



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

***EL CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN
CON UN ENFOQUE DE
ADMINISTRACIÓN TOTAL DE LA CALIDAD***

TRABAJO DESARROLLADO PARA OPTAR POR EL EXAMEN DE:

MAESTRÍA EN INGENIERÍA (CONSTRUCCIÓN)

QUE PRESENTA:

ING. RICARDO HERNÁNDEZ PUGA

MÉXICO, D.F. MAYO DE 1997



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA**

***EL CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN
CON UN ENFOQUE DE
ADMINISTRACIÓN TOTAL DE LA CALIDAD***

TRABAJO DESARROLLADO PARA OPTAR POR EL EXAMEN DE:

MAESTRÍA EN INGENIERÍA (CONSTRUCCIÓN)

QUE PRESENTA:

ING. RICARDO HERNÁNDEZ PUGA

MÉXICO, D.F. MAYO DE 1997.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERIA

Recibi notificación para el examen del alumno RICARDO HERNANDEZ PUGA

Departamento de INGENIERIA CIVIL

Sección: CONSTRUCCION 490

JURADO:	NOMBRE	FIRMA	FECHA
PRESIDENTE:	ING. SALVADOR DIAZ DIAZ		10/ MAR / 97
VOCAL:	M EN C. ESTEBAN FIGUEROA PALACIOS		10/03/97
VOCAL:	ING. JULIO PINDTER VEGA		10/MAR/97
VOCAL:	M EN I. JAIME A. MARTINEZ MIER		10/MAR/97
SECRETARIO:	ING. ALFONSO M. ELIZONDO RAMIREZ		10/MAR/97
SUPLENTE:	ING. JUAN LUIS COTTIER CAVIEDES		10/MAR/97
SUPLENTE:	DR. J. ABRAHAM DIAZ RODRIGUEZ		10/MAR/97

4 Abril 1997

PARA: DR. ABRAHAM DIAZ RODRIGUEZ

DE: ING. SALVADOR DIAZ DIAZ

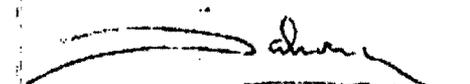
Le envío propuesta del tema para el alumno Ricardo Hernández Puga, con el propósito de que su desarrollo le de el derecho de presentar su examen de grado (sin tesis).

"El control de calidad de las obras de construcción, con un enfoque de administración total de la calidad".

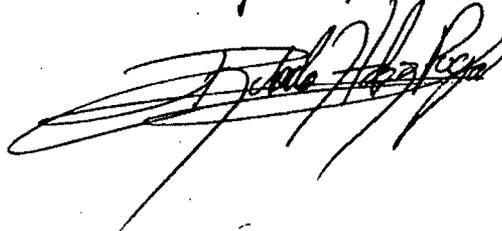
- I.- Enfoque tradicional del control de calidad de las obras (dar ejemplos)
- II.- Cambio a la Administración de la Calidad Total. (conceptos fundamentales).
- III.- Diferencia entre enfoque tradicional y enfoque de calidad total.
- IV.- Conclusiones y recomendaciones.

Nota: Tiempo para desarrollarlo: 45 días.

ATENTAMENTE


ING. SALVADOR DIAZ DIAZ

RECIBÍ NOTIFICACION
20/ABRIL/1997



EL CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN
CON UN ENFOQUE DE
ADMINISTRACIÓN TOTAL DE LA CALIDAD

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.	1
CAPÍTULO 1.	
ENFOQUE TRADICIONAL DEL CONTROL DE CALIDAD.	4
1.1 Definiciones.	4
1.2 Antecedentes del control de calidad.	5
1.3 Control de calidad en obras.	8
1.4 Programa de control de calidad.	11
1.5 Organización del control de calidad.	14
1.5.1 Administración de proyectos.	15
1.6 Control estadístico de la calidad.	26
1.6.1 Variables estadísticas.	31
1.6.2 Cartas de control.	35
1.6.3 Muestras y especímenes.	39
1.6.4 Proceso de control.	41
1.6.5 Ejemplo de aplicación.	41
CAPÍTULO 2.	
ENFOQUE DE ADMINISTRACIÓN DE LA CALIDAD TOTAL.	50
2.1 Definiciones.	50
2.2 Filosofía del CCT.	51
2.3 Principios del CCT.	52
2.3.1 Conceptos básicos sobre el CCT.	52
2.3.2 Métodos de evaluación y control.	55
2.3.3 Aplicación de un programa de CCT.	55
2.4 Principios de la ACT.	57
2.5 Bases para implantar la ACT.	64
2.6 Elementos básicos para el proceso de la ACT.	70
2.6.1 Justo a tiempo.	70

2.6.2 Reingeniería.	71
2.6.3 Benchmarking.	76
2.6.4 Constructabilidad.	77
2.6.5 Costos de la calidad.	78
2.6.6 Normas ISO 9000.	84
2.7 Implantación de la ACT.	88
2.7.1 Preparación.	89
2.7.2 Planeación.	91
2.7.3 Evaluación.	94
2.7.4 Implantación.	95
2.7.5 Diversificación.	96
CAPÍTULO 3.	
DIFERENCIAS DEL ENFOQUE TRADICIONAL Y LA ACT.	99
3.1 Estructura organizacional.	99
3.2 Liderazgo.	101
3.3 Comunicación.	102
3.4 Cultura de la calidad.	104
3.5 Control.	105
3.6 Sistemas de información.	107
3.7 Planeación.	107
3.8 Recursos humanos.	109
3.9 Proveedores.	110
3.10 Clientes.	114
3.11 Ecología.	119
CAPÍTULO 4.	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	124
4.1 Conclusiones.	124
4.2 Recomendaciones.	127
4.2.1 Recomendaciones para la alta gerencia.	127
4.2.2 Recomendaciones a la gerencia de construcción.	128
4.2.3 Recomendaciones para el supervisor de obra.	129
4.2.4 Recomendaciones para el programador de obra.	130
4.2.5 Recomendaciones para la gerencia de finanzas.	131
BIBLIOGRAFÍA.	134

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Organización del control del proyecto.	18
Fig. 2. Sistema integrado Planeación/Programación/Control.	22
Fig. 3. Control del costo del proyecto.	23
Fig. 4. Equipo asignado al proyecto.	25
Fig. 5. La carta de control de calidad.	38
Fig. 6. Carta de control de calidad de medias.	47
Fig. 7. CCC de medias con base la desviación estándar.	48
Fig. 8. CCC de medias con base en las amplitudes.	49
Fig. 9. Filosofía del control de calidad total.	53
Fig. 10. Ciclo de control PECA.	56
Fig. 11. Ciclo de calidad de Deming.	58
Fig. 12. Visión de la calidad.	59
Fig. 13. Modelo de calidad.	60
Fig. 14. Participación efectiva en CCT.	61
Fig. 15. Premio Nacional de Calidad en México.	68
Fig. 16. Beneficios de los costos del control de calidad.	81
Fig. 17. Elementos de equipo necesarios para implantar la ACT.	93
Fig. 18. Estructura organizacional tradicional.	100
Fig. 19. Estructura organizacional con la ACT.	100
Fig. 20. La comunicación efectiva.	103
Fig. 21. Control por realimentación.	106
Fig. 22. Integración del cliente y del proceso.	118
Fig. 23. La satisfacción del cliente: un sistema en tres partes.	118
Fig. 24. Modelo propuesto para la implantación de la ACT.	133

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Desviación estándar para el control de calidad del concreto.	33
Tabla II. Nivel de confianza y probabilidad aproximada.	33
Tabla III. Valores de t.	33
Tabla IV. Gráfica de distribución normal.	34
Tabla V. Factores para calcular los límites estadísticos.	40
Tabla VI. Ejemplo de aplicación de las cartas de control.	42
Tabla VII. Lista de Verificación del Premio Nacional de Calidad en México.	69
Tabla VIII. Costos operativos de calidad.	83
Tabla IX. Resumen de las Normas ISO 9000.	86
Tabla X. Mecanismos del cambio de cultura.	104

INTRODUCCIÓN

Cualquier tipo de construcción siempre se exige que sea de calidad. Es decir, que cumpla con los requisitos de resistencia, durabilidad, funcionalidad, estética y economía. Para lograrlo, es necesario tomar una serie de medidas que permitan controlar los procesos y sus actividades, de tal forma que las condiciones planeadas se cumplan.

La calidad es una propiedad intrínseca de la obra que se construye. Es responsabilidad de la empresa constructora cumplir con las especificaciones y dejar satisfecho al cliente. Este enfoque, ha sido aplicado durante mucho tiempo en la industria de la construcción. Sin embargo, ante los cambios globales de comercio, política y economía, México se ha visto inmerso en un mundo donde la competencia internacional exige del constructor la más alta calidad en sus servicios.

Con la aplicación del enfoque tradicional de control de calidad en obras de construcción, se han logrado concretar excelentes construcciones. Sin embargo, son típicos los retrasos del programa de actividades, las reclamaciones, los imprevistos, la obra extraordinaria, los bajos rendimientos y los conflictos con el cliente, los proveedores, los transportistas, los subcontratistas y las asociaciones ecologistas.

Para hacer frente a los problemas, no sólo de calidad, sino de toda la administración, se requiere de una nueva visión de la empresa, la cual debe definir sus metas y objetivos a través de una planeación estratégica que le permita aumentar su productividad, eficiencia y competitividad.

Los principios del control de calidad y de la administración tienen casi un siglo de existencia independiente. El nuevo enfoque de administrar la calidad en forma integral, surge de la necesidad de ser más eficientes y productivos. Ya no es suficiente cumplir las condiciones de contrato y dejar satisfecho al cliente; ahora es necesario lograr la armonía con empleados, proveedores, clientes, inversionistas, sociedad y medio ambiente.

El enfoque de la Administración de la Calidad Total aplicado en la industria de la construcción, promueve la optimización de los recursos humanos y materiales, hace consciente a la dirección de la empresa de la importancia de una adecuada planeación y organización, así como inculcar en el cuerpo de ingenieros y obreros la cultura de la calidad, para que ésta fluya por todos los niveles de la compañía.

En el desarrollo de este trabajo, se pretenden mostrar las ventajas que presenta la administración de la calidad total sobre el enfoque tradicional de control. Haciendo énfasis en que la aplicación de estos principios no significa la solución automática de los problemas de calidad de la empresa, se requiere tiempo, seguimiento, dedicación y mejoramiento continuo.

El capítulo 1 se dedica al enfoque tradicional de control de calidad en obras. Se inicia con una serie de definiciones importantes para la homologación de criterios, se continúa con una breve historia de la calidad, sus orígenes, antecedentes, precursores y los grandes maestros de la calidad moderna. Se aborda las características de un programa de control de calidad y como se organiza la empresa para poder aplicarlo. Hacia el final del primer capítulo, se describe el control estadístico de la calidad, siendo el método más utilizado por la empresa constructora para el control de sus parámetros de calidad.

El capítulo 2, se centra en la Administración de la Calidad Total (ACT). Se definen términos, se presentan la filosofía y principios del control de calidad total. Se describen los principios y la bases para implantar la ACT. Se aborda un tema de gran interés, los elementos básicos para el proceso de implantación de la ACT (constructabilidad, benchmark, reingeniería, costos, JAT y las normas ISO). Finalmente, se presenta un modelo para la implantación de la ACT en la empresa.

La discusión del capítulo 3 gira alrededor de las diferencias existentes entre los dos enfoques estudiados. Se presenta un análisis de la estructura organizacional, de la forma de planear el proyecto, del liderazgo, de los sistemas de información y de las relaciones con clientes, empleados y proveedores. Se menciona el tipo de comunicación existente, el nivel de control y la cultura de la calidad que presentan cada uno de los enfoques. Se aborda la temática ecológica y su nivel de importancia en cada enfoque.

El capítulo 4 se dedica a las conclusiones y recomendaciones. Se concluye con una serie de reflexiones acerca de lo que es la calidad, se mencionan las deficiencias que presenta la industria de la construcción, las cuales le dificultan la adopción de los principios de la ACT, enumerándose los beneficios que ésta traería a la empresa. Finalmente, las recomendaciones se hacen para cada una de las partes involucradas en el proceso de una obra y su relación con las demás.

CAPÍTULO 1

ENFOQUE TRADICIONAL DEL CONTROL DE CALIDAD

1.1 DEFINICIONES.

Con el fin de tener claro el significado del control de calidad, es necesario definir cada uno de los términos que lo integran.

CONTROL: es la comparación de los resultados finales obtenidos en un proceso de producción, contra los resultados planeados que se esperaban alcanzar, con la finalidad de mejorar el producto, corregir las desviaciones y formular nuevas estrategias. El control tiene como propósito revisar las operaciones de producción, inspeccionarlo y verificar que las ordenes se cumplan. Dirige y orienta el proceso en caso de presentarse fallas.

CALIDAD: es la propiedad o conjunto de propiedades inherentes a una cosa, que permiten apreciarla como igual, mejor o peor que las restantes de su misma especie.

CONTROL DE CALIDAD: es un proceso mediante el cual se aseguran que los bienes y servicios cumplan con los estándares previamente establecidos. El control de calidad es un conjunto de actividades de observación y análisis para mejorar o corregir un proceso de producción.

En la industria de la construcción, el control de calidad son todas aquellas actividades que se realizan para lograr que una obra civil cumpla con las normas y especificaciones del proyecto. Los requerimientos de calidad para una obra están definidos previamente en el contrato y sus anexos.

1.2 ANTECEDENTES DEL CONTROL DE CALIDAD.

Es muy probable que el control de calidad se desarrolló desde los tiempos bíblicos; sin embargo, el registro más antiguo data del año 3000 a.C. en Babilonia, en donde el Código del gobernante Hammurabi decía: "Si una vivienda se derrumba causando muerte a sus ocupantes, el albañil que la construyó deberá ser condenado a muerte". Los fenicios eran más estrictos, cortaban la mano de aquel individuo que no realizaba correctamente el trabajo encomendado.

Los egipcios durante la construcción de la gran pirámide de Keops, hacia el año 2600 a.C., tal vez aplicaron el primer control de procesos al extraer y transportar las pesadas piedras desde las orillas del Nilo. Más tarde, la arquitectura de Grecia habría de superar a la de Egipto, con la construcción del Templo de la Diosa Artemisa en Éfeso, considerada una de las siete maravillas del mundo antiguo al igual las pirámides de Gizah y los jardines colgantes de Babilonia.

Los romanos al expandir su enorme imperio hasta el medio oriente, construyeron sistemas de canales para riego, acueductos y puentes que aún hoy son utilizados, como muestra de la calidad que se tuvo durante su construcción. Siglos después en los astilleros de Venecia, el control y la normalización de la producción fueron introducidos en forma rudimentaria.

En el continente americano, las culturas prehispánicas desarrollaron ciudades con una armoniosa urbanización, tanto las cultura Azteca como la Maya y la Inca, pusieron especial cuidado en la edificación de sus pirámides. Los vestigios indígenas que se conservan hasta la fecha, son claro reflejo de la calidad de los mismos.

En el siglo XIX, después de la Revolución Industrial y del sistema de factorías surgido de ella, el control de calidad y de procesos adoptó algunas características que se conocen actualmente. Se introdujo el concepto de la especialización en el trabajo, en donde, al producir masivamente, la supervisión del proceso se realizaba por medio de inspectores ajenos al proceso de producción. Fue así como nació el control de calidad por inspección directa.

El control de calidad y la especialización en el control de la mano de obra tuvieron un importante avance en 1911, cuando Frederik Taylor publicó el libro *Principios de administración científica*. Según esta obra: "el inspector es responsable de la calidad del trabajo, y tanto los obreros como los jefes facilitadores (quienes se encargan de que se usen las herramientas adecuadas de corte, de que la pieza se maneje como es debido y de que los cortes se hagan en la porción idónea de cada pieza) se deben asegurar de que el trabajo se lleve a cabo a entera satisfacción del propio inspector.

Más tarde, Taylor admitió que la especialización funcional extrema no es del todo conveniente. Aunque la industria manufacturera realice el control de calidad y análisis del proceso por medio de la inspección del producto terminado, en la industria de la construcción es muy riesgoso aceptar una obra por su apariencia física, es necesario controlar todo el proceso de construcción.

El Control Estadístico de la Calidad (CEC), tuvo su origen alrededor de 1925 con Walter Shewart, autor de la versión original del CEC destinada a reducir a cero defectos en la producción masiva de complejos sistemas de comunicación telefónica de la Western Electric. En 1931, Shewart publicó el libro *El control económico de la calidad del producto manufacturado*. En esta obra dio una definición precisa y medible del control de la calidad y desarrolló técnicas estadísticas, tanto para evaluar la producción como para mejorar la calidad.

George Edwards, formó parte del Departamento de Calidad de la Western Electric junto con Shewart, ambos separaron sus funciones del Departamento de Producción. Edwards creó la noción del Aseguramiento de la Calidad (AC). Armand Feigenbaum publicó en 1945 su artículo *La calidad como gestión*, donde describe la aplicación del concepto de calidad en diferentes áreas de la General Electric.

En 1950, W. Edwards Deming, discípulo de Shewart desarrolló su propia versión del Control Estadístico de la Calidad y la introdujo en el Japón después de la Segunda Guerra Mundial. El resurgimiento del Japón como potencia económica puede atribuirse en gran parte a la aplicación de estos conceptos.

Joseph Juran, al igual que Deming, en 1954 fueron encomendados a revitalizar la economía japonesa a solicitud del gobierno americano, ya que las técnicas de producción japonesas quedaron muy mermadas después del conflicto bélico sostenido contra los Estados Unidos. Juran definió la calidad como la adecuación para el uso en términos de diseño, conformación, disponibilidad, seguridad y uso práctico.

En los años sesenta aparece la figura de Philip Crosby, autor del libro *La calidad es gratuita*, alcanzó tal vez el mayor éxito comercial al promover sus opiniones y al fundar la Escuela Superior de la Calidad en Florida. Crosby sostiene que la mala calidad en la empresa mediana le cuesta alrededor del 20% de sus ingresos, pudiéndose evitar esto con la adopción de buenas prácticas de calidad.

Aunque los conceptos y teorías de Feigenbaum, Deming, Juran y Crosby fueron planteados desde los años cincuenta, no es sino hasta la década de los ochenta que se empezaron a aplicar los conceptos del Control Estadístico de la Calidad y del Aseguramiento de la Calidad, siendo todos ellos iniciadores y precursores de lo que sería la Administración de la Calidad Total.

En 1973 se funda el Instituto Mexicano de Control de Calidad (IMECCA), siendo la primera asociación activa dedicada a promover el control de calidad en México. Ese mismo año, el IMECCA organiza el primer Congreso Nacional de Control de Calidad, participando funcionarios del gobierno, personal de empresas privadas, ingenieros y técnicos especializados. Se inicia la publicación de la revista trimestral *Sistemas de Calidad*, para difundir las actividades del control de calidad en México.

El interés por la administración de la calidad total creció rápidamente en el país. A partir de 1988 se fundaron dos nuevas asociaciones dedicadas a promover activamente el control de calidad: la Asociación Mexicana de Calidad (AMC) y la Fundación Mexicana para la Calidad Total. Cabe decir que estas dos asociaciones han llegado a ser las más importantes en cuanto al impulso a la calidad y prácticamente desde su fundación ha comenzado la verdadera promoción de la calidad en la industria nacional.

FUNDAMECA, actualmente es la primera en importancia dentro del país en la difusión de la calidad, nace con la finalidad de impulsar y promover una cultura de calidad total en México adecuada a nuestro entorno, contribuyendo al desarrollo nacional. Entre la empresas fundadoras más importantes se encuentran:

- | | | |
|--------------------|---------------------|-----------------------|
| * AeroMéxico | * Banco de México | * Grupo ICA |
| * Accival | * Banamex | * Industrias Peñoles |
| * Alcatel | * Celanese Mexicana | * Vitro |
| * Indetel | * Nestlé | * Grupo Condumex |
| * Alfa Corporativo | * Dupont | * Industrias Resistol |

AMC, segunda en importancia a nivel nacional, se funda a finales de 1988 como un organismo sostenido por las distintas empresas asociadas, con el objeto de impulsar y apoyar el desarrollo e implantación de sistemas de calidad, principalmente en industrias relacionadas con el sector eléctrico. La empresas fundadoras más importantes son: Comisión Federal de Electricidad, Comisión de Luz y Fuerza del Centro, Pemex, Siemens y Nacobre.

1.3 CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS.

Cuando se piensa construir una obra civil se espera que ésta sea funcional, segura y económica, además de cumplir con ciertos requisitos estéticos de acuerdo a su destino. Para lograr lo anterior, es necesario todo un proceso de planeación del proyecto, el cual logre coordinar cada una de sus partes funcionales con el fin de integrarlas y dirigirlas, llegando al término de la obra. Durante todo este avance de construcción, es necesario llevar un control de cada una de las actividades programadas para detectar fallas o desviaciones y corregir el proceso.

La calidad en la industria de la construcción está basada en el cumplimiento de las Normas Generales de Construcción y en las especificaciones particulares para un proyecto determinado. El objetivo de la implantación de una norma de construcción es uniformizar el estilo y la calidad de las obras. Las especificaciones particulares o complementarias son responsabilidad del proyectista.

Desde los inicios de la década de los ochenta, la calidad es considerada como una cuestión competitiva. Dado que actualmente el control de calidad ya no se considera una mera tarea de inspección, las compañías constructoras en México la consideran como parte integral de la estrategia de la empresa. Un resultado de ello, es que el control de calidad está siendo utilizado cada vez más en el proceso de construcción, pues permite realizar correcciones a tiempo, en vez de intervenir en la inspección al finalizar la construcción, cuando resulta demasiado costoso hacer una reparación.

Por ejemplo, durante la construcción de un conjunto habitacional de interés social, la constructora divide las áreas de urbanización y edificación, asignando residentes a cada una, a su vez, la residencia cuenta con un equipo de supervisores para cada frente de trabajo, quienes se supone deben cumplir con la función de asegurar que las actividades se desarrollen de acuerdo a las especificaciones; sin embargo, un supervisor se preocupa más por estimar obra que por su calidad final, y aun cuando se cumpla con el programa de obra y la fecha de entrega, el cliente no queda satisfecho, ya que al poco tiempo encuentra deficiencias en su vivienda.

El gerente de calidad es el encargado de hacer cumplir las normas de construcción y es quien tiene que tomar dos clases de decisiones en el control de calidad:

1. Decisiones estratégicas.
2. Decisiones técnicas.

Dentro de las estrategias, el gerente de establecer el nivel de calidad que la obra requiere o que demanda el cliente. Las medidas adoptadas influyen en el diseño de la construcción, la selección del equipo de trabajo, los programas de selección y mantenimiento de maquinaria, programación y control de actividades, etc.

Las decisiones técnicas ordinarias referentes al control de calidad se ocupan de cosas como: qué especificaciones o normas se aplicarían, cuándo debería supervisarse la construcción, el nivel de detalle en la inspección, cuál ha de ser el criterio de rechazo y cuándo se deberían tomar las medidas correctivas en relación con el proceso o el personal de trabajo.

La gerencia de calidad en la mayoría de las constructoras medianas han adoptado los procedimientos estadísticos de control de calidad, los cuales caen dentro de dos categorías:

1. Los procedimientos de muestreo de aceptación.
2. Los procedimientos de control de calidad.

Los primeros determinan si el producto terminado se ajusta a las especificaciones del diseño, es decir, si cumple con lo programado. Los segundos vigilan la calidad mientras la construcción avanza, es decir, si se están cumpliendo las especificaciones de diseño. El control del proceso también detecta alteraciones en algún punto del mismo que pueden indicar futuros problemas de construcción.

La parte del control de calidad correspondiente al *control* tiene lugar cuando se identifica la construcción que no se ajusta a las especificaciones o normas establecidas, tomándose distintas medidas correctivas, por ejemplo:

- * Se revisan los procedimientos de construcción.
- * Se encuentra a un nuevo proveedor de materiales.
- * Se repara una equipo deteriorado.
- * Se sustituye a un operador de bajo rendimiento.
- * Se ofrece adiestramiento y capacitación al personal
- * Se reprograma el plan de trabajo del proyecto

Estas medidas son efectivas en determinados casos para corregir los defectos, sin embargo, tiene un gran impacto dentro de la economía del proyecto, además de retrasar el programa de obra. Lo ideal es evitar caer en correcciones, es decir, adoptar el concepto de *cero defectos* o de *calidad total*.

Durante la etapa entre el proyecto y la construcción de una obra, existe una serie de procedimientos que se deben cuidar para llegar a un buen resultado final, es decir, se requiere establecer un programa de control de calidad. Este concepto puede diferir para cada persona. Definir los puntos vitales y ejercer en ellos una vigilancia razonable y científica, es el secreto de un control exitoso.

1.4 PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD.

El control de calidad en obras de ingeniería es muy complejo, debido a la variedad de campos que intervienen y a la magnitud de los proyectos. Se debe controlar la calidad desde una vivienda hasta un centro comercial, desde la pavimentación de una colonia hasta la construcción de una autopista. El poco interés por parte de los constructores por la comprensión de los conceptos de la calidad, siempre va en detrimento de lo que supuestamente se quiere ahorrar y avanzar.

El desarrollo de un buen programa de control define el nivel de calidad requerido, el planteamiento se define sabiendo qué se desea hacer, cómo puede ordenarse y programarse la actividad que conduzca a la meta y cómo determinar que se ha alcanzado lo que se quería.

Para saber qué se desea hacer se cuestiona el alcance del proyecto; deberá de estar claro cuál será la filosofía del mismo, es decir, el destino que tendrá una vez terminado. Se hace necesario conocer los conceptos que intervendrán, así como los volúmenes de obra esperados, igualmente se conocerán las especificaciones y tolerancias por las que estarán restringidos. Las anteriores consideraciones conducen a determinar la importancia de los conceptos por controlar, los cuales pueden ser: críticos, importantes, poco importantes y de contrato.

Cuando son conceptos críticos, como el caso de la trabe principal de un puente, la presencia de defectos puede hacer al concepto muy peligroso de no corregirse. Un concepto importante, como el caso de las vigas secundarias de un edificio, puede no alterar demasiado al concepto. En los conceptos poco importantes el comportamiento integral de la obra se ve poco afectado. La transgresión de los conceptos de contrato no llega a tener consecuencias de gran importancia.

Para saber cómo lograr las metas fijadas en la etapa de la planeación del proyecto, es necesario involucrar los aspectos referentes al procedimiento de construcción por utilizar, en este caso es de vital importancia la experiencia de la empresa en obras de características similares. Se deben considerar las alternativas más viables para realizar un determinada actividad.

Es indispensable el diseño de un programa de obra que controle las actividades y sus correspondientes duraciones, con el fin de definir los volúmenes de trabajo por realizar en el tiempo. Actualmente, el control del tiempo a través de paquetes computacionales de programación y control de obras ha sido una gran ayuda a los grandes proyectos, pero es importante conocer sus limitaciones para no caer en errores que conduzcan al deterioro de la calidad final de la obra, no por ahorrar tiempo se aumenta calidad.

Para verificar que el plan de obra se ha cumplido, se diseñarán sistemas de inspección para cada actividad importante, así como los criterios de muestreo, necesarios en la obtención de especímenes que se someterán a un análisis de laboratorio para verificar el cumplimiento de las especificaciones. Es de vital importancia aplicar los criterios del control estadístico de calidad. Además, se debe contar con un buen criterio de manejo e interpretación de la información obtenida de los ensayos hechos.

Los criterios de control, inspección y aceptación estarán fijados por las especificaciones generales de la institución contratante y las complementarias del proyecto. Es lógico y conveniente que descansa en el contratista el énfasis del control y verificación de calidad y en el contratante el de la aceptación. Siempre se deberá de concurrir al mutuo acuerdo de responsabilidades.

Un programa de control de calidad aceptable, debe tener bases realistas en la naturaleza de sus actividades para no conducir a confusiones o malas interpretaciones. Debe contar con ensayos de campo y laboratorio normatizados desde el punto de vista técnico, para obtener indicaciones apropiadas sobre el estado real del trabajo.

El sistema de inspección debe abocarse a los aspectos fundamentales del comportamiento de la obra y no a las actividades accesorias o complementarias, es decir, en la construcción de un edificio es de vital importancia controlar minuciosamente el concreto de columnas, traveses y losas, siendo menos crítico el concreto de la banqueta o la pintura exterior; aunque todo forma parte integral de la calidad, el sistema de inspección puede sufrir distracciones innecesarias.

La serie de especificaciones técnicas, referencia principal de cualquier programa de control de calidad, debe ser competente, en el sentido de garantizar las normas esenciales de la calidad de la obra por ejecutar; debe ser también muy ajustado a las necesidades sociales y económicas de la región que lo emplea y también a sus características ambientales, climáticas y topográficas. En este sentido, la transcripción de normas extranjeras, suelen conducir a políticas inadecuadas. Las especificaciones deberán ser elaboradas de tal forma que logren su objetivo de optimizar el proceso constructivo.

En México, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes publicó las Normas para Construcción e Instalaciones para las obras civiles que ella misma requiere, toda empresa constructora que logre adjudicarse una obra pública debe apegarse a lo estipulado en dichas normas, las cuales definen el concepto por ejecutar, hace referencias a los conceptos que intervienen en el proceso, define el tipo y características de los materiales a utilizar. Describe el procedimiento de ejecución del concepto, su medición y base de pago para estimaciones.

Según Rico y del Castillo, en su libro *La ingeniería de suelos en las vías terrestres* tomo II, como resumen de las consideraciones anteriores, parece que el conjunto de cualidades que pueden exigirse al control de calidad son las siguientes:

1. Ser capaz de distinguir las desviaciones y deficiencias significativas, separando las características esenciales de la obra de las accesorias. Esto obligará a un control flexible y diversificado, adaptado a cada obra.
2. Ser capaz de diferenciar las desviaciones o deficiencias inherentes a problemas de obra, de las emanantes de las particularidades del muestreo o de la ejecución de pruebas de laboratorio.
3. Ser capaz de ejercer oportuna vigilancia sobre los materiales que vayan a utilizar, garantizando un comportamiento adecuado de los que se seleccionen para un cierto fin.

