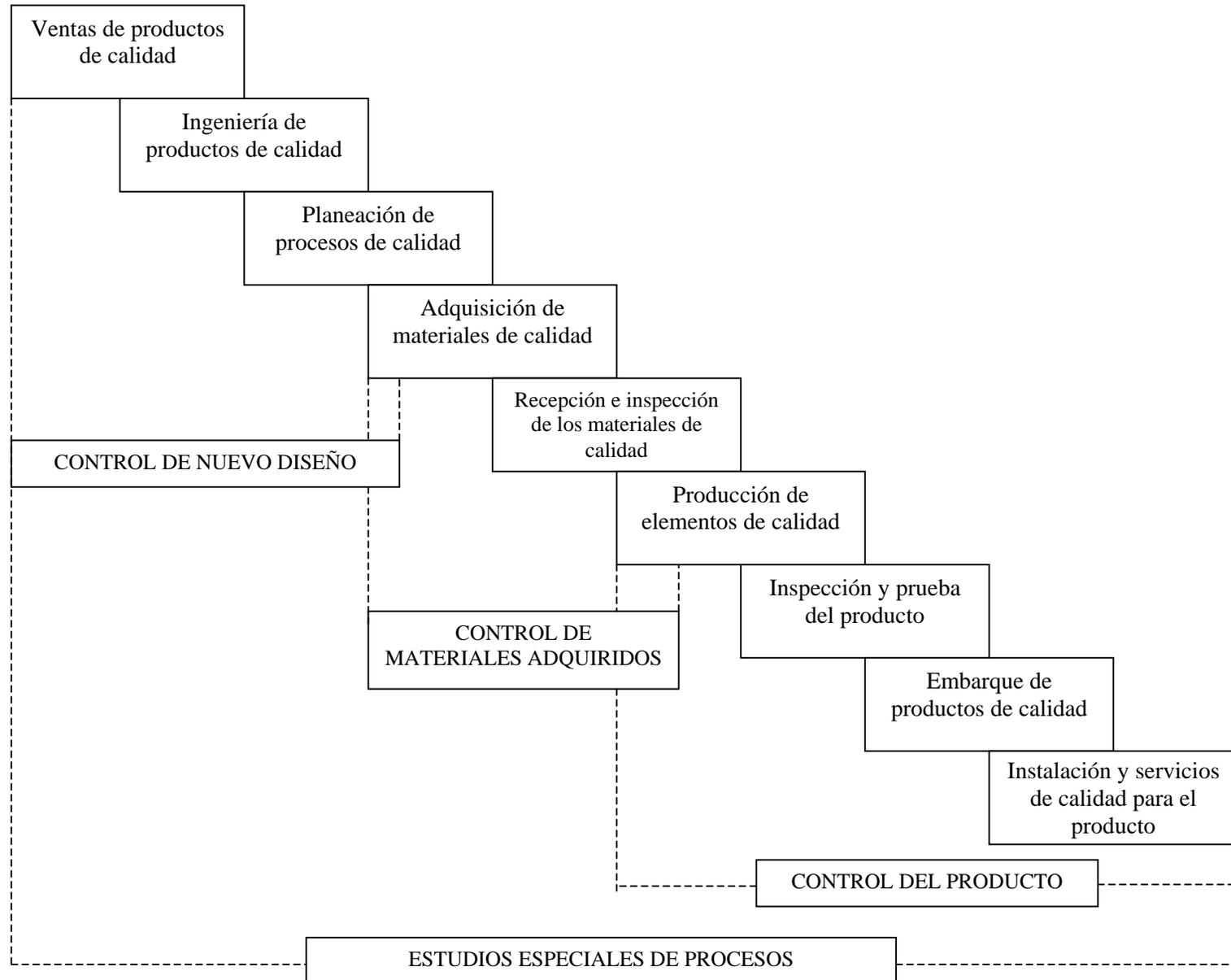
Las técnicas usadas en el control del servicio incluyen:

- Implementación de un plan completo para control de la calidad durante el proceso y aceptación del producto final
- Estudios de la capacidad del proceso
- Proceso de muestreo
- Control de herramientas y accesorios
- Análisis de quejas
- Otros

1.3.7 ¿QUÉ SON LOS ESTUDIOS ESPECIALES DE PROCESOS?

Los estudios especiales de procesos comprenden investigaciones y pruebas, a fin de localizar las causas por las que el producto no cumple con sus especificaciones y se determine la posibilidad de mejorar las características de la calidad, y para asegurar que las mejoras y acciones correctivas sean permanentes y completas.

ACTIVIDADES DEL CONTROL DE LA CALIDAD EN EL CICLO DE PRODUCCIÓN



1.3.8 LA ESTADÍSTICA EN LA TAREA DEL CONTROL DE LA CALIDAD

1) Distribución de frecuencia

Consiste en tablas o conteos del número de veces que una característica de la calidad ocurre dentro de las muestras de productos que se examinan. Como una representación de la calidad de la muestra hace resaltar a simple vista:

- a) La calidad promedio
- b) La dispersión de la calidad
- c) El contraste comparativo de la calidad con los requisitos especificados

Este instrumento se usa en el análisis de la calidad de un proceso o producto.

2) Gráficas de control

Es un método gráfico para evaluar si un proceso está o no dentro de un estado de control estadístico. Cuando la curva de la gráfica se aproxima o excede los límites, ha ocurrido algo en el proceso que se debe investigar. Esta herramienta se puede usar para conservar el control después de que la distribución de frecuencia ha mostrado que el proceso está dentro de control.

Se puede definir a la gráfica de control como:

“Un método gráfico para evaluar si un proceso está o no en un estado de control estadístico”.

El proceso de las gráficas de control es el elemento que pone de manifiesto, de acuerdo con los hechos, el concepto del obrero de separar las variaciones de los elementos en “normales” y “anormales”. Establece la comparación de la variación de los elementos en su producción real, con los límites de control que se hayan establecido para esos elementos.

EL ENFOQUE DE LAS GRÁFICAS DE CONTROL

Existen diversas preferencias técnicas para el establecimiento de tolerancias del proyecto y límites de especificaciones. En algunas especificaciones, estos límites se determinan cuidadosamente por medio de pruebas, otras veces se han fijado en forma arbitraria. La mayoría de las veces, se basan en experiencias anteriores con los materiales y con los procesos.

Por lo general, estas experiencias se han trasladado a las hojas de “tolerancias prácticas del taller”. En otros casos, solo existe en la mente de los obreros más antiguos como un conocimiento práctico.

Corresponde al ingeniero proyectista trasladar estos conocimientos prácticos a datos técnicos. Por ejemplo, puede preguntarse al encargado de obra si es posible mantener una tolerancia de $\pm 200\text{kg/m}^3$ en el peso volumétrico del material para la compactación de la sub-

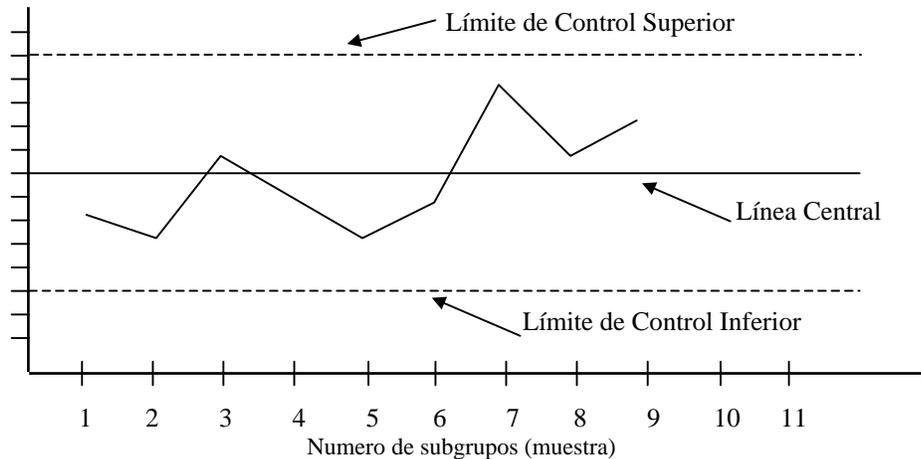
base de un camino. El encargado de obra, estará facultado para contestar “seguro que se puede”. Esta respuesta podrá servir de base al ingeniero, para el establecimiento de una tolerancia de $\pm 200\text{kg/m}^3$ en el proyecto de la sub-base.

La experiencia en el campo puede también tener mucha importancia, cuando se reciban en producción los planos enviados por el ingeniero proyectista. Por ejemplo, si el encargado de obra obtiene pesos volumétricos con una variación de $\pm 230\text{kg/m}^3$ en lugar de $\pm 200\text{kg/m}^3$, que era la indicada. La reacción inmediata del encargado de obra, será la que algo “anormal” está ocurriendo; puede ser que la velocidad de las pipas de riego esté muy lenta o muy rápida. Por tanto, se puede forjar en la mente la posible acción correctiva, y actuar sobre el problema.

Así, el encargado de obra, intuitivamente ha agrupado las variaciones de los procesos en dos categorías:

- 1) *Variaciones normales*, o sea el total de la desviación que el encargado de obra ya conoce que se debe de presentar. En el ejemplo de los pesos volumétricos, la desviación máxima fue de $\pm 200\text{kg/m}^3$.
- 2) *Variaciones anormales*, o sea una desviación mayor que la que el encargado de obra experimentado sabe que se debe de obtener. En el ejemplo de los pesos volumétricos, correspondería a una variación mayor de $\pm 200\text{kg/m}^3$.

EJEMPLO DE UNA GRÁFICA DE CONTROL



USOS DE LAS GRÁFICAS DE CONTROL

Resulta muy peligroso en una empresa, depender de la información que únicamente mantiene en su memoria el obrero, cuando se trate de la variación de las características de la calidad de un producto. Pero si esa forma práctica de saber como, se complementa con el empleo de las gráficas de control, se obtendrán beneficios en exactitud y la conservación de los registros con los resultados.

El lapso necesario para determinar la variación normal, representada por esos límites de control de las gráficas, se puede reducir considerablemente. Será suficiente un periodo de horas o tal vez días, en lugar del tiempo mucho más largo que se requiere para desarrollar el conocimiento del proceso. Esto cobra mayor importancia donde se tenga una gran proporción de obreros de nuevo ingreso, o de supervisores recién designados.

Cuando ya se hayan establecido los límites de control para un material o para los elementos que se elaboran, se puede sugerir diversas aplicaciones de las gráficas de control. Algunas de éstas son:

1) Determinación del grado de control de un proceso

Las lecturas sobre las características de la calidad de las partes o productos que se estén fabricando pueden analizarse para determinar si el proceso está en una situación controlada.

2) Prever los rechazos antes que se produzcan elementos defectuosos

A veces se “introducen” en un proceso ciertas inconveniencias para la calidad. Un instrumento mal calibrado puede originar una tendencia a variaciones anormales que den como resultado la producción de elementos defectuosos. En la gráfica, donde se va comparando la variación obtenida, los límites de control son la “señal roja” de que está apareciendo en el proceso esa clase de dificultades para la calidad, antes de que se origine un desperdicio o el remaquinado.

3) Guía para la gerencia

Las gráficas de control proporcionan a los gerentes un sumario de los aciertos o de la fallas de la planta, en sus esfuerzos por controlar la calidad del producto.

4) Previsión de los costos

La variación normal puede ser representativa de los métodos de producción de una planta. Resulta muy costoso pretender reducir esta variación y tal vez sea necesaria la adquisición de maquinaria nueva, implantar nuevos métodos y procurar mejor mantenimiento del equipo. Por otra parte, la variación no normal, puede representar dificultades temporales que pueden ser eliminadas sin un gasto excesivo.

La variación normal en la mayoría de los procesos está asociada a la forma más económica de producción. Por tanto, su determinación es de mucha utilidad por lo que se refiere a los costos.

TIPOS DE GRÁFICAS DE CONTROL

De acuerdo con las dos clases de datos de que se dispone en la industria, existen dos modelos fundamentales para las gráficas de control:

- 1) Gráficas para mediciones o por “variables” (siendo la más generalizada la gráfica denominada X,R,s), las que tienen su empleo en el caso de que se efectúen mediciones.
- 2) Gráficas para datos que provienen de calibraciones de pasa/no pasa o por “atributos”, empleándose las *gráficas de fracción defectuosa o de porcentaje defectuoso* (conocidas como las gráficas de p)

3) Tablas de muestreo

Son un conjunto específico de procedimientos que usualmente consisten en planes de muestreo para aceptación con los que se relacionan tamaño de lote, tamaño de la muestra y criterio de aceptación, o la inspección al 100%. Esta herramienta se utiliza cuando se desea seguridad de la calidad del material producido o recibido.

MUESTREO DE ACEPTACIÓN

Se define como la inspección por muestras en las que se toma la decisión de aceptar o no un producto o servicio; también la metodología que trata de los procedimientos por los que las decisiones de aceptar o no se basan sobre los resultados de la inspección de las muestras.

En toda planta industrial se adquieren de fuentes externas algunas de las materias primas y partes componentes. Los proveedores pueden ser otras compañías u otras plantas de la misma compañía. En el caso de empresas de gran tamaño, una división de la planta puede considerar la producción de otra división de la misma planta como un proveedor externo.

El mayor problema para una factoría ha sido la comprobación de la calidad satisfactoria de éstos materiales que provienen de afuera. Algunos de los medios para obtener esta seguridad han sido: la inspección 100%; el muestreo de los lotes bajo una base arbitraria (en términos comunes, el chequeo arbitrario); aceptar los certificados de inspección presentados por los proveedores en lugar de verificar el examen del lote; y, en algunas ocasiones, recibir el material sin inspección, hasta que las dificultades en sus líneas de producción con ese material, reclamen una inspección.

Un enfoque más efectivo a este problema es el empleo de las *tablas estadísticas* para muestreo de aceptación. Estas tablas han sustituido a casi todos los procedimientos antiguos, constituyendo el alma del control de la fábrica para la aceptación de los elementos o de materia prima.

Estas tablas también tienen amplia aplicación en las inspecciones finales o en las pruebas para asegurarse de que las remesas a los consumidores tienen la calidad deseada.

El muestreo se puede verificar por el procedimiento de pasa o no pasa (o atributos), o sea, determinar si las unidades en las muestras cumplen con los requisitos de las especificaciones.

También se puede hacer el examen de las muestras por el sistema de mediciones (por variables), es decir, midiendo la característica de la calidad en cada una de las unidades de la muestra

Un plan de muestreo de aceptación se puede definir como:

“Un plan específico que determina el tamaño o tamaños de muestra a ser utilizados, y el criterio asociado de aceptación o rechazo”.

Ya se mencionó que un plan de muestreo puede ser por atributos o por variables. Cada uno de estos dos principales planes de muestreo estadístico puede efectuarse de la siguiente manera:

- **Muestreo sencillo**

Consiste en decidir la aceptación o el rechazo de un lote, de acuerdo con las unidades de una muestra tomada de ese lote.

- **Muestreo doble**

Consiste en seleccionar una muestra de unidades del lote, y bajo determinadas condiciones, poder seleccionar una segunda muestra antes de aceptar o rechazar ese lote.

- **Muestreo múltiple**

Consiste en decidir sobre la aceptación o rechazo de un lote, de acuerdo con los resultados de varias muestras de unidades tomadas de ese lote.

La naturaleza y la forma como se presente para su muestreo, son los factores que más se deben tomar en consideración.

Puntualizando, la elección de un plan de muestreo, ya sea sencillo, doble o múltiple, depende de las condiciones particulares en que se vaya a emplear ese plan de muestreo. No se podrá decir que alguno de los tres métodos sea el mejor; únicamente se podrá considerar el mejor para determinadas condiciones de muestreo.