4. Estar basados en normas expeditas, concordantes con los aspectos legales y de contratación de la obra y rápidas, de manera que la tarea de control no interfiera, o lo haga en lo mínimo, con el ritmo normal de la construcción.
5. Estar basado en especificaciones competentes y realistas, adaptadas a las verdaderas posibilidades y necesidades de la obra y del ambiente técnico general.
6. Estar fundado en técnicas de muestreo y ensayos de laboratorio objetivos, rápidos y sencillos; a la vez, deben ser de fácil interpretación y parte de un esquema científico, que elimine hasta donde sea posible los juicios de decisión basados en apreciaciones personales.
7. Estar previsto en el proyecto, de manera que interferencias y necesidades estén debidamente programadas y no sean causa de retrasos inesperados.
8. representar un criterio independiente, respecto al proyectista y el constructor. para ello será preciso que goce de independencia jerárquica y administrativa en relación con ambos.
9. Estar a cargo de personal capaz y penetrado del necesario espíritu de servicio.

1.5 ORGANIZACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD.

Para alcanzar la calidad de una obra, es necesario que todas las actividades estén controladas, pero no sólo aquellas que involucren la colocación de concreto, habilitado de acero, tendido de terracerías o asfaltos, sino toda la organización del proyecto debe de contar con un control integral, desde la contabilidad hasta las ventas. Algunas empresas constructoras han adoptado el concepto de Administración de Proyectos, cuya finalidad es optimizar todas las áreas funcionales que intervienen en la construcción de una obra.

1.5.1 La administración de proyectos.

La administración de proyectos, se puede definir como la aplicación del enfoque de sistemas para la administración de tareas tecnológicas complejas o de proyectos cuyos objetivos se establecen explícitamente en términos de tiempo, costos, calidad y parámetros de realización.

La administración de proyectos proporciona una estructura interfuncional para un proyecto específico y tiene una orientación administrativa básica. Involucra a un gerente de proyectos, quien, a través de los fondos, obtiene los recursos requeridos a partir de los diferentes departamentos funcionales. Por medio de las funciones administrativas de planeación, organización, integración, dirección y control, el gerente de proyectos coordina la aplicación de recursos para un proyecto dado con objetivos específicos que proporcionan el enfoque principal para este proceso.

La organización del proyecto es el punto focal para todas las actividades en un proyecto dado, pues permite visualizar el proyecto en su conjunto, es integradora en su naturaleza y se convierte en la red de todas las actividades, tanto externas como internas, que afectan al proyecto. Se trata de un mecanismo administrativo que no reemplaza las actividades funcionales de los diversos departamentos, sino las complementa.

Es necesario reiterar que la aplicación de la administración de proyectos en la industria de la construcción, no conduce al aseguramiento de calidad automáticamente, ya que por lo complejo de las actividades y el alto riesgo, así como las malas prácticas y costumbres de los trabajadores, resulta difícil controlar al 100% la administración de la obra. Lo que el concepto aporta es un control global de las actividades. Es poco común que la constructora mediana capacite y adiestre a su personal de obra, debido a que su contratación es de carácter temporal, haciendo difícil la implantación del sistema en los niveles más bajos de la organización. Existen condiciones en que es factible optar por las técnicas de administración de proyectos, entre las que destacan:

- a) Existencia de objetivos multilaterales.

- b) Presiones para mejorar el producto y lograr avances en el estado del arte.
- c) Si los riesgos son altos y el futuro incierto.
- d) Si el proyecto es un asunto que requiere estudios anticipados de factibilidad y desarrollo.
- e) Cuando exista un clima administrativo que permita acortar las relaciones de reporte dentro de la organización.

Las anteriores condiciones son los principales factores que se deben considerar antes de tomar la decisión de adoptar la administración de proyectos. Se debe estar seguros que los beneficios de una mejor planeación, control y desempeño sobrepasan los costos adicionales que se requieren para la adopción de la administración de proyectos.

Los proyectos de construcción que requieren esfuerzos interdisciplinarios de no una, sino de dos o más organizaciones tecnológicamente orientadas, por naturaleza necesitan una estructura de administración de proyectos aplicada en forma contingente a cada situación.

La cualidad más importante de un gerente de proyectos es la buena comprensión de su desarrollo. Esto permite que se entienda mejor la naturaleza de las actividades del proyecto, que los problemas se vean en perspectiva y que las necesidades sean atendidas con anticipación. Hasta cierto punto esta comprensión del desarrollo de los proyectos es intuitiva, aunque claramente también depende de los conocimientos especializados sobre tecnología del proyecto y de la industria de la construcción. Sin embargo, también se puede adquirir en gran parte de los estudios formales del proceso de desarrollo de los proyectos.

Además de una estimación conceptual, se desarrolla un programa completo por parte del propietario en el frente inicial de un proyecto. Este programa se desarrolla basándose en un resumen mientras los planes de alcance y ejecución están aún en la etapa preliminar. A medida que el proyecto se desarrolla, se recomienda que el control diario y la planeación detallada se transfiera a la operación de programación del contratista.

La supervisión total de la operación y programación de la obra por parte del contratista la debe mantener el propietario. Este programa inicial provee la base del tiempo para la estimación y presenta a la administración un programa completo que muestra los principales puntos de decisión. En esta etapa, es vital que esta información sea fácil y claramente comunicada a la administración.

El mejor formato para un programa de actividades es la red de tiempo escalado, aunque por lo general en la industria de la construcción en proyectos de gran magnitud, el control de la obra es programada en Microsoft Primavera, el cual es un programa de computadora inmensamente versátil que permite un control integral de cientos de conceptos de trabajo, además de involucrar las variaciones del presupuesto original y realizar las correcciones automáticamente. Técnicamente las redes de tiempo escalado son ineficaces ya que pueden requerir más trabajo y rediseño considerables.

La Fig. 1 ilustra una organización típica para el control de proyectos. Se recomienda que la sección del control de proyectos sea parte de la división de la administración de proyectos, mientras que la estimación y sus funciones asociadas pueden ser un grupo separado. La sección de control de proyectos está compuesta por tres grupos principales de apoyo al proyecto y un grupo de apoyo al equipo asesor, estos son:

1. Los grupos de apoyo de programación y control de costos organizados sobre una base geográfica o manufacturera.
2. Un grupo central para el desarrollo de métodos, adiestramiento y planeación de mano de obra.
3. Un grupo especialista para manejar la administración de subcontratos y la administración de construcción.

Las asignaciones rotatorias y los objetivos de desarrollo de la carrera deben asegurar el movimiento de personal a través de los grupos de control y administración de proyectos. Esto mejoraría la administración de la mano de obra, daría oportunidades más grandes de adiestramiento e incrementaría de gran forma los niveles de habilidades personales.

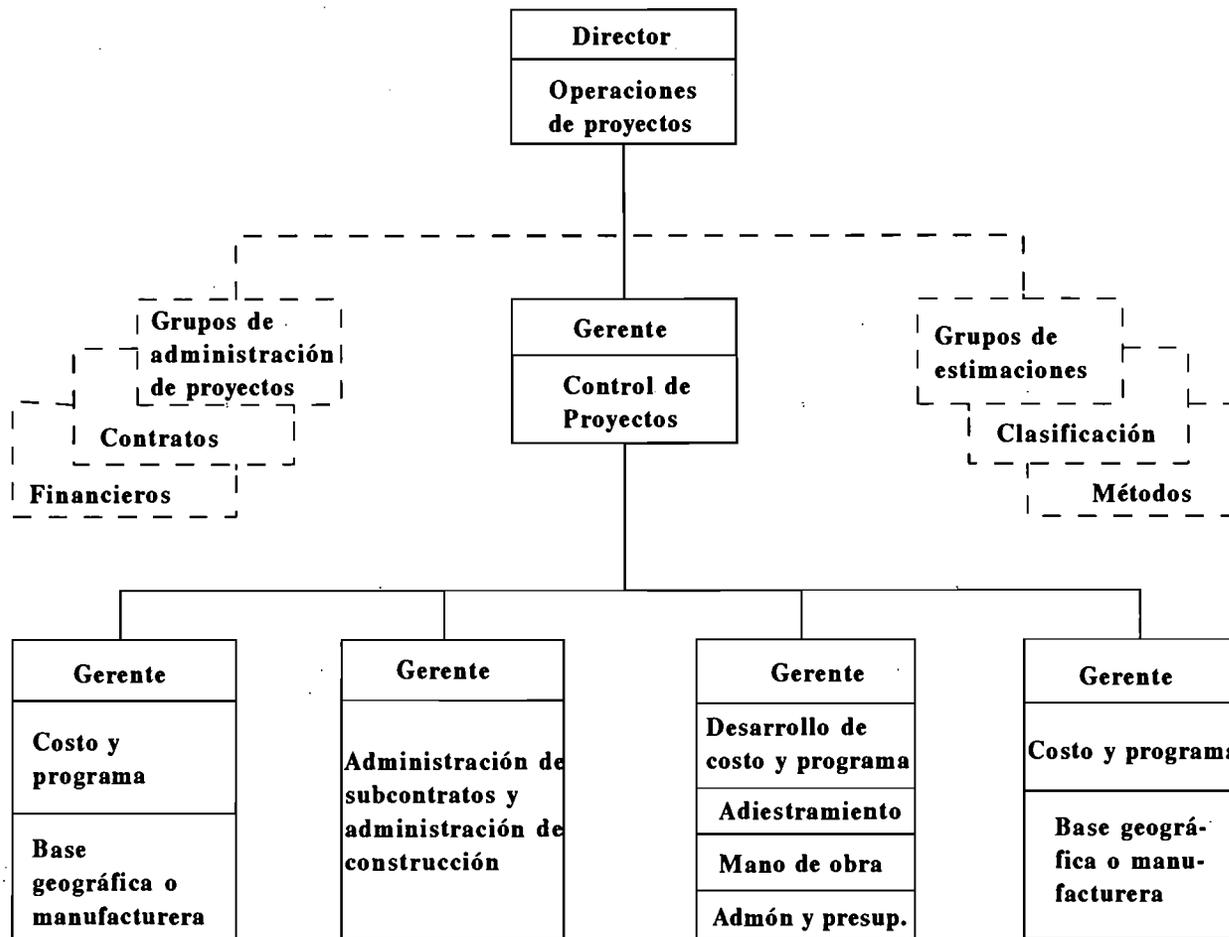


Fig. 1: Organización del control de proyectos

El personal de los grupos de apoyo de costos y programación debe desarrollarse para mejorar su trabajo más eficientemente. La capacidad de las dos funciones sería beneficiosa para proveer servicios de "portafolios" de la oficina central y también personal para las posiciones para los gerentes de control.

Debido al exceso de trabajo, los grandes proyectos de construcción requerirán funciones separadas de costo y programación, con esto se logrará un mejor control de las actividades.

Un problema significativo de organización del equipo asesor en la industria de la construcción, es la actitud de "nosotros y ellos". Cuando el grupo de control de proyectos es parte de la división de administración de proyectos, esta actitud se reduce grandemente. Además, la imagen de "revisión y ajuste de cuentas" también se reduce.

El alineamiento de las divisiones de la administración de proyectos alguna veces puede suprimir las evaluaciones independientes y adversas por el personal de control de proyectos. Sin duda, es la responsabilidad del gerente de proyectos crear un ambiente que permita que el control se lleve a cabo.

Un elemento clave para el control eficaz es la evaluación oportuna del costo potencial y de los peligros de la programación y la presentación de estas evaluaciones con soluciones recomendadas para la administración de proyectos. Esto significa que el ingeniero de control necesita ser un técnico experto y también debe poder comunicarse eficazmente a nivel de la administración. Algunas veces, la ejecución de un técnico experto no es adecuada por que no es un buen comunicador, problema principal del ingeniero mexicano en particular.

La experiencia del técnico rara vez compensará la falta de habilidad para comunicarse. Como en todas las funciones del equipo staff, la habilidad de vender servicio puede ser tan importante como la habilidad de ejecutar el servicio. Los equipos encargados del proyecto por lo común se sustraen de una variedad de crisis y la dificultad para establecer comunicaciones eficaces y apropiadas en todos los niveles no debe subestimarse.

En esta consideración, el gerente de proyectos es responsable de establecer pronto un ambiente de trabajo positivo donde las funciones separadas de diseño, obtención, construcción y control se unen consciente del costo unificado. Los gerentes de proyectos que relegan la función del control a una función de estimación o información son negligentes al ejecutar sus deberes.

El control de proyectos se puede definir como el procedimiento que:

- a) Prevé y evalúa los peligros potenciales antes de que ocurran de modo que se pueda tomar acción preventiva.
- b) Examina las tendencias o las situaciones reales para analizar su impacto y, si es posible, propone acción para aliviar la situación.
- c) Suministra vigilancia continua de las condiciones del proyecto para crear eficaz y económicamente una condición de "no sorpresa".

Como cualquier función del control, el control de proyectos eficaz requiere que todos los esfuerzos se integren por completo; que el status se informe de manera completa y exacta; que los costos, programas y alcance de ingeniería se comparen contra las estimaciones del presupuesto, los programas y las especificaciones (las normas de construcción); y que el circuito sea cerrado modificando y corrigiendo el sistema de control, o cambiando los métodos de control.

Este ciclo de eventos es necesario y debe ser continuo para la ejecución exitosa del proyecto. El interés y participación del propietario en estos eventos variará de proyecto en proyecto y dependerá de manera principal del tipo de contrato de proyecto.

En resumen, para el control de proyectos eficaz, el equipo encargado del proyecto, no solo una persona, debe concentrarse en anticipar y detectar las desviaciones de las normas de proyecto, y después tomar acción completa y oportuna para manejar tales desviaciones. Las normas del proyecto habrán de revisarse sólo cuando es absolutamente cierto que están fuera de ejecución.

Sin embargo, los reportes a tiempo deben indicar las desviaciones a medida que se vuelvan aparentes, aun a pesar que no se tome acción inmediata. Las Fig. 2 y 3 ilustran los elementos principales de la programación integrada y de los sistemas de control de costos.

La Fig. 2 es un diagrama de flujo que indica los elementos necesarios para un sistema de programación integrado. Los clientes y constructores necesitan llevar a cabo completamente los sistemas de control integrados y coordinados junto con estas líneas generales. Para hacerlo así se requerirá, en muchas ocasiones, un replanteamiento total de las operaciones relacionadas con el programa y cambiar la calidad del personal.

En algunas ocasiones, se va a requerir hacer llamadas de atención fuertes, sobre todo hacia el personal obrero, para evitar malas prácticas de construcción y procedimientos anticuados, además de reprender a los supervisores que no acaten las políticas establecidas por la administración del proyecto.

La Fig. 3 es un diagrama de flujo que indica los elementos necesarios para un sistema de control de costos integrados. Los principales aspectos son una estimación de calidad, basada en las cantidades, un sistema de dirección eficaz y personal calificado que trabaje sobre una base de tareas.

En los grandes proyectos, justo después del otorgamiento del contrato habrá de establecerse un equipo que cuente con la capacidad para revisar, con el mayor de los detalles, el sistema de programación y control de actividades y costos, organización de la administración y personal asignado por el contratista. El propósito es recomendar al gerente de construcción un sistema de control integral para las actividades de la obra. El equipo debe ser dirigido por un miembro gerencial del grupo de control de la oficina central y consistir de fuerza de trabajo y personal de staff de programación y costos. Ya que esta revisión tardará de cuatro a seis semanas, dependiendo de la magnitud de la obra, generalmente es necesaria la adición de personal de la oficina central ya que la carga de trabajo del personal al que se le asignó el proyecto es muy pesada en esta etapa. El jefe del equipo debe ser experimentado para manejar la operación de control.

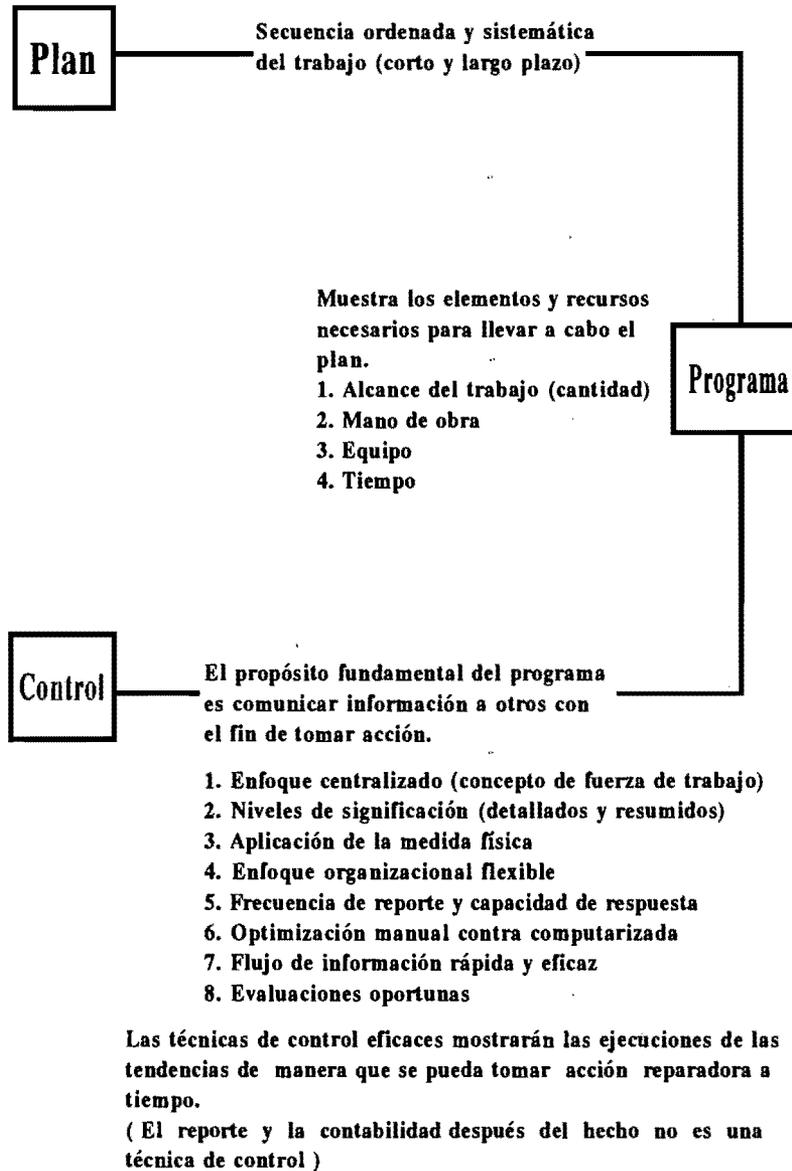


Fig. 2: Sistema Integrado Planeación/Programación/Control

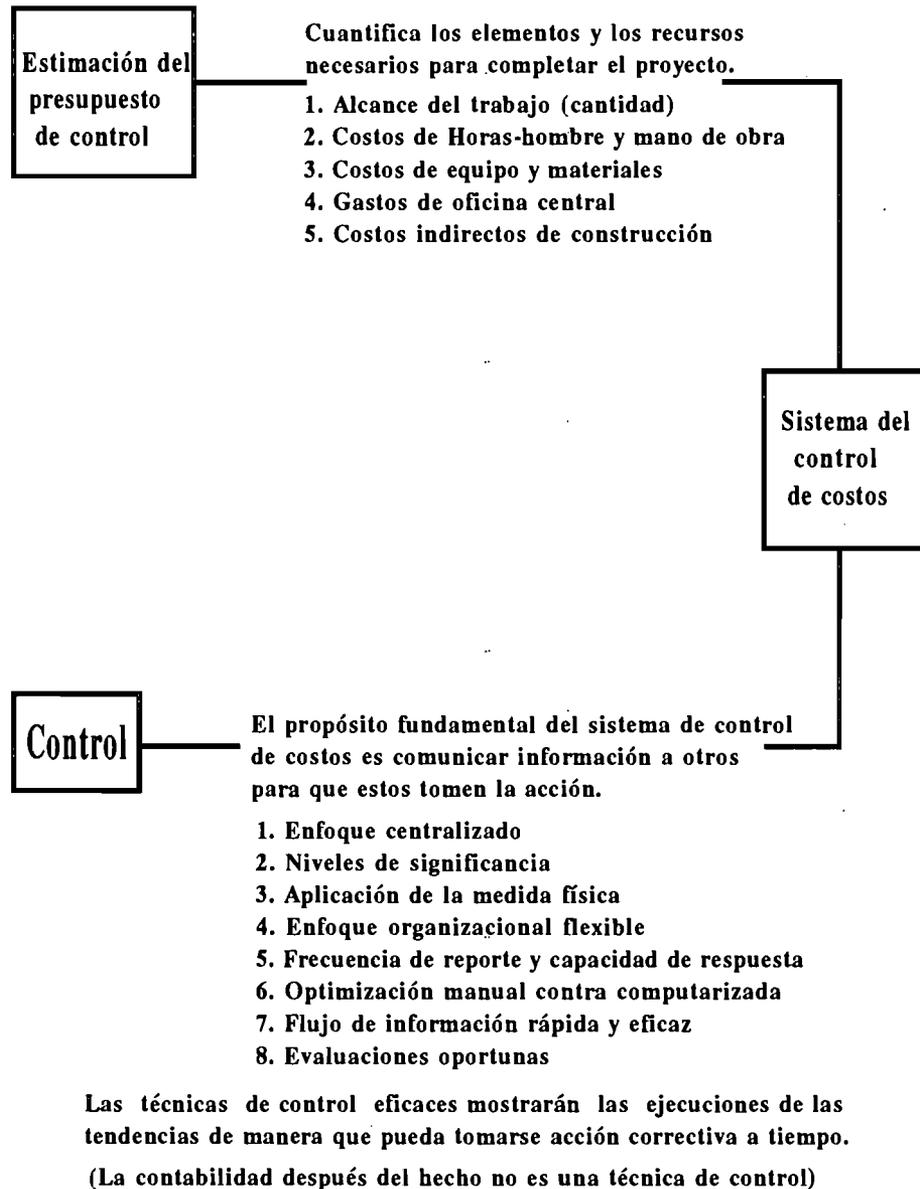


Fig. 3: Control del costo del proyecto.

El personal deberá ser elegido por el gerente de control de proyectos, y debe presentarse un plan de ejecución oportuna al gerente de proyectos para su aprobación antes del comienzo de la construcción.

Los objetivos específicos de esta revisión son:

- a) Investigar los sistemas de control y organización del contratista principal, unir a los contratistas de la administración o de la empresa y preparar un sistema de control de proyectos total recomendado. La investigación debe basarse en la maximización del uso de los sistemas y recursos existentes del contratista. Los cambios habrán de ser mínimos y sólo las deficiencias significativas deben requerir modificación.
- b) Preparar un informe detallado que abarque la investigación y recomendación.
- c) Preparar un programa para la implantación de las recomendaciones anteriores, extendiéndolo hasta el punto en donde el sistema de control es completamente operacional.
- d) Presentar el plan y la recomendación a la administración ejecutiva del propietario y del contratista para lograr un completo entendimiento y aprobación por parte de la administración en una etapa temprana del proyecto.

Si un sistema u organización del contratista tiene deficiencias significativas, se recomienda que el contratista modifique su sistema completándolo con el procedimiento y formatos apropiados del propietario. Sin embargo, es importante que los cambios se mantengan a un mínimo y que se le permita al contratista el uso pleno de los procedimientos y métodos con los cuales está familiarizado.

En la Fig. 4 se muestra un esquema de como queda diseñado el equipo asignado al proyecto. El control de calidad ocupa una posición intermedia dentro del organigrama debido a su función de liga entre construcción y administración.

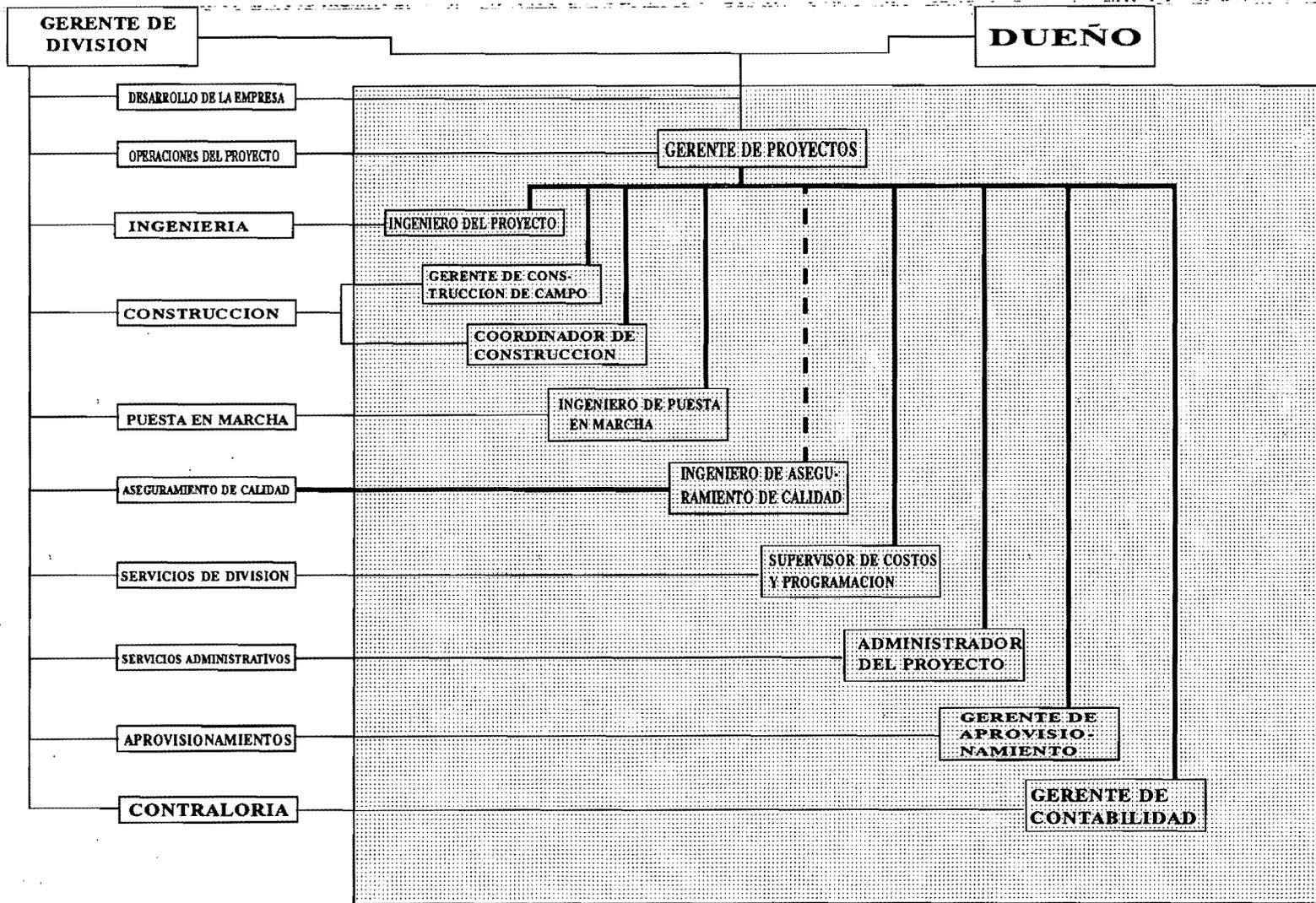


FIG. 4: EQUIPO ASIGNADO AL PROYECTO

-  EQUIPO ASIGNADO AL PROYECTO
-  DIRECCION FUNCIONAL
-  DIRECCION DEL PROYECTO
-  COORDINACION

1.6 CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD.

Cuando la administración de la obra se encuentra bajo control, el siguiente paso es lograr la calidad de cada uno de los conceptos de trabajo. Es indispensable ejercer el control adecuado de los componentes del concreto (cemento, agregados, agua y aditivos), acero, terracerías, asfaltos, etc. El Control Estadístico de Calidad (CEC), es la herramienta más empleada actualmente por la supervisión de construcción para evaluar la calidad de los conceptos de obra.

Los sismos que sacudieron la Cd. de México en septiembre de 1985 y los efectos que éstos causaron en las estructuras de concreto, fueron evaluados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en los informes presentados se concluyó que una de las causas más importantes de los daños y colapsos que se presentaron fue el inadecuado control de calidad del concreto, tanto en las construcciones antiguas como en las recientes.

Las propiedades de una mezcla de concreto son determinantes para la calidad y resistencia del concreto sólido y están sujetas a la influencia de diversas variables, tales como:

- * Las características intrínsecas de los agregados.
- * Las propiedades del cemento.
- * Los proporcionamientos de las mezclas.
- * El contenido de agua.
- * La humedad interna y la externa.
- * El contenido de aire.
- * La relación agua/cemento.
- * Los procedimientos de transporte.
- * La forma de vaciado.
- * La colocación.
- * La compactación.
- * El vibrado.
- * El curado.
- * La temperatura.

Todo esto obliga a aceptar la existencia de variaciones en la resistencia, además de las discrepancias en los métodos de prueba, entre las que se pueden citar los procedimientos de prueba inconsistentes, las técnicas de fabricación no uniforme, el manejo excesivo e inadecuado de los especímenes de concreto, el curado irregular de cilindros tiernos, las variaciones en los sistemas de prueba, la falta de calibración, además del inadecuado mantenimiento del equipo.

Un estudio estadístico permite, por un lado, ejercer un adecuado control de calidad y, por otro, calificar la producción y corregir los factores que intervienen en la obtención de una nueva mezcla, reflejándose en la calidad de la obra. Entre mayor sea el número de muestras, la información que se obtenga será más amplia y los resultados más confiables. Los métodos estadísticos permiten controlar y establecer las bases para fijar procedimientos tendientes a mejorar la elaboración y uniformidad de las mezclas de concreto.