4) Métodos especiales

Incluyen técnicas tales como análisis de tolerancias, correlación y análisis de varianza. Estos métodos han sido confeccionados para el uso del control de la calidad industrial con elementos de la estadística general. Esta herramienta se usa en análisis especiales del diseño o de dificultades en el proceso.

CAPÍTULO 2

PROCESOS

Este capítulo se refiere a los procesos de producción en una forma general, se describe la planeación, el control y el mejoramiento de un proceso para conocer las herramientas que pueden ser utilizadas en el análisis y mejora de los procesos.

CAPÍTULO 2 PROCESOS

2.1 DEFINICIONES

PROCESO

“Una serie de acciones sistemáticas dirigidas al logro de un objetivo” (J.M. Juran)⁷

“Un conjunto de causas que producen ciertos resultados” (Kaoru Ishikawa)⁸

“Es una serie de actividades o pasos que se llevan para transformar insumos en productos” (Vincent K. Omachonu)⁹

PROCEDIMIENTO

“Forma específica para llevar a cabo un proceso” (ISO 9000:2000)

2.2 PLANEACIÓN DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO Y DEL PROCESO

Antes de que se inicie la producción y durante las fases del diseño del producto y proceso, se deben formalizar los planes para medir, alcanzar y controlar la calidad deseada del producto. Esto requiere un análisis de los requisitos de la calidad del producto para determinar cuales serán las características de la calidad que habrán de someterse a mediciones, como se procederá y si las mediciones deberán de ser por unidad o por muestreo, en el curso del proceso; quién debe hacer las mediciones y qué límites de medición más allá de los cuales se procederá a aplicar correcciones. También se deben establecer procedimientos para planear los instrumentos requeridos para tomar las mediciones requeridas de la calidad.

Los planes de la calidad incluirán la determinación de número, la aptitud y entrenamiento del personal para asegurar la calidad; los métodos y la forma de registros para asentar los datos; procedimientos de mantenimiento preventivo de herramientas y procesos, la estandarización, la calibración y la conservación del equipo usado en las mediciones; el movimiento del material y la disposición que deba dársele; la auditoría durante el proceso y de la calidad de salida, e instrucciones para todas las actividades de aseguramiento de la calidad.

2.3 TECNOLOGÍA DE LA INGENIERÍA EN EL CONTROL DEL PROCESO

La tecnología de la ingeniería en el control del proceso se puede definir como:

Un conjunto de conocimientos técnicos para análisis y control de procesos de calidad, incluyendo control directo sobre la calidad de materiales, partes, componentes y ensambles, mientras se hayan en proceso, a todo lo largo del ciclo industrial.

⁷ J.M. JURAN, JURAN Y LA PLANIFICACIÓN PARA LA CALIDAD, ED. DÍAZ DE SANTOS, MADRID 1990, p. 151

⁸ KAORU ISHIKAWA, INTRODUCCIÓN AL CONTROL DE LA CALIDAD, ED. DÍAZ DE SANTOS, MADRID 1994, p. 259

⁹ VINCENT K. OMACHONUM, JOEL E. ROSS, PRINCIPIOS DE LA CALIDAD TOTAL, ED. DIANA, 1995, p. 221

Existen muchas técnicas que se emplean en ésta tecnología, las cuales se pueden agrupar en cuatro clases principales:

1) **Análisis de la calidad de procesos.**

Se incluyen en ellas las técnicas para el análisis de las mediciones que han sido proyectadas por la tecnología de la ingeniería de la calidad. Estas mediciones describen el comportamiento del proceso durante su actuación, a fin de que haya medios sensitivos y rápidos para predecir las tendencias del proceso.

2) **Control durante el proceso.**

Aquí se encuentran las técnicas en las que se aplican los resultados de los análisis del proceso con el propósito de ajustar los parámetros y el entorno del proceso para mantenerlo en un estado de control.

3) **Implementación del plan de la calidad.**

Aquí están las técnicas para la revisión y el ajuste de los elementos del sistema de la calidad, mismas que tienen en cuenta los cambios dinámicos que se presentan día tras día en la producción.

4) **Auditoría sobre la efectividad de la calidad.**

En estas técnicas queda comprendido el monitoreo constante planeado mediante la tecnología de la ingeniería de la calidad. Este cubre producto y proceso - así como los costos presentes para asegurar que los resultados de la calidad planeados se logren - junto con los procedimientos y el mismo sistema completo de la calidad.

2.4 TÉCNICAS EMPLEADAS EN EL ANÁLISIS DE PROCESOS¹⁰

En la tabla siguiente se describen algunas técnicas que se utilizan para el análisis de procesos indicando el objeto de su análisis:

Objeto de análisis	Técnica
Determinación de la capacidad	1. Análisis de la capacidad de máquinas y procesos.
	2. Análisis de la madurez de la confiabilidad del proceso.
	3. Capacidad del equipo de medición de la calidad y análisis de repetibilidad.
Determinar el grado de conformidad con los valores proyectados	4. Análisis de resultados en operación piloto.
	5. Pruebas, inspección y análisis del laboratorio del material recibido.
	6. Inspección para asegurarse de la calidad.
Determinar las causas de variación	7. Pruebas en la producción.
	8. Análisis de la variación de los procesos.
	9. Análisis de datos obtenidos en pruebas.
	10. Análisis de las quejas del exterior.

¹⁰ ARMAND V. FEIGENBAUM, CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD, ED. CECOSA, MÉXICO 1994, p.p. 295-302

1. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE MÁQUINAS Y PROCESOS

El uso de esta técnica facilita el predecir los límites de variación dentro de los cuales las máquinas y procesos operan. Por tanto, proporciona un medio de medición de la capacidad de la máquina y proceso y los compara contra la tolerancia requerida por la especificación.

Toda máquina y todos los procesos están sujetos a una variabilidad que es inherente.

2. ANÁLISIS DE MADUREZ DE CONFIABILIDAD DEL PROCESO

Esta técnica es una parte integral del programa de confiabilidad de la compañía para calificar un nuevo producto y a los procesos de producción que lo producirán. Una prueba de madurez de diseño, que habrá calificado la confiabilidad de este último, se llevará a cabo antes del inicio de la producción seguida de una prueba de madurez del proceso para asegurar que las operaciones de producción generan una confiabilidad satisfactoria y así mantener este diseño calificado.

3. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DEL EQUIPO MEDIDOR DE LA CALIDAD

Así como toda pieza del equipo de fabricación tiene su modelo de variabilidad, las piezas de un equipo de medición tienen su modelo particular de variabilidad.

Una regla empírica es que la precisión del equipo para ser mediciones debe ser tal, que su variabilidad total no exceda 1/10 la tolerancia que se trata de medir.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE PRUEBAS PILOTO

Esta técnica analítica sirve para comparar resultados actuales con los resultados que se han planeado por medio de una prueba piloto. Toda desviación del desempeño planeado ya sea con respecto al producto o proceso, implica una investigación y posiblemente un ajuste de uno de ellos o de ambos.

La corrida piloto es una producción de prueba hecha con las herramientas de producción regulares - electrónicas, mecánicas, químicas, etc. -. Las primeras unidades producidas son sometidas a prueba en condiciones a las de uso final, a fin de cerciorarse de que llenan los requisitos que se requieren.

Además del análisis de los datos que resultan de someter a prueba el producto de la corrida piloto, hay que analizar con cuidado la corrida misma para determinar si alguno de los procedimientos de fabricación se aparta de los resultados previstos en los planes y contribuye al deterioro de la calidad del producto.

Es importante señalar los puntos en que la calidad muestra tropiezos a fin de introducir correcciones, sea en el diseño en el cuerpo del proceso, antes de que se inicie la producción corriente. También deberá efectuarse una evaluación de la efectividad de la acción correctiva.

La operación piloto servirá también para descubrir si el plan de control de la calidad es o no adecuado o está "sobre diseñado", esto es, si es indispensable obtener mayor cantidad de informes sobre la calidad en algunos puntos del flujo de proceso o si, por el contrario, es suficiente menos material informativo.

5. PRUEBAS DEL MATERIAL ADQUIRIDO, INSPECCIÓN Y ANÁLISIS DE LABORATORIO

Las técnicas analíticas aplicadas a las propiedades físicas y químicas de los materiales, permiten juzgar el grado de conformidad de dichos materiales respecto al plan de la calidad.

Muy a menudo son necesarios los servicios de un laboratorio para ejecutar éstos análisis químicos y físicos tanto para el control de las materias primas como para el control de los procesos.

Las pruebas, inspección y análisis de laboratorio de las materias primas adquiridas tienen su aplicación en la aceptación de los materiales para cerciorarse que satisfacen los estándares de la calidad establecidos. Al ubicar el equipo de laboratorio en los locales de inspección de recibo, mucho del "ir y venir" de las muestras de y al laboratorio puede eliminarse, acelerando así el procedimiento completo de aceptación.

6. INSPECCIÓN PARA ASEGURARSE DE LA CALIDAD

La técnica empleada para asegurarse de la calidad radica en la medición de las características que se generan en un proceso de producción o que son inherentes a los materiales. Este tipo de inspección puede consistir en una verificación de cada pieza individual producida (inspección 100%) o en una inspección de una muestra estadística del lote. Puede hacerse con una medición mecánica o eléctrica o bien visual, para comparar los resultados con estándares establecidos.

El objeto de ésta inspección es asegurarse de que el producto fabricado responde a las especificaciones y niveles de la calidad que previamente se han establecido.

7. PRUEBAS EN EL PRODUCTO

Esta técnica tiene por objeto el cerciorarse de que el objeto o la unidad funciona apropiadamente, operándolo en condiciones reales o simuladas. Las condiciones de operación varían, generalmente, tratando de simular las que podrán presentarse en la realidad, incluyendo pruebas con sobrecarga. Las pruebas se pueden hacer unitariamente o sobre muestras representativas. El método de prueba puede ser automático, o bien, empleando métodos manuales con equipo convencional.

Este tipo de pruebas no solamente asegura que el producto funcionará, sino que ayuda a disminuir los motivos de contrariedad en el consumidor debidos a producto defectuoso. El ajuste en la fábrica, cuando sea factible, es menos caro y más exacto que en el ajuste de campo. Estas pruebas ayudan también a controlar el proceso, facilitando la retroalimentación de información a los procesos que intervienen.

8. ANÁLISIS DE LAS VARIACIONES DEL PROCESO

Por medio de las técnicas usadas para estudiar las variaciones de los procesos es posible eliminar o reducir las causas y, en consecuencia, disminuir las variaciones y meterlas dentro de control.

En algunos casos no será posible identificar las causas asignables de variación, o sea, que la variación sea constante y está bajo control. Esto indica que es necesario un cambio en el proceso constructivo para lograr los resultados deseados.

Si tales cambios básicos en el proceso no son posibles por limitaciones en conocimientos, tiempo o costos, entonces habrá que considerar el diseño del producto. Puede ser que el ingeniero proyectista “juegue” con el diseño que da el problema y logre la misma función del producto con un arreglo diferente. Para auxiliar al ingeniero proyectista en ocasiones como esta, será necesario analizar el diseño estudiado, los efectos acusados por los parámetros importantes a niveles variables, por medio de diseño de experimentos.

9. ANÁLISIS DE DATOS DE PRUEBAS

Para obtener la máxima utilidad de la técnica de análisis de datos, es muy importante que los datos en que se apoya el análisis – como las mediciones de parámetros a los niveles correctos, presentados en su secuencia natural – sean datos dignos de fe. Estos datos proporcionan los medios para descubrir síntomas que revelan mucho a cerca de la calidad del artículo sometido a prueba.

Los análisis resultantes sirven a menudo para diagnosticar las causas de actuación anormal, de suerte que se puede ejercer acción apropiada en cada caso sometido a prueba. Proporciona también medios para explorar dentro del diseño y del proceso e introducir cambios que acaben con una calidad apenas aceptable.

10. ANÁLISIS DE LAS QUEJAS DE CAMPO

El análisis de las causas de insatisfacción del cliente es básico para esta técnica, estructurado de forma que las áreas de acción correctiva necesaria, se puedan señalar para las operaciones de producción que requieren de mejoras en la calidad. La rápida colección de datos que incluye toda la información pertinente no sólo ayuda en la identificación de problemas posibles dentro del proceso de producción, sino que ayuda a señalar que función de la compañía debería ser responsable por la acción correctiva orientada al proceso.

2.5 ANÁLISIS Y MEJORA DE LOS PROCESOS

2.5.1 FILOSOFÍA Y CONDICIONES BÁSICAS PARA EL CONTROL Y LA MEJORA

El control se inclina más por hacer el uso máximo de las capacidades existentes y producir una mejora gradual al introducir diversas medidas de prevención de la reaparición de problemas al mismo tiempo que mantiene los estándares actuales. No consiste meramente en mantener el *statu quo*. La mejora por otra parte, quiere decir dar pasos para mejorar las capacidades existentes. A primera vista, por tanto, el control y la mejora parecen ser trabajos diferentes. El problema es que las personas suelen pensar en el control y la mejora como si fueran trabajos separados y con personas responsables diferentes para cada uno de ellos. De hecho están relacionados de una forma particular.

Cuando tratamos de ejercer el control, la mejora ocurre de forma natural; cuando tratamos de efectuar la mejora, comprendemos de forma natural la importancia del control. En otras palabras el control y la mejora son como las ruedas de una bicicleta, si una de ellas no gira correctamente, la bicicleta no avanzará con fluidez.

Aunque la mejora consiste en buscar activamente los problemas y hacerles frente, se puede dividir en dos tipos diferentes:

- a) Mejora del entorno inmediato de uno en uno
- b) Mejora a escala total basada en las prioridades

La primera consiste en que las personas de cada puesto de trabajo buscan activamente los problemas de su entorno inmediato y les hacen frente uno a uno. Este es el tipo de mejora promovido por el uso de las actividades de los círculos de control de la calidad, los esquemas de sugerencias y otros esquemas para promover la originalidad y el ingenio en el puesto de trabajo.

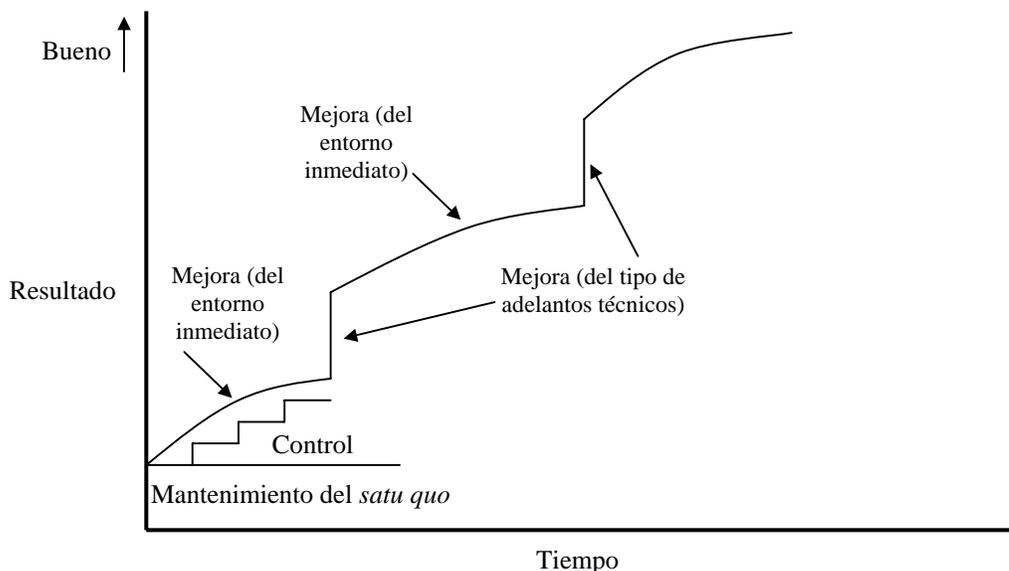


FIGURA 1: LA FILOSOFÍA DEL CONTROL Y LA MEJORA

La segunda consiste en la que una empresa establece prioridades y trata de mejorar por medio de la innovación técnica; requiere inversiones en investigación, desarrollo y equipo. Este tipo de mejora la realizan equipos de proyectos, grupos de trabajo, equipos de control de la calidad u organizaciones funcionales. Sin embargo, una vez se han establecido las prioridades y se han reunido los conocimientos de todos, sorprendentemente se ve a menudo que los problemas que se pensaban que requerían este tipo de mejora, son problemas de mejora continua.