Las cartas o gráficas de control que se han venido empleando con bastante éxito en los medios de producción industrial, son una ayuda eficaz para los propósitos anteriores. Su uso lo promueve la ASTM (American Society of Test Materials) desde 1951 y esta asociación establece también los métodos adecuados para su elaboración y empleo. Dicha metodología ha sido aceptada y manejada por el ACI (American Concrete Institute) y el IMCYC (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto).

El empleo de las cartas de control permite al ingeniero encargado del control de calidad lo siguiente:

1. Controlar la calidad a los niveles deseados.
2. Predecir la variación de la calidad durante la producción.
3. Descubrir las causas de las desviaciones en el comportamiento del concreto fuera de las normas especificadas, con el objeto de eliminar las causas asignables y obtener un control de calidad económico.
4. Comparar los méritos relativos de dos o más métodos de ensaye.
5. Descubrir la relación entre dos o más propiedades del concreto.
6. Conocer la dispersión y la uniformidad de producción.

7. Calificar la mano de obra.
8. Poner énfasis en la agrupación de las observaciones con respecto a lugar, tiempo, temperatura, revenimiento, etc.
9. Detectar la presencia de otras causas de variación.
10. Separar los resultados en subgrupos racionales dentro de los cuales las variaciones pueden considerarse debidas a causas fortuitas, no asignables, pero las diferencias se pueden considerar debidas a causas asignables.
11. Dibujar otras gráficas que se crean necesarias para los demás valores estadísticos y establecer los límites de control.

El control de calidad del concreto se realizará comprobando que la resistencia a la compresión alcanzada en obra cumpla con la resistencia $f'c$, que al respecto formule el proyecto. para ello se probarán, en el laboratorio, especímenes de 28 días de edad cuando el concreto sea elaborado con cemento portland de tipo normal, y de 14 días cuando el cemento empleado sea de resistencia rápida.

El proyecto estructural deberá especificar las características del concreto que se desea fabricar, y definir con precisión los límites y tolerancias admisibles. Para casos generales puede emplearse lo recomendado para concreto de calidad A o B de la Norma Oficial Mexicana C-155.

Todo concreto para ser aceptado deberá pasar la prueba de revenimiento, por lo que no se recibirá en obra una mezcla que no cumpla con este requisito.

Si se desea conocer la calidad del concreto que se está recibiendo, sin esperar a los 7 o 14 días, podrá seguirse el criterio de llevar un control de peso volumétrico de todas y cada una de las mezclas recibidas. De la primera mezcla, además del peso volumétrico, se tomará del concreto fresco una muestra amorfa de 10 ± 0.2 kg, y ésta se sujetará a la prueba de deshidratación con alcohol que se describe en la NOM C-302. También se podrá seguir el procedimiento denominado de curado acelerado. El resultado de esa primera prueba permitirá conocer el proporcionamiento con que fue elaborada la mezcla y su relación agua/cemento, así como predecir la resistencia futura.

Los resultados obtenidos de la prueba anterior no constituyen por sí mismos una norma de aceptación o rechazo, pero puede usarse con fines informativos en todos los casos en que varíe el peso volumétrico de las mezclas para realizar las correcciones a la dosificación o la manipulación del concreto.

El muestreo para la elaboración de especímenes de prueba para la determinación de la resistencia a la compresión deberá sujetarse a los siguientes pasos:

1. Se estimará el volumen total del concreto de la misma clase, que se utilizará para realizar un colado homogéneo en un proyecto determinado.
2. Se determinará la capacidad del recipiente que alimente el concreto a la obra. La relación del volumen total del concreto entre la capacidad del recipiente dará el número de recipientes que se esperan sean necesarios para ese colado.
3. A continuación deberá fijarse el número de recipientes que se muestrearán. Para ello se puede seguir el siguiente criterio.
 - a) Estimar la desviación estándar (S') a partir de las características de la dispersión; esto es, de los valores máximo, mínimo y lo sesgado o simétrico de la distribución del proceso, por medio de un muestreo previo. Un valor recomendado de desviación estándar para iniciar el proceso es de 35 kg/cm², aunque pueden tomarse cualquiera de los valores que se presentan en la Tabla I. De cualquier forma la precisión será mayor si se parte de los datos obtenidos en un muestreo previo, lo que permitirá posteriormente graficar la carta de control y obtener mayor economía en el muestreo, por ser el tamaño de la muestra necesaria.
 - b) Establecer el máximo error permitido, E , que es la diferencia máxima tolerable entre la estimación hecha por la muestra y el resultado de aprobar todas las unidades del lote, con el mismo método.

- c) El tamaño de la muestra de un lote infinito queda expresado en la ecuación:

$$n = \left(\frac{FS'o}{E} \right)^2$$

donde:

n = Tamaño de la muestra de un lote infinito.

F = Factor que depende de la estimación que se haga de la probabilidad de que el error de muestreo exceda de E .

En la Tabla II se muestran los valores aproximados de F y se recomienda el valor de 3 para usos generales.

El tamaño de la muestra para estimar el promedio de un lote finito lo proporciona la expresión:

$$n_L = \frac{Nn}{N+n}$$

donde:

N = Representa el tamaño del lote (número total de ollas o recipientes que alimentan el concreto a la obra).

- d) Para establecer el número de muestras, también puede emplearse la regla usual para calcular el porcentaje como la raíz cuadrada del número total de recipientes de concreto de determinada clase. Esta regla puede resultar inapropiada para un número grande de recipientes, lo que originaría que se obtuviera mayor cantidad de muestras con el siguiente incremento de los costos.
- e) Al definir el número total de muestras de cierto tipo de concreto que han de tomarse en una obra determinada, se fijará el orden secuencial en que los recipientes que alimenten a la obra han de ser muestreados, para ello podrá hacerse uso de cualquier tabla de números aleatorios.

- f) A fin de establecer las cartas de control, deberá hacerse un número suficiente de pruebas que permitan tener una representación certera de las variaciones esperadas en las mezclas.
- g) La metodología para el control de calidad del concreto ha sido adoptado por el ACI desde 1971; se basa en la referencia denominada, *Practica recomendada para la evaluación de resultados de ensayos de compresión del concreto*, y consiste en el empleo de tres tipos de cartas o gráficas de control, las cuales permiten conocer y estudiar las mezclas y su evolución.
- h) Es recomendable seleccionar un mínimo de treinta muestras consecutivas; en casos excepcionales el número podrá ser de veinticinco. Cada muestra estará formada por dos, tres o cuatro especímenes, dependiendo de la especificación particular del programa de control calidad.

1.6.1 Variables estadísticas.

Con los resultados de los especímenes se calculará el promedio de ellos, X , por cada muestra:

$$X_i = \frac{X_a + X_b + X_c}{3}$$

donde X_a , X_b y X_c son los resultados de las pruebas de resistencia. X_i también representa el valor de resistencia a la compresión de la muestra, considerada ésta como resultado individual. Con estos valores se determinará:

- a) El promedio \bar{X} o media aritmética de todas la muestras:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

donde X_1 , X_2 , ... X_n son los promedios de las tres resistencias de cada una de las muestras.

b) La amplitud, rango o intervalo de cada muestra:

$$R_i = X_{max} - X_{min}$$

c) La desviación estándar de los promedios de las tres resistencias de cada muestra:

$$s = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n}}$$

Si el número de muestras es menor que treinta, tomese $n-1$ en vez de n .

d) La línea central:

$$fcr = \bar{f}c + ts/n \quad \text{ó} \quad fcr = \bar{f}c + ts$$

donde:

fcr = resistencia promedio requerida que se tratará de obtener a fin de garantizar una $\bar{f}c$ dentro de la tolerancia.

$\bar{f}c$ = resistencia especificada en el proyecto estructural.

t = constante que depende de la proporción de las muestras que quedan debajo de $\bar{f}c$ (ver Tabla III).

s = valor de la desviación estándar de los promedios de las 2 ó 3 resistencias de cada muestra, determinada previamente.

n = número de muestras.

Los límites críticos de confianza, si se tienen los antecedentes necesarios, quedan dados por la media aritmética $\pm Zs$, donde el valor de Z se puede determinar por medio de la Tabla IV y dicho valor dependerá del límite de confianza que se desea o especifica. Es común tomar el un valor de $Z = 3$, aunque la norma NOM C-109 recomienda $Z=2.326$ que corresponde a un nivel de confianza del 98%. La determinación general de los límites de control, si el universo es infinito, es:

$$Lc = \bar{X} \pm Zs$$

Tabla I. Desviación estándar para el control de calidad del concreto

Clase de trabajo	Desviación estándar para diferentes tipos de control, kg/cm ²				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo
Construcción en general	Menor de 28	De 28 a 35	De 35 a 42	De 42 a 49	Más de 50
Mezclas controladas por el laboratorio	Menor de 14	De 14 a 18	De 18 a 21	De 21 a 25	Más de 26

Tabla II

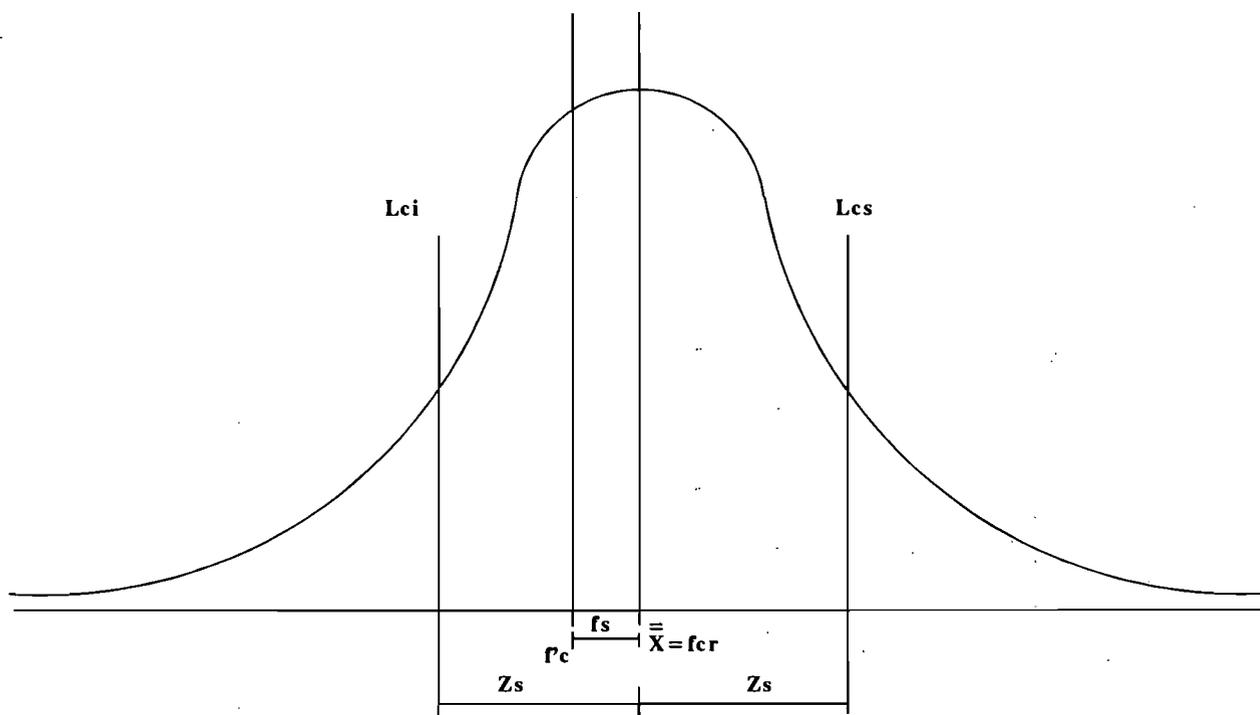
Factor F	Probabilidad Aproximada
3	1 en 330
2.58	1 en 100
2	1 en 22
1.96	1 en 20
1.64	1 en 10

Tabla III

Porcentaje entre $\bar{X} + ts$	Valores de t	t
	Probabilidad caer bajo el Li	Distribución normal
40.0	3 en 10	0.524
68.5	1 en 6.5	1.000
80.0	1 en 10	1.282
95.5	1 en 44	2.000
98.0	1 en 100	2.326
99.7	1 en 741	3.000

Tabla IV

% del Nivel de confianza	Valor de Z
99.73	3.000
99.00	2.580
98.00	2.326
96.00	2.050
95.45	2.000
95.00	1.960
90.00	1.640
80.00	1.280
68.27	1.000
50.00	0.067



pero:

$$\bar{X} = fcr = f'c + ts$$

Los límites de control se pueden expresar de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} Lc &= fcr \pm Zs \\ &= f'c + ts \pm Zs \\ &= f'c + s(t \pm Z) && \text{para número infinito de muestras.} \\ &= f'c + s(t \pm Z/n) && \text{para número finito de muestras.} \end{aligned}$$

resumiendo:

$$\text{Límite de control superior} = Lcs = f'c + s(Z/n - t)$$

$$\text{Límite de control inferior} = Lci = f'c - s(Z/n - t)$$

De las anteriores expresiones t representa a los valores permitidos abajo de $f'c$ (ver Tabla 3).

Cuando el número de datos sea insuficiente se puede emplear la expresión:

$$Lci = f'c - 3s(Z/n - t)$$

1.6.2 Cartas de control.

Con los anteriores resultados se procederá a graficar tres cartas de control de calidad. En estas cartas las abscisas indican el número de muestras probadas. En las dos primeras aparecerá, en los ejes de las ordenadas, las resistencias; paralelamente al eje de las abscisas se dibujarán líneas que corresponden a los valores de resistencia de $f'c$ de proyecto, al valor medio de fcr y a los límites de control superior e inferior.

La primer carta servirá para graficar los resultados de las pruebas en todos los especímenes; por ello recibe el nombre de *Carta de pruebas de resistencia compresiva individual*. En ella se deben indicar, con líneas paralelas a las abscisas, los valores de $f'c$, fcr y los límites Lcs y Lci .

Esta gráfica es de gran utilidad para lograr uniformidad y eficiencia durante la producción, además permite conocer las resistencias bajas o altas y ver si éstas son aceptables, así como las causas asignables de falla.

La segunda carta llamada de *Resistencia compresiva media móvil*, contendrá los mismos límites de control que la anterior, además de graficar en número de serie de cada muestra el promedio variable de resistencia a la compresión de muestras consecutivas previas. En ella se deben especificar los valores de $f'c$ y fcr .

El número n de muestras promediadas para graficar la variación de promedios con un límite inferior apropiado, puede variar y definirse para cada tipo de trabajo. Esta carta es útil para conocer la tendencia de producción y muestra el efecto de las influencias ajenas, tales como cambios de temperatura, calidad de los materiales, descuidos del fabricante, entre otros.

La tercer carta conocida como de *Promedio móvil de amplitudes* se forma colocando en el eje de las abscisas los números de serie de las muestras, y en el eje de las ordenadas, el promedio variable de amplitudes de resistencia a la compresión, tomado de las amplitudes que son el resultado de restar la resistencia mayor de la menor en los especímenes de cada muestra. Los límites de aceptación de esta carta serán cero para el inferior y para el superior queda definido con Rm , el cual se calcula con:

$$Rm = fcr V_1 d_2$$

se sabe que:

$$V_1 = S_1 / \bar{X} \quad y \quad d_2 = \bar{R} / S_1$$

entonces:

$$Rm = fcr (S_1 / \bar{X}) (\bar{R} / S_1) = fcr \bar{R} / \bar{X}$$

donde:

\bar{R} = promedio de amplitud de grupos de cilindros compañeros

V_1 = coeficiente de variación

d_2 = factor estadístico

Los valores de amplitudes máximas promedio Rm se pueden tomar como sigue:

Para dos cilindros	0.0564 <i>fcr</i>
Para tres cilindros	0.08465 <i>fcr</i>

En la obtención de estos valores se consideró el coeficiente de variación como $V_I = 0.05$ (porcentaje correspondiente a un buen control de calidad). Por lo general cada punto de la gráfica corresponde al promedio de 10 amplitudes previas para grupos de dos a tres cilindros. En ella se observan los cambios importantes en los intervalos, y su promedio consecutivo permite ver con mayor claridad la tendencia de producción de cilindros, así como el cuidado con que se manejan en el laboratorio.

Esta tercer carta puede ser importante para detectar si las resistencias bajas en las gráficas anteriores son atribuibles a fallas en los métodos de prueba. Cabe señalar que para garantizar mejores resultados, debe obtenerse un número suficiente para cada trabajo particular. La amplitud entre valores de los especímenes de la misma muestra es responsabilidad del laboratorio, y por ello es conveniente que en él también se use esta gráfica para control interno.

Toda carta de control tiene tres zonas (ver Fig. 5):

1. Zona de aceptación.
2. Zona de corrección.
3. Zona de rechazo.

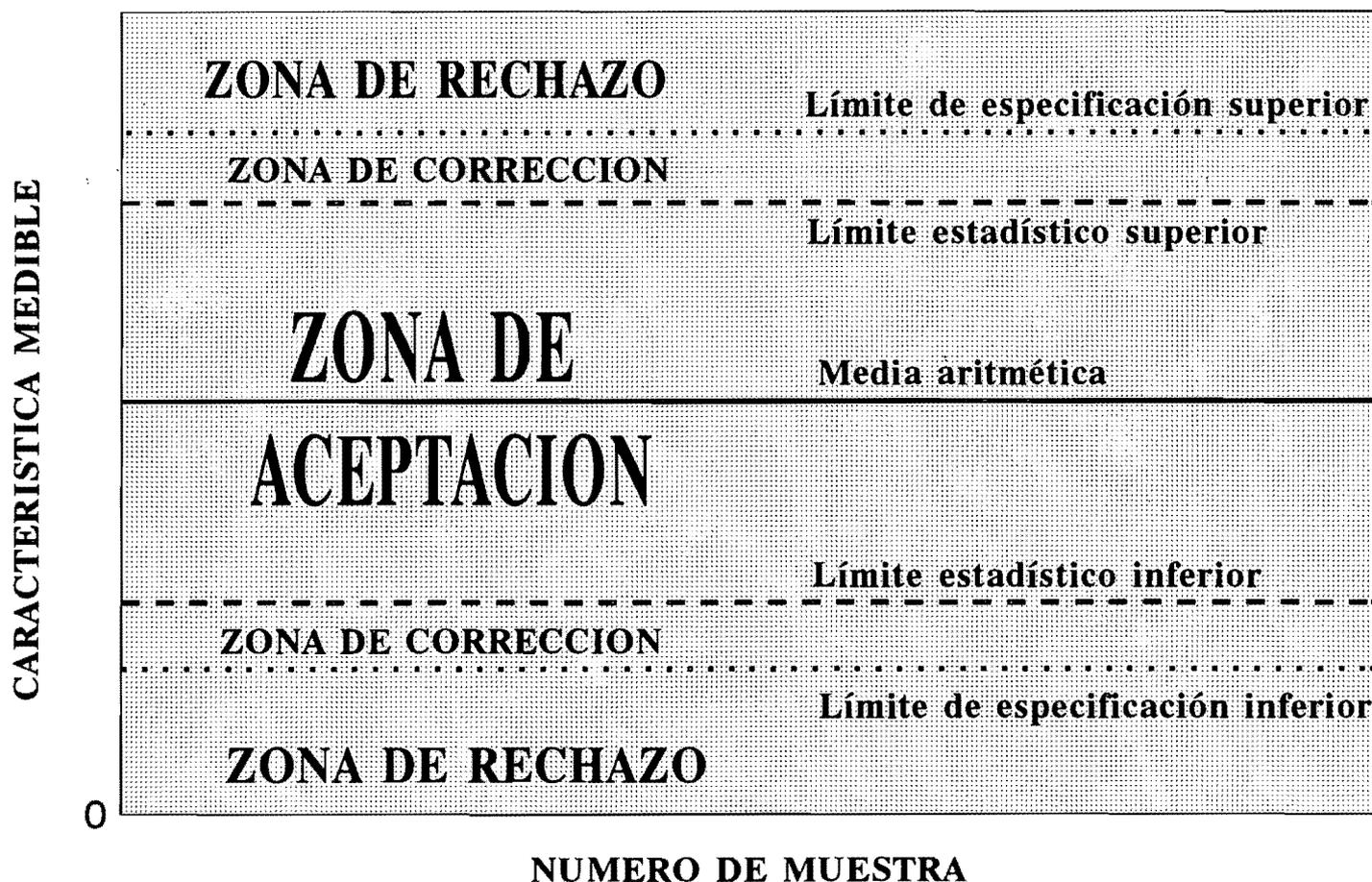
En resumen, existen tres cartas de control de calidad de características medibles que son empleadas en la práctica de obras civiles, sobre todo en el control de mezclas de concreto. Éstas son:

1. Carta de Control de Calidad de la Media Aritmética.
2. Carta de Control de Calidad de la Desviación Estándar.
3. Carta de Control de Calidad Mixta

Los límites estadísticos de las cartas de control pueden estar basados en las desviaciones estándar o en las amplitudes de una muestra.

Fig. 5. La Carta de Control de Calidad

Límites de control y tipo de zonas



Los límites para la C.C.C. de la media en base a la desviación estándar se obtienen a partir de:

$$Ls = \bar{\bar{X}} + A_1 \bar{\sigma} \quad Li = \bar{\bar{X}} - A_1 \bar{\sigma}$$

Los límites para la C.C.C. de la media en base a la amplitud se obtienen a partir de:

$$Ls = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \quad Li = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

Los límites para la C.C.C. de la desviación estándar en base a la desviación estándar se obtiene a partir de:

$$Ls = B_4 \bar{\sigma} \quad Li = B_3 \bar{\sigma}$$

Los límites para la C.C.C. de la desviación estándar en base a la amplitud se obtiene a partir de:

$$Ls = D_4 \bar{R} \quad Li = D_3 \bar{R}$$

$\bar{\bar{X}}$ es la media de los promedios de los cilindros. Los valores de A_1 , A_2 , B_3 , B_4 , D_3 y D_4 se pueden consultar de la Tabla V.

1.6.3 Muestras y especímenes.

De cada entrega muestreada se recomienda tomar concreto fresco suficiente para formar cuatro cilindros estándar. Uno o dos cilindros de la muestra se probarán a los siete o tres días de fraguado dependiendo del tipo de cemento usado.

El valor de resistencia a la compresión simple obtenido se considera un indicador de la resistencia de la muestra, pues debe ser cuando menos el 70% de la f_c especificada en el proyecto. El valor de este indicador no se considera un dato decisivo para propósitos de aceptación o rechazo, pero puede usarse para proceder a la corrección del proporcionamiento.

Los tres o dos cilindros restantes se dejan fraguar durante 28 días, si se usa cemento normal, o durante 14 si es de fraguado rápido. Al cabo de este tiempo se probarán a la compresión y el promedio es la resistencia de la muestra.

Tabla V. Factores para calcular los límites estadísticos

Tamaño de la muestra n	Carta de medias X		Carta de desviación estándar S			Carta de amplitudes R	
	A1	A2	B3	B4	C2	D3	D4
2	3.760	1.880	0.000	3.267	0.564	0.000	3.267
3	2.394	1.023	0.000	2.568	0.724	0.000	2.575
4	1.880	0.729	0.000	2.266	0.798	0.000	2.282
5	1.596	0.577	0.000	20.890	0.841	0.000	2.115
6	1.410	0.480	0.030	1.970	0.869	0.000	2.000
7	1.280	0.420	0.120	1.880	0.888	0.080	1.920
8	1.170	0.370	0.190	1.810	0.903	0.140	1.860
9	1.090	0.340	0.240	1.760	0.914	0.180	1.820
10	1.030	0.310	0.280	1.720	0.923	0.220	1.730

Factores empleados en la construcción de cartas de control de calidad.
 Nivel de confianza de 99.7% y $t = 3$

Una vez obtenidos los resultados de las pruebas de compresión realizadas a los 28 ó 14 días, se procede a anotar en forma de tabla el número de muestras, la resistencia de cada uno de los especímenes que constituyen las muestras y el promedio de ellas para constituir las cartas de control de calidad. Estas cartas permiten estudiar la producción y establecer la política de aceptación, rechazo, penalización, castigo y corrección.

1.6.4 Proceso de control.

El complemento de las cartas consiste en realizar ajustes de los valores de fcr , R_m y de los límites de control inferior y superior conforme continúe la producción, detectando y eliminando las causas asignables y reduciendo las causas estables, así como ajustando el número de muestras necesarias. Hecho esto se procede a determinar el valor medio fcr y las líneas de control mínima y máxima de los valores individuales. A medida que avanza el proceso de fabricación de concreto se puede ir modificando el número de muestras requeridas.

1.6.5 Ejemplo de aplicación.

Para ejemplificar el uso de la cartas de control, se expone el siguiente ejemplo, el cual consta del análisis realizado a los especímenes de concreto de las trabes de superestructura de puentes para una autopista de concreto hidráulico (ver la Tabla VI). De la carta de medias para características medibles y con base a la desviación estándar, los límites estadísticos están dados por:

$$Ls = \bar{\bar{X}} + A_1 \bar{\sigma} \qquad Li = \bar{\bar{X}} - A_1 \bar{\sigma}$$

$$\text{Con } \bar{\bar{X}} = 362.4 \qquad \bar{\sigma} = 8.6 \qquad A_1 = 3.76 \text{ (para dos especímenes)}$$

$$\text{Límite superior} = 362.4 + 3.76(8.6) = 394.7 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\text{Límite inferior} = 362.4 - 3.76(8.6) = 330.0 \text{ Kg/cm}^2.$$

Tabla VI. Ejemplo de aplicación de las cartas de control

AUTOPISTA DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO
 PUENTE VEHICULAR. TRABES DE LA SUPERESTRUCTURA
 $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$

Número de muestra	Fecha	Resistencia compresiva a 28 días kg/cm^2		Promedio X	Desv. Est. σ	Amplitud R	Xm de 3 muestras consec.
		cilindro 1	cilindro 2				
1	15/III/96	340.0	352.0	346.0	8.5	12	
2	30/III/96	352.0	358.0	355.0	4.2	6	
3	5/IV/96	385.0	394.0	389.5	6.4	9	363.5
4	13/IV/96	395.0	358.0	376.5	26.2	37	373.7
5	22/IV/96	356.0	349.0	352.5	4.9	7	372.8
6	29/IV/96	351.0	365.0	358.0	9.9	14	362.3
7	6/V/96	349.0	357.0	353.0	5.7	8	354.5
8	18/V/96	329.0	367.0	348.0	26.9	38	353.0
9	28/V/96	362.0	385.0	373.5	16.3	23	358.2
10	2/VI/96	359.0	395.0	377.0	25.5	36	366.2
11	10/VI/96	362.0	347.0	354.5	10.6	15	368.3
12	18/VI/96	370.0	348.0	359.0	15.6	22	363.5
13	24/VI/96	350.0	341.0	345.5	6.4	9	353.0
14	30/VI/96	355.0	371.0	363.0	11.3	16	355.8
15	7/VII/96	360.0	348.0	354.0	8.5	12	354.2
16	15/VII/96	350.0	360.0	355.0	7.1	10	357.3
17	20/VII/96	362.0	374.0	368.0	8.5	12	359.0
18	29/VII/96	356.0	345.0	350.5	7.8	11	357.8
19	4/VIII/96	380.0	385.0	382.5	3.5	5	367.0
20	10/VIII/96	359.0	375.0	367.0	11.3	16	366.7
21	17/VIII/96	369.0	355.0	362.0	9.9	14	370.5
22	22/VIII/96	375.0	378.0	376.5	2.1	3	368.5
23	28/VIII/96	371.0	384.0	377.5	9.2	13	372.0
24	5/IX/96	363.0	371.0	367.0	5.7	8	373.7
25	14/IX/96	360.0	350.0	355.0	7.1	10	366.5
26	23/IX/96	348.0	356.0	352.0	5.7	8	358.0
27	28/IX/96	357.0	365.0	361.0	5.7	8	356.0
28	4/X/96	348.0	353.0	350.5	3.5	5	354.5
29	11/X/96	362.0	356.0	359.0	4.2	6	356.8
30	18/X/96	386.0	370.0	378.0	11.3	16	362.5
31	23/X/96	366.0	370.0	368.0	2.8	4	368.3
32	31/X/96	359.0	361.0	360.0	1.4	2	368.7
33	8/XI/96	370.0	370.0	370.0	0.0	0	366.0
34	18/XI/96	362.0	369.0	365.5	4.9	7	365.2
35	24/XI/96	350.0	356.0	353.0	4.2	6	362.8
36	3/XII/96	370.0	359.0	364.5	7.8	11	361.0

$\bar{\sigma}_x = 15.4$	$\bar{X} = 362.4$	$\bar{R} = 12.2$	$\bar{\sigma} = 8.6$
-------------------------	-------------------	------------------	----------------------

De la carta de medias para características medibles y con base en las amplitudes, los límites estadísticos están dados por:

$$Ls = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \qquad Li = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

Con $\bar{\bar{X}} = 362.4$ $\bar{R} = 12.2$ $A_2 = 1.88$ (para dos especímenes)

Límite superior = $362.4 + 1.88(12.2) = 385.3 \text{ kg/cm}^2$.

Límite inferior = $362.4 - 1.88(12.2) = 339.5 \text{ Kg/cm}^2$.

Requisitos de resistencia según la NOM C-155.

Las Normas Oficiales Mexicanas establecen requisitos de resistencia para la aceptación de un muestreo efectuado. El análisis se divide en dos grupos con características y requisitos diferentes:

1. **Grado de calidad A.** Se aplica este criterio cuando el diseño de la estructura de concreto es por esfuerzos de trabajo o se trata de elementos sujetos a compresión.
 - a) Se acepta que no más del 20% del número de pruebas de resistencia tengan valor inferior a la resistencia especificada $f'c$.
 - b) No más del 1% de los promedios de 7 pruebas consecutivas será inferior a la resistencia especificada $f'c$.
 - c) No más del 1% de las pruebas de resistencia puede ser menor que la resistencia especificada $f'c-50$.