Las relaciones entre el mantenimiento del *statu quo*, la mejora continua, y la mejora basada en los adelantos, están dibujadas en la figura 1.

2.5.2 OBSTÁCULOS PARA LA MEJORA

El progreso y el desarrollo sólo se dan cuando se ponen en práctica varios tipos de mejoras, empezando con la mejora de la calidad. En épocas de rápidas innovaciones tecnológicas y de cambios económicos como la actual, el mantener el *statu quo* y no realizar mejoras innovadoras significa en realidad ir hacia atrás.

El principal enemigo de la mejora es la gente, y algunas de las barreras que levanta se enumeran a continuación:

- 1) Actitudes negativas por parte de las personas que tienen autoridad, empezando por los presidentes de la empresa y bajando por los directores de departamentos operativos, los directores de fábrica y directores de ventas hasta los directores de sección.
- 2) Creer que todo es genial y no existen problemas.
- 3) Creer que "como siempre se ha hecho así" es lo más fácil y lo mejor; confiar en la propia experiencia solamente y en la de nadie más.
- 4) Estar satisfecho con el *statu quo*.
- 5) Pensar sólo en uno mismo y en la propia área de responsabilidad; ser incapaz de escuchar los puntos de vista de los demás.
- 6) La ausencia de estímulos de fuera del departamento o de la empresa.
- 7) Malos juicios por parte de los superiores y directores; temor de perder prestigio.
- 8) Suprimir a los demás en persecución de las propias ambiciones.
- 9) Conocimientos técnicos y estadísticos, inteligencia, inventiva, originalidad, juicio y habilidad práctica inadecuados.
- 10) No hacer nada por miedo al fracaso, ya que a menudo se cometen equivocaciones cuando se cambian las cosas.
- 11) La práctica de los superiores de criticar siempre las equivocaciones de sus subordinados y no alabarlos jamás por sus éxitos.

Estos no son más que algunos de los muchos obstáculos que se interponen al deseo de realizar mejoras, y la mayoría de ellos son erigidos por las personas. Para derribar estas barreras hace falta confianza en uno mismo, valor, espíritu de cooperación y un ardiente espíritu pionero y la motivación para realizar adelantos, junto con las tácticas, la estrategia y las técnicas correctas, y un esfuerzo incesante.

2.5.3 CONDICIONES BÁSICAS PARA MEJORAR

Para promover la mejora, hace falta lo contrario de los obstáculos para mejorar. Las condiciones básicas para mejorar son principalmente una cuestión de actitudes de las personas, e incluyen lo siguiente:

- 1) Los directivos tienen que ir a la cabeza y demostrar su deseo de mejorar. Tienen que comunicar la política básica (la política de la empresa), y los objetivos concretos, e inculcar en toda la empresa una atmósfera cargada de un celoso espíritu pionero y un anhelo de alcanzar mejoras y adelantos.
- 2) Tiene que ponerse a las personas adecuadas en los trabajos adecuados, y se tiene que delegar la responsabilidad ampliamente.
- 3) Las personas que ocupan puestos de autoridad tienen que ir a la cabeza en la marcha hacia la mejora y buscar constantemente cosas y métodos mejores, y los superiores tienen que ser responsables de sus equivocaciones.
- 4) Se tienen que establecer sistemas para registrar activamente e investigar cuidadosamente las reclamaciones y los problemas de dentro y de fuera de la empresa, y se tiene que crear una atmósfera que fomente esto.
- 5) Se debe iniciar un sistema de sugerencias, fomentar la creatividad y el ingenio, revisar las normas internas y celebrar reuniones de imaginación creativa.
- 6) El personal debe ser reorganizado periódicamente y deben ser mejoradas las organizaciones.
- 7) Se deben aclarar los sistemas de recompensas y penalizaciones, especialmente los sistemas de recompensas.
- 8) Se debe dar a las personas la ocasión de experimentar el espíritu de cooperación y de trabajo en equipo.

2.5.4 LOS PASOS PARA MEJORAR

Los siguientes son los pasos que se deben dar para efectuar la mejora:

- 1) Realizar investigaciones y análisis para identificar el *statu quo* y poner de manifiesto los problemas.
- 2) Decidir que problemas abordar y establecer metas.
- 3) Fijar las estructuras y responsabilidades de las organizaciones para mejorar; formular planes de actividades.
- 4) Identificar el *statu quo*.
- 5) Llevar a cabo el análisis de los procesos.
- 6) Preparar los planes de acción.
- 7) Acometer las acciones.
- 8) Comprobar los resultados.
- 9) Realizar la prevención de la reaparición de problemas, la normalización y los arreglos permanentes.
- 10) Establecer el control.
- 11) Identificar los problemas remanentes y revisar los progresos.
- 12) Preparar los planes para el futuro.

Además de procedimiento para mejorar, esto también podría llamarse procedimiento para descubrir y resolver problemas.

2.5.5 INVESTIGACIONES Y ANÁLISIS PARA PONER DE MANIFIESTO LOS PROBLEMAS

Cuando se ha descubierto el problema real, ya se está a la mitad del camino hacia su resolución. Si no se ejercita adecuadamente el control, no se pueden descubrir las áreas problemáticas, y las personas no hacen más que darle vueltas confusamente. Los puntos clave de la investigación y el análisis, con el fin de detectar los problemas, son los siguientes.

- 1) Tanto los trabajadores de la línea de producción como los de *staff* son responsables de esta clase de investigación. Sin embargo, los directivos son responsables de descubrir los problemas y tomar decisiones. Todos los empleados de la empresa son responsables de la investigación y todos deben estar preparados para hacer de investigadores. Todo el mundo debe ser consciente de los problemas y señalar activamente los mismos sin que se les diga que lo hagan.
- 2) Se tiene que identificar cuidadosamente la situación real. Esto puede querer decir, por ejemplo, mirar atentamente el puesto de trabajo y descubrir las verdaderas capacidades de los procesos.
- 3) Para identificar el *statu quo*, establecer la política y descubrir los problemas hacen falta datos. A menudo, no es fácil encontrar éstas clases de datos (datos estratificados, distribuciones de frecuencia, gráficos de Pareto, gráficos y gráficos de control).
- 4) Se pueden reunir los conocimientos de todo el mundo (preguntar la opinión de todos los implicados, emplear esquemas de sugerencias, celebrar sesiones de creatividad imaginativa).
- 5) Cuando hay un plan de beneficios claro, se debe dar a las personas fechas tope para descubrir los problemas que, cuando se resuelvan, producirán un ahorro superior a cierto mínimo.
- 6) Tiene que haber un departamento responsable de acumular los datos de las investigaciones, analizarlos y detectar los problemas desde un punto de vista general. Sin embargo, todos los departamentos deben remitir datos, y los directivos tienen que tomar las decisiones.
- 7) Tiene que haber un medio para mejorar que la información no esté distorsionada ni sesgada, que la red de información esté intacta y la información sea exacta.

2.5.6 DECIDIR QUE PROBLEMAS HAY QUE ACOMETER

- 1) Deben decidirse de antemano los métodos para determinar que problemas deben acometerse y cómo evaluar los resultados. La autoridad para hacer esto dependerá de cada empresa particular pero, en principio, esta autoridad debe residir en los directivos. Esto debe anunciarse públicamente.
- 2) El *staff* debe acometer varios problemas importantes para mejorar, estimar los costos que ello acarreará, y los posibles beneficios (económicos y de otro tipo), y preparar los planes sobre los que los directivos hayan de tomar decisiones en línea con la política de la empresa. Cuando se haga esto, deben solicitar y considerar las opiniones de tantas personas como sea posible.

- 3) Se tiene que decidir entre problemas crónicos y esporádicos. Los problemas esporádicos no requieren mucha atención; los problemas más importantes económicamente son los crónicos y a los que todo el mundo ha renunciado.
- 4) Los problemas más graves deben acometerse a través de un esfuerzo cooperativo por toda la empresa. Con éste fin, es mejor dar a cada departamento un papel en la acometida del problema en vez de hacer que las selecciones individuales acometan temas de mejora.
- 5) Se deben indicar tan específicamente como sea posible las metas de mejora y las fechas límite en las áreas de personal, calidad, costo, cantidad, etc., por medio de cifras.
- 6) En la medida de lo posible, se deben establecer presupuestos para los costos de la mejora (incluyendo los costos de las investigaciones así como de las acciones).
- 7) Es, obviamente, necesario discutir la probabilidad de que se solucione un problema cuando se decide qué problemas acometer; sin embargo, si se presta demasiada atención a esto, se corre el peligro de que se abandonen los problemas más graves y se dedique demasiado tiempo a fruslerías. No abandonar jamás la esperanza de encontrar una solución.
- 8) Restringir el número de problemas de mejora importantes de acuerdo con el principio de Pareto. Si hay demasiados problemas importantes, pierden su importancia.
- 9) Decidir de antemano cómo se verificarán y evaluarán los resultados.

2.5.7 INVESTIGACIONES PARA DESCUBRIR PROBLEMAS

Para llevar a cabo las investigaciones que identificarán los problemas es necesario conocer los siguientes puntos:

1) Descubrir los problemas es deber de los directivos

Las personas que están en muchas empresas y puestos de trabajo no intentan pensar en o investigar los posibles problemas; en su lugar, van dando vueltas en círculo haciendo esto y lo otro en un intento de hacer frente a las roturas y accidentes imprevistos que aparecen diariamente. Característicamente, pasan el tiempo peleando por acomodar las exigencias de los aumentos de producción temporales o corriendo de un lado a otro tratando de hacer frente a las disminuciones de la producción, a las modificaciones de los planes y a las reclamaciones triviales.

Muchas personas que ocupan cargos de liderazgo han olvidado su verdadero trabajo que es delegar la autoridad, tener siempre el control y crearse tanto tiempo libre como sea posible durante el cual puedan reflexionar tranquila y profundamente, y decidir cuales son los problemas mayores en sus propios dominios (y, desde un punto de vista más general, en su empresa como un todo) y qué debería hacerse en el futuro. Cuanto más alto sea su cargo, más tienen que pensar en el futuro.

2) Recogida de datos e información para poner de manifiesto los problemas

Es responsabilidad del *staff* de un directivo o de sus subordinados recoger los datos y la información necesarios para poner de manifiesto los problemas. Tal y como están las cosas, o

no hay bastante de este tipo de datos o, aunque estos datos estén disponibles, se suprimen o amañan deliberadamente durante su camino, mientras que otros se pasan demasiado tarde o sólo después de que haya sucedido una crisis grave.

Par alcanzar los objetivos de identificar los problemas, tenemos que obtener una información exacta, aunque al principio sólo sea de muestras. Algunas características de esa información son las siguientes:

- a) Excepto en casos especiales, la información que necesitamos consiste en los datos recogidos a lo largo de un periodo determinado de tiempo. Los problemas aparecen en los datos procedentes de periodos de, por ejemplo, una semana, un mes, un periodo contable, o un año; los directivos de niveles medios deberían utilizar normalmente los datos de un periodo de tiempo más corto, mientras que los directivos de niveles superiores deberían utilizar los datos de periodos más largos. Si no se hace esto, acabarán por ir al retortero a causa de problemas repentinos e imprevistos o problemas de control, y se encontrarán así mismos corriendo de un lado a otro haciendo frente a trivialidades. Se tenderá entonces a pasar por alto los muchos problemas rentables.
- b) Los datos utilizados para descubrir los problemas deben consistir principalmente en datos sobre las características y los resultados (calidad, volumen, costo, beneficios, etc.), no sobre las causas.
- c) Tales datos deben ser, por supuesto, estratificados de forma que faciliten el análisis. Con un poco cada día es suficiente, pero es vital recoger los datos estratificados con el fin de poner de manifiesto los problemas. Los datos se analizan luego con herramientas tales como los diagramas de Pareto, las distribuciones de frecuencia, las hojas de comprobación y los gráficos de control.

3) Captar el *statu quo*

Para poner de manifiesto los problemas, tenemos que obtener una imagen clara de la situación actual. No tenemos que dejarnos engañar por datos o información no confiable; es vital echar una buena mirada al “lugar del crimen” real y comprender bien el *statu quo*. A menudo la gente se equivocaba antiguamente por un exceso de compensación, por que corrían a tratar las causas sin comprender realmente el estado actual.

4) Uso de conocimientos puestos en común

También es una buena idea acumular propuestas para mejorar a través del uso de un sistema de sugerencias y procedimientos para ofrecer opiniones. Aunque la conveniencia de semejante sistema es obvia y debe promocionarse vigorosamente, también es útil ir más atrás, hasta el origen, y hacer que un gran numero de personas definan los problemas y las dificultades con que se enfrentan. Para lograrlo, se recomienda que el sistema de sugerencias incluya las definiciones de problemas así como las propuestas para mejorar. Luego, deben organizarse los datos sobre estos problemas para su análisis en forma de diagrama de Pareto. Probablemente también sería conveniente celebrar sesiones de imaginación creativa para identificar los mayores problemas.

5) Los problemas se deben identificar en términos económicos

Siempre que sea posible, los problemas se deben expresar en términos de su denominador común, el dinero. Las estimaciones aproximadas son aceptables pero los problemas deben identificarse realmente a través de la contabilidad y del control de costos, y el suministro de esta clase de información es el servicio más importante de las secciones contable y de control de costos de una empresa. Aun cuando el número total de unidades defectuosas sea pequeño, los defectos críticos constituyen a menudo una gran pérdida económica. Las hojas de control deben estar dispuestas de forma que sea fácil ver si los costos unitarios son demasiados elevados y qué factores tienen el mayor efecto sobre el rendimiento, la fracción de unidades defectuosas, los reprocesos, ajustes, etc.

6) Localización de los problemas

Los problemas existen en los lugares en que las personas se han resignado a la situación presente o están convencidas de que no hay nada mal. Existen donde quiera que haya pérdidas crónicas.

2.5.8 COMO HACER LA ESTRATIFICACIÓN

Ni la mejora ni el control son posibles sin la estratificación. Se hace un hincapié en que la estratificación es necesaria para el control, para detectar los problemas y para estudiar las medidas de mejora. A continuación se explican los principios generales de cómo hacer la estratificación.

- 1) Cuando se recogen los datos, se deben estratificar con arreglo a las diferentes condiciones, causas, localizaciones o lotes que parezca que pueden dar lugar a unidades defectuosas, pérdidas y otros problemas. Por ejemplo, podríamos estratificar por el tipo de unidad defectuosa, el tipo de defecto, la materia prima, el día, turno, etc.
- 2) Las piezas o elementos deben identificarse con números, tarjetas, notas, colores o símbolos para mantenerlos separados, y los materiales y los productos deben pasar por el proceso en lotes.
- 3) Todo el mundo debe tener cuidado en mantener separados los lotes, disponer de métodos adecuados para trasladar los materiales y designar buenos trazados y sistemas para almacenarlos.
- 4) Las unidades defectuosas, los reprocesos, desechos, etc., deben ser clasificados separadamente según la causa del defecto.
- 5) Se debe establecer un buen sistema de notas.
- 6) Debe realizarse una inspección analítica (obtener datos de todas las características de todos los elementos).

Son posibles muchas otras ideas, pero mientras todas las personas afectadas (incluyendo a los que están en planta) sean conscientes de la importancia de la estratificación, y si se tiene un poco de cuidado con el sistema de notas, la segregación de los lotes, el método de transporte, etc., la estratificación puede lograrse con relativa facilidad.

2.5.9 GRÁFICOS

Algunas características útiles de los gráficos son que indican claramente los cambios con el tiempo, nos permiten comprender las cosas intuitivamente con más facilidad que lo hace un montón de números, y hacen más fácil la localización de cambios anómalos.

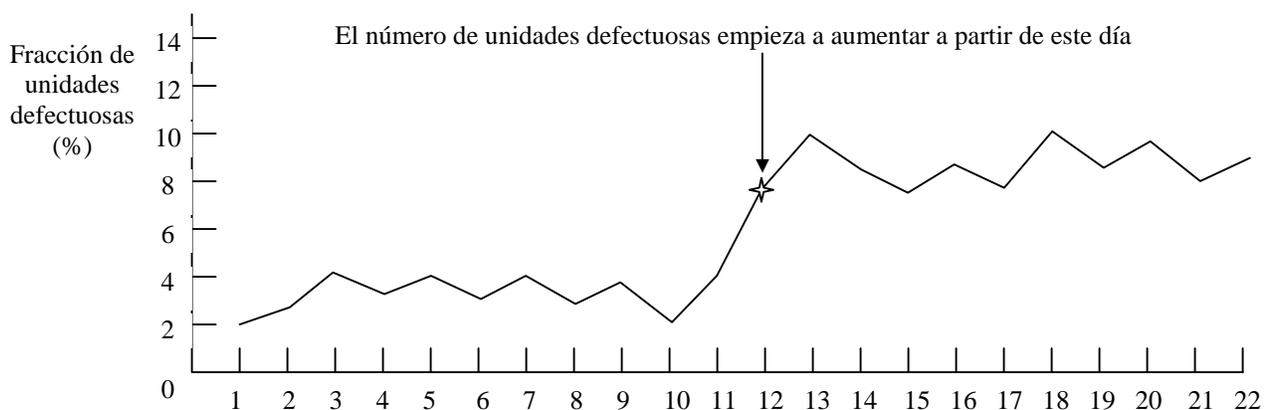
Los gráficos se pueden interpretar de muchas maneras, en la figura 2 se muestran algunas formas típicas en que se dan las unidades defectuosas.

La figura 2(a) muestra que las unidades defectuosas aumentaron mucho, y empezaron en un día determinado. En casos como este, la causa se encuentra enseguida mirando atentamente para ver si tuvo lugar algún cambio alrededor del momento del aumento.

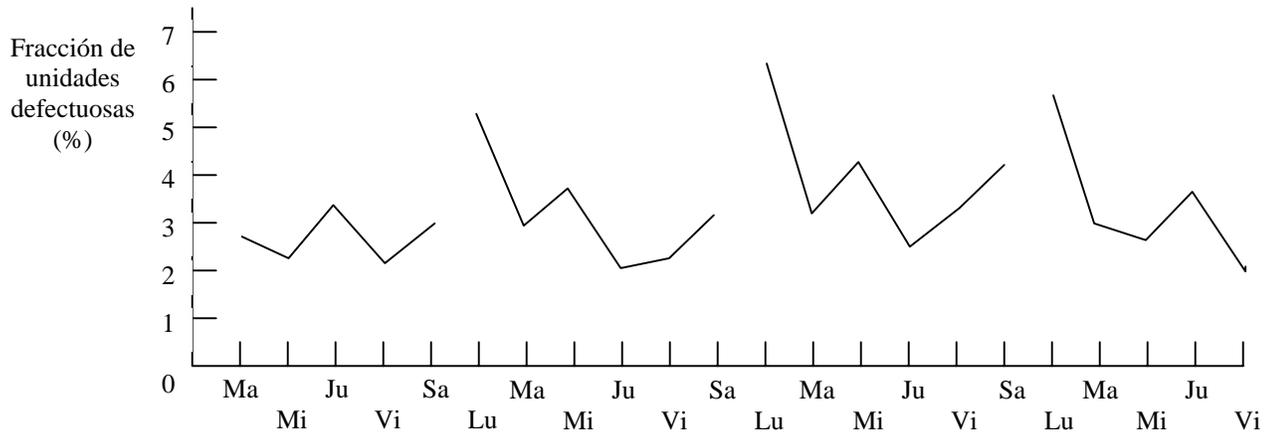
La figura 2(b) muestra una periodicidad. Las unidades defectuosas a menudo aumentan así los lunes, los sábados, los días de paga o el día después.

La figura 2(c) muestra que las unidades defectuosas aumentan esporádica e inesperadamente. Semejante situación se confunde a menudo como si fuera indicativa de un problema grande, pero este tipo de problema a menudo está relacionado con el control y se puede resolver instituyendo un control más estricto.

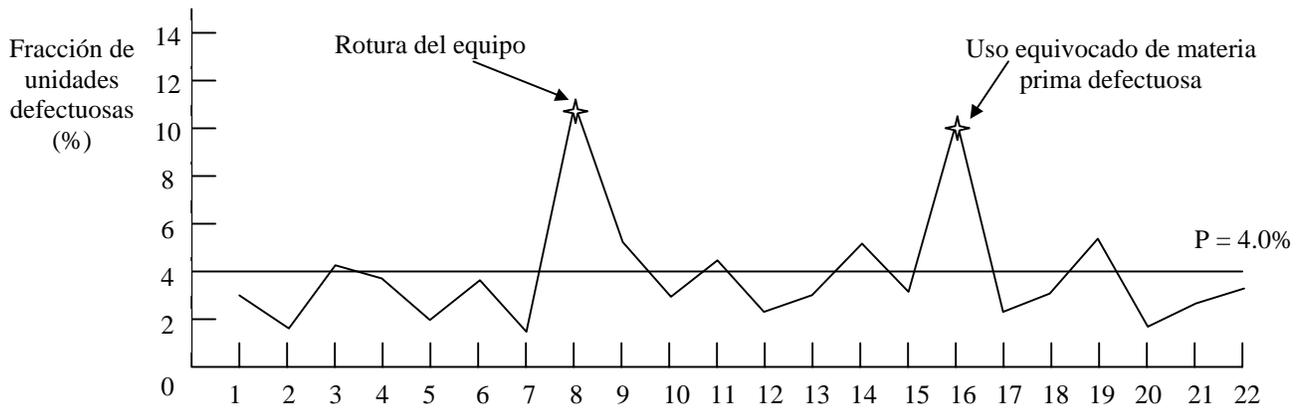
En la figura 2(d) la fracción de unidades defectuosas está entre un 5% y un 9% todos los días y parece ser más o menos estable. Las unidades defectuosas de este tipo se llaman “unidades defectuosas crónicas” y, como son crónicas, las personas se resignan a ellas a menudo por considerarlas naturales e inevitables. Sin embargo, tales unidades defectuosas frecuentemente ocultan problemas graves. Sería una buena idea expresar las cosas en términos económicos y hacer algunos cálculos de prueba para ver cuantos beneficios podrían obtenerse si la fracción de unidades defectuosas diarias media, p , se redujera del 7.4% al 3% o menos (o incluso si la p del 4% de la figura 2(c) se redujera al 2%).



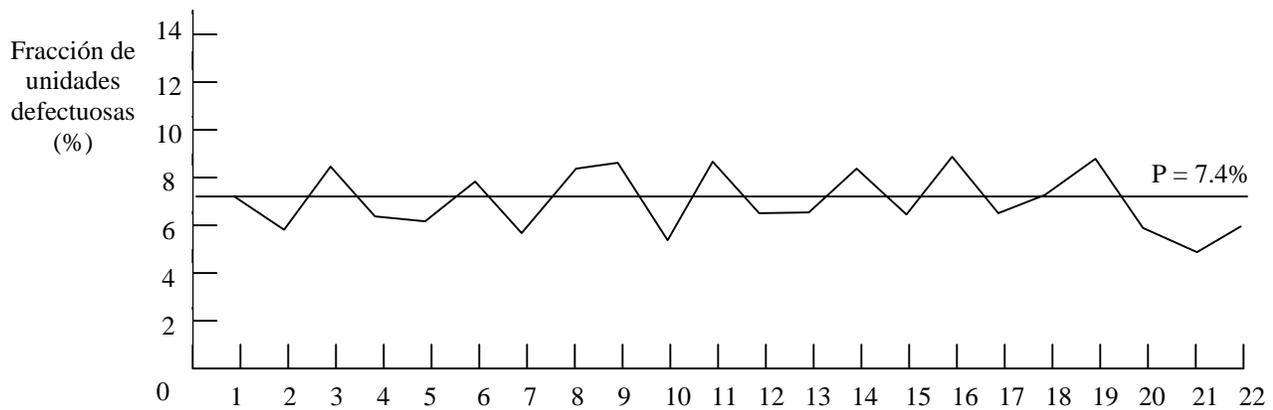
(a) Aumento sostenido de las unidades defectuosas



(b) Aparición periódica de unidades defectuosas



(c) Unidades defectuosas esporádicas



(d) Unidades defectuosas crónicas

FIGURA 2: GRÁFICOS QUE MUESTRAN LA APARICIÓN DE UNIDADES DEFECTUOSAS

2.5.10 DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO

Los diagramas de causa y efecto, ilustran la relación entre las características (los resultados de un proceso) y aquellas causas que, por razones técnicas, se consideran que ejercen un efecto sobre el proceso. Permiten que se resuman todas las relaciones entre las causas y efectos de un proceso. Cuando se utilizan junto con otras herramientas estadísticas, tales como los diagramas de Pareto, los diagramas de causa y efecto son útiles para promover la mejora del proceso según prioridades, acumular y organizar los conocimientos y la tecnología, consolidar las ideas de todos los empleados sobre las actividades relacionadas con el control, y facilitar las discusiones, la educación y otros diversos aspectos de las relaciones humanas. También son útiles para toda clase de actividades de la calidad, cantidad, plazos de entrega y control de costos durante el desarrollo de nuevos productos, investigación y desarrollo, construcción de nuevas plantas, etc.

COMO HACER UN DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO

- a) Decidir la característica que se ha de considerar.
- b) Dibujar una flecha horizontal en el centro de una hoja de papel convenientemente y anotar la característica en cuestión en el extremo derecho de la flecha. Esta flecha, que forma el eje del diagrama, representa el proceso en consideración.
- c) Elegir unos nombres generales para las características sustitutas o las causas, y anotarlas en el diagrama por medio de flechas más pequeñas, empezando por la izquierda y siguiendo el orden del proceso. Se deben utilizar categorías generales tales como materias primas, equipo, métodos de trabajo, personas, condiciones ambientales, métodos de muestreo y métodos de medida. No hay reglas específicas para dibujar el diagrama; lo importante es desglosar las categorías por medio del uso de ramas secundarias, terciarias, etc., explicadas más adelante en (d), hasta el punto en que se hayan identificado las causas sobre las que se pueda actuar. Las ramas principales deben designarse con los nombres de las causas enmarcadas. Recordar las “5 emes” para el control de los procesos (mano de obra, materiales, maquinas, métodos y medido de medición) cuando se decidan las ramas principales, como se indica en la figura 3.
- d) Tomar las causas y desglosarlas todavía más, utilizando las ramas secundarias y terciarias. Por ejemplo, se puede utilizar la temperatura, el tiempo, la velocidad, la carga, etc., como ramas secundarias del contenido de humedad en un proceso de secado. Tratar de comprender las relaciones entre causa y efecto todo lo posible y seguir multiplicando el número de ramas secundarias repitiendo la pregunta, ¿Por qué?, ¿Por qué?, ¿Por qué? una y otra vez. Seguir escribiendo ramas secundarias y terciarias hasta que eventualmente se alcance una causa sobre la que se pueda actuar. Enumerar las causas sin más no es muy útil en realidad.
- e) Cuando se hayan registrado todas las causas posibles, clasificarlas por orden según la influencia que ejercen, basadas en su significado técnico o según se decida en una votación.

- f) Anotar siempre la fecha de preparación cuando se haga un diagrama, y añadir las fechas de cualesquiera revisiones, ya que estas dan una indicación de los progresos.

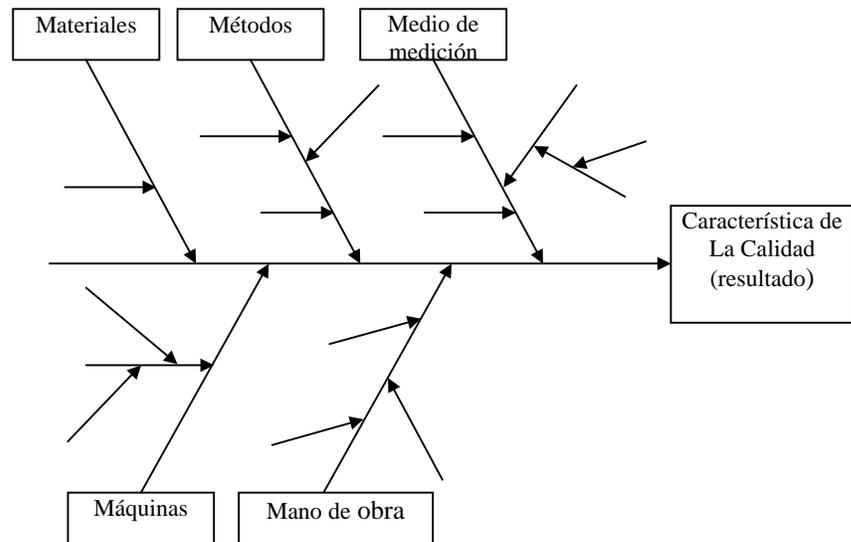


FIGURA 3: LAS 5 “EMES” PARA CONTROLAR LOS PROCESOS

CAPÍTULO 3

PROCESOS BÁSICOS PARA LA CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA OBRA

El objetivo de este capítulo es demostrar los pasos a seguir en los procesos constructivos de una obra, las actividades que se deben realizar dentro de la planeación, la ejecución, el control y la entrega recepción, de tal forma que estas fases del proceso se realicen correctamente para obtener resultados de calidad en las obras.

CAPÍTULO 3

PROCESOS BÁSICOS PARA LA CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA OBRA

La planeación, la ejecución, el control y la entrega son la base de todo proceso constructivo, si alguno de estos cuatro pilares falla, el proceso también fallará y por tanto, el objetivo de la calidad no se cumplirá.

3.1 LA PLANEACIÓN

En la oficina central es donde nace la factibilidad de un proyecto. Aquí se hace el presupuesto que es la base de competencia y adjudicación de una obra.

Hasta ahora, la mayor parte de las compañías constructoras se han dedicado a desarrollar proyectos que ya están diseñados y lo que ha sido importante dentro del proyecto es cumplir con la especificación. Sin embargo, en los últimos tiempos de contratación ha empezado a sufrir modificaciones y se encuentran ejecuciones de obras concesionadas y proyectos llave en mano, que compromete a la compañía constructora a hacer alianzas estratégicas para desarrollar el proyecto encomendado desde el diseño y hasta la entrega final del mismo a su dueño.