2. **Grado de calidad B.** Se aplica cuando se diseñan elementos de concreto por el método de resistencia última y cuando se someten a flexión y compresión.
 - a) Se acepta que no más del 10% del número de pruebas de resistencia tengan valor inferior a la resistencia especificada $f'c$.

- b) No más del 1% de los promedios de 3 pruebas consecutivas será inferior a la resistencia especificada $f'c$.
- c) No más del 1% de las pruebas de resistencia puede ser menor que la resistencia especificada $f'c-35$.

El ejemplo que se presenta, muestra los resultados obtenidos en las pruebas de compresión del concreto colocado en las trabes de la superestructura de los Pasos Inferiores Vehiculares de la carretera en estudio. Debido a que las trabes se someten a flexocompresión y suelen diseñarse por resistencia última, se aplicarán los criterios del grado de calidad B.

- a) De la columna de los promedios se observa que solo 3 muestras están por debajo de la resistencia de proyecto $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$. El porcentaje es $(3/36) \times 100 = 8.33\% < 10\%$. Si cumple.
- b) En la columna de medias móviles para tres muestras consecutivas, se observa que en ningún caso las muestras bajan de la resistencia de proyecto. Si cumple.
- c) De la columna de los promedios se observa que ninguna muestra se encuentra por abajo de la especificación de $f'c-35$, es decir, resistencia menores a 315 kg/cm^2 . Si cumple.

Como las muestras cumplen con los requisitos de calidad del grado B, el comportamiento del concreto endurecido se espera que sea adecuado.

Determinación de la resistencia requerida $f'cr$.

La resistencia promedio requerida o esfuerzo de falla crítico $f'cr$, se determina en base a las especificaciones de la NOM C-155, de los subincisos a, b y c.

- a) Cuando menos del 10% de las resistencias promedio obtenidas se encuentren por debajo de la $f'c$ de proyecto, la $f'cr$ se expresa como:

$$\begin{aligned}
 fcr &= f'c + 1.282\sigma \\
 &= 350 + 1.282(8.6) \\
 &= 361.0 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

- b) Cuando menos del 1% de 3 pruebas consecutivas sea menor a la resistencia de proyecto la fcr se expresa como:

$$\begin{aligned}
 fcr &= f'c + 1.343\sigma \\
 &= 350 + 1.343(8.6) \\
 &= 361.6 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

- c) Cuando se especifica que menos del 1% de los promedios de resistencia sean inferiores a $f'c - 35$, la fcr debe ser:

$$\begin{aligned}
 fcr &= (f'c - 35) + 2.326\sigma \\
 &= (350 - 35) + 2.326(8.6) \\
 &= 335.0 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

De los resultados anteriores, se escoge el del caso b) que fue el mayor de los tres. Por lo tanto la fcr será igual a 361.6 kg/cm^2 , con lo cual se garantiza que la resistencia del concreto por colocar cumpla con las especificaciones de resistencia.

En la sección 4.2.2.1. del Reglamento de las Construcciones de Concreto Reforzado del ACI, se dice que: *cuando se tenga un registro de por lo menos 30 muestras consecutivas de resistencia, que presenten materiales y condiciones similares a los esperados, la resistencia empleada como base para la selección de las proporciones deberá exceder de la $f'c$ requerida, es decir, de la fcr , por lo menos en:*

- 30 kg/cm² si la desviación estándar es menor de 20 kg/cm².*
- 40 kg/cm² si la desviación estándar está entre 20 y 30 kg/cm².*
- 50 kg/cm² si la desviación estándar está entre 30 y 35 kg/cm².*
- 65 kg/cm² si la desviación estándar está entre 35 y 40 kg/cm².*

Con esta recomendación, se definen los límites de especificación, los cuales en el caso de nuestro ejemplo, con la desviación estándar menor a 20 kg/cm², se tomarán los rangos con 30 kg/cm², por lo que los límites serán:

$$\text{Límites de Especificación} = F_{cr} \pm 30$$

$$\begin{aligned} \text{Limite Superior} &= 361.6 + 30 \\ &= 391.6 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Limite Inferior} &= 361.6 - 30 \\ &= 331.6 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Resumen de resultados.

Límite Estadístico Superior para $\sigma = 394.7 \text{ kg/cm}^2$. Para R = 385.3 kg/cm².

Límite Estadístico Inferior para $\sigma = 330.0 \text{ kg/cm}^2$. Para R = 339.5 kg/cm².

Límite de Especificación Superior = 391.6 kg/cm².

Límite de Especificación Inferior = 331.6 kg/cm².

La Fig. 6 presenta la carta de control de los promedios de resistencia y los límites estadísticos. La Fig. 7 muestra la carta de control de calidad de medias con base en la desviación estándar, mientras que la Fig. 8 es con base en las amplitudes.

Fig. 6. Carta de Control de Calidad de Medias

Ensayes de Compresión a 28 días

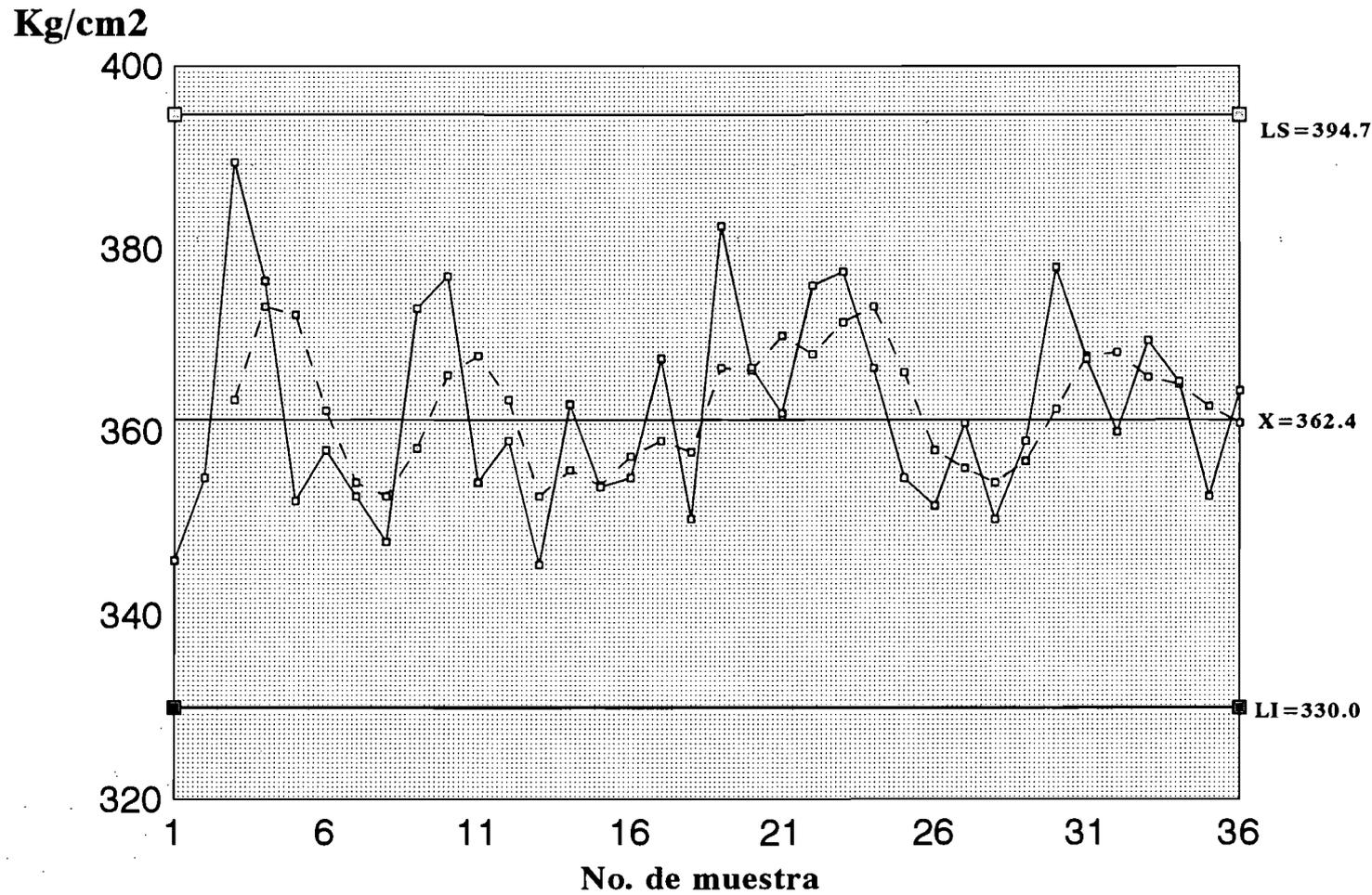


Fig. 7. Carta de Control de Calidad de Medias con base en la Desv. Est.

Ensayes de Compresión a 28 días

Esfuerzo de
Compresión
Kg/cm²

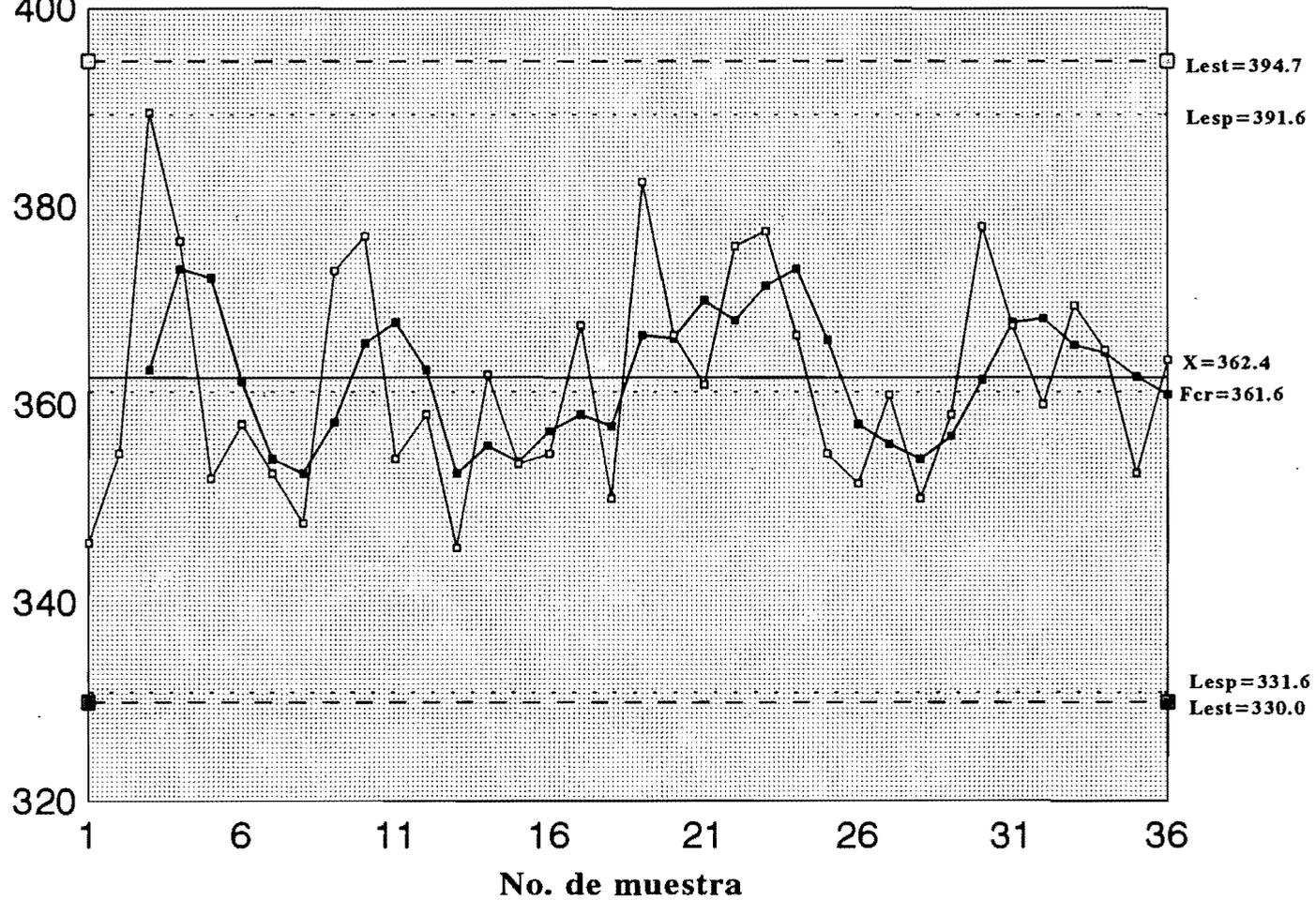
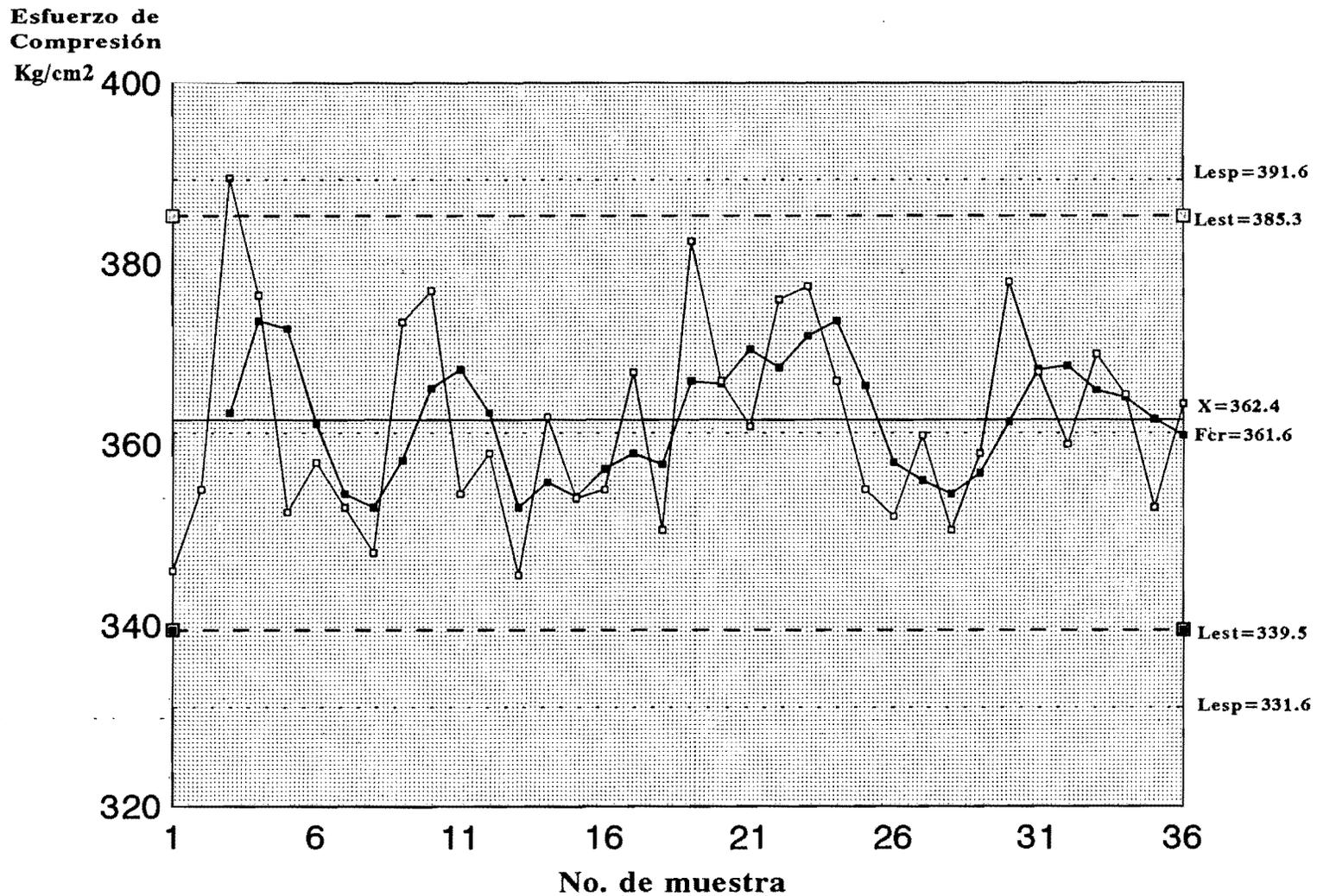


Fig. 8. Carta de Control de Calidad de Medias con base en las amplitudes.
 Ensayes de Compresión a 28 días



CAPÍTULO 2

ENFOQUE DE ADMINISTRACIÓN DE LA CALIDAD TOTAL

2.1 DEFINICIONES.

En el capítulo 1, se definió el significado de lo que es el control, la calidad y el control de calidad; previo al desarrollo de este capítulo, es necesario definir los conceptos de Control de Calidad Total, Administración y Administración de la Calidad Total.

CONTROL DE CALIDAD TOTAL (CCT): Según Feigenbaum, puede definirse como un sistema eficaz para integrar los esfuerzos en materia de desarrollo de calidad, mantenimiento de calidad y mejoramiento de calidad realizados por los diversos grupos en una organización, de modo que sea posible producir bienes y servicios a los niveles más económicos y que sean compatibles con la plena satisfacción del cliente. El CCT exige la participación de todas las divisiones, incluyendo las de mercadeo y ventas, diseño, contabilidad, construcción, inspección y gerencias. Debe estar respaldado por una función gerencial bien organizada, cuya única área de especialización y producción sea la calidad del producto final.

ADMINISTRACIÓN: es un conjunto sistemático de reglas para lograr la máxima eficiencia en las formas de estructurar y manejar un organismo social. Es la técnica que busca lograr resultados de máxima eficiencia en la coordinación de las cosas y personas que integran una empresa. La administración es el proceso de planear, coordinar, integrar, dirigir y controlar los esfuerzos de los miembros de una agrupación, y de aplicar los demás recursos de ella para alcanzar las metas establecidas.

ADMINISTRACIÓN DE LA CALIDAD TOTAL (ACT): para Joseph R. Jablonski, es una forma cooperativa de operar las empresas, que se basan en los talentos y capacidades tanto del obrero como de la dirección, para mejorar continuamente la calidad y la productividad, utilizando equipos de trabajo. Se le conoce también por TQM (Total Quality Management).

2.2 FILOSOFÍA DEL CCT.

En la definición de CCT se observa una visión de conjunto, al sacar la responsabilidad por la calidad de los departamentos de producción o control de calidad y llevarla a toda la organización, incluso pensando en el consumidor y en el precio que éste debe pagar. A este concepto, los japoneses le aumentaron algunos ingredientes que lo hacen más profundo y lo convierten en una filosofía de actuación del hombre hacia la calidad. Tales ingredientes son:

- a) La participación de todas las funciones en el control de calidad. El control de calidad deja de ser de dominio exclusivo de los especialistas en calidad, para convertirse en un derecho y una obligación de todas las funciones de la empresa; esto se logra con la educación, la capacitación y el entrenamiento que lleve a la participación activa y consciente hacia la calidad.
- b) La participación de todos los empleados y los trabajadores. No sólo debe participar la alta y media gerencia, sino todo el personal, incluso aquel que tiene relación indirecta como: proveedores, contratistas vendedores, distribuidores, publicistas y clientes.
- c) El control integral de calidad. El control de calidad debe preocuparse también por el costo, la utilidad y el precio, así como por la cantidad de producción, ventas, inventario y tiempo de entrega; la empresa tiene que desarrollar integralmente la producción, el servicio y las comodidades para satisfacer al usuario.
- d) El control de calidad en todos los sectores. La calidad no debe circunscribirse a la producción industrial sino que tiene aplicación en la industria de la construcción, en el campo de servicios financieros, educativos, gubernamentales y en cualquier sector productivo.

- e) El control de calidad y el desarrollo. El control de calidad permite el desarrollo de una empresa al armonizar sus políticas con las relaciones, y se convierte en la mejor estrategia de comercialización y el arma fundamental de las exportaciones.
- f) El control de calidad y el nivel de vida. Al desarrollar integralmente la empresa y el país se logra mejorar el nivel de vida de los ciudadanos, incrementando sus ingresos, la calidad de sus insumos y la participación activa con la vida económica de la nación.
- g) El control de calidad y la participación del hombre. La participación en la práctica se refiere a poder actuar racionalmente en bien de la empresa y ello involucra a los trabajadores, los socios y los consumidores (ver Fig. 9).

El conjunto de todos los criterios anteriores conforman lo que se llama filosofía de la calidad, en donde el hombre se convierte en el principio y el fin del sistema, pero, a diferencia de las filosofías convencionales, ésta es tangible y proporciona desarrollo, bienestar, comercio y ganancias.

2.3 PRINCIPIOS DEL CCT.

El control de la calidad total se basa en una serie de principios, los cuales guían las actuaciones y ayudan a comprender y aplicar los fundamentos de la calidad, entre estos principios se encuentran los conceptos básicos, los métodos de evaluación y las acciones para implantar un programa de CCT, estos principios generalmente están enfocados para la industria manufacturera o de servicios, pero pueden ser adaptados y adoptados para la industria de la construcción.

2.3.1 Conceptos básicos sobre el CCT.

Los conceptos básicos sobre CCT tienen que ver principalmente con la nueva dimensión que se le debe dar a la calidad en la empresa, en todas sus manifestaciones y como un sistema efectivo de trabajo diario en los sistemas, los procesos, las normas, las acciones, los propósitos y las personas. Los diez conceptos básicos son:

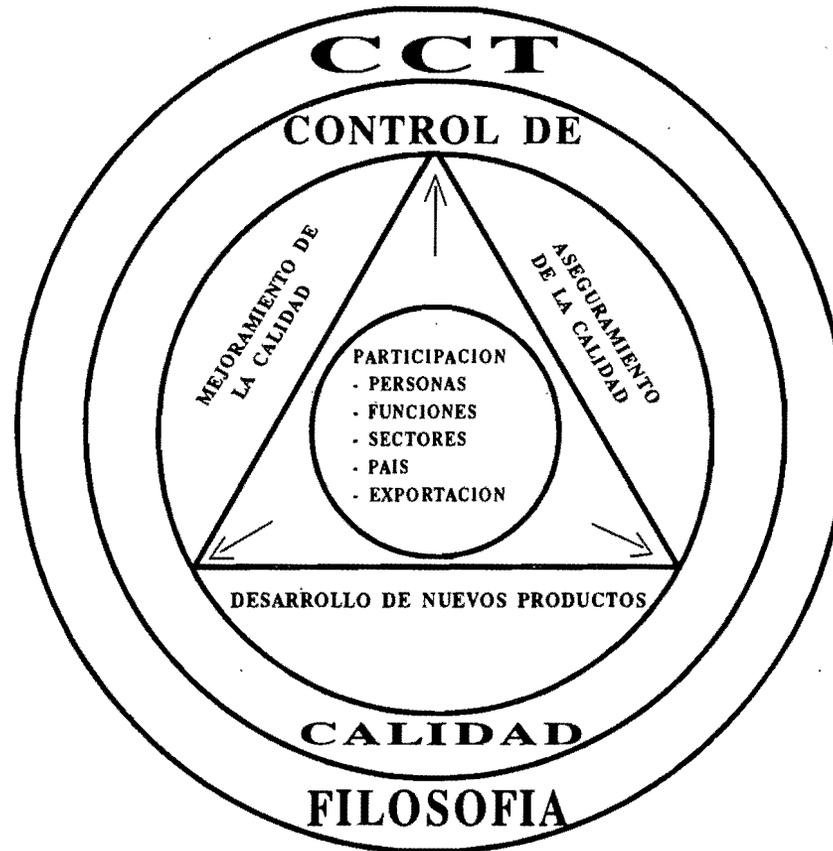


Fig. 9. Filosofía del Control de Calidad Total

1. La calidad es lo primero. En todos los actos debe predominar el criterio de hacerlo bien la primera vez, y para ello es necesario conocer muy bien las necesidades del cliente y con base en ellas, diseñar la estructura y su procedimiento constructivo.
2. Asesorar a los proveedores. El éxito de las empresas se basa en contar con proveedores satisfechos que puedan respaldar la calidad de los insumos, este concepto es fundamental en la construcción de vivienda de interés social.
3. Trabajar en los conceptos de obra vitales. La mayoría de los problemas están ocasionados por las pocas causas de gran incidencia sobre los resultados, es decir, en una obra el 20% de los conceptos son vitales y el 80% restante son triviales o poco importantes, es recomendable mantener el control sobre los vitales y observar los triviales.
4. Investigar y controlar las causas. El análisis y la detección de las verdaderas causas de un problema es la clave en el éxito de una solución. Para ello se debe reunir un grupo de personas conocedoras de las situaciones, y mediante un estudio de causas y efectos diseñar un sistema de control.
5. Basar las decisiones sobre datos reales. Siempre que se desee asegurar o mejorar una situación, es necesario poder cuantificar mediante datos lo que sucede.
6. Controlar estadísticamente el proceso. La calidad se basa en especificaciones cualitativas o cuantitativas con una determinada variación, la cual es necesaria controlarla por medio de la estadística y las cartas de control.
7. El próximo proceso es el cliente. Una forma de acabar con las barreras entre los operarios y las secciones es tratar al siguiente proceso como su cliente, sin olvidar que este cliente también debe estar satisfecho y que todos son clientes de todos.
8. Utilizar el ciclo de la calidad. La calidad nace en la investigación de las necesidades del consumidor. A partir de ellos se diseña el producto y el proceso, para luego producir y vender el bien o servicio y volver a investigar si el consumidor quedó satisfecho. Este es el ciclo de calidad (IDPV, Identificación, Diseño, Promoción y Ventas).

*Causa de
Punto*

9. Tomar las acciones para evitar que los problemas se repitan. La utilización del ciclo de control es una forma eficiente de lograr superar la barrera de los problemas crónicos que afectan a las empresas; es decir, aquellos que se repiten y se vuelven parte de la cultura conforman el ciclo de control: planear, ejecutar, comprobar y actuar (PECA, ver Fig. 10).
10. Tratar al consumidor con empatía. Siempre es importante ponerse en el lugar del cliente, con el fin de conocer y comprender sus necesidades, gustos, apetencias y temores.

2.3.2 Métodos de evaluación y control.

Todo proceso de control necesita emplear métodos que le permitan evaluar los problemas en una forma confiable, con el fin de tomar las decisiones adecuadas. Algunos de estos métodos son cuantitativos y otros cualitativos, como son:

- Histogramas.
- Diagramas de dispersión.
- Cartas de control.
- Diagramas de árbol.
- Diagramas de nodos.
- Diagramas de Gantt.
- Diagramas de flujo.
- Diagrama de diseño de proceso.
- Diagrama de causa y efecto.

2.3.3 Aplicación de un programa de CCT.

Con el propósito de poner en práctica un programa de CCT es necesario tomar una serie de acciones, las cuales cubran los siguientes puntos:

1. Estructurar un sistema global de CCT.
2. Compromiso y cooperación entre gobierno y empresa.
3. Promoción, educación y capacitación en CCT.

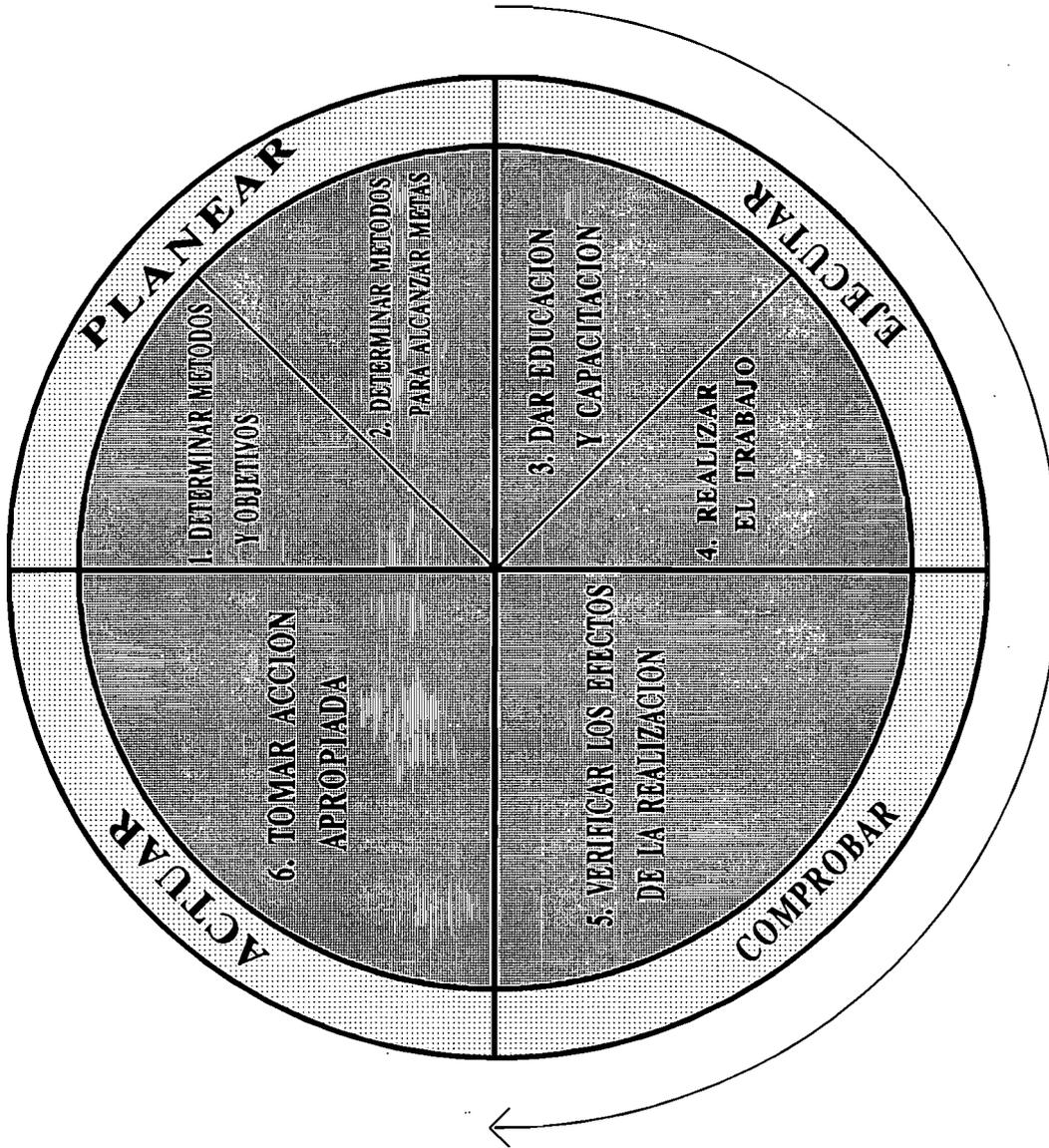


Fig. 10. Ciclo de control PECA

4. Establecer el CCT en todas las empresas.
5. Control y auditorías de los programas de CCT.
6. Formas para estructurar un proceso de CCT en la empresa.
7. Visión de la dirección.
8. Modelo de calidad.
9. Participación efectiva.