La calidad de un proyecto debe iniciar cuando se realizan los estudios preliminares y se presenta con una idea real y clara el proceso de desarrollo. Muchas veces, el dueño de la obra no esta relacionado con la construcción y para él su objetivo primordial es realizar la obra. Aquí el diseñador entra a plasmar todos los deseos del cliente, de acuerdo con los estudios previos y con los recursos con que se cuenta.

Cuando la constructora entra a la cadena de la calidad, en la mayoría de los casos ya el proyecto existe y su labor es proponer un presupuesto para desarrollarlo. La constructora generalmente tiene poco tiempo para preparar su propuesta y, usualmente su habilidad de hacer las cosas bien estará a prueba desde aquí. Por lo tanto, se exige una planeación que optimice al máximo la disposición de recursos.

La constructora debe contar, entre otras cosas, con gente capacitada para entender y descifrar dentro de un proyecto, lo “poco vital de lo mucho trivial”, (Deming, E.), una compañía realmente consciente debe de entender que todo lo que se solicita en un presupuesto se debe incluir pero no todo merece la misma dedicación. Cuando ya se han localizado los puntos relevantes, las especificaciones y condiciones serán la información más importante a transmitir, esta deberá ser completa y clara, para que el proveedor pueda captarla sin deformación alguna.

Para la constructora que es quien coordina el desarrollo de la obra y que controla el presupuesto contra lo ejecutado, la calidad está orientada hacia el cumplimiento con el dueño del proyecto. Por lo tanto, su compromiso es seleccionar el personal capacitado y apto para ejecutar la obra, tener criterio analítico para elegir a sus proveedores (contratistas) y revisar especificaciones, costos y tiempos, para entregar garantía y cumplimiento al cliente.

Todas las personas que participan dentro del proyecto deben tener presente, que el proyecto cotizado, de ser posible no debe sufrir modificaciones, ya que todo cambio es factor de disminución de la calidad. La prevención es la prioridad. Es más eficiente prevenir problemas que gastar tiempo y dinero corrigiéndolos.

El proveedor

El proveedor en construcción puede proporcionar materiales, herramientas, mano de obra o todo lo anterior. Deberá existir una clasificación de ellos para poder ser comparados y analizados de acuerdo a sus capacidades.

La relación de confianza del cliente con el proveedor es importante para pensar en la calidad, aquí la constructora es el cliente y sus necesidades deben ser claras para quien cotiza. Por otro lado, es necesario contar con varios proveedores para permitir hacer comparaciones de diversa índole y así, seleccionar al mejor, no sólo basado en el costo de su propuesta sino en las ventajas referentes a la calidad y compromisos que éste asegure. Generalmente las compañías van seleccionando y descartando proveedores, y de esta forma el grupo se va reduciendo, hasta poder llegar a un punto donde es posible concordar con la teoría de la calidad de Deming. Es decir, en lo referente a su punto número 4 de los 14 puntos aplicados a la calidad (Fuente: Walton, Mary. “Como Administrar con el Método de Deming”. Ed. Norma. 1992. Pag. 71), dice que la calidad se puede lograr al reducir el número de proveedores de un mismo artículo.

3.1.1 LA PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO

CONCEPTO Y MISIONES

La planificación del trabajo es la unidad dentro de la empresa que planifica el desarrollo del trabajo en las obras.

La misión de la planificación del trabajo consiste en la creación de estas condiciones óptimas mediante la elección de los procedimientos de trabajo más económicos en cada caso y la preparación de la mano de obra, maquinaria, materiales más adecuados, en cantidad suficiente y en estado apropiado, en el momento necesario y en el lugar preciso.

La planificación del trabajo constituye, por consiguiente, un problema de planeamiento y disposición y no cabe duda que los contratos siempre se podrán realizar de forma más económica, cuando se han pensado a fondo antes de su realización, ya que con ello se puede eliminar, en gran parte, pérdidas de distinto origen.

REQUISITOS PREVIOS

Con el fin de garantizar el posible éxito total de la planificación del trabajo, es decir, del desarrollo óptimo del mismo, se tienen que dar distintas premisas.

Premisas por parte del propietario:

- Antes de iniciar las obras se debe disponer de planos suficientemente elaborados para toda la obra.
- Las modificaciones de los planos deben limitarse a un mínimo durante la realización de las obras.
- Las condiciones del subsuelo deben aclararse a tiempo.
- Entre la adjudicación y la iniciación de la obra se debe disponer de un intervalo de tiempo suficientemente grande para la planificación del trabajo.
- Las obras deben adjudicarse en lotes grandes para poder emplear la producción rítmica de la ejecución.

Premisas por parte de la empresa:

- Se tiene que conocer la mano de obra y los medios auxiliares disponibles (maquinaria).
- Se debe poder estimar con suficiente exactitud la cuantía de los rendimientos y costos de la mano de obra y de los medios auxiliares.
- Los métodos de la planificación del trabajo deben ser conocidos.
- Se tiene que disponer de colaboradores formados para la realización de la planificación del trabajo.
- El gasto originado por la planificación del trabajo debe guardar una relación adecuada con las economías atribuibles a la misma.

¿QUIÉN DEBE REALIZAR LA PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO?

La planificación del trabajo puede realizarse en la empresa constructora bien por los respectivos jefes de obra para sus correspondientes obras, o bien en una oficina central de racionalización del trabajo.

En la oficina de racionalización se puede elaborar medios auxiliares para la planificación del trabajo como, por ejemplo, cuadros, de los que se desprende con antelación de semanas y meses la ocupación de la maquinaria y la utilización de mano de obra. Por otra parte, se pueden recopilar rendimientos para maquinaria y mano de obra, sacados del análisis de resultados o de estudios de trabajo, para ser utilizados nuevamente. Sólo así cabe realizar la planificación del trabajo de tal forma que los plazos y rendimientos preestablecidos se cumplan también en la realidad.

El realizar la planificación del trabajo en una oficina central tiene, además, la ventaja de que se pueden tener en cuenta las necesidades y posibilidades de toda la empresa y no sólo las correspondientes a las distintas obras.

De esta forma es posible conseguir una disposición más favorable de la mano de obra y maquinaria, y su óptima utilización. Sólo con una planificación del trabajo centralizada se puede establecer una comparación útil de los rendimientos previstos con los reales correspondientes a la mano de obra y a la maquinaria.

MEDIDAS

A la planificación del trabajo pertenece una serie de medidas que se resumen a continuación, indicando los problemas más importantes.

Comprobación de los planos

En primer lugar es necesario someter los planos del propietario, en su caso, a una comprobación crítica para ver si están completos, si son correctos y si se pueden realizar. En muchos casos se les podrán preparar a la propiedad propuestas de mejora para una realización más económica, por ejemplo, en lo relativo a la utilización de elementos prefabricados.

Mediciones

Para toda la planificación resulta de importancia las mediciones de las distintas partidas. Por ello, es aconsejable, a ser posible antes del comienzo de las obras, realizar una medición exacta. Las cantidades así determinadas pueden utilizarse tanto para la planificación del trabajo como para el análisis de resultados y para la facturación con la propiedad.

Disponiendo de planos completos se puede determinar también las mediciones antes de iniciar obras, y con ello fijar el precio del contrato total.

Determinación de las necesidades de materiales

Una vez conocidas las mediciones se puede determinar también la necesidad de materiales. Una lista de materiales, clasificada por tipos de materiales, permite que compras curse a tiempo los pedidos necesarios a los suministradores.

La lista de materiales se clasifica por partidas y se ajusta cuando se producen modificaciones. Si para esta lista se utilizan las mediciones exactas, sirven éstas también como medio auxiliar para controlar las desviaciones de cantidades en la ejecución de la obra.

La obra recibe un ejemplar de la lista de necesidades de materiales con objeto de que se pueda solicitar a tiempo la entrega de una parte de la cantidad pedida correspondiente a los materiales necesarios de las distintas partidas.

Determinación de los métodos de trabajo

Una de las misiones más importantes de la planificación del trabajo es la determinación de los métodos de trabajo. La elección del método depende de las circunstancias de cada obra y de la empresa; en caso de duda deben ser los cálculos de rentabilidad los que decidan sobre la elección entre los distintos posibles métodos de trabajo.

A la determinación de los métodos de trabajo pertenece también la preparación de los planos de ejecución e incluso el proyecto de andamios, cimbras y similares.

Elección de la maquinaria

Íntimamente relacionado con la determinación de los métodos de trabajo está la elección de los medios auxiliares más económicos para los distintos procesos.

Los medios auxiliares elegidos se resumen en listas especiales de necesidades. Un ejemplar lo recibe la administración de maquinaria, para poder tener a punto el medio auxiliar en el momento en que se precise, y un segundo ejemplar se entrega a la obra para que puedan solicitarlo a tiempo.

Preparación de la realización de trabajos

En la realización de trabajos se determinan los rendimientos previstos para cada partida de trabajo. Por consiguiente, sirve como base para el control posterior de rendimientos en el análisis de resultados y para el programa de obra.

En los trabajos pocos mecanizados se hace figurar en la relación de trabajos las horas previstas por unidad y cuando se hayan determinado previamente las mediciones exactas, se anotan también las horas totales por partida de trabajo.

Para obras muy mecanizadas se amplía la relación de trabajos. Contiene además la duración prevista o establecida para la realización de cada partida, las maquinas a emplear con sus grados de utilización para cada partida y las tarifas de costos previstos de la mano de obra y maquinaria. En conexión con los rendimientos previstos se deducen también los costos de trabajos previstos por partida.

Planificación del plazo y desarrollo de la obra

El periodo de tiempo, para el cual se puede establecer previamente el programa de obra, depende de la antelación con que puede preverse el desarrollo de la obra o si hay que contar que, por modificaciones o dificultades que surjan, se tenga que variar el proceso de trabajo.

Sin embargo, a ser posible se tendría que establecer un plan de desarrollo de toda la obra, aun cuando sólo facilite una visión aproximada de la evolución prevista. Por regla general, constituye también aquella información, que se facilita a la propiedad con objeto de que se pueda reconocer los plazos previstos para la terminación de la obra o de sus diferentes partes.

Para mantener la claridad de la comparación de lo previsto con lo real se indican en el programa solamente los días de trabajo y las fechas se anotan con posterioridad al indicar el desarrollo real. Con ello se impide que los días en que no se trabaje (especialmente en invierno) no acusen desviaciones aparentes entre la previsión y la realidad.

COLABORACIÓN CON OTRAS UNIDADES

Para realizar con éxito la planificación del trabajo es necesario una fecunda colaboración con otras unidades de la empresa. Así, por ejemplo, planificación del trabajo, estudios de obra, análisis de resultados y liquidación de la explotación deben estar

sincronizados de tal forma que, con relación a los valores de rendimientos y costos, parten de valores iguales y comparables.

Las relaciones con la oficina técnica deben ser buenas. La colaboración entre esta y la planificación del trabajo se inicia cuando se tiene que presentar variantes de la oferta.

Lo mismo es válido para el desarrollo de medios auxiliares, siempre que esto se realice en la oficina técnica y no en la administración de maquinaria. En ocasiones, incluso, debería dar la planificación del trabajo orientaciones en este sentido a la oficina técnica o la administración de maquinaria. La conexión con la administración de maquinaria así como con los transportes y el parque tienen que existir también, por que estas unidades son responsables de tener listos los medios auxiliares o vehículos, dispuestos en la planificación.

Las relaciones entre la planificación del trabajo y la jefatura de obra deben ser muy estrechas. Como ya se ha mencionado, es incluso necesario establecer un plan general para la realización de la obra en estrecha colaboración entre la oficina de racionalización y los mandos de la obra. Esto es imprescindible para despertar el interés de los mandos de la obra en cumplir los programas establecidos.

3.1.2 LA PROGRAMACIÓN

Todo proyecto se elabora teniendo en cuenta su ejecución. En la etapa de ejecución se desencadenan las acciones previstas en la planeación del proyecto, entre ellas la contratación y remuneración del personal, la delegación de autoridad y responsabilidades, la distribución de tareas y la asignación de plazos y recursos para la ejecución de cada actividad elemental.

Cada una de las actividades de un proyecto tarda un cierto tiempo en ejecutarse y para programar el proyecto se necesitan conocer los cálculos de tiempo correspondientes a todas las actividades.

Comúnmente la duración de cada actividad es estimada por un individuo o un grupo que conoce los métodos posibles de ejecución de la actividad de acuerdo con los recursos humanos, equipo, técnica, etc.

La programación debe basarse en una planeación muy cuidadosa de la obra, que defina todos los procedimientos constructivos, que indique la secuencia de todas las operaciones y que sea representada mediante una red de actividades.

Es muy importante tener bien claros los objetivos de la programación, los cuales se mencionan a continuación.

Mediante la programación se desea determinar:

- a) La duración del proyecto.
- b) Que actividades establecen y controlan el tiempo de duración del proyecto (objetivo de la ruta crítica).
- c) Que libertades existen en la ejecución de las actividades que no controlan el tiempo de duración del proyecto (manejo de holguras en la ruta crítica).

Como puede verse, la programación es el resultado del buen uso de la técnica de la ruta crítica, que en términos muy generales es un proceso gráfico, es decir, es una gráfica de actividades. En ésta gráfica cada actividad está representada por una flecha. Cada flecha tiene un origen y un extremo. El origen de una flecha indica el inicio de una actividad y el extremo significa su terminación. De acuerdo a lo anterior, las flechas pueden utilizarse para expresar relaciones entre actividades. Cada actividad de un proceso está relacionada con las restantes de una o más de las maneras siguientes:

- a) Debe preceder de alguna(s) actividad(es).
- b) Debe de seguir de alguna(s) actividad(es).
- c) Puede iniciarse al mismo tiempo que otra(s) actividad(es).

En estos términos, se construye el diagrama de flechas, donde cada flecha tiene asociada una duración y una relación de las antes citadas.

Después que las tareas o actividades de un proyecto han sido definidas y el plan de red ha sido desarrollado con una secuencia lógica; pueden estimarse la duración y los recursos requeridos para cada tarea o actividad. Así mismo, se puede determinar el tiempo requerido para terminar el proyecto de acuerdo con este plan, simplemente con sumar los tiempos de izquierda a derecha (paso hacia adelante) del plan de red.

Por otro lado, si se trabaja hacia atrás a través del plan de red iniciando con la flecha dada al final del plan y las duraciones de subcontratación (paso hacia atrás), pueden ser calculadas las fechas tardías permisibles para cada evento y actividad.

Los pasos críticos constituyen la cadena de actividades cuyas fechas esperadas y tardías permisibles son iguales; las cuales tienen tiempos flotantes igual a cero (demora permitida sin demorar la terminación del proyecto).

Generalmente, un promedio aproximado del 15% de las actividades de una proyecto se encuentran en la ruta crítica, y las actividades restantes tienen un tiempo flotante diferente de cero, el cual puede ser utilizado como holgura y para balancear los requerimientos de recursos.

3.1.3 DIAGRAMA DE FLUJO

DEFINICIÓN

Un diagrama de flujo es una representación gráfica de la solución a un problema. Un diagrama de flujo utiliza, además de palabras, símbolos geométricos para expresar diferentes tipos de operaciones. Es simplemente una descripción pictórica del algoritmo donde se muestran las operaciones pertinentes, los puntos de decisión y la secuencia en que deben realizarse para resolver el problema en forma correcta.

REGLAS PRICIPALES PARA LA ELABORACIÓN DE UN DIAGRAMA DE FLUJO

Aun cuando existen diferentes niveles de diagramas de flujo, se debe seguir las siguientes reglas generales para su elaboración, independientemente de la complejidad del problema.

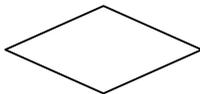
- 1) Utilice símbolos estandarizados.
- 2) Desarrolle el diagrama de flujo de tal forma que se lea de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha siempre que sea posible. No cruce líneas de flujo. Use puntas de flechas para indicar la dirección.
- 3) Mantenga el diagrama de flujo claro, legible y simple. Deje suficiente espacio entre los distintos símbolos. Si la solución a un problema es larga y compleja, divídala en varios diagramas de flujo.
- 4) Escriba mensajes sencillos para describir los distintos pasos a lo largo del diagrama de flujo.

SÍMBOLOS PARA LOS DIAGRAMAS DE FLUJO

Existe un conjunto estándar (ANSI) Símbolos Estándares de Diagramas de Flujo para Procesamiento de Información. Estos símbolos estándares fueron establecidos por el Instituto Nacional de Estándares de los Estados Unidos. El conjunto completo de los símbolos es relativamente grande, sin embargo, para efecto de este trabajo se describirán solamente algunos de ellos a continuación.



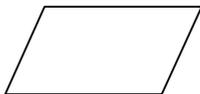
Símbolo de proceso. Un conjunto de instrucciones que procesan información. Con frecuencia un paso de un algoritmo utilizado para representar cálculos, procesamiento o cualquier función no descrita por un símbolo más específico.



Símbolo de decisión. Una función de decisión utilizada donde es posible tener una ramificación o un camino alternativo, basado en una decisión.



Símbolo terminal. Utilizado para representar el inicio o el fin de un procedimiento.



Símbolo de entrada/salida. Una función de un dispositivo de entrada o salida. Indica la necesidad de información en el algoritmo (entrada) o la disponibilidad de información en forma de una respuesta (salida).



Símbolo de conexión. Utilizado para representar una unión en una línea de flujo, para conectar caminos separados en las líneas de flujo y para conectar diversas páginas del mismo diagrama de flujo.

3.2 LA EJECUCIÓN

Una vez adjudicado un proyecto, el trabajo para el inicio de la obra comienza.

Hablar de calidad en una obra, siempre se ha entendido como el cumplimiento de pruebas de control, y aunque es importante para corroborar la calidad de los materiales, dentro de la filosofía de la Calidad Total este proceso no tiene mucho sentido si se ve que estas pruebas solo logran descartar o aceptar un producto terminado pero no permiten determinar dentro del proceso, lo realmente importante; el por qué y donde se falló.

Un buen análisis de los procesos de construcción, es la base para poder hablar de la calidad. El programa de obra no se debe tomar como un requisito más de una propuesta, se debe tomar como base para asegurarle al cliente el cumplimiento de tiempo estipulado de entrega.

El primer paso de la calidad en obra es que el encargado de ejecutar el proyecto, el superintendente, esté informado de todos los aspectos que conforman el proyecto y tenga contacto desde antes de comenzar la obra, con quien lo va a supervisar, con el fin de aclarar y unificar conceptos que faciliten su desarrollo. El proyecto debe estar igualmente entendido y las discrepancias deben ser solucionadas en el momento en que se presenten, de no ser así, los desperdicios y atrasos empezaran a presentarse casi de inmediato.

Hablar de mínimo inventario en obra es hablar de la calidad. Se debe cambiar el concepto de volumen de obra por el de eficiencia. Una obra eficientemente planeada, con proveedores de confianza y comprometidos, no requiere de grandes áreas de almacenamiento.

Calidad de obra es evitar retrabajos, como las demoliciones, cada material debe ser colocado donde es y como es, una demolición no sólo genera aumento de costos, sino que genera mayor tiempo y mala calidad de la obra en general. Aquí es importante que imponer tareas sólo puede lograr disminución de la calidad, las tareas y pago a destajos pueden ser enemigos de la calidad.

El papel del supervisor

El supervisor no debe de entorpecer el trabajo sino que debe aportar información necesaria para evitar errores. Se debe cambiar la mentalidad de que un buen supervisor es aquel que no autoriza lo que está malo, el supervisor debe ser la persona que, conociendo el proyecto bien, pueda dar soluciones o aportes importantes a problemas que se presenten para no detener el proceso.

La seguridad en la ejecución

La seguridad es un aspecto vital en todos los procesos que se van a ejecutar en una obra; esta incluye desde lo más elemental que se traduce en confianza de la calidad de los materiales y equipos y seguridad en el recibo de los mismos hasta lo más fundamental, el cuidado detallado de la vida de quien colabore en las actividades. Todo proceso requiere de un plan de seguridad que sea confiable y sobre todo que cuente con un grupo que se encargue de

hacerlo, de divulgarlo para que sea conocido por todos y posteriormente cumplirlo a cabalidad.

3.2.1 ÓRGANOS RESPONSABLES DE LA EJECUCIÓN DE UNA OBRA

El concepto y la misión de los órganos responsables de la ejecución de una obra son los siguientes:

- Superintendencia
- Jefatura de Obra
- Jefatura de Frente
- Supervisión Final

EL SUPERINTENDENTE

Concepto

El Superintendente es un ingeniero generalmente de grado superior o medio que dirige y liquida obras grandes o varias obras medianas y pequeñas.

Misión

La misión del superintendente consiste principalmente en vigilar la preparación y realización técnica de una obra, respetando las correspondientes medidas de seguridad y las exigencias de la calidad impuestas. Debe ejercer estas funciones de control con relación a los restantes órganos de la ejecución de obra que de él dependan, hasta el momento en que se realice la recepción por parte del cliente o de su representante.

EL JEFE DE OBRA

Concepto

El jefe de obra tiene que organizar y vigilar la realización de los trabajos en una obra y se encarga de las mediciones.

Misión

El jefe de obra tiene la dirección de la obra que se le encomiende. Asume la responsabilidad para una ejecución de obra técnicamente perfecta, sin accidentes, económica y en el plazo previsto, de acuerdo con las prescripciones técnicas correspondientes del contrato de la propiedad y las directrices del superintendente.

EL JEFE DE FRENTE

Concepto

Depende del jefe de obra y cuenta con la colaboración de uno o varios Sobrestantes.

Misión

El Jefe de Frente tiene el cometido de dirigir al personal de la obra que le está subordinado. Se ocupa de preparar el trabajo en cada sitio de acuerdo con los planos de la obra y siguiendo las disposiciones del jefe de obra, da instrucciones de trabajo a los colaboradores, controla continuamente el rendimiento (cantidad y calidad) de los trabajos.

EL SOBRESTANTE

Concepto

El Sobrestante constituye el último mando de la obra, y es el responsable para una determinada cuadrilla (por ejemplo, cuadrilla de albañiles, colocación de concreto, colocación de asfalto, etc.).

Misión

El Sobrestante debe dirigir a los componentes de las cuadrillas de acuerdo con las instrucciones de su jefe inmediato superior, estimulando continuamente sus rendimientos tanto cuantitativa como cualitativamente, y preocupándose de una ejecución correcta de los trabajos de las cuadrillas.

3.3 EL CONTROL

Toda obra de construcción debe contemplar las siguientes actividades relacionadas con el control que aseguren la calidad de la misma:

- Control de proyecto y obra.
- Control de costos y presupuestos
- Control del tiempo

3.3.1 ACTIVIDADES ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

El supervisor por parte del cliente, generalmente nombrado como “Residente”, será el responsable de que toda la información necesaria para la ejecución de las obras esté integrada y completa, para lo cual deberá cumplir con los siguientes puntos:

- 1) Revisará en detalle los planos para constatar la inclusión de todos los elementos arquitectónicos, estructurales o de instalaciones en los planos, así mismo, todos los detalles de construcción enlistando aquellos conceptos que a su juicio requieran mayor detalle para su correcta interpretación y ejecución en la obra, proponiendo posibles planos adicionales.
- 2) Revisará las especificaciones que deberán cumplirse de manera inequívoca durante la ejecución de los trabajos. Se establecerá la obligación del contratista de presentar muestras de materiales para su aprobación, el equipo que asignará la en obra, y en su

caso las pruebas y tolerancias a las que tendrán que someterse las obras terminadas para obtener su aprobación.

- 3) Se verificará la adecuación del proyecto al terreno.
- 4) El Residente y el Superintendente conjuntamente deberán revisar los trazos generales y los aprobarán en bitácora.
- 5) El Residente y el Superintendente conjuntamente realizan sondeos para confirmar la existencia de las interferencias previstas.
- 6) El contratista deberá de apegarse al proyecto, especificaciones, presupuesto y programa en el proceso de la obra y notificará por escrito cualquier modificación a los mismos.

3.3.2 ACTIVIDADES DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.

- 1) Se realizarán juntas semanales para revisar y autorizar los anexos técnicos de los contratos y verificar los recursos materiales y humanos de la obra.
- 2) Se llevará un control de actividades en la obra y se presentará un informe diario de avances.
- 3) Se verificarán y autorizarán estimaciones.
- 4) Se elaborarán programas y se mantendrán actualizados semanalmente.
- 5) Se supervisará que los trabajos se hagan de acuerdo a los proyectos generales y particulares entregados y bajo las normas y especificaciones vigentes, además de las que en su oportunidad fije el proyectista general debiendo de designar a la persona o personas que estén autorizadas por él, para hacer cambios, adiciones o reducciones a los alcances y proyectos aprobados, se efectuarán juntas de trabajo necesarias entre el proyectista y el contratista.
- 6) Se determinaran las cantidades de obra ejecutada como sigue:
 - En forma teórica, de los datos de los planos, memorias y documentos que integran el proyecto.
 - En forma real, cuantificando en campo por medición directa y revisando para cada concepto y elemento los números generadores correspondientes elaborados y presentados por el contratista con dibujos, dimensiones y cálculos que permitan verificar las cantidades de obra ejecutada.
- 7) Las variaciones importantes en las cantidades de obra originales que se tengan por cambios autorizados en el proyecto, o bien, por alteraciones en las cantidades supuestas se informarán a la contratante para su conocimiento y autorización.

- 8) Se hará un resumen final de las cantidades y conceptos de obra teóricos y reales comentando las razones por las que se produjeron, las diferencias que existan y documentando las autorizaciones que fueron dadas para su pago o ejecución.
- 9) Se coordinarán el Residente y el Superintendente, para la realización de las gestiones y trámites necesarios ante dependencias y entidades federales, estatales y municipales.
- 10) Se verificará que todos los trabajos se realicen conforme a lo pactado en los contratos correspondientes y que en el caso de contratos de obra pública se cumpla con la Ley de Obras Públicas y su Reglamento.
- 11) El residente revisará los cambios efectuados a los proyectos y/o los alcances por el proyectista a fin de evaluarlos conjuntamente con la contratista y efectuar las acciones necesarias.
- 12) Previo a la recepción final de la obra, la supervisión obtendrá de la contratista todos los documentos oficiales necesarios que amparen a la contratante, en cualquier momento.
- 13) Se llevará a cabo el control del presupuesto general en coordinación con la contratista para su cumplimiento.
- 14) Se establecerá un sistema de control de equipos y materiales que ingresen a la obra, así como los que habiendo sido contratados y pagados estén almacenados fuera de la misma, con el fin de estar en posibilidad de determinar para fines de control de inversión el importe de los insumos que aun no han sido utilizados pero que significaron erogación para los contratistas.
- 15) Se implantará un sistema para el seguimiento y la verificación de las adquisiciones que los contratistas tengan que hacer de acuerdo al programa general de la obra.
- 16) Con base en los presupuestos aprobados para la obra y las cantidades ejecutadas, se revisarán y en su caso se aprobarán las estimaciones de obra presentadas por la contratista en las que se asentarán como procedente para pago todos los trabajos realizados que se cumplan con los proyectos y especificaciones de los mismos. Estas estimaciones deberán estar soportadas por los números generadores correspondientes y deberán presentarse quincenalmente.
- 17) Las estimaciones presentadas por la contratista en el caso de contratos basados en precios unitarios se clasificarán en:
 - Normales (n)
 - De conceptos extraordinarios (x)
 - De volúmenes excedentes (v)
 - Por ajuste de costos (a)

De todas ellas se llevará un control para su cómputo final.

- 18) Se llevará un control estadístico del personal en obra y su clasificación por actividad así como de los costos de mano de obra que prevalezcan en la región.
- 19) Se llevará un control estadístico de los precios unitarios básicos con el fin de disponer de datos para eventuales revisiones.
- 20) La supervisión revisará y someterá a aprobación en su caso, los análisis de precios extraordinarios de conceptos no incluidos en la propuesta.
- 21) Como resultado de la aprobación de precios unitarios extraordinarios, ajustes de costos de los precios de contrato y de volúmenes excedentes, la supervisión informará a la contratante sobre la cantidad y monto, para determinar conjuntamente la necesidad de efectuar ampliaciones a los contratos tanto en monto como en tiempo de ejecución de los trabajos.
- 22) Se solicitará a la contratista la presentación de los programas generales de obra y de los programas particulares de cada grupo de conceptos por zona o actividad. Estos programas deberán incluir el personal y la maquinaria a utilizar así como la adquisición de materiales.
- 23) Los programas serán revisados por la supervisión y comentados con la contratante para su aprobación ya que regirán el ritmo de la obras.
- 24) Los programas deberán llevarse a cabo por el sistema de la ruta crítica y además por el sistema de barras con cantidades a cumplir en cada periodo con el fin de facilitar la evaluación de las variaciones en tiempo y la aplicación de correcciones.
- 25) Los programas se actualizarán quincenalmente y se comentarán con la contratista las recomendaciones que procedan sobre la asignación de recursos para corregir las desviaciones, levantando minutas donde se asienten los resultados.

3.3.3 ACTIVIDADES POSTERIORES A LA TERMINACIÓN DE LA OBRA.

- 1) Se actualizarán los planos existentes, de acuerdo a las modificaciones que se dieron en el curso de los trabajos.
- 2) Se realizarán pruebas y revisiones.
- 3) Se efectuará la recepción de la obra al contratista.
- 4) Se solicitarán las conexiones de los servicios necesarios.
- 5) Se realizará la integración total de los trámites oficiales, y se hará la revisión y finiquito de la obra.

3.4 ENTREGA RECEPCIÓN

Al término de los trabajos se hará un informe final que incluya los datos de cuantificación, comparativa, erogaciones, control de la calidad, comportamiento de la obra, problemas y soluciones aplicadas, comentarios y recomendaciones generales que pueden servir para mejorar obras similares futuras y un resumen fotográfico general del proceso de la obra.

Una vez verificada la terminación de las obras, se elaborará el acta de entrega recepción de las mismas.

Al término de las obras el Residente deberá disponer como mínimo de la siguiente documentación:

- Planos del proyecto
- Bitácora de obra
- Licencias y permisos
- Liquidación IMSS e INFONAVIT
- Fianzas de garantía de la calidad
- Expedientes y pruebas de laboratorio
- Expedientes de órdenes de cambio
- Originales de minutas de juntas
- Modificaciones de proyecto

3.4.1 RECEPCIÓN DE OBRA

Cuando la obra está terminada física y financieramente, se inicia el proceso de entrega recepción:

- 1) Se elaborará aviso de terminación, con un mínimo de diez días antes de la fecha de entrega, invitando al acto de entrega recepción, en el caso de la obra pública, a las dependencias involucradas.
- 2) Se realiza el acto de entrega recepción, con asistencia de la dependencia o entidad ejecutora, la empresa constructora y la contraloría interna, la dependencia normativa en su caso y se firma el acta correspondiente.