La dirección de la empresa al más alto nivel, deben fijar el rumbo visionario de la compañía; para ello deben de utilizar el ciclo control y el círculo de la calidad de Deming (ver Fig. 11), aplicados a la organización y a los consumidores. En el caso de la empresa, se deben tener en cuenta los factores económicos, técnicos, comerciales y humanos, aplicados a la dirección y a los trabajadores. En el caso de los clientes se contemplan factores de confianza, calidad, cantidad, costo y crecimiento, encaminados a lograr una planeación, diseño, producción y uso adecuados (ver Fig. 12).

El modelo establecido de calidad debe de contar con una planeación estratégica y táctica, los cuales fijan los conceptos y la forma de aplicarlos; también es indispensable iniciar programas de educación, capacitación y entrenamiento de todo el personal, desde la alta gerencia de construcción hasta los peones, así como la ejecución de programas específicos, la comprobación y toma de acciones con el fin de asegurar el ciclo de calidad dentro de la organización (ver Fig. 13).

Por último, se debe buscar la participación de todas las funciones en cada una de las actividades, procurando que el sistema sea congruente con la misión de la organización (ver Fig. 14).

2.4 PRINCIPIOS DE LA ACT.

La administración de la calidad total se basa en varias ideas. Implica pensar en todas las funciones de la empresa, y es un proceso de principio a fin, donde se integran las funciones relacionadas entre sí en todos los niveles. Debe ser un enfoque de sistemas que considera todas las interacciones entre los diferentes elementos de la organización.

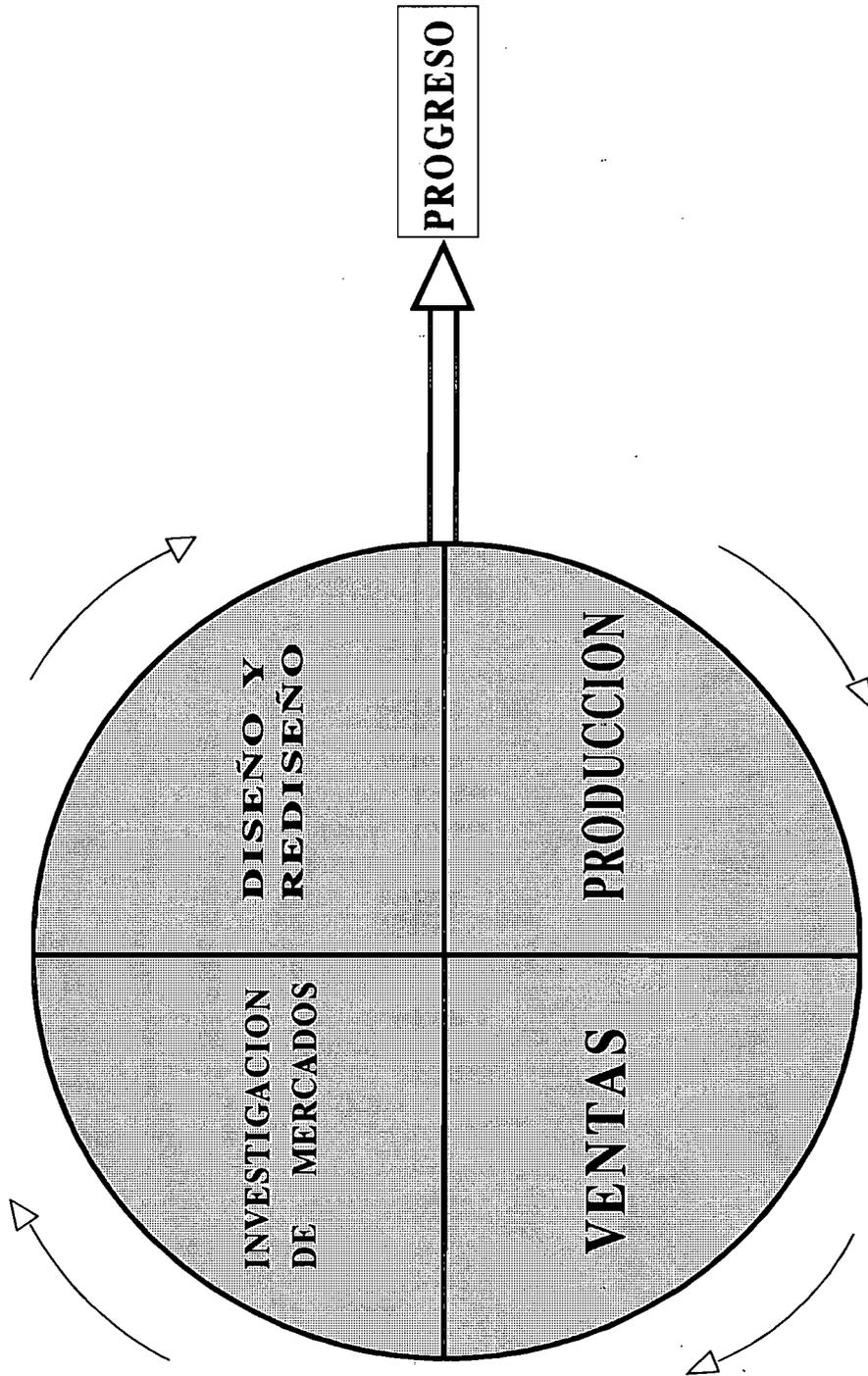


Fig. 11. Ciclo de calidad de Deming

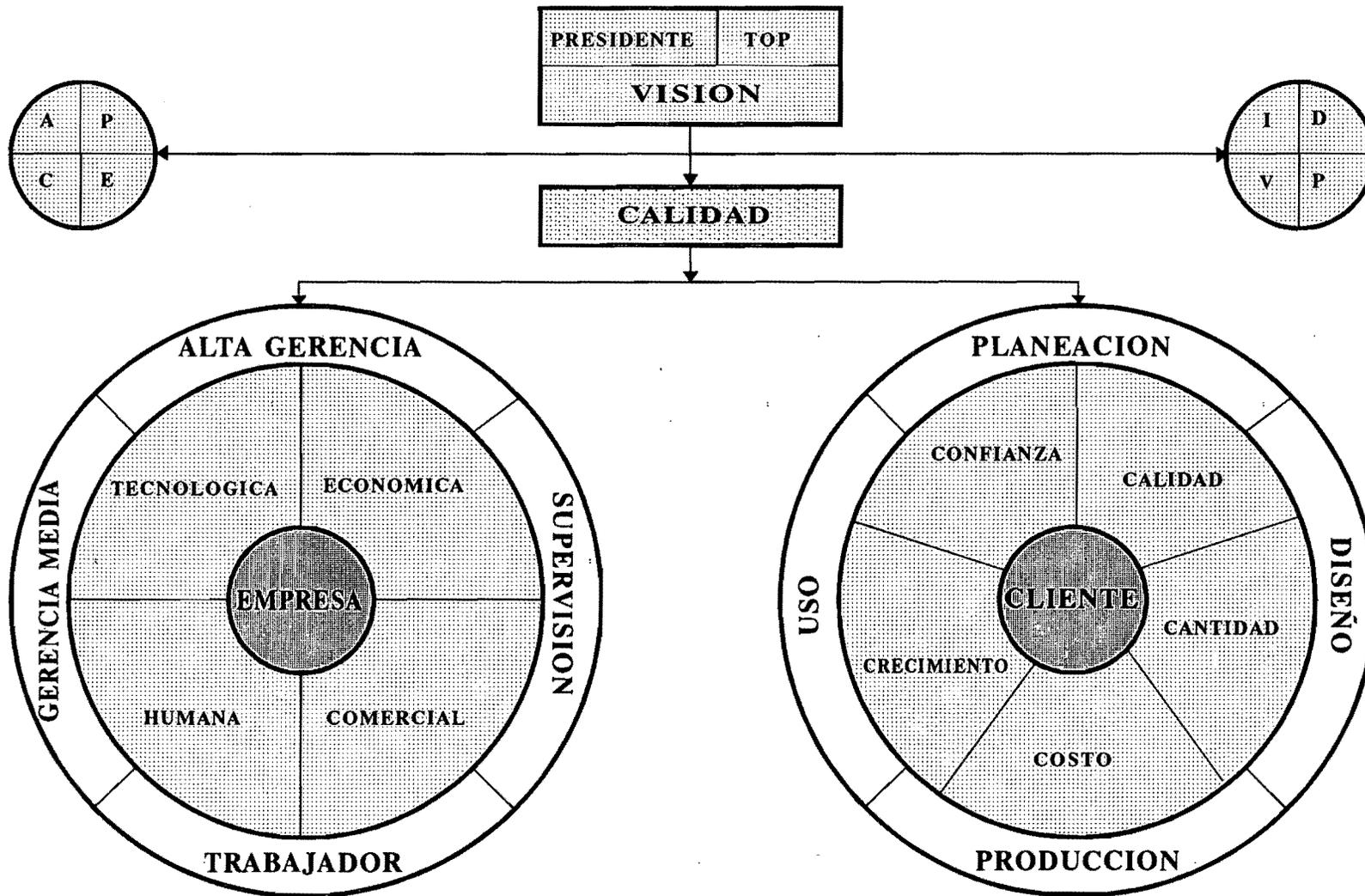


Fig. 12. Visión de la calidad.

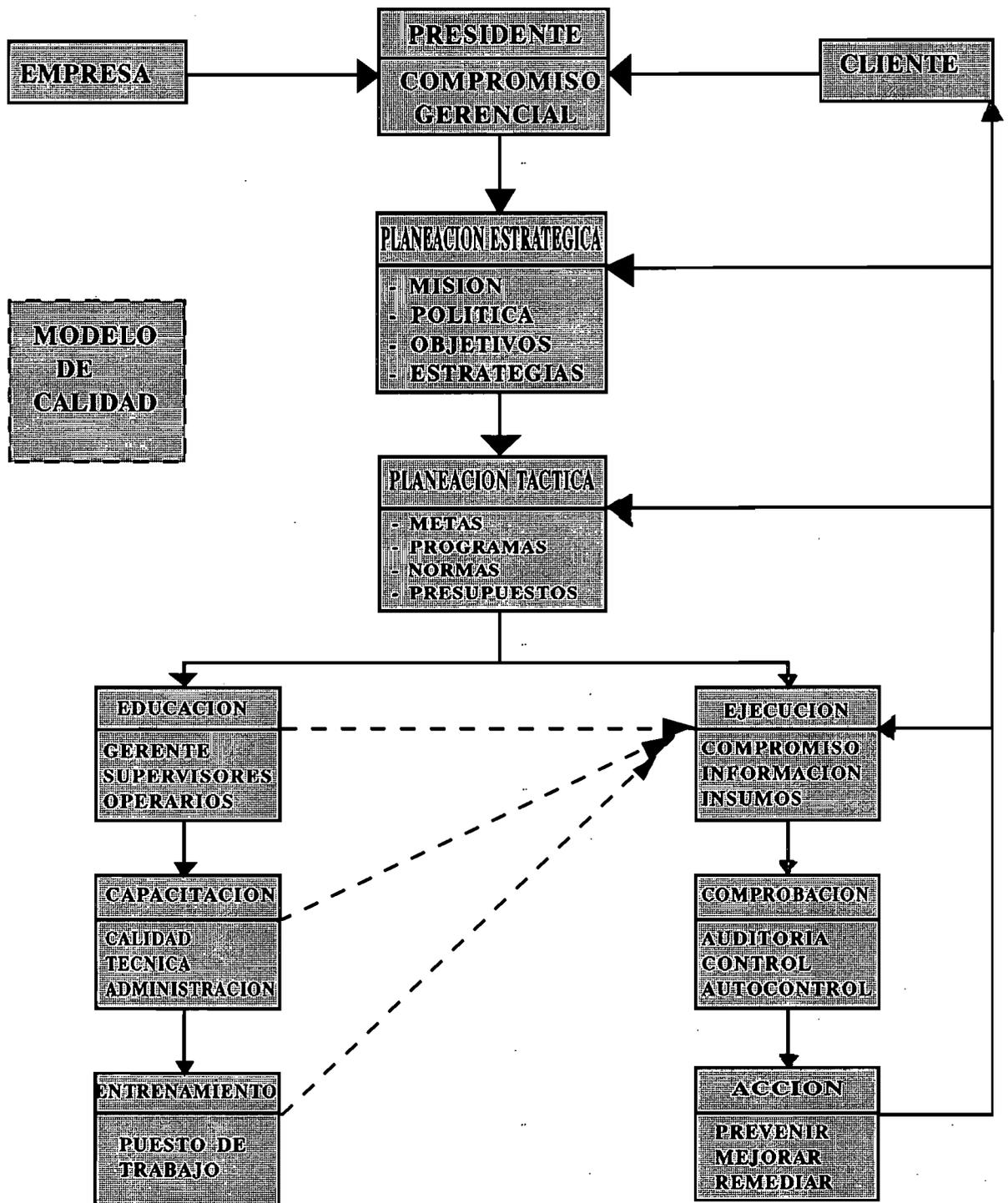
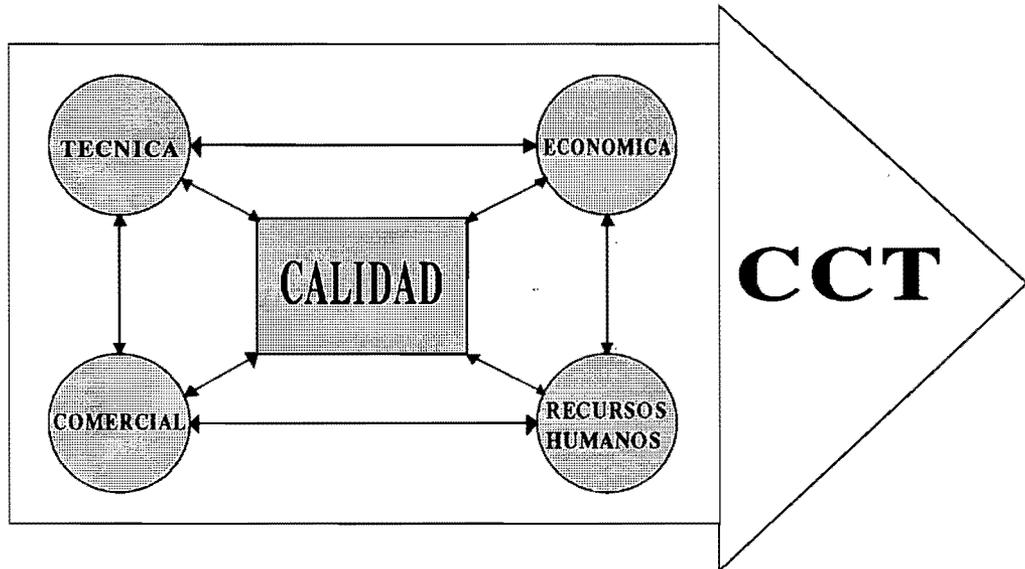


Fig. 13. Modelo de calidad



FUNCIÓN ACTIVIDADES	ECONOMICA	TECNICA	COMERCIAL	RECURSOS HUMANOS
COMPROMISOS	○	○	○	○
PLANEACION	○	○	○	○
EDUCACION Y CAPACITACION	○	○	○	○
EJECUCION	○	○	○	○
COMPROBACION	○	○	○	○

Fig. 14. Participación efectiva en CCT

Si se emplea este modelo, la eficacia general del sistema es mayor que la suma de las aportaciones individuales de sus subsistemas, tales como las funciones organizacionales que intervienen el ciclo de vida de un producto (diseño, planeación, producción, construcción y operación). También los subsistemas de administración tienen que ser integrados, lo que requiere: dirección participativa, proceso continuo de mejoramiento, una estrategia enfocada al cliente, los instrumentos de la calidad y la participación del empleado.

Para implantar un sistema de administración de la calidad total en una empresa, primeramente han de visualizarse señales delatadoras de falta de calidad. Para aplicar los conceptos de la calidad total es necesario conocer los principios de la ACT, los cuales son:

- 1. Punto de vista del usuario.** Cuando se aplica la ACT se reconoce la existencia de muchos clientes que antes pasaban desapercibidos. Esto incluye a personas que no pertenecen a la organización, es decir, el cliente convencional; además, existe el cliente dentro de la empresa, que es aquel con el que se trabaja día a día. Por ejemplo, el cliente convencional es aquella persona que solicita una vivienda en un complejo multifamiliar. Dentro de la empresa, el cliente del especialista en mecánica de suelos es el estructurista y el diseñador, o el cliente del encargado de cimentaciones es el encargado de superestructura.
- 2. Atención en el proceso, así como en los resultados.** Se es comprador de productos y servicios tanto dentro como fuera de la empresa. Cuando se recibe un producto que no satisface o excede los requerimientos, lo que se hace es quejarse o cambiar de proveedor. Con la ACT se usan estos resultados deficientes como síntomas de que algo sucede en el proceso de producción, tomándose acciones correctivas.
- 3. Prevención contra inspección.** Antes de la ACT, la dirección pensaba que la calidad podía ser inyectada través de inspecciones. Cuando se presentaban problemas en la producción de inmediato se colocaban más supervisores. Con la ACT se aplica un método estructurado de solución

de problemas y se hace la inversión necesaria para entender el proceso y sus fuentes de variación. Se suministran controles al proceso para asegurar que todos los productos y servicios reúnan la calidad aceptable, que se espera. Este principio dirige la atención a evitar que haya productos y servicios defectuosos, y no a la localización de los defectos y deficiencias después de haber invertido recursos en su generación.

- 4. Movilización de los conocimientos de la fuerza de trabajo.** Todo trabajador siempre recibe una remuneración económica por su desempeño laboral, pero además, la ACT crea nuevas formas innovadoras de reconocer a los individuos por su esfuerzo, ante todo a la gente le gusta sentirse apreciada por la organización. La fuerza de trabajo representa una enorme riqueza de conocimientos y oportunidades de mejorar las formas de hacer las cosas, de aumentar las utilidades y reducir los costos. Un movimiento en favor de la ACT moviliza la experiencia de la fuerza de trabajo en una forma muy positiva para beneficio mutuo de los involucrados.
- 5. Toma de decisiones basadas en hechos.** Las empresas sin calidad siempre buscan un culpable y lo hacen cargar con la culpa para quitarse la responsabilidad de sucesos no deseados. La ACT aplica un método estructurado de solución de problemas considerándolos como oportunidades de mejorar, reconociendo a todos los involucrados en el proceso, incluyendo a ejecutivos, director, fuerza de trabajo y clientes, y da como hecho que todos pueden contribuir a una solución benéfica para ambas partes. Depende en gran parte de la excelencia de la comunicación, que sirva para armar equipos y en las habilidades interpersonales para desarrollar y producir lo mejor que la gente pueda ofrecer.
- 6. Retroalimentación.** La evaluación y la comunicación son elementos claves. La mayor responsabilidad y el reto más grande para un supervisor de obra no reside en el manejo del dinero, del equipo o los

materiales, ni en la generación desmedida de estimaciones o en el control del programa, sino en el encauzamiento del personal para su desarrollo. Suministrar una retroalimentación verídica, con deseo sincero y evidente de ayudar a su personal a mejorar su rendimiento y hacer que los trabajadores lo prefieran como jefe.

2.5 BASES PARA IMPLANTAR LA ACT.

Cuando se conoce el concepto, la filosofía y los principios de la administración de la calidad total, se establecen las bases para intentar adoptar este sistema en la empresa. La búsqueda de la calidad se traduce en costos más bajos, mayor productividad y el éxito en el plano competitivo. Si bien es cierto que, a fin de cuentas, quien elabora los productos de calidad es el trabajador, Deming, hace más énfasis en el orgullo y la satisfacción de éste que en la imposición de metas que sea posible medir. El enfoque general de la ACT se centra en el mejoramiento del proceso, considerando que las causas de las desviaciones en el proceso radica en el sistema, más que en el trabajador.

Deming propuso los 14 puntos universales para la administración, los cuales se resumen a continuación:

1. Crear la concordancia entre los propósitos por medio de un plan.
2. Adoptar una nueva filosofía de la calidad.
3. Acabar con la dependencia de la supervisión en masa.
4. Poner fin a la práctica de elegir proveedores bajo el criterio exclusivo del precio.
5. Detectar los problemas y trabajar sin cesar por mejorar el sistema.
6. Adoptar métodos modernos de capacitación en el trabajo.
7. Cambiar el enfoque centrado en la cantidad de producción por otro centrado en la calidad.
8. Desechar el temor.
9. Derribar las barreras que separan los departamentos.
10. Dejar de exigir más productividad sin proveer los métodos para lograrlo.

11. Suprimir las normas de trabajo en las que se suscriben cuotas numéricas.
12. Suprimir las barreras que menoscaban el orgullo del trabajador por su propio oficio.
13. Instituir sistemas vigorosos de educación y readiestramiento.
14. Crear una estructura de alta gerencia que todos los días haga énfasis en los trece puntos anteriores.

A diferencia de Deming, Juran enfoca su atención en la administración vista de arriba hacia abajo en métodos técnicos, ante el orgullo y satisfacción del trabajador. Los 10 pasos de Juran para mejorar la calidad son:

1. Despertar la conciencia en torno a las oportunidades de mejorar.
2. Establecer metas de mejoramiento.
3. Organizarse para alcanzar esas metas.
4. Impartir capacitación.
5. Llevar a cabo proyectos para la resolución de problemas.
6. Informar los progresos.
7. Dar el debido reconocimiento a cada persona.
8. Comunicar los resultados.
9. Llevar un recuento del proceso.
10. Mantener el ímpetu haciendo del mejoramiento anual parte integral de los sistemas y procesos habituales de la compañía.

Crosby también formuló sus conceptos absolutos acerca de la calidad, estos son:

- a) La calidad se define en el fiel cumplimiento de los requisitos y no como lo bueno.
- b) El sistema adecuado para lograr la calidad se basa en la prevención, no en la evaluación.
- c) La norma de desempeño consiste en reducir a cero los defectos y no sólo en lograr una buena aproximación.
- d) La medición de la calidad es el precio que se paga por las discrepancias en la relación de los requisitos; y no como un medio de obtener índices útiles.

Crosby hace énfasis en la motivación y la planificación, y no presta atención ni al control estadístico del proceso, ni a las diversas técnicas que Deming y Juran proponen para la resolución de problemas. Él afirma que la calidad es gratuita por que el modesto costo de la prevención siempre será menor que los costos derivados de la detección, la corrección y el fracaso. A semejanza de Deming, Crosby plantea también sus 14 puntos para la buena administración:

1. Compromiso de la gerencia. La alta gerencia tiene que estar convencida de lograr la calidad y debe ser capaz de comunicar con claridad esta convicción a toda la compañía, resumiéndola en una política por escrito donde declare que se espera de todas las personas un rendimiento que se ajuste a ese requisito o que, llegado el caso, ellas pugnen por que tal requisito se modifique en forma oficial de modo que en él se reflejen las verdaderas necesidades de la empresa y de la clientela.
2. Equipo para el mejoramiento de la calidad. Formar un equipo con los jefes de departamento, que supervise las mejoras dentro sus respectivas secciones y en toda la compañía en conjunto.
3. Medición de la calidad. Adoptar la mediciones apropiadas para cada actividad, con el fin de identificar los aspectos que sean necesarios mejorar.
4. Costo de la calidad. Estimar los costos de la calidad para identificar las áreas donde podría ser rentable un mejoramiento.
5. Conciencia de la calidad. Infundir en los empleados una mayor conciencia de la calidad. Ellos deben comprender tanto la importancia de que el producto se ajuste a los requisitos, como el alto costo de no adaptarse a estos.
6. Acción correctiva. Tomar las medidas correctivas necesarias, de acuerdo con los resultado obtenidos en los pasos 3 y 4.
7. Planificación para lograr la meta de cero defectos. Formar un comité que elabore el plan de un programa apropiado para la compañía y la cultura de ésta.
8. Capacitación del supervisor. Se debe impartir capacitación a todos los miembros de la gerencia, para mostrarles como deben hacer su parte en el programa del mejoramiento de la calidad.

9. El día de cero defectos. Designar un día para anunciar a los empleados que la compañía ha adoptado una nueva norma.
10. Establecimiento de metas. Los individuos se deben imponer las metas de mejoramiento, tanto para sí mismos como para su respectivo grupo.
11. Eliminación de las causas de error. Se debe alentar a los empleados a que informen a la gerencia si hay algún problema que les impida realizar su trabajo sin cometer errores.
12. Reconocimiento. Se debe otorgar un reconocimiento público, no de tipo económico, a las personas que alcancen las metas de calidad o tengan un desempeño sobresaliente.
13. Consejo de calidad. Estos grupos de consejos, integrados por profesionales de calidad y jefes de grupo de trabajo, se deben reunir con regularidad para compartir sus experiencias, problemas e ideas.
14. Hágalo todo otra vez. Repita los pasos 1 al 13 para poner de relieve que el proceso de mejoramiento de la calidad nunca termina.

Como resultado de estas doctrinas surgió el Premio Nacional de Calidad de México (PNCM), instituido en 1989 por mandato presidencial, teniendo sus bases en los criterios y conceptos anteriores. El objeto de este premio es reconocer y premiar anualmente el esfuerzo de los fabricantes y de los prestadores de servicios nacionales, que mejoren la calidad de los procesos industriales, productos y servicios. El PNCM es un instrumento para promover, desarrollar y difundir la calidad, con el fin de apoyar la modernización y la competitividad de las empresas establecidas en el país.

El PNCM está más relacionado en su conceptualización con el Premio Malcom Baldrige de los Estados Unidos, que con el Premio Deming del Japón o el Premio de Calidad Europeo.

En la Fig. 15 se muestran los elementos básicos y la categorías de un sistema de calidad total, según el PNCM. En la Tabla VII aparece la guía de verificación que se emplea para evaluar a los participantes en este premio. Puede ser además, punta de lanza para la implementación por áreas de los conceptos de calidad total en una empresa.

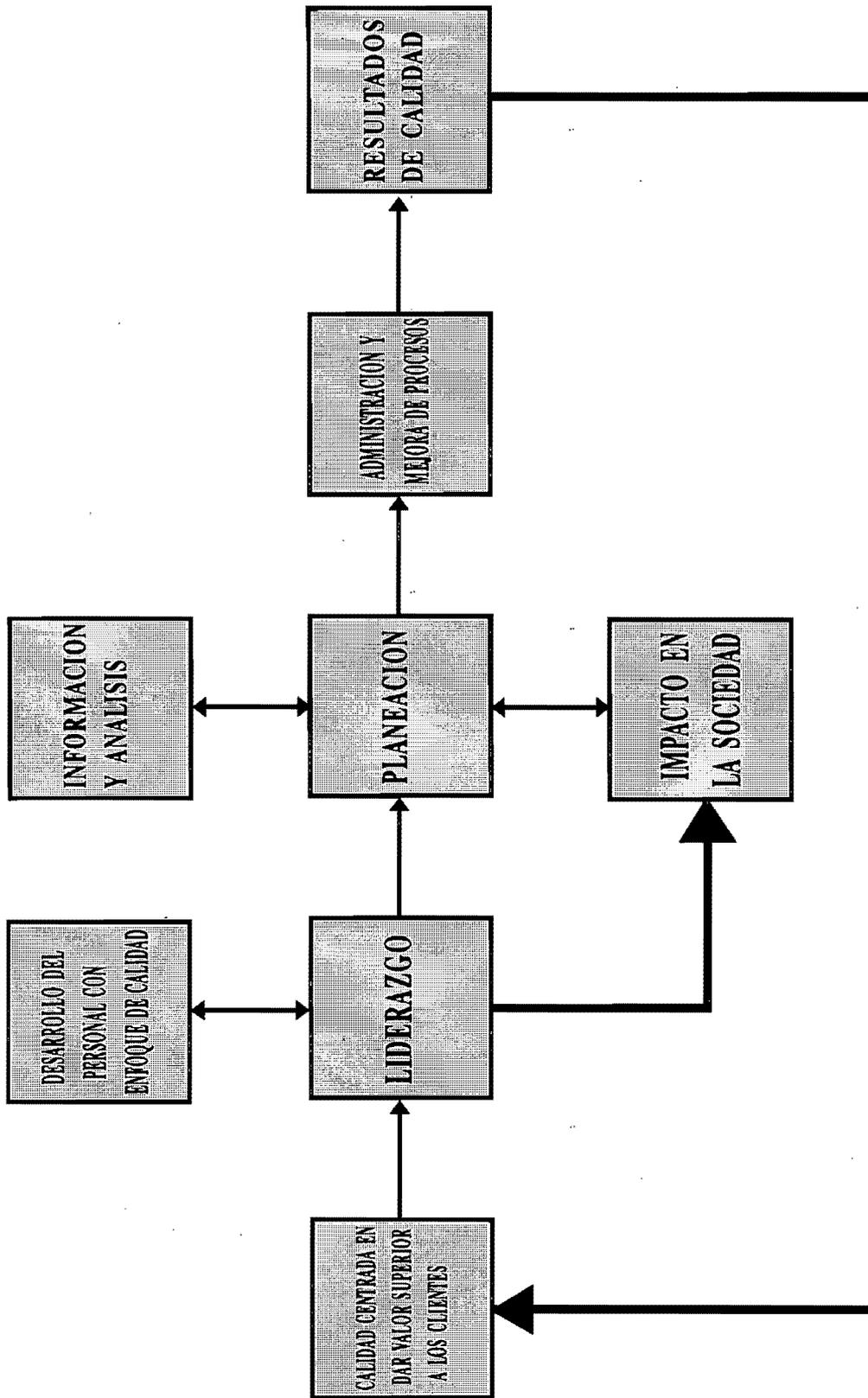


Fig. 15. Premio Nacional de Calidad de México.

TABLA VII
LISTA DE VERIFICACIÓN DEL PREMIO NACIONAL DE CALIDAD EN MEXICO

Criterio y subcriterios	Puntaje	Porcentaje
1.0 Calidad centrada en dar valor superior a los clientes.	200	20.0%
1.1 Conocimiento profundo de mercados y clientes.	80	8.0%
1.2 Administración de la relación y el servicio a clientes.	70	7.0%
1.3 Medición del valor creado para los clientes.	50	5.0%
2.0 Liderazgo.	110	11.0%
2.1 Liderazgo mediante el ejemplo.	50	5.0%
2.2 Cultura de la calidad	60	6.0%
3.0 Desarrollo personal con enfoque de calidad.	120	12.0%
3.1 Sistema de trabajo de alto desempeño.	60	6.0%
3.2 Educación y desarrollo.	30	3.0%
3.3 Calidad de vida en el trabajo	30	3.0%
4.0 Administración de la información.	60	6.0%
4.1 Diseño de los sistemas de información.	20	2.0%
4.2 Análisis de los datos y de la información.	40	4.0%
5.0 Planeación.	60	6.0%
5.1 Planeación estratégica.	30	3.0%
5.2 Planeación operativa.	30	3.0%
6.0 Administración y mejora de los procesos.	100	10.0%
6.1 Diseño de productos, servicios y procesos.	30	3.0%
6.2 Procesos clave.	30	3.0%
6.3 Procesos en las áreas de apoyo.	20	2.0%
6.4 Proveedores.	20	2.0%
7.0 Impacto en la sociedad.	50	5.0%
7.1 Preservación de ecosistemas.	30	3.0%
7.2 Promoción de la cultura de calidad en la comunidad.	20	2.0%
8.0 Resultados: Valor creado.	300	30.0%
8.1 Por mejora de servicios y producto.	60	6.0%
8.2 Por mejora de procesos y de productividad	60	6.0%
8.3 Para el personal.	60	6.0%
8.4 Para los accionistas o la institución.	60	6.0%
8.5 Para los clientes.	60	6.0%
Puntos totales	1000	100.0%

* Actualización del Premio Nacional de Calidad de México a mayo de 1997.

Ganadores del PNCM en 1995

- * VELCOM (autopartes)
- * FIRSA (acero forjado)
- * VITRO FIBRAS (fibras de vidrio)

Ganadores del PNCM en 1996

- * POLICYD (resinas de PVC)
- * NEGROMEX (hule sintético y termoplásticos)

2.6 ELEMENTOS BÁSICOS PARA EL PROCESO DE LA ACT.

La calidad no llega por sí sola, es necesario adoptar una serie de alternativas técnicas y administrativas que permitan a la empresa lograr un grado de calidad aceptable, para posteriormente alcanzar la calidad total y su eficiente administración. Algunos procesos de mejoramiento han tenido pleno desarrollo en los últimos cinco años, aunque sus conceptos son conocidos hace más de una década. Dentro de estos elementos básicos están:

- a) Justo A Tiempo (JAT).
- b) Reingeniería.
- c) Benchmarking.
- d) Constructabilidad.
- e) Costos de la Calidad.
- f) Normas ISO 9000.

2.6.1 Justo a Tiempo (JAT).

El JAT es un sistema para manejar una empresa en donde los procesos se dominan con la suficiente perfección para producir y entregar un bien, producto o servicio al cliente, justo antes de que lo vaya a utilizar. El JAT es una forma de abordar las metas de la empresa de modo que sea posible:

1. Producir lo que se necesita cuando se necesita.
2. Reducir al mínimo los problemas.
3. Eliminar los procesos de producción que crean la necesidad de mantener inventarios en el almacén por motivo de seguridad.

El adoptar el JAT es un recurso estratégico crucial, ya que, el gasto y el riesgo de mantener un inventario se pueden reducir de tal modo, que ese recorte de costos se convierta en un medio para mejorar la productividad y la calidad. El control de materiales, de proveedores y de productos terminados, no es lo único que se toma en cuenta en el enfoque del JAT, ya que abarca todas las funciones y todos los procesos de una obra o manufactura.

Algunas de las ventajas del JAT son:

- a) Reducción de la mano de obra directa e indirecta gracias a la supresión de actividades ajenas al proceso.
- b) Reducción de los espacios en el taller y el almacén por unidad de producción.
- c) Reducción del tiempo de preparación y los retrasos con respecto al programa de obra, pues la construcción se convierte en un proceso de producción continua.
- d) Reducción del desperdicio, los materiales rechazados y los trabajos de reparación, pues los errores se detectan en la misma fuente.
- e) Reducción de los periodos de cada partida, pues el volumen reducido de éstas permite que los centros de trabajo subsiguientes provean retroalimentación sobre los posibles problemas de calidad.
- f) Mejor aprovechamiento de las máquinas y las instalaciones.
- g) Mejores relaciones con los proveedores.
- h) Mejor distribución física de las instalaciones de campo de la constructora (talleres, almacenes, oficinas, dormitorios, comedores).
- i) Mejor integración y comunicación entre las distintas funciones, tales como mercadotecnia, compras, diseño y construcción.
- j) El control de calidad se incorpora al proceso mismo.

2.6.2 Reingeniería.

La reingeniería se puede definir como el replanteamiento fundamental y los procesos radicales de diseño con los cuales se pueden lograr mejoras espectaculares en las mediciones contemporáneas críticas del desempeño, tales como el costo, la calidad, el servicio y la rapidez.

La reingeniería no tiene la finalidad de desplazar un proceso ya existente, en realidad intenta dar mayor rapidez a la entrega de un producto, que puede ser una vivienda, un prefabricado o una obra mayor, sin poner en riesgo su calidad, por medio de una mejor utilización de los materiales, la mano de obra, la herramienta y el equipo.

Al enfocar la atención en el mejoramiento de todas las dimensiones de una empresa de servicios (el aspecto humano, el proceso de trabajo y la dimensión tecnológica) la reingeniería ayuda a las compañías a superar las barreras sistemáticas del trabajo, que interfieren con los esfuerzos encaminados a lograr los niveles mayores de satisfacción total del cliente (STC).

La reingeniería se puede aplicar a cualquier proceso de negocios, siempre y cuando la empresa acepte que sus procedimientos no son eficaces ni eficientes. En este caso, la compañía tiene que emprender los importantes pasos para dar un nuevo diseño a sus procesos de operación.

1. Desarrollar la visión y los objetivos de los procesos de la empresa. Este paso implica señalar la prioridad de los objetivos y establecer las metas para el futuro.
2. Identificar los procedimientos constructivos que son necesarios volver a diseñar. Esto requiere la identificación de los procesos críticos o los que se han convertido en cuello de botella, e idear los pasos adecuados para superar las limitaciones de los mismos.
3. Entender y medir los procesos actuales. Es necesario reunir al personal que participe en el proceso (jefes de frente, de obra y superintendentes), y convocar a una sesión para encontrar nuevos enfoques del problema.
4. Diseñar y elaborar un prototipo del proceso. Esto incluye implementar a los aspectos técnicos y de organización.

La reingeniería cuenta con algunos principios fundamentales, los cuales han sido descubiertos por las empresas que implementaron esta nueva filosofía. Estos principios son:

1. **Organizarse en torno de los resultados, no de las tareas.** Este principio requiere que una persona lleve a cabo todos los pasos de un proceso, es decir, si en la construcción de vivienda de interés social, los supervisores tienen paquetes por separado (cimentación, estructura, losas, acabados e instalaciones), es conveniente que un solo ingeniero sea responsable de la construcción integral de la vivienda.

- 2. El proceso debe ser realizado por los que van a usar el producto del mismo.** Con este principio, el problema de planificar las capacidades de cada persona que lleva a cabo el proceso, se reduce en gran medida. Por ejemplo, los obreros que construyen una cimentación, deberán ser los que levanten los muros y cuelen sus losas, ya que así se evitan las malas prácticas de construcción, en la que los defectos quedan ocultos para la siguiente cuadrilla de trabajo.
- 3. Incluir la labor del procesamiento de la información en el trabajo real que la produce.** Este principio propone el traslado de trabajo de una persona o departamento a otro. Por ejemplo, el departamento de cuentas por pagar compila información de compras y recepción, comparándola con los datos proporcionados por el proveedor. Otro ejemplo, es cuando el departamento de verificación de la calidad recibe y analiza la información enviada de los frentes de construcción para su análisis estadístico.
- 4. Considerar los recursos dispersos como si estuvieran centralizados.** Con los modernos sistemas de comunicación e información (internet, correo electrónico, bases de datos, etc.) el conflicto de la dispersión de información deja de ser un problema; por más lejos que esté la obra de la oficina central, se puede obtener la información crítica en forma casi instantánea.
- 5. Vincular las actividades paralelas en lugar de integrar sus resultados.** La función es forjar vínculos entre las funciones y coordinar éstas, mientras sus actividades están en marcha, y no sólo cuando éstas ya han concluido.
- 6. Colocar el sitio de la decisión en el lugar donde se realiza el trabajo e incorporar el control a ese proceso.** Se recomienda que quienes realizan el trabajo sean los encargados de tomar las decisiones en el caso de presentarse una situación fuera de control.
- 7. Capturar la información de una sola vez y en la fuente que lo origina.** Con la modernidad electrónica, los sistemas de información son capaces de capturar los datos una sola vez y estar disponibles cuando se ocupan. Los retrasos, errores de entrada y los costos de operación se reducen drásticamente con la ayuda del software.

La calidad se puede usar como una base para definir una serie de medidas internas que permitan conocer el resultado de los procesos que son importantes para los clientes. Cuando la reingeniería se utiliza como herramienta, el centro focal se aparta del modelo de liderazgo basado en el mando y el control, y se desplaza hacia el compromiso y la confianza. Por el bien de las organizaciones recién desarrolladas o que quieran adoptar estos conceptos, como es el caso de una empresa constructora, se recomienda que los gerentes funcionales logren los siguientes puntos para asegurar el éxito continuo en sus empeños:

1. Establecer una dirección estratégica clara y demostrar su compromiso con ella.
2. Comunicarse abiertamente con el personal administrativo, sobre todo cuando es preciso dar una mala noticia o comentar un problema.
3. Alentar la participación del personal administrativo siempre que sea posible, de forma que los gerentes puedan opinar acerca de la forma en que el cambio va a efectuar su trabajo.
4. Experimentar con nuevas ideas y conceptos, recompensar a la gente no sólo por sus resultados, sino también por los esfuerzos encaminados a provocar un cambio positivo.
5. Ponderar los riesgos del cambio contra los réditos esperados, y concentrar los esfuerzos sólo en los proyectos que reditúen un dividendo claro a largo plazo.
6. Desechar las expectativas de obtener beneficios en forma rápida, ya que varios tipos de cambio tardan años en florecer.
7. Prestar más atención a los resultados y menos a las actividades. Eso crea una mentalidad favorable al valor agregado y tiende a reducir las actividades cuya utilidad es sólo marginal.
8. Hacer énfasis en la creación de un clima adecuado, con el fin de que los trabajadores logren un desempeño excelente y alcancen su superación personal.

La reingeniería como alternativa para lograr una mejor administración de la calidad total, presenta varias ventajas encaminadas a lograr el mejor funcionamiento de la empresa. Estas ventajas son:

- a) **Mentalidad revolucionaria.** La reingeniería alienta a las organizaciones a desechar los métodos convencionales que había usado para la resolución de los problemas, y la induce a pensar en grande.
- b) **Mejoramiento decisivo.** El lento y cuidadoso proceso del mejoramiento gradual es la razón por la cual muchas organizaciones no están preparadas para competir en el mercado actual, lleno de rápidos cambios. La reingeniería ayuda a efectuar cambios notables en el ritmo y la calidad de las respuestas de la empresa frente a las necesidades del cliente.
- c) **Estructura de la organización.** Por medio de la reingeniería, se orientan las políticas de producción de una empresa, las cuales deben ser siempre la dejar satisfecho al cliente, a la empresa, el empleado y la sociedad.
- d) **Renovación de la organización.** Se produce un diseño de organización radicalmente nuevo, que puede ayudar a las compañías a responder mejor a las presiones de la competencia, a aumentar su participación en el mercado y su rentabilidad, las relaciones de costo y la calidad.
- e) **Cultura corporativa.** Un gran logro de la reingeniería es el cambio hacia una cultura de la calidad a nivel corporativo. Los trabajadores de todos los niveles son alentados a que hagan sus sugerencias para mejorar las operaciones, ya que saben que la gerencia escuchará con atención lo que ellos tienen que decir.
- f) **Rediseño de los puestos.** La reingeniería ha ayudado a crear empleos más satisfactorios, con responsabilidades más amplias para los empleados.

El grado en el cual se prolongue y dificulte el proceso de ingeniería varía en forma considerable de una a otra organización, según la magnitud de sus necesidades de cambio y la intensidad de la participación de sus empleados. En todo esfuerzo de reingeniería hay tres fases básicas:

1. Repensar.
2. Rediseñar.
3. Reinstrumentar.

2.6.3 Benchmarking.

La traducción literal del inglés es medida de comparación. Se define como un paso en el proceso de mejoramiento en el cual una compañía mide su desempeño comparándolo con las mejores empresas de su clase, determina cómo logró su nivel la otra y usa la información para mejorar su desempeño propio. Mediante benchmarks se pueden comparar estrategias, operaciones, procesos y procedimientos.

La finalidad del benchmark es establecer un proceso de medición sistemático para evaluarse constantemente frente a los competidores más avanzados, conociéndose qué es lo que ha determinado su éxito y cuáles son las diferentes funciones de la empresa, las mejores prácticas operativas, comerciales, administrativas, de desarrollo, de administración de recursos humanos, entre otras.

Las ventajas de utilizar el benchmark es que permite ver más allá de los límites de la empresa y a la vez orientar sus esfuerzos hacia una meta. Al querer alcanzar los objetivos planeados se presenta un proceso e acercamiento con los competidores; incluso, se puede llegar a detectar el surgimiento de nuevas compañías competidoras. Este tipo de análisis no puede hacerse en un vacío, pues se requiere no sólo de información que le dé sustento, sino de que ya exista previamente, confirmándose la necesidad de una planeación estratégica.

Aun cuando la búsqueda de información para medir nuestra calidad y capacidad técnica sea muy cuidadosa, se pueden presentar deficiencias internas tan obvias que no valdría la pena confrontarse en su primera instancia con las mejores prácticas comparativas de la industria, pudiéndose evitar gastos excesivos en consultorías iniciales. Formar alianzas entre las empresas, establecer comunicación técnica y administrativa y aprovechar las innovaciones en el sector de la construcción, pueden traer beneficios que eleven el nivel de competitividad y productividad, y así conducir hacia nuevas prácticas y mejores técnicas.

El benchmark sirve a la ACT sólo como un indicador de como se está comportando la empresa ante la adopción de la nueva cultura de la calidad.

2.6.4 Constructabilidad.

La constructabilidad se define como el uso óptimo de los conocimientos en construcción, así como la experiencia en la planeación, diseño, organización y puesta en marcha de un proyecto, cumpliéndose todos sus objetivos en tiempo, costo y calidad.

Dependiendo de las necesidades y metas del cliente, del gerente de proyectos, diseñadores o gerentes de construcción, un programa de constructabilidad puede ser de dos tipos:

1. Programa formal de constructabilidad, con objetivos bien definidos los cuales son parte integral del proyecto.
2. Programa informal de constructabilidad, el cual se complementa con actividades de otros proyectos.

Aunque el programa informal no es la situación ideal, el proceso básico de un programa de constructabilidad puede ser el mismo en cada caso. No importa cual tipo de programa sea usado, existen algunas etapas para aplicarse en un programa y asegurar su éxito, estas etapas son:

- a) Definición del programa. Esta etapa define las metas y objetivos del proceso de constructabilidad. Es importante que en esta fase se establezca la metodología del proyecto integral para que no sea visto como otra fase de revisión.
- b) Organización del programa. Esta etapa define quién será el responsable de la implementación del programa de constructabilidad, así como el personal involucrado. Se establecen los procedimientos y formatos para la revisión del proceso, y la selección de los componentes del proyecto que serán incluidos en el programa. Estos componentes incluyen a las especificaciones de construcción y de diseño, planos, modelo de contrato, catalogo de conceptos, etc. Generalmente estos componentes son interdependientes y todos deben ser incluidos.

- c) Implementación del programa. Es la etapa vital para la efectividad del programa, es aquí donde los principales puntos de la revisión de la constructabilidad son incorporados al proceso de la gerencia de proyectos. Esta etapa requiere de la vigilancia del gerente del proyecto y su equipo para asegurar que los resultados del proceso de constructabilidad están integrados a la operaciones de planeación, diseño, construcción y puesta en marcha.
- d) Evaluación del programa. Durante el desarrollo de esta fase, el equipo de trabajo evalúa lo que estuvo bien y lo que estuvo mal durante la revisión del proceso. Esta evaluación permite identificar las áreas problemáticas y hacer correcciones durante el seguimiento del programa de constructabilidad.

2.6.5 Costos de la calidad.

Los costos de la calidad se han definido en varias formas y en algunas de ellas se mencionan los siguientes aspectos:

1. El costo de la calidad es equivalente al costo real menos el costo que se pagaría si no hubiera fallas.
2. Los costos de la calidad son aquellos que se pueden atribuir a la mala calidad, ya sea en acto o en potencia.
3. Es el costo de no satisfacer los requisitos del cliente o de hacer las cosas mal.
4. Todas las actividades que se llevan a cabo y no son necesarias para alcanzar de modo directo los objetivos del departamento, en términos de calidad, se consideran como el costo de la calidad.

El costo de la calidad, es la falta de calidad. Los gerentes de las empresas suponen que la elevación de la calidad tiene que ir forzosamente acompañada de un incremento de costos; es decir, que una mejor calidad implica costos más altos. En la actualidad, las opiniones de quienes ejercen la administración se dividen en tres categorías:

1. Mayor calidad significa un costo más alto, los atributos de la calidad, como el desempeño, y sus características, cuestan más, en términos de mano de obra, materiales, diseño y otros recursos caros.
2. El costo de mejorar la calidad es menor que los ahorros resultantes, estos ahorros provienen de la disminución del número de rectificaciones que es necesario llevar a cabo, y de la disminución del desperdicio y de otros gastos directos relacionados con los productos defectuosos.
3. Los costos de la calidad, son aquellos que es necesario pagar por un monto superior a lo que habría sido el costo total si el producto se hubiera fabricado o el servicio se hubiera prestado en forma satisfactoria desde la primera vez. Éste es el punto de vista de los partidarios de la ACT. Entre los costos no sólo se incluyen los de tipo directo, sino también los resultantes de la pérdida de clientes, la contracción de la participación de la empresa en el mercado y los múltiples costos ocultos y oportunidades perdidas.

En términos generales, los costos de la calidad se clasifican en cuatro categorías:

1. **Costos de prevención**, incluyen las actividades destinadas a suprimir y prevenir los defectos en el proceso de producción. En esto se incluyen actividades que están enfocadas a la calidad, como la planificación, la revisiones de la producción, la capacitación y el análisis de ingeniería, y cuyo propósito es que la empresa no incurra en prácticas de mala calidad.
2. **Costos de evaluación**, son los que se hacen a fin de detectar los productos de mala calidad, cuando estos ya están contruidos, pero antes de que se adjudiquen a los clientes. La actividad de inspección es un ejemplo de estos casos. El detectar grietas en el concreto de una superficie de rodamiento o la realización de la prueba hidráulica en una vivienda o un sistema de agua potable, son actividades de inspección necesarias para cumplir con la calidad de operación.



DEPE

3. **Costos de fallas internas**, estos incluyen aspectos tales como el tiempo ocioso de la maquinaria, los materiales de mala calidad, el desperdicio y las rectificaciones.
4. **Costos por fallas externas**, incluye las devoluciones y descuentos, los costos de la garantía y los costos ocultos de la insatisfacción del cliente y la pérdida de participación en el mercado. Al reconocer la importancia de los costos a causa de fallas externas, muchas empresas se han decidido a ampliar su perspectiva, pasando de la calidad del producto a la satisfacción total del cliente (STC), como su medida clave de la calidad.

En la Fig. 16, los múltiples costos de falta de calidad se clasifican en las cuatro categorías antes descritas. Esta figura es un intento por transmitir la idea de que se trata algo similar a un iceberg, donde sólo el 10% es visible y el 90% permanece oculto. La analogía es afortunada porque el 10% visible se compone de renglones tales como el desperdicio, las rectificaciones, la inspección, las devoluciones amparadas con garantía y los costos de la verificación de la calidad. Cuando los costos ocultos de la calidad son calculados, controlados y reducidos, la empresa puede aprovechar los beneficios que se muestran en la parte inferior de la Fig. 16.

Solamente sabiendo donde se incurre en costos y su magnitud, podrían los gerentes supervisarlos y controlarlos. Los informes financieros para la gerencia del proyecto son vitales, si es que la gerencia se preocupa realmente por los costos generados por la calidad. La gerencia debe informar y vigilar regularmente los costos de calidad y deben relacionarse con otras razones financieras como las ventas brutas, la utilidad neta y la rotación de inventarios, para:

1. Evaluar lo adecuado y efectivo del sistema gerencial de calidad.
2. Identificar otras áreas que requieran atención.
3. Establecer objetivos de calidad y costos.

El primer punto es fundamentalmente la revisión regular del sistema de gerencia de calidad y el correspondiente sistema de costo de calidad.

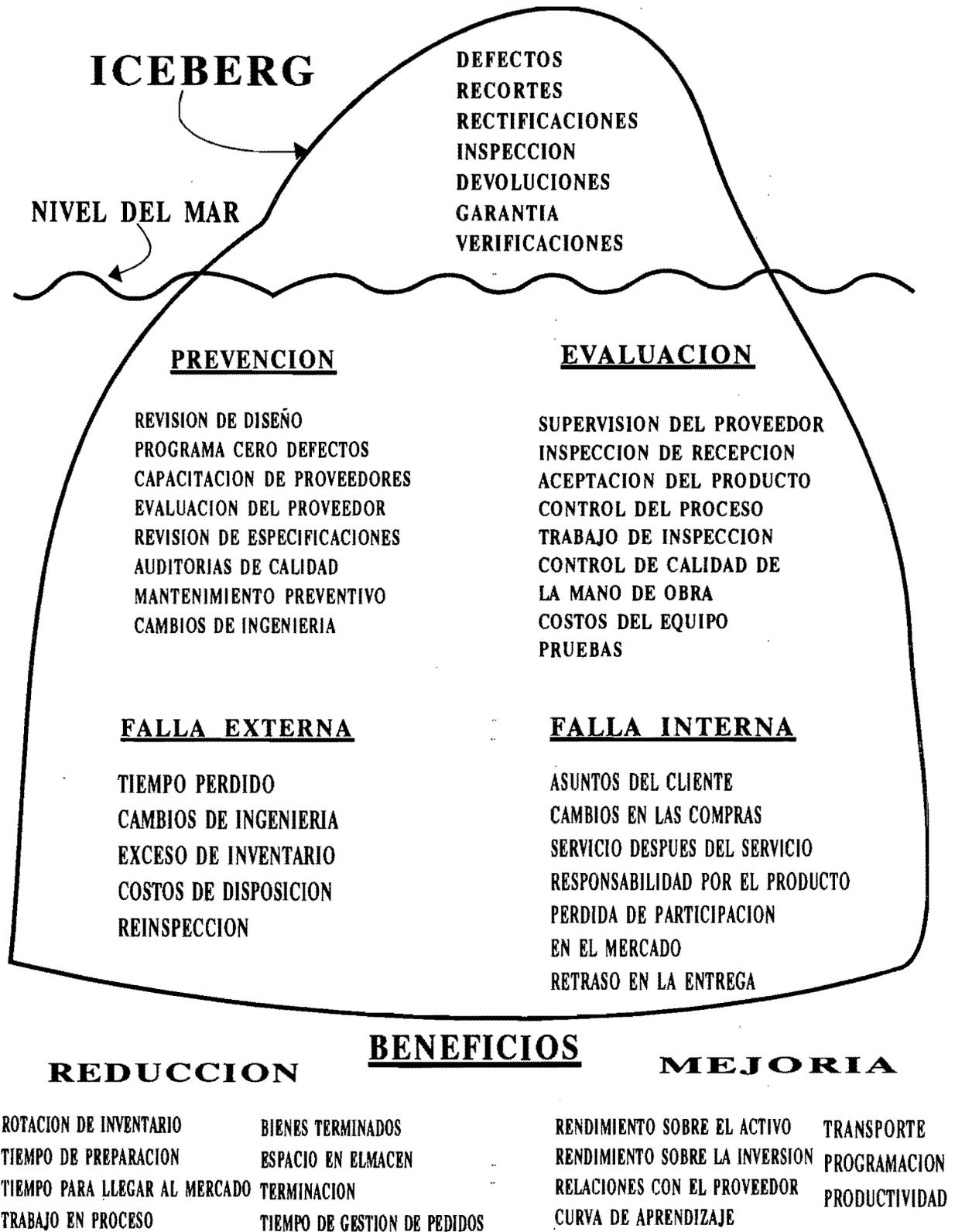


Fig. 16. Beneficios de los costos del control de calidad

Solamente con la disponibilidad de informes financieros regulares es posible que los gerentes identifiquen áreas de costos críticas relacionadas con la calidad, como estos pueden surgir en cualquier parte de la empresa, tiene que haber un compromiso por parte de toda la gerencia para la introducción y apoyo continuo del sistema del costo de la calidad a nivel gerencial. Sólo cuando la gerencia entiende la magnitud de los costos de calidad puede haber progreso; esto podría ocurrir si se introdujera un sistema de gerencia de costos de calidad.

Con este compromiso permanente, la gerencia hará posible que se ejecuten los procesos de costos de calidad y que se establezcan los equipos de acción para evaluar los costos. Los miembros del equipo necesitarán entrenamiento y una vez formados pueden difundir la cultura de la calidad dentro de la empresa.

Al poner en marcha una gerencia de costos de calidad, se deberán sacar los datos del sistema actual de contabilidad; la contabilidad no debe cambiar hasta que no se conozca un análisis apropiado de asignaciones de costos y responsabilidades. Esto requerirá la colaboración de ingeniería y de otro personal técnico.

Para introducir un sistema de costos de calidad, se recomienda que el primer paso sea un estudio piloto para determinar el radio de acción del trabajo y la creación de tipos de costos de calidad, una vez identificados estos, se comenzará a recopilar información de los tipos de costos de acuerdo a los siguientes puntos:

- a) Calcular aquellos costos que son directamente atribuibles a la operación de la calidad.
- b) Identificar los costos que no son directamente de la responsabilidad de la operación de calidad, como almacenes o compras, pero que se deben incluir como parte de los costos totales de calidad de la compañía.
- c) Identificar costos internos de fallas para los cuales se asignaron presupuestos, es decir, cuando se anticiparon los imprevistos.
- d) Determinar los costos internos por fallas no previstas, desechos y refacciones.
- e) Determinar el costo de fallas después del cambio de propiedad, por ejemplo, garantías que se ofrecen.

En la Tabla VIII, se muestra un ejemplo de como calcular los costos de calidad, de una empresa constructora en base a las utilidades brutas generadas en un año, aunque el periodo de tiempo puede manejarse al gusto del analista. El costo de la calidad total es de \$210,000.00 y las ventas netas para el año fueron de \$3'500,000.00. El porcentaje se obtiene dividiendo el costo de la calidad entre las ventas.

Tabla VIII. Costos operativos de calidad

Enero 1 a diciembre 31 de 1996		
Ventas netas \$ 3'500,000.00		
TIPOS DE COSTOS	Miles de pesos	% de ventas
Costos de prevención	1.0	
Revisión del diseño	1.5	
Entrenamiento para la calidad	2.0	
Planeación de la calidad	2.7	
Auditorías	3.1	
Prevención de instalaciones	3.4	
Calificación del producto	3.5	
Ingeniería de calidad	<u>3.8</u>	
	21.0	<u>0.60%</u>
Costos de evaluación		
Prueba e inspección	55.0	
Mantenimiento y calibración	2.5	
Depreciación del equipo de prueba	15.0	
Ingeniería de calidad de línea	7.5	
Prueba de instalación	<u>4.0</u>	
	84.0	<u>2.40%</u>
Costos de Fallas		
Cambios de diseño	31.0	
Refacciones	4.5	
Desechos y renovación de material	25	
Garantía	15.0	
Hallazgo de fallas en la prueba	<u>29.5</u>	
	105.0	<u>3.00%</u>
COSTO TOTAL DE LA CALIDAD	210.0	6.00%

2.6.6 Normas ISO 9000.

Las normas de calidad de la Organización Internacional de Estándares, conocida como ISO 9000 (International Standards Organization) es un conjunto de cinco normas de alcance mundial donde se especifican los requisitos necesarios para la administración de la calidad.