3.4.2 PROCESO DE ENTREGA

- 1) Lista de chequeo de recepción física.
- 2) Cierre del proceso de campo en bitácora.
- 3) Entrega de documentación de uso y garantías de equipos instalados.
- 4) Convenio de responsabilidades.
- 5) Notificación a la Secretaría de la Función Pública.
- 6) Invitación a la firma de acta.
- 7) Evento de entrega física y elaboración de acta.

3.4.3 DOCUMENTACIÓN PARA EL OPERADOR DE LA OBRA

- 1) Entrega del manual de aseguramiento de conservación y mantenimiento de la obra.
- 2) Entrega de archivos de certificación de pruebas.
- 3) Proporcionar los documentos de garantías.
- 4) Definición de responsables de garantías.
- 5) Entrega de archivo técnico (proyecto ejecutivo).
- 6) Entregas de copias del cumplimiento de la normatividad.



CAPÍTULO 4 (CASO PRÁCTICO) **ANÁLISIS DEL PROCESO DE DISEÑO DEL CONCRETO HIDRÁULICO**

Este capítulo demuestra el análisis para el proceso de diseño del concreto hidráulico, además, se describe un ejemplo de cómo documentar un procedimiento de análisis que forme parte de un manual de la calidad para las empresas constructoras.



CAPÍTULO 4

CASO PRÁCTICO

ANÁLISIS DEL PROCESO DE DISEÑO DEL CONCRETO HIDRÁULICO

Uno de los procesos más importantes que forma parte en el proceso básico de la ejecución de las obras de edificación, vivienda y algunas otras (puentes, pavimentos de concreto hidráulico, etc.), es el diseño del concreto hidráulico, ya que este es uno de los materiales más empleados. Además es de gran importancia el papel que desempeña en cada obra, puesto que es uno de los elementos que proporciona soporte a estas.

Un buen diseño, debe ser capaz de orientar la selección de los materiales disponibles y la proporción en que deben intervenir en la mezcla para obtener un concreto económico y que satisfaga los requisitos de un proyecto.

Los requisitos de proyecto que se deben satisfacer como mínimo son:

- Resistencia
- Revenimiento (consistencia o fluidez)
- Tamaño máximo del agregado
- Rendimiento

4.1 PROCESO DE DISEÑO DEL CONCRETO HIDRÁULICO

- 1) Elegir el revenimiento que tendrá el concreto de acuerdo al elemento en donde se efectuará el colado.
- 2) Determinar el tamaño máximo de los agregados en función de las dimensiones del elemento que se va a colar.
- 3) Estimar la cantidad de agua que se empleará para el mezclado y estimar el contenido de aire, estos se determinan con el revenimiento y el tamaño máximo de los agregados.
- 4) Elegir la relación agua/cemento, esta se determina en función de los requerimientos de resistencia, durabilidad y propiedades de acabado.
- 5) Calcular el contenido de cemento. Se obtiene dividiendo el contenido de agua de mezclado entre la relación agua/cemento.
- 6) Estimar el contenido de agregado grueso, este valor depende del tamaño máximo de agregado y del modulo de finura del agregado fino.
- 7) Estimar la cantidad de agregado fino, este valor se puede obtener mediante diferencia de pesos o diferencia de volúmenes.

- 8) Realizar los ajustes por humedad de los agregados, se determinan en función de los porcentajes de humedad y absorción que contienen los agregados.
- 9) Realizar los ajustes en la mezcla de prueba, estos dependen de los resultados obtenidos de la prueba de ésta mezcla.

4.2 ANÁLISIS DEL PROCESO

- 1) Al iniciar el diseño de una mezcla, primeramente se analizará que se cuente con todos los datos necesarios para poder realizar el diseño apropiado.
- 2) En cuanto a los requisitos de proyecto, los datos con los que se deberá contar son:
 - Resistencia a la compresión del concreto que se requiera.
 - Tamaño máximo del agregado a utilizar.
 - Revenimiento requerido del concreto.
 - Contenido de aire en el concreto.
 - Si debe contar el concreto con alguna propiedad específica.
- 3) Los informes mínimos sobre los agregados con los que se deberá contar para realizar el diseño de una mezcla son los siguientes:
 - Análisis granulométrico de los agregados grueso y fino.
 - Peso volumétrico, estado seco compacto de la grava.
 - Densidad de la grava y arena.
 - Absorción de la grava y arena.
 - Humedad de la grava y arena.

- 4) Elección del revenimiento.

Para la elección del revenimiento se analizará si el concreto es bombeable o no. En caso de ser bombeable el revenimiento deberá ser mayor de 18 cm y menor a 22cm.

En caso de no ser bombeable el revenimiento será como lo especifique el proyecto.

- 5) Elección del tamaño máximo del agregado.

El tamaño máximo del agregado estará en función de las dimensiones del elemento a colar y se revisará que cumpla con:

- No exceder de una quinta parte de la menor dimensión entre lados de cimbra.
- No exceder de una tercera parte del peralte de las losas.
- No exceder de tres cuartas partes del espaciamiento libre entre varillas.

- 6) Estimación del agua de mezclado y del contenido de aire.

Estos se determinan mediante la tabla 4.1 del ACI (diseño de mezclas).

Se revisará la correcta relación entre el tamaño máximo del agregado y el revenimiento para obtener el agua de mezclado.

Para el contenido de aire se deberá revisar que el concreto cumpla con la siguiente regla.

Para concreto sin aire incluido: El 2.5% de aire no debe pasar el volumen total del concreto.

Para concreto con aire incluido: El porcentaje de aire en el concreto deberá ser de 3% a 8% del volumen total del concreto.

7) Elección de la relación agua cemento.

Esta se determina mediante la tabla 4.2 del ACI (diseño de mezclas).

Se revisará que la relación agua/cemento corresponda a la resistencia del concreto y en caso de ser necesario revisar en la tabla a que condiciones severas estará expuesto el concreto.

8) Calculo del contenido de cemento.

Este se obtiene de dividir el agua de mezclado entre la relación agua/cemento.
Revisar que la operación esté correcta.

9) Estimación del contenido de agregado grueso.

Este se determina mediante la tabla 4.3 del ACI (diseño de mezclas).

Se revisará la correcta relación entre el tamaño máximo del agregado y el modulo de finura del agregado fino para obtener el contenido de agregado grueso.

10) Estimación del contenido de agregado fino.

Este valor se obtiene por diferencia de pesos o de volúmenes.
Revisar que las operaciones estén correctas.

11) Ajustes por humedad de los agregados.

Se realizan mediante los porcentajes de humedad y absorción de los agregados.

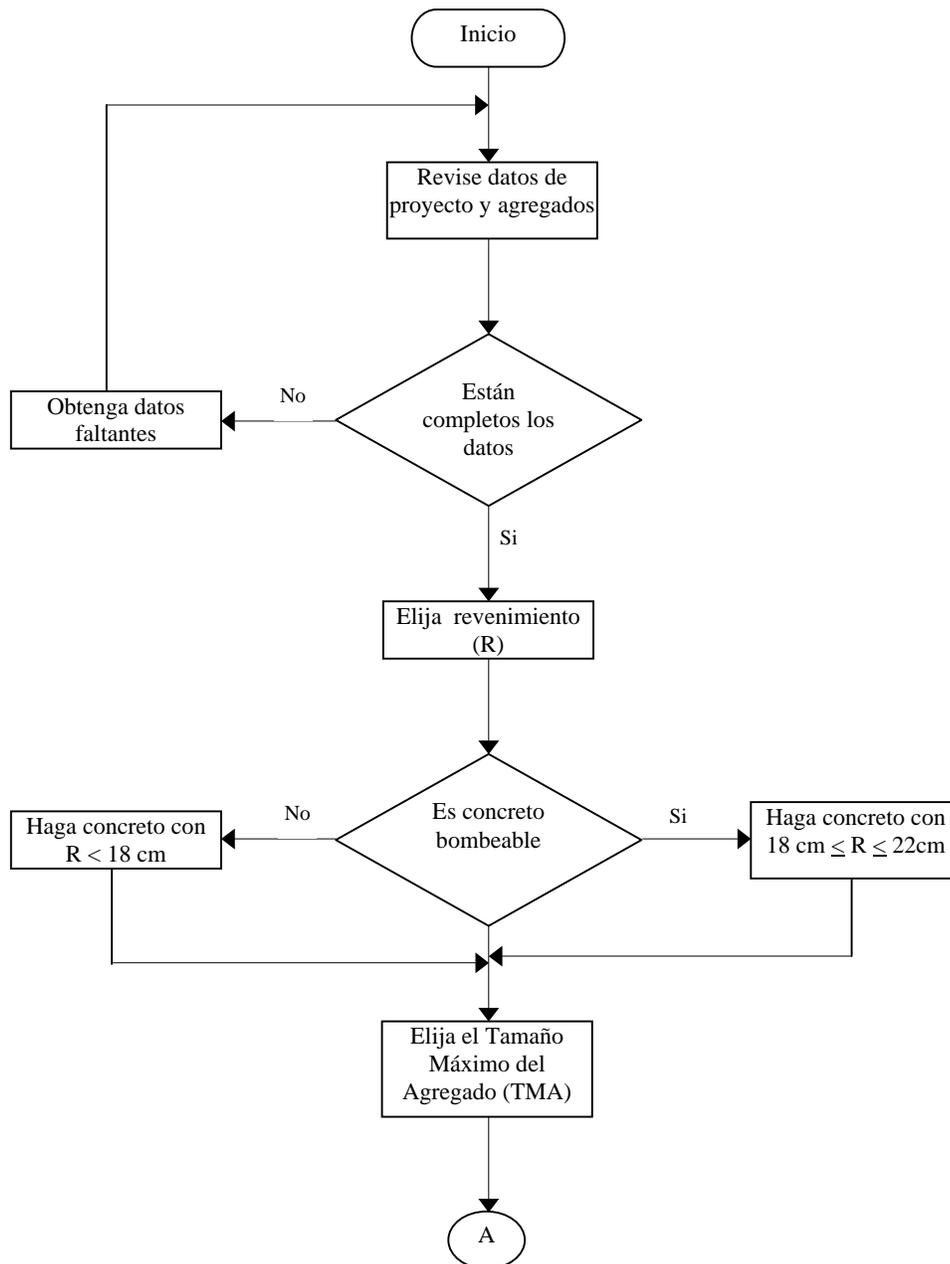
Se revisará las diferencias de los correspondientes porcentajes de humedad y absorción de los agregados finos y gruesos para determinar la cantidad de agua de mezclado apropiada.

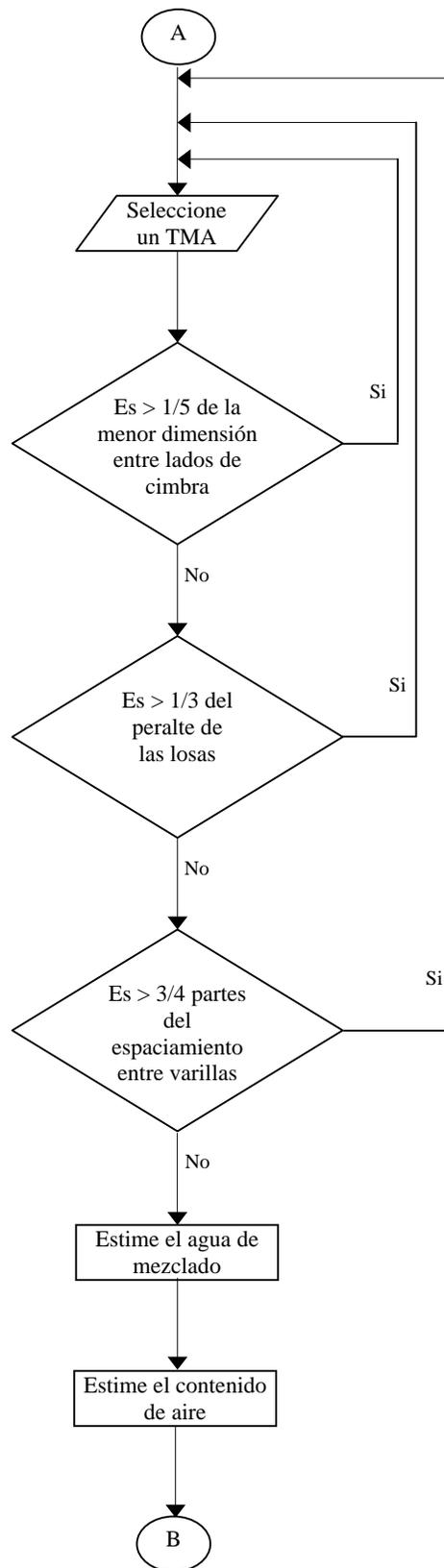
12) Ajustes en la mezcla de prueba.

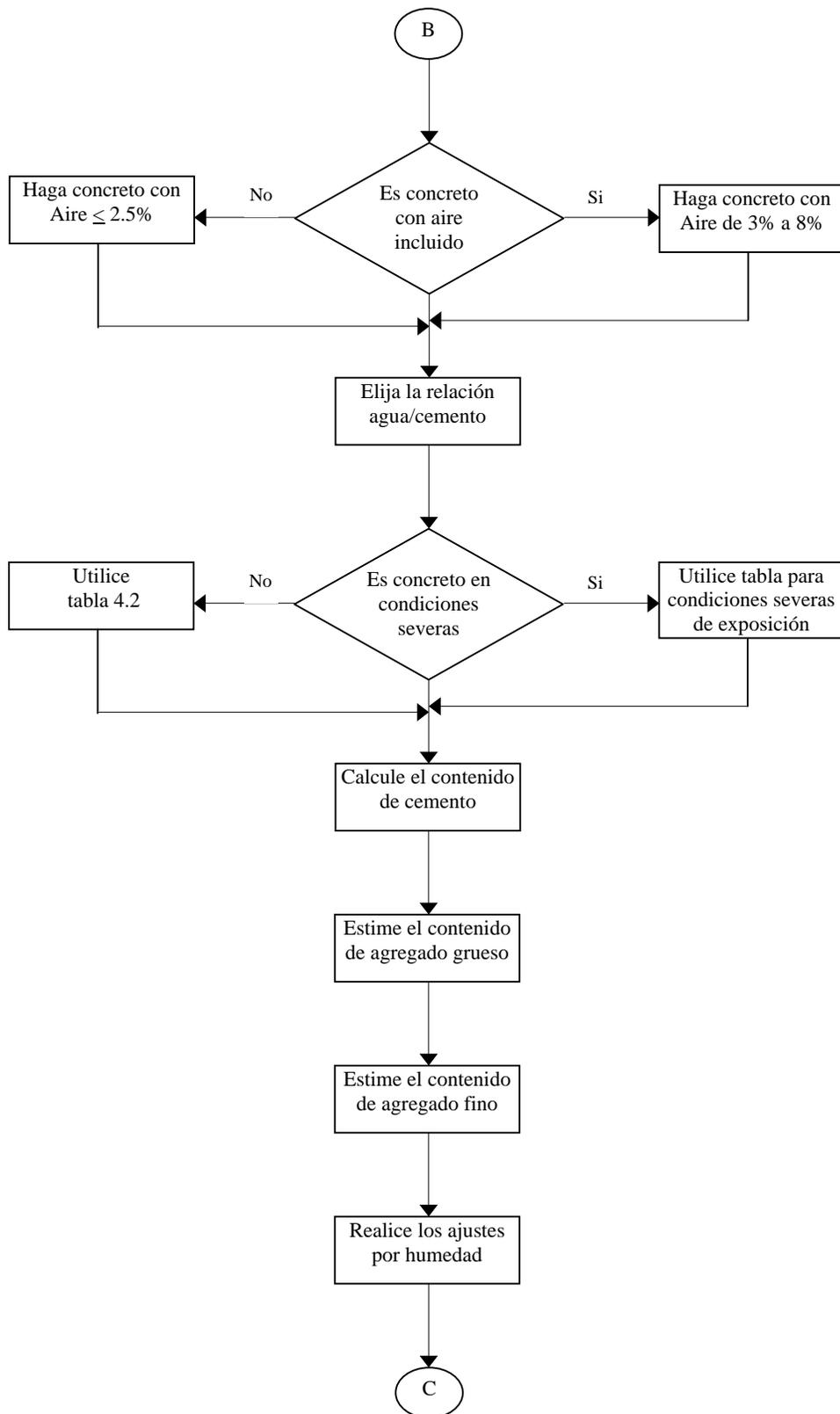
Se analizarán los resultados de la prueba efectuada a la mezcla para corregir errores que evitan que el concreto sea satisfactorio con los requerimientos del proyecto.