La norma ISO determina la existencia de un sistema que asegura la calidad de los productos y servicios, definida ésta en base a los requerimientos del cliente. El carácter internacional de la norma ISO 9000 tiene como propósito asegurar la calidad de los bienes y servicios comercializados entre países, lo cual hace indispensable que exista una certificación otorgada por un tercero, mediante el cual se haga constar la eficiencia del sistema de calidad que sustenta el cumplimiento de dicha norma. Para ello se requiere que una empresa con licencia certifique, para posteriormente realizar auditorías de verificación y seguimiento de calidad cada seis meses y una recertificación cada tres años.

El proceso de certificación lleva una duración de 15 a 18 meses, los problemas fundamentales para lograrlos se refieren al control de documentos, control de diseño, compras, inspección y pruebas, y el control de procesos. Cumplir con la norma y tener su certificación abren una gran cantidad de oportunidades e incluso una vez aplicada puede propiciar ahorros en los procesos. Sin embargo, su implantación requiere de ciertas condiciones técnicas y administrativas para no tener obstáculos inesperados que retarden el proceso. De igual forma, implica costos de certificación y el mantenimiento de un sistema de documentación que son necesarios considerar para evaluar su implantación.

La ISO 9000 se concentra en asegurar que los requerimientos del cliente sean satisfechos, por lo que no puede considerarse como un sistema de Administración de la Calidad Total, ya que éste no sólo abarca la satisfacción del cliente, sino además la de trabajadores, empleados, accionistas, proveedores, sociedad y medio ambiente. Las normas ISO sólo son un paso para lograr alcanzar la ACT, pero son de primordial importancia cuando la empresa se dedica a la importación y exportación de productos.

A diferencia del Premio Nacional de Calidad en México (PNCM), la serie ISO 9000 y su réplica mexicana la NOM-CC-3-1990, no son programas para el otorgamiento de premios. Ellos no requieren el uso de ningún sistema de vanguardia, ni imponen un método específico para el control del proceso. Son de carácter genérico y se aplican a todas las industrias.

Los premios internacionales de calidad Baldrige, Deming y el Europeo, así como el PNCM, son programas mucho más completos que la ISO 9000. Los primeros son auténticos sistemas de la ACT, mientras que la serie ISO tiene un alcance muy limitado, representando tal vez un valor de 200 a 300 puntos de cualquier premio de calidad, es decir, de un 20% a un 30% del puntaje total.

Los criterios del PNCM son mucho más específicos, los lineamientos señalan el lenguaje detallado de lo que se espera obtener. En cambio la serie ISO, está diseñada para ser inclusiva, no exclusiva. En el caso de que una empresa cuyos sistemas de calidad se encuentran en la parte más baja de la ACT, la ISO es un punto de partida para la implantación final de un sistema de ACT.

Al dejar la determinación de los niveles de calidad en manos del cliente y el proveedor, la serie satisface la necesidad del cliente, en lo que se refiere a contar con la garantía de que el proveedor será capaz de suministrar bienes y servicios tal como lo ha prometido dentro de límites bien definidos.

La serie ISO 9000 recibe ese nombre porque está formada por cinco conjunto de normas numeradas en una secuencia que parte del 9000. En la Tabla IX se presenta un breve resumen de cada uno de esos grupos. A la industria de la construcción le interesa la ISO 9001, aplicable a firmas de ingeniería y construcción, la cual garantiza la conformidad con los requisitos en las operaciones de diseño, desarrollo, producción, construcción, instalación y servicio. Los requisitos que se imponen a los sistemas de calidad son los siguientes:

- * Responsabilidad de la gerencia.
- * Sistema de calidad.

Tabla IX. Resumen de las Normas ISO 9000

Norma	Contenido	Aplicación
ISO 9000	Ofrece definiciones y conceptos Explica la forma de elegir otras normas para un negocio determinado.	Todas las industrias incluidas las dedicadas al desarrollo de software.
ISO 9001	Verificación de la calidad en los rubros de diseño, desarrollo, producción, instalación, construcción y servicio.	Firmas de ingeniería y construcción, y fabricantes que diseñan, desarrollan, instalan y dan servicio a productos.
ISO 9002	Verificación de la calidad en la producción y la instalación.	Compañías de las industrias de procesos químicos que no se dedican ni al diseño de productos ni al servicio después de la venta.
ISO 9003	Verificación de la calidad en pruebas e inspección.	Talleres pequeños, divisiones de una empresa y distribuidores de equipo que inspeccionan y prueban los productos suministrados.
ISO 9004	Administración de la calidad y elementos del sistema de calidad.	Todas las industrias.

- * Revisión del contrato.
- * Equipo de inspección, medición y prueba.
- * Categoría de la inspección y la prueba.
- * Control del producto no conforme.
- * Control de diseño.
- * Control de documentos.
- * Compras.
- * Producto aportado por el comprador.
- * Identificación y localización del producto.
- * Control del proceso.
- * Inspección y prueba.
- * Acción correctiva.
- * Manejo, almacenaje, envase y envío (elementos prefabricados).
- * Expedientes de calidad.
- * Auditorías internas de la calidad.
- * Capacitación.
- * Servicio.
- * Técnicas estadísticas.

Si bien es cierto que la serie ISO constituye una guía acerca de los atributos necesarios para crear un sistema de calidad, las normas no indican en detalle el modo de poner éste en práctica. Una vez que se toma la decisión de adoptar las normas y aspirar a la certificación, los siguientes pasos generales pueden ser útiles para facilitar el cambio con éxito:

1. Reconocer la necesidad del cambio y obtener el firme compromiso de la alta gerencia.
2. Incluir la calidad en el plan estratégico, como el eje maestro de la diferenciación.
3. Formular y adoptar una declaración de las políticas de calidad, de acuerdo con los requisitos ISO. Obtener el apoyo y el compromiso de todos los gerentes.
4. Determinar el alcance de los negocios que se van a certificar, si será un proceso, una planta, una obra o toda la empresa y sus filiales.

5. Determinar el estado del sistema de calidad vigente, por medio de una auditoría interna. Definir la brecha entre la situación en la cual se encuentra actualmente y lo que será necesario para poder cerrar la brecha.
6. Estimar el costo del cambio, en tiempo y dinero, y poner en práctica el plan, organizando los pasos necesarios para la acción.

2.7 IMPLANTACIÓN DE LA ACT.

Existe un método para la implantación de la ACT desarrollado por Joseph R. Jablonski, en cual ha sido llamado Método de las Cinco Fases, el cual enfrenta los problemas serios, describe el costo y los beneficios de implantar el cambio. Se enfrenta a problemas como a la aceptación por parte de la dirección y su resistencia al cambio, siendo estos más grandes en la industria de la construcción.

Las cinco fases del método para la implantación de la Administración de la Calidad Total, son:

1. **Fase 0: Preparación.** Precede a un proceso constructivo que involucra a los ejecutivos claves de la organización, con la ayuda de un consultor profesional. En este punto, los gerentes desarrollan el planteamiento de la visión nueva de la organización, fijan metas y objetivos corporativos, y diseñan políticas en apoyo directo del plan estratégico corporativo. La fase 0 concluye al lograr la asignación de los recursos necesarios para planear la implantación de la ACT.
2. **Fase 1: Planeación.** pone los cimientos para el proceso de cambio en la organización. Los individuos que integran el consejo corporativo deben utilizar los conceptos desarrollados durante la fase de preparación e iniciar el proceso de planeación. Una vez formado, el consejo corporativo desarrolla el plan de implantación, compromete los recursos y lo hace realidad. El proceso de planeación depende de la información que reciba de todas las fases subsecuentes para ayudar a guiar la implantación y la evolución.

- 3. Fase 2: Evaluación.** Involucra el intercambio de información necesaria para apoyar a las etapas de preparación, planeación, implantación y diversificación. Consiste en encuestas, evaluaciones, cuestionarios y entrevistas a través de la organización en todos los niveles, así como autoevaluaciones que determinen percepciones, individuales y de grupos, de los puntos débiles y fuertes de la empresa.
- 4. Fase 3: Implantación.** En este punto se cosecha lo sembrado durante las etapas anteriores. Comienza una iniciativa bien definida de capacitación de gerentes y operarios. Con el apoyo total del consejo corporativo se constituyen equipos de acción de proceso (EAP), para evaluar y mejorar los procesos e implantar el cambio.
- 5. Fase 4: Diversificación.** Cumplir con las anteriores fases le da a la compañía una base sólida de conocimientos. Se han definido políticas, las objeciones a los cambios han sido superadas y los EAP han realizado su trabajo. Ahora toca el turno para que otras áreas dentro de la misma empresa o fuera de ella, participen de los beneficios de la ACT. Pueden tomar parte las organizaciones subordinadas, unidades estratégicas, filiales, divisiones foráneas, proveedores, colegios de ingenieros, dependencias gubernamentales y cualquier interesado.

2.7.1 Preparación.

Cuando ya se ha tomado la decisión de adoptar la ACT, es necesario preparar la empresa para afrontar el cambio con éxito. Se deben cumplir los siguientes puntos, aunque no necesariamente su orden:

- a) Decisión de considerar la ACT. Ante la apertura comercial que actualmente vive México, y la alta calidad que se requiere para competir en el extranjero, hacen de la ACT, no una alternativa, sino una necesidad de planear, diseñar y construir con calidad. El éxito de la competencia que ha implantado la ACT es una buena motivación para acercarse al cambio de la organización.

- b) Capacitación de los gerentes clave. Se recomienda que todo el personal ejecutivo clave, pase por una capacitación inicial de ACT. Puede ser en empresas especializadas o dentro de la compañía, pero al recibirla todo el personal junto, pueden entenderse mejor los conceptos y los beneficios de la ACT, con la ventaja de que puede existir interacción entre ellos.

- c) Evaluar la necesidad de un consultor. Si la empresa empieza a tener síntomas de mala calidad o baja productividad, inicialmente puede hacerse una evaluación interna con personal de la propia compañía, pero esto puede conducir a la poca visión del consultor. La contratación de un consultor para diseñar y resolver problemas de los procesos, antes de implantar cualquier sistema de calidad, suele hacerse por razones económicas.

- d) Selección del consultor. Las compañías que planean implantar la ACT o las empresa grandes que quieren resolver un problema específico, pueden seleccionar a un consultor especialista que cobre bastante por sus servicios. Una empresa pequeña puede recurrir a consultores generales que pueden hacer todo, desde el desarrollo del plan estratégico hasta realizar encuestas, con un costo menor.

- e) Planeación estratégica. Toda empresa debe tener una finalidad, una razón para estar operando, esta visión corporativa es un concepto del lugar donde se quiere llegar a estar en el futuro, el enlace vital entre la misión y la visión de la empresa es lo que constituye el plan estratégico, el cual se conforma de metas corporativas, objetivos, tareas, parámetros de medición, etc.

- f) Planteamiento de la visión nueva. Esta visión surge de las reuniones de los ejecutivos clave de la empresa con el consultor, donde se llega a un planteamiento conciso y breve de la razón por la cual están operando. Por lo general, se expresa en términos de un compromiso de calidad, satisfacción de las necesidades del cliente y para volverse competitivos.

- g) Metas corporativas. Surgen del planteamiento de la visión de la empresa, deben ser concisas como: implantar la ACT, mantener la excelencia técnica y el mejoramiento de la calidad, aumentar la productividad de la mano de obra directa, mejorar el manejo de las finanzas, reducir el costo de los materiales a través de menor desperdicio, reducción de los costos fijos, implantar el reciclaje de materia prima, etc.
- h) Políticas corporativas de calidad. Una buena descripción de la política transmite con precisión a los dirigentes corporativos la resolución de lograr que triunfe la ACT. Los ejecutivos clave forman la base de la política, el cuerpo se desarrolla en la fase 1 a través del consejo corporativo. El sistema tradicional de recompensas y reconocimientos cambia en forma drástica, no todo es económico. Se renuevan la seguridad en el trabajo y el apoyo de la dirección, evitándose el desempleo.
- i) Comunicación corporativa. Para comunicar con eficacia un mensaje se debe saber en que consiste, creerse a si mismo y entregarlo en forma personal. Para un trabajador, los mensajes tienen relevancia por quién lo dice, cómo lo dice y qué dice, lo último es lo que importa menos.
- j) Decisión de continuar. Se hace un análisis de lo logrado hasta el momento, si persiste la motivación entre los ejecutivos clave y el consultor da buenos resultados, es momento de continuar, si no es así, se necesitará un replanteamiento de las acciones tomadas anteriormente.

2.7.2 Planeación.

Durante esta fase se desarrolla el plan de implantación detallado, la estructura de soporte se coloca en su lugar y se comprometen los recursos para llevar a cabo la implantación y la estrategia a seguir. A diferencia de la fase 0 esta etapa no tiene fin. La planeación debe ser un proceso continuo, puesto que el cambio nunca cesa en el ambiente externo.

Los pasos a seguir para lograr una adecuada planeación del proceso de la ACT, se mencionan a continuación:

- a) Formación de equipos. Se conforma por el consejo corporativo, los servicios de soporte (coordinador de ACT y bibliografía básica de calidad) y los equipo de acción de procesos (EAP), ver Fig. 17.
- b) Capacitación del consejo corporativo.
- c) Identificación de resultados esperados. Nivel de calidad alcanzado, servicio a los clientes, interacción con proveedores, mejoramiento de las relaciones laborales, aumento en la productividad y rendimientos, optimización de la maquinaria, etc.
- d) Identificación de obstáculos. Indiferencia por parte de la dirección, incredulidad en el funcionamiento de la ACT, falta de recurso y soporte técnico, falta de liderazgo, etc.
- e) Selección del coordinador de ACT. Debe ser una persona conocedora de la empresa, innovador, dedicado, liderazgo, que sepa trabajar en equipo, con facilidad de relacionarse y comunicarse, con claridad de ideas y objetivos.
- f) Capacitación del coordinador de ACT.
- g) Continuación de la planeación estratégica.
 - * Objetivos corporativos.
 - * Tareas corporativas.
 - * Medición del desempeño.
- h) Selección del método para asignar prioridades a los procesos. Un método es analizar todo el proceso de implantación, otro es aceptar las ideas que propongan los empleados, uno más son las sugerencias de los clientes y por último atender los problemas crónicos de la empresa.

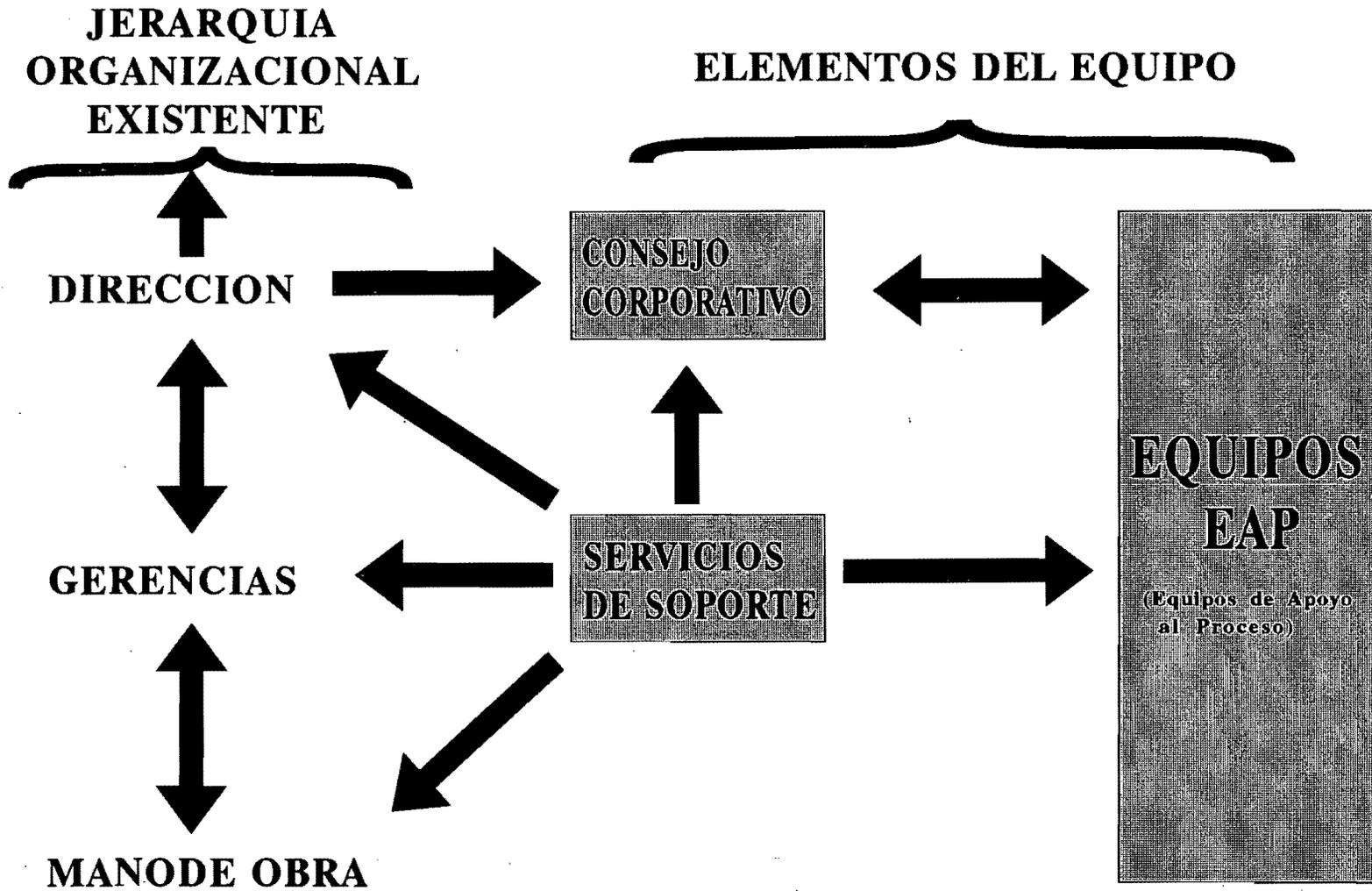


Fig. 17. Elementos de equipo necesarios para implantar la ACT.

- i) Selección de procesos a mejorar. Se pueden tener problemas administrativos o técnicos, pero todos redundan en la calidad.
- j) Traer a bordo los servicios de soporte. El coordinador de ACT debe estar relacionado con servicios de consultoría y capacitación, así como contar con un soporte bibliográfico referente a la calidad.
- k) Desarrollo del calendario y del presupuesto de implantación. Para tomar una decisión inteligente el consejo corporativo, debe entender el costo que implica seguir adelante con la ACT, además se debe plantear un calendario razonable de aparición de resultados del proceso de calidad.
- l) Decisión de continuar.

2.7.3 Evaluación.

En esta fase se consideran los pasos abajo mencionados, desde la evaluación rápida hasta la retroalimentación de la capacitación. Estas herramientas de la evaluación establecen canales internos y externos de comunicación a través de la organización, ofreciendo al consejo un flujo continuo de información para propósitos de planeación. Una vez obtenidos y analizados, los resultados de la información se transmiten de regreso a aquellos que lo generaron, para cerrar el ciclo y mostrar como se usó su aportación. Los pasos son:

- a) Evaluación rápida. Se responden preguntas como qué se necesita para que la compañía permanezca competitiva en el futuro, cuáles serían los beneficios de la ACT, cómo se vería la empresa con la ACT, quiénes sería los clientes y cómo se determinaría su satisfacción.
- b) Autoevaluación. Se requiere el desarrollo de un sistema que permita entender los patrones personales de comportamiento de cada uno de los individuos involucrados en la ACT.
- c) Encuesta de clientes. Sirve para conocer el grado de satisfacción de él.

- d) Evaluación organizacional. Evalúa el estado actual de la organización tomando en cuenta una multitud de factores, pudiendo conducir a recomendaciones positivas, orientadas a acciones para el mejoramiento. Los factores que contribuyen al desarrollo de estas recomendaciones, incluyen la visión de la organización, mostrando a donde quiere llegar, así como las expectativas de los clientes.
- e) Inventario para planeación de la ACT. Consiste en elaborar una lista de las actividades realizadas para implementar la ACT, capacitación de personal, análisis de proveedores, formación de coordinadores y equipos de trabajo, etc.
- f) Retroalimentación de la capacitación. Para cuando se recibe la primer encuesta, el departamento de capacitación ya habrá invertido mucho tiempo en seleccionar y programar las actividades para capacitar al personal. Es su primera oportunidad de ver el aprovechamiento de los asistentes a capacitarse y de evaluar el impacto que su esfuerzo ha tenido en el resultado final.

2.7.4 Implantación.

Después de la preparación, la planeación y la evaluación se llega al punto donde se observan las remuneraciones de la inversión de tiempo y dinero. En esta fase el personal de apoyo de la organización es seleccionado y capacitado; esto se lleva a cabo con los gerentes y el personal obrero. Los equipos EAP se colocan en su lugar y si todo se desarrolla correctamente, se empiezan a ver los resultados. Los pasos que intervienen son:

- a) Selección del personal de soporte. Incluye organizadores, instructores y consultores internos.
- b) Capacitación del personal de soporte. La capacitación es similar a la que recibe el coordinador de ACT, habilidad para resolver problemas, capacidad de trabajo en equipo y dominio de técnicas organizativas.

- c) Capacitación a ejecutivos. Se le informa acerca de la ACT, cómo le beneficiaría a la empresa y cuáles son las experiencias con la competencia.
- d) Capacitación a la fuerza de trabajo. Se le orienta de cómo realizar su trabajo, cuál es el nivel de su participación en el proceso, qué es lo que la compañía espera de él y cómo dejar satisfecho al jefe y al cliente.
- e) Formación de equipos EAP. Los integrantes de estos grupos deben tener habilidades de comunicación, relaciones interpersonales, dinámica de grupo, liderazgo, capacidad para resolver problemas y conflictos.
- f) Capacitación de equipos EAP. Su capacitación consiste en introducirlos en el mundo de la ACT, darles información, analizar e interpretar situaciones desfavorables y dar seguimiento a los nuevos estándares.
- g) Refuerzo de la directiva. Es necesario que la alta gerencia este involucrada directamente con el desarrollo de la implementación de la ACT, con el objeto de evitar fracasos ante actitudes conformistas por parte de los equipos de trabajo, quienes al obtener un pequeño éxito creen que la meta se ha cumplido.
- h) Experiencia de éxito. Se debe registrar el primer triunfo en materia de calidad, con el objeto de ir formando un archivo de las experiencias vividas dentro de la empresa, para que, en el caso de presentarse una situación similar en el futuro, el personal de supervisión pueda actuar correctamente en caso de no ser el mismo.

2.7.5 Diversificación.

En la etapa final, se capitalizará la experiencia y el éxito obtenidos para empezar a invitar a otros a adoptar la ACT. Los candidatos lógicos son los proveedores y las empresas subcontratistas. La ACT no sólo cambia la manera de operar la empresa, sino también la forma de operar de quienes intervienen con ella.

Los pasos necesarios para ejecutar la fase 4 se muestran a continuación:

- a) Comunicación con proveedores. Una construcción se logra a base de puros suministros de materiales, la calidad de estos depende del proveedor que los entrega. El control del proveedor es vital para optimizar los recursos materiales, se recomienda emplear las técnicas del Justo A Tiempo (JAT).
- b) Capacitación inicial. No es raro que se informe a sus proveedores de la intención de hacer que la ACT sea un factor de competitividad durante la próxima licitación de contratos. La capacitación da a los proveedores los conceptos básicos de que la ACT, muestra como ha ayudado a otros y cómo se planea implantarlo con los que participen en su estrategia.
- c) Identificar prioridades para seleccionar a proveedores estratégicos. Se puede determinar dónde y cómo seleccionar a los proveedores que se ajusten o puedan ajustarse a los requisitos de calidad.
- d) Modificación de especificaciones de competencia para reflejar el enfoque de calidad. Con el paso de los años, la actualización de los requisitos de calidad han sufrido adecuaciones, en los EUA aparecen cada vez más los requisitos de ACT en las especificaciones de concurso para servicios de construcción. En la industria de la construcción, el cliente está en busca de un producto o servicio de calidad, ofrecer la calidad con un sistema de ACT es el boleto de entrada a los concursos de obra y a las licitaciones internacionales.
- e) Certificación del proveedor. Es necesario que el proveedor presente calidad de su capacitación, de su experiencia, de sus políticas y procedimientos, así como la dedicación de la dirección a la calidad, debe presentar además diagramas de flujo y costos de seguimiento.
- f) Inicio de reducción de proveedores. El padrón de proveedores que una empresa tiene será depurado una vez hecha su evaluación.

- g) Soporte continuo de proveedores. Después de quedarse con los proveedores estratégicos, se les suministrará apoyo continuo con un contacto mas frecuente y comunicación más estrecha.

- h) Comunicación con empresas subcontratistas. Un subcontratista es un proveedor de servicios, el cual también se someterá a un recorte del padrón y al cual se le brindará soporte si queda seleccionado. Tendrán una coordinación y una capacitación inicial, además del apoyo continuo como empresas filiales.

- i) Trabajo en red. Significa establecer un eslabón que asegure que se va a permanecer al tanto de asuntos que tienen influencia sobre la industria. Puede tomar la forma de una participación activa en asociaciones profesionales y comerciales. Se pueden incluir las Universidades y Tecnológicos de educación superior como centros de capacitación y cultura de la calidad.

CAPÍTULO 3

DIFERENCIAS DEL ENFOQUE TRADICIONAL Y LA ACT

3.1 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.

Tradicionalmente la empresa constructora posee una estructura administrativa como la que se presenta en la Fig. 18, en la cual se observa el organigrama de la administración. El control de la calidad se encuentra en un tercer nivel, en donde poco se puede hacer para integrar la calidad a toda la compañía; sus funciones se limitan sólo al control de materiales, de procesos constructivos y del programa de control de calidad. La calidad depende del nivel de importancia que la dirección de construcción ponga en su atención. Se cae en el continuo error de considerar la alta calidad como un costo adicional para el proceso de construcción.

La aplicación de la ACT propone un estructura organizacional de acuerdo a la Fig. 19, en donde el control de calidad queda integrado dentro de la coordinación de la ACT. El aseguramiento de calidad posee un área staff cuya función fundamental es asesorar a toda la organización en la materia y no es responsable de la calidad del producto final, ya que la responsabilidad debe recaer proporcionalmente en cada una de las personas que participan directa e indirectamente en el proceso constructivo. La responsabilidad integral de la calidad queda en el primer nivel jerárquico de la empresa.

Para garantizar la calidad total, el coordinador de la ACT aprovecha su posición staff para tener un acceso directo con el director general a quien proporcionará reporte, avances, problemas, causas y soluciones, y así, tomar las decisiones adecuadas. El proceso del mejoramiento de la calidad es prácticamente nulo con el enfoque tradicional, pero se ve beneficiado con el apoyo staff.

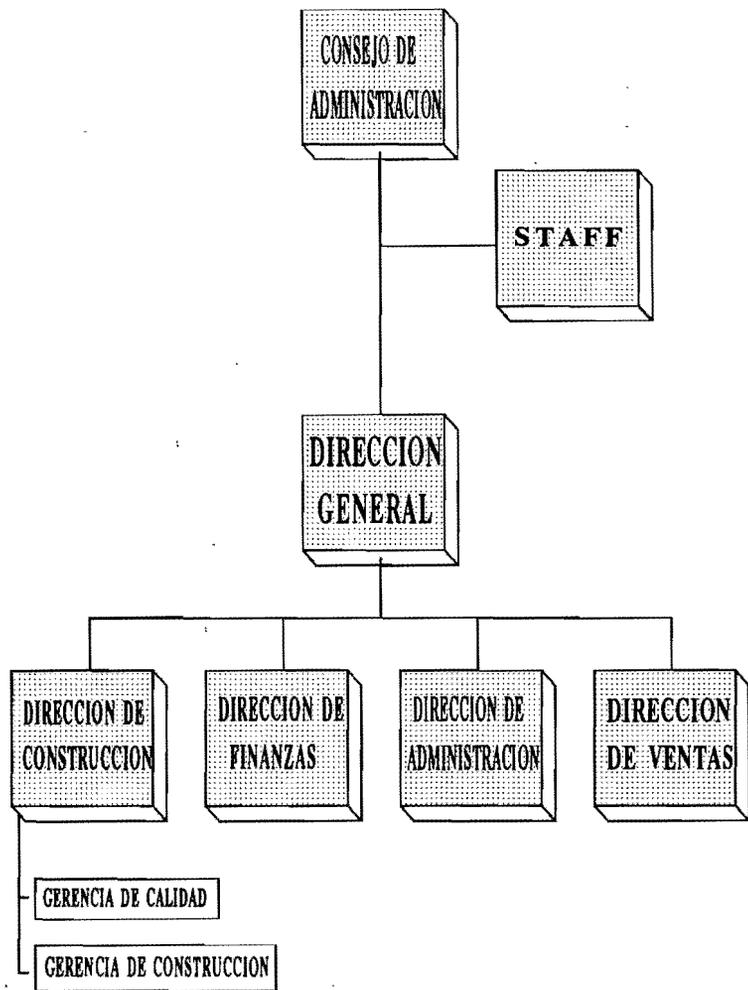


Fig. 18. Estructura organizacional tradicional.