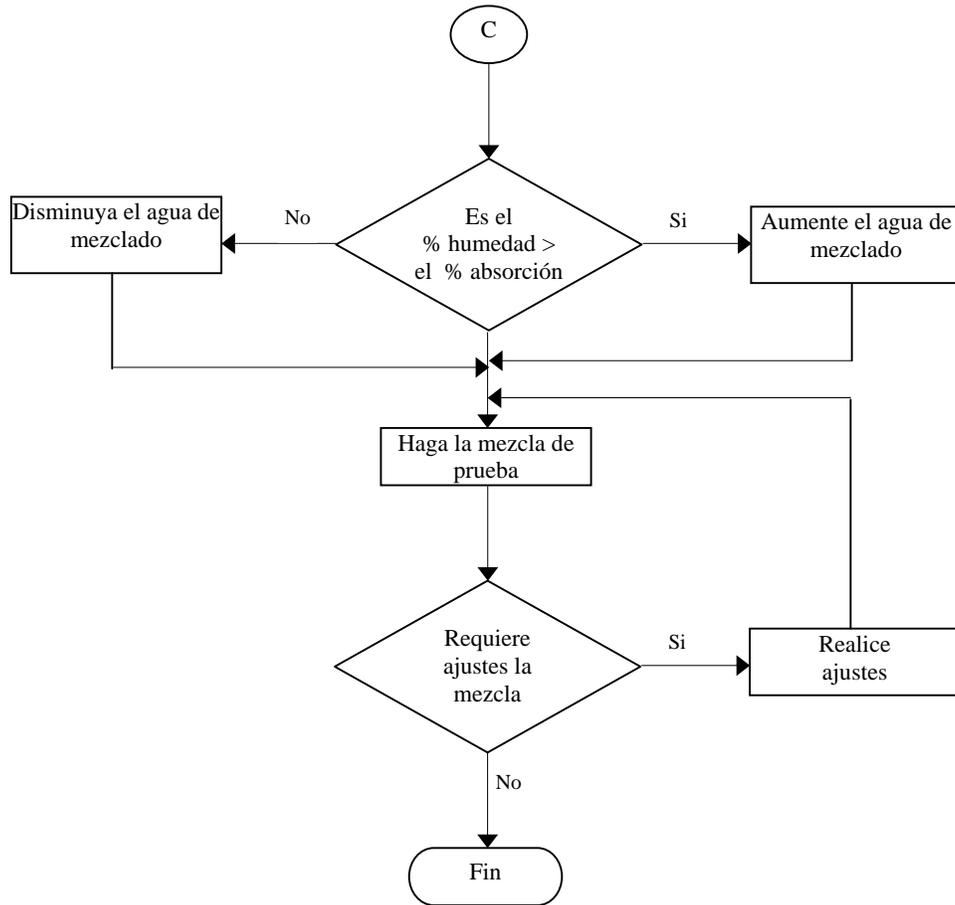
4.3 PROCEDIMIENTO

4.3.1 DIAGRAMA DE FLUJO









4.3.2 EJEMPLO DEL PROCEDIMIENTO DE UN ANÁLISIS PARA UN MANUAL DE LA CALIDAD

PROCEDIMIENTO PARA ANÁLISIS DE DISEÑO DEL CONCRETO HIDRÁULICO	No. Rev. Fecha: Hoja: 1 de 5
--	---------------------------------------

1.0 OBJETIVO

1.1 Establecer el método para el análisis del diseño de un concreto hidráulico

2.0 ALCANCE

2.1 Comprende las actividades de: Revisión de los datos de proyecto y agregados, y el análisis de cada uno de los pasos del proceso de diseño del concreto.

3.0 REFERENCIAS

3.1 Se utilizan las tablas del Manual del ACI (Diseño de Mezclas): tabla 4.1, tabla 4.2, tabla 4.3 y la tabla para concreto expuesto a condiciones severas.

4.0 DEFINICIONES

4.1 *Modulo de Finura*: Número indicador de los diferentes tamaños y cantidades de que está constituida la arena.

4.2 *Absorción*: Habilidad que tienen los agregados para retener agua internamente.

4.3 *Agregado saturado y superficialmente seco*: Condición de humedad del agregado en la cual ni toma ni cede agua.

4.4 *Densidad*: Relación entre el peso (masa) de un material y el volumen absoluto que ocupa dicho material.

5.0 ACCIONES

Al iniciar el diseño de una mezcla, primeramente se analizará que se cuente con todos los datos necesarios para poder realizar el diseño apropiado.

En cuanto a los requisitos de proyecto, los datos con los que se deberá contar son:

- Resistencia a la compresión del concreto que se requiera.
- Tamaño máximo del agregado a utilizar.
- Revenimiento requerido del concreto.
- Contenido de aire en el concreto.
- Si debe contar el concreto con alguna propiedad específica.

PROCEDIMIENTO PARA ANÁLISIS DE DISEÑO DEL CONCRETO HIDRÁULICO	No. Rev. Fecha: Hoja: 2 de 5
--	---------------------------------------

Los informes mínimos sobre los agregados con los que se deberá contar para realizar el diseño de una mezcla son los siguientes:

- Análisis granulométrico de los agregados grueso y fino.
- Peso volumétrico, estado seco compacto de la grava.
- Densidad de la grava y arena.
- Absorción de la grava y arena.
- Humedad de la grava y arena.

5.1 Elección del revenimiento.

Para la elección del revenimiento se analizará si el concreto es bombeable o no. En caso de ser bombeable el revenimiento deberá ser mayor de 18 cm y menor a 22cm.

En caso de no ser bombeable el revenimiento será como lo especifique el proyecto.

5.2 Elección del tamaño máximo del agregado.

El tamaño máximo del agregado estará en función de las dimensiones del elemento a colar y se revisará que cumpla con:

- No exceder de una quinta parte de la menor dimensión entre lados de cimbra.
- No exceder de una tercera parte del peralte de las losas.
- No exceder de tres cuartas partes del espaciamiento libre entre varillas.

5.3 Estimación del agua de mezclado y del contenido de aire.

Estos se determinan mediante la tabla 4.1 del ACI (diseño de mezclas).

Se revisará la correcta relación entre el tamaño máximo del agregado y el revenimiento para obtener el agua de mezclado.

Para el contenido de aire se deberá revisar que el concreto cumpla con la siguiente regla.

Para concreto sin aire incluido: El 2.5% de aire no debe pasar el volumen total del concreto.

Para concreto con aire incluido: El porcentaje de aire en el concreto deberá ser de 3% a 8% del volumen total del concreto.

5.4 Elección de la relación agua cemento.

Esta se determina mediante la tabla 4.2 del ACI (diseño de mezclas).

Se revisará que la relación agua/cemento corresponda a la resistencia del concreto y en caso de ser necesario revisar en la tabla a que condiciones severas estará expuesto el concreto.

PROCEDIMIENTO PARA ANÁLISIS DE DISEÑO DEL CONCRETO HIDRÁULICO	No. Rev. Fecha: Hoja: 3 de 5
--	---------------------------------------

5.5 Cálculo del contenido de cemento.

Este se obtiene de dividir el agua de mezclado entre la relación agua/cemento.
Revisar que la operación esté correcta.

5.6 Estimación del contenido de agregado grueso.

Este se determina mediante la tabla 4.3 del ACI (diseño de mezclas).
Se revisará la correcta relación entre el tamaño máximo del agregado y el módulo de finura del agregado fino para obtener el contenido de agregado grueso.

5.7 Estimación del contenido de agregado fino.

Este valor se obtiene por diferencia de pesos o de volúmenes.
Revisar que las operaciones estén correctas.

5.8 Ajustes por humedad de los agregados.

Se realizan mediante los porcentajes de humedad y absorción de los agregados.
Se revisará las diferencias de los correspondientes porcentajes de humedad y absorción de los agregados finos y gruesos para determinar la cantidad de agua de mezclado apropiada.

5.9 Ajustes en la mezcla de prueba.

Se analizarán los resultados de la prueba efectuada a la mezcla para corregir errores que evitan que el concreto sea satisfactorio con los requerimientos del proyecto.

PROCEDIMIENTO PARA ANÁLISIS DE DISEÑO DEL CONCRETO HIDRÁULICO	No. Rev. Fecha: Hoja: 4 de 5
--	---------------------------------------

6.0 DOCUMENTACIÓN

TABLA 4.1
ACI, Diseño de Mezclas

Revenimiento	Agua en Kg/cm ³ de concreto para los tamaños máximos del agregado indicados							
	10(mm)	12.5(mm)	20(mm)	25(mm)	40(mm)	50(mm)	70(mm)	150(mm)
Concreto sin aire incluido								
3 a 5	205	200	185	180	160	155	145	125
8 a 10	225	215	200	195	175	170	160	140
15 a 18	240	230	210	205	185	180	170	...
Cantidad aproximada de aire atrapado en concreto sin aire incluido (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

Requerimientos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos del agregado

TABLA 4.2
ACI, Diseño de Mezclas

Resistencia a la compresión a los 28 días (kg/cm ²)	Relación agua/cemento por peso
	Concreto sin aire incluido
450	0.38
400	0.43
350	0.48
300	0.55
250	0.62
200	0.70
150	0.80

Correspondencia entre la relación agua/cemento y la resistencia a la compresión del concreto.

TABLA (para concreto bajo condiciones severas de exposición)
ACI, Diseño de Mezclas

Tipo de estructura	Continuamente húmeda o expuesta a congelamiento y humedecimiento	Estructura expuesta a agua de mar o sulfatos
Secciones delgadas y secciones con menos de 2.5 cm de recubrimiento del acero de refuerzo	0.45	0.40
Otras estructuras	0.5	0.45

PROCEDIMIENTO PARA ANÁLISIS DE DISEÑO DEL CONCRETO HIDRÁULICO	No. Rev. Fecha: Hoja: 5 de 5
--	---------------------------------------

TABLA 4.3
ACI, Diseño de Mezclas

Tamaño máximo del Agregado (mm)	Volumen de agregado grueso seco y compactado con varilla por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de la arena			
	2.40	2.50	2.80	3.00
10	0.50	0.48	0.45	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
20	0.66	0.54	0.62	0.60
25	0.71	0.59	0.67	0.65
40	0.76	0.74	0.72	0.70
50	0.78	0.76	0.74	0.72
70	0.81	0.79	0.77	0.75
150	0.87	0.85	0.83	0.81

Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto

4.4 CONTROL DE DISEÑO DEL CONCRETO HIDRÁULICO

Al terminar el diseño del concreto hidráulico, se realizará una mezcla de prueba, a la cual se le medirá la calidad de:

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	SENSOR
Revenimiento	Cm	Cinta métrica
Resistencia	kg/cm ²	Prensa Hidráulica

En cada prueba de mezcla que se realice, se deberán registrar los datos obtenidos de los resultados de las pruebas del concreto, para realizar el control de la calidad del producto elaborado. Para llevar a cabo el control de la calidad, se hará el empleo de las gráficas de control.

La resistencia del concreto deberá cumplir con los límites establecidos en las gráficas de control, en caso de no ser así, se realizará un diagrama de causa y efecto para analizar el problema.

CONCLUSIONES

- Es muy importante que en todas las empresas constructoras, se apliquen los sistemas de gestión de la calidad, sin importar el tamaño de esta, ya que siendo constructoras grandes, medianas o pequeñas, los resultados que se obtienen al aplicar adecuadamente un sistema de gestión de la calidad son satisfactorios, obteniéndose varios beneficios como el incremento de la calidad en el producto, reducción de los costos de producción, mayor prestigio para la empresa y obviamente, una mayor utilidad financiera.
 - Es necesario que la alta gerencia de las empresas constructoras busque perfeccionar los procesos de producción para obtener mejores resultados del trabajo.
 - Cualquier proceso de producción debe ser analizado periódicamente para mejorarlo, y los directivos necesitan actuar para desarrollar y mejorar los procesos de construcción independientemente de que la empresa tenga utilidades.
 - Con el paso del tiempo surgen adelantos tecnológicos que pueden ayudar a realizar de manera más eficiente el trabajo en cada etapa del proceso constructivo, de modo que un proceso que ha operado de la misma forma desde hace un largo tiempo, puede que sea insatisfactorio comparado con un nuevo proceso.
 - Para analizar un proceso, no hay mejor forma que utilizar las técnicas adecuadas al desglosar cada paso de este, revisar todos los factores que repercuten en cada paso y analizar cada factor.
 - En un proceso que haya sido analizado apropiadamente, se encontrarán obstáculos que impiden la eficiencia de este, y se podrá actuar para eliminar dichos obstáculos, obteniendo mejores resultados de la calidad, costo y trabajo en el proceso, dándole a la empresa constructora un gran beneficio.
 - Cuando surge un problema respecto a la calidad, no se puede culpar al departamento del control de la calidad de que algo haya salido mal, tampoco a un sólo departamento de la empresa. La calidad es una obligación de todos.
 - Cuando las obras que realiza una empresa constructora no son de calidad, se debe a que esa empresa no cuenta con un sistema de gestión de la calidad o que el sistema de gestión de la calidad de esa empresa es deficiente o inapropiado.
 - Es importante que todo proceso quede debidamente documentado mediante un procedimiento escrito, con lo que queda confirmada la hipótesis de este trabajo.
-
-

BIBLIOGRAFÍA

Análisis y Planeación de la Calidad

J.M. Juran y F.M. Gryna
Ed: Mc. Graw Hill

Aseguramiento de La Calidad

Lionel Stebbing
Ed: CECSA, México 1991

Calidad Total en La Construcción

Estrada Refingio Monica
Tesis UNAM, 1998

Control de La Calidad (Teorías y Aplicaciones)

Bertrand L. Hasen, Prabhakar M. Ghare
Ed: Díaz de Santos, Madrid 1990

Control de Obras en Edificación

Samano Galindo Raul
Tesis UNAM, 1994

Control Total de la Calidad

Armand V. Feigenbaum
Ed: CECSA, México 1994
3ra. Edición

Introducción al Control de La Calidad

Kaoru Ishikawa
Ed: Díaz de Santos, Madrid 1994

ISO 9000:2000

Norma Mexicana IMNC
Sistemas de Gestión de La Calidad (Fundamentos y Vocabulario)

Juran y La Planificación para La Calidad

J.M. Juran
Ed. Díaz de Santos, Madrid 1990

Manual del ACI (Diseño de Mezclas)

Material didáctico de Maestría en Construcción, UNAM 2003
Materia: Tecnología del Concreto

Principios de La Calidad Total

Vincent K. Omachonu, Joel E. Ross
Ed. Diana, 1995

Solución de Problemas con Fortran

Donald D. Spencer
Ed: Prentice/hall internacional, Colombia 1977