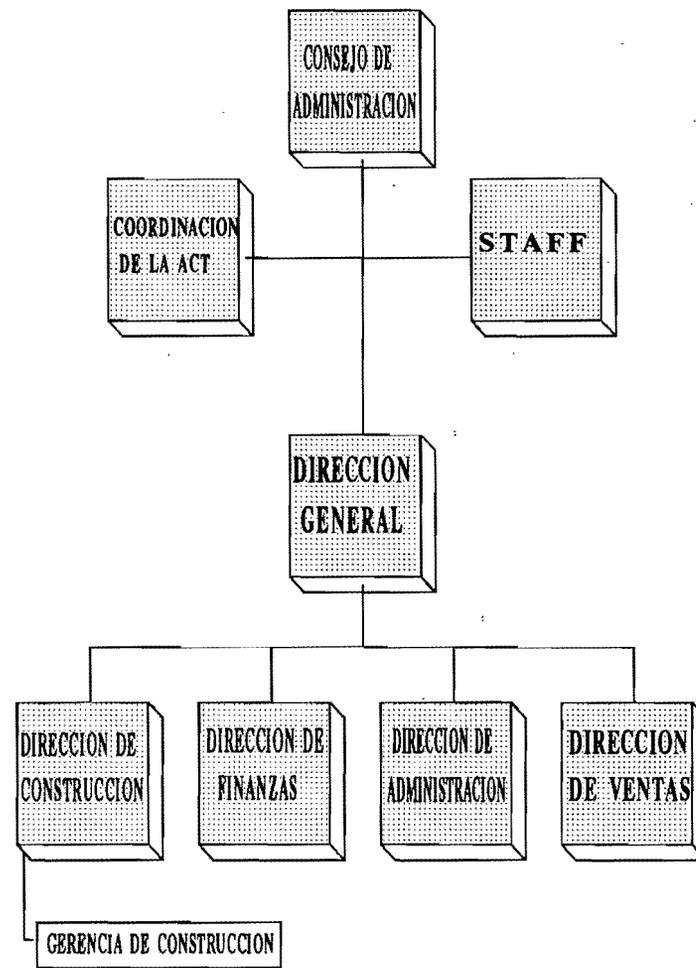


Fig. 19. Estructura organizacional con la ACT.

3.2 LIDERAZGO.

El liderazgo práctico y continuo dentro de la empresa es la forma más eficiente de implantar la calidad. Con el enfoque tradicional, el liderazgo que afecta directamente la calidad es ejercido por los supervisores de obra, quienes responsabilizan a su personal de la calidad exigida por las especificaciones; pero ese liderazgo se pierde al tratar de comunicarse adecuadamente con otros frentes de trabajo, o al no relacionarse con el personal obrero, o por la falta de una cultura de la calidad.

Cualquier persona que tiene bajo su mando a un grupo, se considera líder. La ACT describe los requisitos de excelencia y el perfil que un líder debe manifestar ante la empresa y sus subordinados:

1. Con amplia visión y conocimientos de su área.
2. Considerar sus metas como misión a cumplir.
3. Tener ideas y objetivos audaces.
4. Usar estímulos eficientes con su personal.
5. Saber comunicar sus valores.
6. Tener capacidad organizativa.
7. Mantener comunicación con el cliente.
8. Tener sentido común, optimismo e iniciativa.
9. Contar con conocimientos administrativos y técnicos.
10. Ser sincero, justo y leal.

La alta gerencia es el líder de toda la empresa, pero tradicionalmente envían señales ambiguas: dicen que darán su apoyo a la calidad, pero sólo recompensan el cumplimiento de las normas básicas; insisten en la reducción de costos, aunque signifique cancelar los cursos de capacitación destinados a elevar la calidad.

Peor aún, algunos gerentes sienten que los trabajadores son la causa de sus problemas en materia de calidad. Esta actitud no fomenta la participación del trabajador en la toma de decisiones y en el proceso del mejoramiento continuo de la calidad.

3.3 COMUNICACIÓN.

La comunicación está íntimamente relacionada al proceso de la calidad, aun cuando a algunos gerentes les resulta difícil exponer el plan de trabajo a otras personas de un modo que sea comprensible. La dificultad es el proceso de filtración de la información. Cuando la idea de calidad de la alta gerencia se filtra hacia los niveles más bajos de la organización, el concepto y plan generalmente pierden claridad e ímpetu, llegando la idea deformada o con poca motivación. Esta comunicación es de arriba hacia abajo, de emisor (jefe) a receptor (empleado).

A diferencia del enfoque tradicional, la ACT propone una comunicación efectiva con dirección de abajo hacia arriba (ver Fig. 20). El empleado receptor se convierte en emisor, al tiempo que el jefe emisor se convierte en receptor. El mensaje es específico y medible, y el subordinado es el propietario del mensaje puesto que es él quien lo origina. Con esta base, ambas partes se pueden comunicar con mensajes con los que previamente se han puesto de acuerdo.

Los conceptos de la comunicación eficaz pueden servir como un método práctico para comunicar los conceptos de la calidad dentro de la organización. Lo único que faltaría sería codificar los mensajes en términos comprensibles para el receptor. Para lograr una buena comunicación en términos de mejorar la calidad, la ACT sugiere:

1. Capacitación y desarrollo, tanto para gerentes como para empleados y obreros.
2. Participación en todos los niveles a fin de establecer parámetros de comparación y criterios para medir la calidad del proceso.
3. Dar poder al empleado para que puedan sugerir soluciones y tomar decisiones.
4. Asegurar la calidad en todos los procesos de la empresa.
5. Desarrollar sistemas de administración de recursos humanos que faciliten la contribución de las personas en todos los niveles del organigrama.

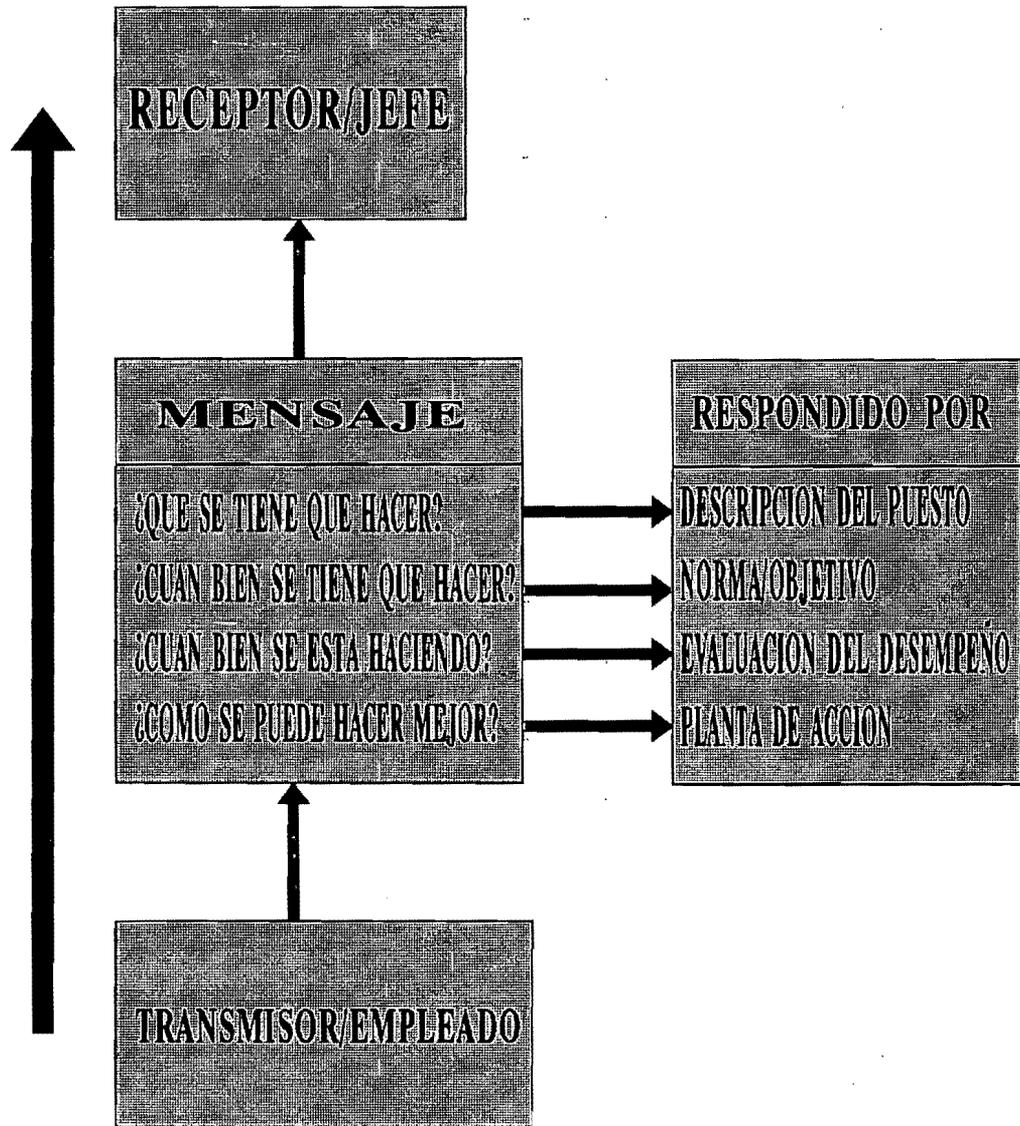


Fig. 20. La comunicación efectiva.

3.4 CULTURA DE LA CALIDAD.

Una cosa es que la alta gerencia se declare comprometida con la calidad y otra que ese compromiso sea aceptado o se arraigue en la empresa. El método fundamental para la incorporación de una cultura en la compañía es un proceso de enseñanza, en el cual las conductas y actividades deseables se aprenden a través de la experiencia, los símbolos y el comportamiento. También en este caso, los componentes del sistema de calidad total proveen los métodos para el cambio. Estos componentes y otros mecanismos del cambio cultural se resumen en la Tabla X. Ante todo, es esencial que la alta gerencia demuestre su firme compromiso; esto lo puede lograr por medio de su conducta y sus actividades, realizada a la vista de toda la compañía. Las categorías del comportamiento son:

1. Señalización. Consiste en hacer declaraciones o emprender acciones que respalden la visión de la calidad.
2. Enfoque. Cada una de los empleados debe estar enterado de la misión de la empresa, de la parte que le corresponde dentro de ella y de lo que tiene que hacer para su consecución.
3. Políticas para los empleados. Se refiere al desarrollo de programas de estímulos y reconocimientos, ascensos, premios y otras acciones dentro de los recursos humanos.

Tabla X. Mecanismos del cambio de cultura

ENFOQUE	DE LO TRADICIONAL	A LA CALIDAD
Plan	Presupuestos a corto plazo	Asuntos estratégicos futuros.
Organización	Jerarquía: cadena de mando	Participar y otorgar el poder.
Control	Informe de variaciones y control estadístico de resultados	Medición de la calidad e información para el control.
Comunicación	De arriba hacia abajo	De arriba abajo y de abajo arriba.
Decisiones	Administración de problemas	Cambio planificado.
Administración de funciones	Regional y competitiva	A través de las funciones, con un carácter integrador.
Administración de la calidad	Fija, supervisión del trabajo, inspección de la obra	Prevención y mejoramiento continuo de las funciones y procesos.

3.5 CONTROL.

En forma tradicional, los sistemas de control han estado dirigidos hacia su uso final, que consiste en la elaboración de declaraciones financieras. La atención se ha centrado en cuanto se gana y cuanto se pierde. A través de la historia, el control de calidad se ha ajustado a un proceso que comprende estos tres pasos:

1. Establecimiento de normas.
2. Consignación de variantes en los sistemas.
3. Corrección de desviaciones.

Al definirse y adoptarse el concepto de control como un proceso de revisión, verificación y comparación de resultados con ciertas normas, para ejercer autoridad, el cumplimiento de éstas e imponer restricciones, se corre el riesgo de que los sistemas de control se vean como un fin y no como un medio. Pero esto no significa que el enfoque tradicional de control de calidad quede fuera de la ACT, la diferencia es que en el primero el control se ejerce por medio de reportes de variaciones con respecto a la norma, entre el control continuo y el de tipo histórico, mientras que en el segundo se realiza el autocontrol. Además, la ACT no recibe comentarios después de los hechos, sino antes de iniciar el proceso.

Considérese que el control de retroalimentación tradicional, tal como se describe en la Fig. 21, suponiendo que exista una medida de la producción, ésta se compara con la norma y se consiguen las variaciones después de los hechos. Para entonces la variación ya se ha producido y ni los mayores esfuerzos la pueden remediar. En el caso típico, el supervisor del frente de obra recibe un informe de calidad al final de la obra, una vez terminada la construcción. Al trabajador no se le entrega informe alguno.

En la ACT el control se realiza siempre antes de los hechos y permite prever los resultados. En lugar de medir la producción final, se vigila la aportación de cada individuo o actividad en cuestión y se pronostica el resultado. Si se prevé alguna desviación, se toman medidas para volver a la norma antes que se produzca tal desviación.

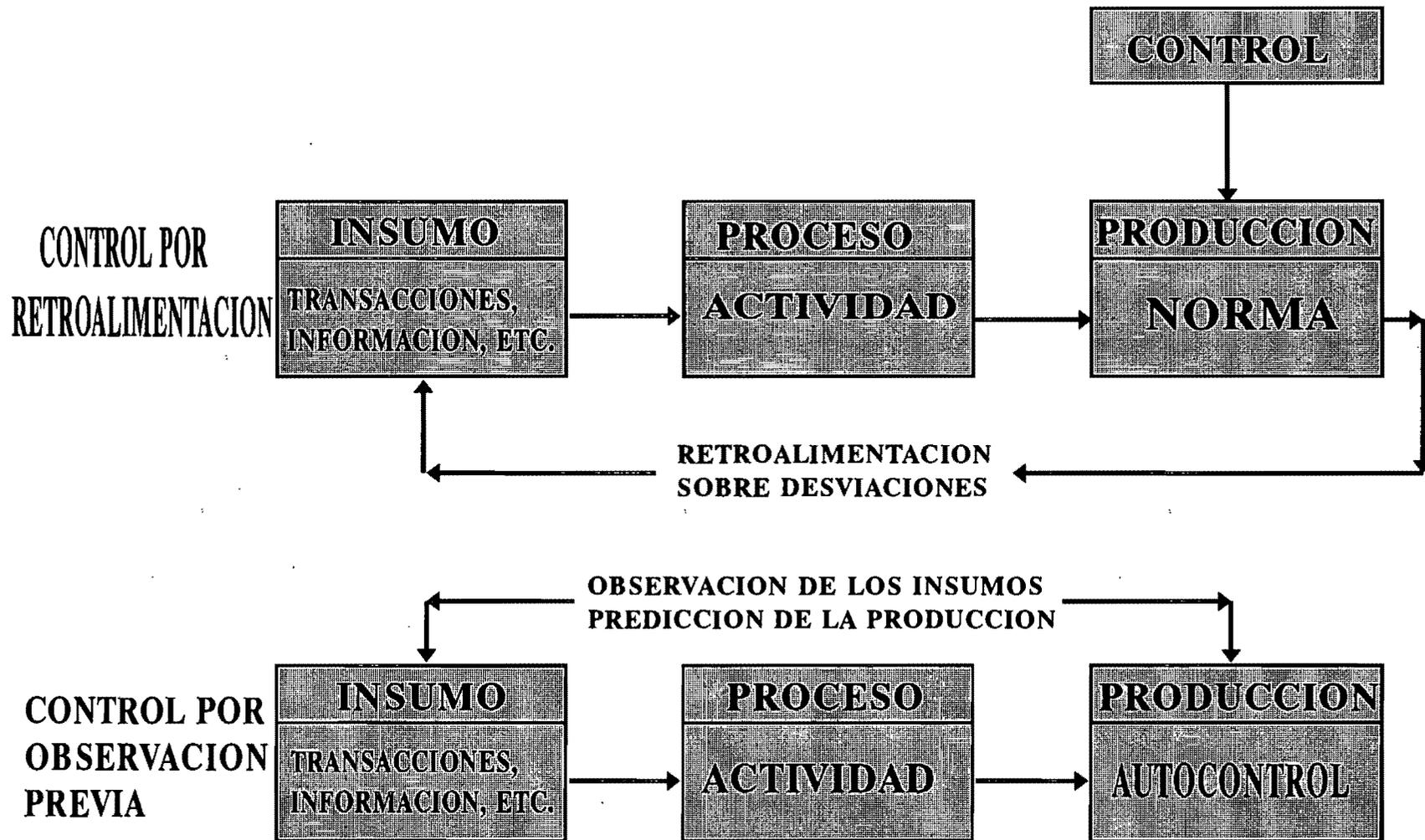


Fig. 21. Control por Retroalimentación.

De este modo, no hay desviaciones porque las medidas correctivas se toman antes que se consumen los hechos. Este concepto se describe en la parte inferior de la Fig. 21. La idea es fundamental para el control de procesos y para el continuo mejoramiento de los mismos.

3.6 SISTEMAS DE INFORMACIÓN.

En el enfoque tradicional, el avance natural de los sistemas de información a dado lugar a remedios provisionales, pues ciertas aplicaciones como el control de inventarios, la producción, la calendarización y los reportes de ventas, se diseñan sin tomar demasiado en cuenta la integración de las mismas entre sí o con otras funciones y actividades de la organización.

Conforme la tecnología avanza y se adopte el criterio de la ACT, las compañías deben automatizar sus aplicaciones más sencillas: nóminas de pago, contabilidad financiera, control de la producción, etc., por medio de la reingeniería. En lugar de automatizar las tareas y aislarlas en departamentos, las empresas con ACT proponen integrar las actividades conexas de ingeniería, construcción, mercadotecnia y operaciones de soporte. La duración de las actividades en una obra se acorta y se concluyen con menos defectos. La ingeniería de todo el proceso se ha elaborado de nuevo y el poder de la computadora se aplica al nuevo conjunto en forma de sistemas de información. El centro focal cambia con la ACT, de la compra de tecnología de la información con miras a automatizar el papeleo, a un enfoque orientado hacia el mejoramiento del proceso.

3.7 PLANEACIÓN.

La empresa constructora tradicional fundamenta su planeación en un presupuesto y un programa de obra, es sabido que ninguno de los dos son respetados por múltiples factores: los incrementos inflacionarios, las fallas de los proveedores, las malas condiciones de la obra, la escasez de materiales, las condiciones meteorológicas, etc. La planeación del proceso constructivo es importante, ya que entre más rápido y mas barato, es más posible ganar el concurso de obra. Esta mentalidad de la planeación a afectado drásticamente la calidad de las obras.

El criterio de la ACT maneja la planeación estratégica, la cual es una metodología que logra definir la visión de la empresa, su misión, objetivos y metas en función de sus recursos y capacidades administrativas, técnicas y comerciales.

Además, dentro de la planeación, la ACT propone tomar en cuenta los puntos de vista de los accionistas, empleados, trabajadores y proveedores con el fin de lograr una adecuada comunicación que conduzca hacia los objetivos establecidos por la dirección de la compañía. Una correcta planeación nunca deja fuera a quien participa dentro de ella.

Se manejan, además, la planeación competitiva, la corporativa y la ambiental. La primera tiene como propósito definir que acciones debe tomar la empresa para obtener mejores resultados en cada uno de las obras que realice, haciendo un análisis del sector de la construcción y del mercado al que puede servir.

La planeación estratégica corporativa es la pauta que adopta una compañía para:

1. Determinar, configurar y revelar sus objetivos, metas y propósitos.
2. Elaborar las políticas y planes principales para el logro de esas metas.
3. Definir las obras en las que la empresa quiera participar.
4. Definir el tipo de organización económica y humana que pretende ser.
5. Definir el carácter de la aportación económica y de otra índole que intenta hacer en beneficio de sus accionistas, empleados, clientes y comunidades.

La empresa que no cuenta con un programa de aseguramiento de calidad, y menos con la ACT, puede tener bien definida su planeación corporativa en los cinco puntos mencionados; pero, si no la sabe orientar en favor de la calidad, difícilmente puede lograr un beneficio integral de su esfuerzo por alcanzar la sana administración de sus recursos.

El liderazgo forma parte importante en el proceso de la planeación, ya que, para poder cumplir los planes establecidos, es necesario contar con el personal indicado que sepa y pueda realizar las metas fijadas.

3.8 RECURSOS HUMANOS.

Una empresa constructora cuenta con una oficina central, en donde se encuentra la dirección general, las gerencias de construcción, finanzas, ventas, administración y recursos humanos. Aquí se pueden presentar condiciones favorables de trabajo, permanencia en el empleo, cómodas instalaciones y disponibilidad de servicios. Pero en la oficina de campo la situación es completamente distinta, en función de la zona geográfica donde se localiza la obra, esto hace difícil las óptimas condiciones de trabajo de los empleados.

Es en la obra donde se reflejará la calidad de la empresa, y es aquí donde el trabajador, generalmente eventual, sufre de los peores tratos. No se reciben estímulos, premios, reconocimientos, capacitación o adiestramiento. El ingeniero supervisor también suele ser eventual. Debido a esto, la nómina flotante de la empresa no se preocupa demasiado por la calidad de su trabajo, ya que sabe que haciéndolo bien o mal pronto saldrá de la empresa, siendo incierto su reingreso al término de la obra.

La ACT tiene repercusiones de largo alcance para la administración de recursos humanos. Hace énfasis en el autocontrol, la autonomía y la creatividad de los empleados, y exhorta a una mayor colaboración activa, en lugar de contentarse con el simple cumplimiento de las labores encomendadas.

Recordando los principios y filosofía de la ACT, se insiste en la capacitación durante el trabajo, acabar con las barreras que separan a los departamentos y hacer trabajo de equipo, crear condiciones en las que los trabajadores se sientan orgullosos de su propia habilidad e instituir programas de educación y automejoramiento.

Revisando la Tabla VII en el capítulo 2, se observa que el PNCM otorga el 12% de su puntaje al desarrollo del personal con enfoque de calidad, dividiéndola en tres subsistemas: sistemas de trabajo de alto desempeño, calidad de vida en el trabajo y educación y desarrollo. Estos aspectos son igual de importantes que el liderazgo y la suma de la administración de la información y la planeación.

3.9 PROVEEDORES.

Una vieja costumbre y mala práctica dentro de la industria de la construcción, es aceptar a los proveedores que coticen sus productos al más bajo precio. Esto trae como consecuencia que tal vez el producto comprado no sea el de mejor calidad; o puede ser de igual calidad que otro más caro, pero con deficiencias en el suministro e instalación. El subcontratista es un proveedor que, con tal de ganar un licitación, es capaz de castigar sus políticas de calidad con tal de tener trabajo.

La crisis económica que se presentó durante los años de 1995 y 1996 en el sector de la construcción, propició el anterior tipo de comportamientos, en donde sólo se comprometían al cumplimiento básico de las especificaciones de construcción sin poner un valor agregado a la obra, ya que esto significaba una merma de la pocas utilidades que la empresa generaba.

Lo ideal sería tener proveedores que tengan implementados sistemas de aseguramiento de calidad, como es la certificación de ISO 9000: o mejor aún, la implantación formal de la ACT. La realidad es que son pocos los proveedores de la industria de la construcción que cuentan con sistemas de alta calidad, como es el caso de proveedores eléctricos, de tuberías, sistemas de refrigeración, etc. En el caso de seleccionar un proveedor que no se conoce y no tiene una certificación de calidad, la ACT propone un análisis desglosado del posible proveedor.

Para tener bases en la selección de un proveedor, la ACT propone diez principios para las relaciones con el proveedor, los cuales tienen el propósito de mejorar la garantía de calidad y eliminar las insatisfactorias condiciones existentes. Entre comprador y proveedor debe existir una mutua confianza y cooperación, y la decisión de vivir y dejar vivir basada en las responsabilidades que la empresa tiene al respecto del cliente. Los diez principios, que tanto comprador como proveedor deben practicar, son:

1. Tanto el comprador como el proveedor son totalmente responsables de la aplicación del control de calidad, con recíproca comprensión y cooperación entre sus sistemas de calidad.

2. Deben ser independientes el uno del otro y respetar esa independencia recíprocamente.
3. El comprador tiene la obligación de suministrarle al proveedor información clara y adecuada sobre lo que se requiere, de modo que el proveedor sepa con toda precisión que es lo que debe fabricar.
4. Antes de entrar en transacciones de negocios, el comprador y el proveedor deben celebrar un contrato racional en cuanto a calidad, cantidad, precio, condiciones de entrega y forma de pago, con el objeto de evitar confusiones durante el proceso de construcción.
5. El proveedor tiene la obligación de garantizar una calidad que sea satisfactoria para el comprador, además de presentar datos necesarios y actualizados a solicitud del comprador.
6. Comprador y proveedor deben acordar previamente un método de evaluación de varios artículos, que sea aceptable y satisfactorio para ambas partes.
7. Deben incluir en su contrato sistemas y procedimientos que les permitan solucionar amistosamente las posibles discrepancias cuando surja cualquier problema.
8. Teniendo en cuenta el punto de vista de cada parte, deben intercambiar la información necesaria para ejecutar un mejor control de calidad.
9. Deben controlar eficientemente las actividades comerciales, tales como los pedidos, planeación de la producción y de los inventarios, trabajos de oficina y sistemas, de manera que sus relaciones se mantengan sobre una base amistosa y satisfactoria.
10. Durante el desarrollo de sus relaciones comerciales, deben prestar siempre la debida atención a los intereses del cliente.

Cuando se adquieren materiales y piezas prefabricadas de fuentes externas, el comprador debe investigar y juzgar la capacidad administrativa del proveedor, especialmente en lo relativo al control de calidad.

En la mayoría de las ocasiones, la empresa (comprador) puede elegir a sus proveedores en forma libre; pero en algunas otras ocasiones la elección libre no es posible.

Las veces en que no se puede elegir libremente se presentan cuando la empresa tiene sus propios productos, cuando los proveedores son filiales de la compañía, cuando existe un solo distribuidor o cuando, debido a restricciones contractuales o reglamentaciones gubernamentales, se designa un proveedor específico. El sistema de selección libre es el más recomendado, ya que cuando se presenta la imposición de proveedores, una de las partes suele convertirse en una carga para la otra. Antes de elegir a los proveedores, el comprador debe ver si se cumplen las siguientes condiciones:

- a) Si el proveedor conoce la filosofía gerencial del comprador y mantiene un contacto activo y continuo con él. Si su actitud es de cooperación.
- b) Si el proveedor tiene un sistema administrativo estable que merece el respeto de los demás.
- c) Si el proveedor mantiene altas normas técnicas y si está en capacidad de hacer frente a futuras innovaciones tecnológicas.
- d) Si el proveedor puede entregar precisamente las materias primas y las piezas que el comprador requiere, ajustándose a las especificaciones de éste; ver si el proveedor dispone de las instalaciones necesarias para ello o está en capacidad de mejorarlas.
- e) Si el proveedor controla el volumen de la producción o puede invertir en tal forma que garantiza su capacidad de cumplir con los volúmenes de producción requeridos.
- f) Si no hay peligro de que el proveedor viole secretos de la compañía.
- g) Si el precio es correcto y si las fechas de entrega se cumplen puntualmente.
- h) Si tiene accesibilidad en los aspectos de transporte y comunicación.
- i) Si el proveedor es sincero en el cumplimiento de sus obligaciones contractuales.

Para asegurarse de que las anteriores condiciones se cumplan, el comprador debe visitar al posible proveedor e investigar algunos aspectos, lo cual implica auditoría de administración y de control de calidad. La responsabilidad de realizar la investigación debe correr a cargo del departamento de compras, apoyado por las divisiones de calidad, contabilidad, procesos y construcción.

Los aspectos que la empresa debe revisar en el proveedor se enumeran a continuación:

1. La filosofía administrativa del proveedor, incluyendo los rasgos de su gerente en materia de personalidad, conocimientos, habilidad administrativa y comprensión de la calidad.
2. La consideración que muestre el proveedor por el comprador.
3. Las entidades con las cuales el proveedor negocia actualmente. Si es posible, obtener una evaluación de los actuales compradores del proveedor.
4. Historia de la empresa proveedora y sus últimos desarrollos.
5. Tipos de productos que el proveedor mantiene.
6. Detalles completos sobre el equipo del proveedor, sus procesos y capacidades de producción.
7. El sistema de garantía de calidad del proveedor: educación en control de calidad y programas de ejecución.
8. El control que ejerce el proveedor sobre la adquisición de materias primas y sobre la subcontratación secundaria.

Hechas estas investigaciones, el comprador generalmente debe escoger dos proveedores y les compra a ambos. Es decir, que la empresa debe comprar a los dos proveedores los mismos materiales y las mismas piezas; para que, en caso de que se presente una situación extraordinaria (incendios, huracanes, sismos, huelgas, etc.) tener dos fuentes de abastecimiento.

Después de escoger a esas dos compañías, el comprador entra en negocios preliminares con ambas. Si éstos resultan satisfactorios, entonces pueden formalizar negocios oficiales.

En los negocios preliminares, en un principio el comprador trata con el proveedor durante un determinado período de prueba. Esto ocurre después de la selección del comprador y después de haber firmado un contrato muy claro. Durante esta fase de negocios preliminares, el comprador estudia la situación y resuelve si debe o no continuar negociando con ese proveedor.

Los negocios oficiales confirman en el hecho de que a ambas partes le conviene mantener los acuerdos de compra por más tiempo. El proveedor debe esforzarse continuamente, para mejorar la calidad, los precios y la eficiencia en la entrega. Por su parte, el comprador tiene que prestar asesoría y asistencia cuando el proveedor la necesite y la solicite. El comprador debe seguir examinando si este proveedor es con el que debe seguir negociando en el futuro; con ese fin, el comprador debe:

- a) Mantener un contacto estrecho con los encargados de la empresa proveedora, para enterarse de lo que sucede en esa entidad en todo momento y también para establecer una relación de confianza.
- b) Debe examinar, analizar y evaluar los registros de su propia aceptación de la mercancía, así como los documentos de entrega y los del comportamiento de los bienes comprados, tanto durante su uso como después de incorporados a la obra.
- c) Realizar auditorías de control de calidad en la planta del proveedor. Si son prefabricados, revisar sus instalaciones, procedimientos, cimbras, colados, montaje y transportación.
- d) Establecer un sistema de premios para todos los proveedores, otorgados por ejecutar un buen control de calidad. Con este sistema se estimula la implementación de programas de control de calidad. El comprador debe dar consejos y hacer recomendaciones al proveedor con base en los resultados de su auditoría de control de calidad.

3.10 CLIENTES.

Dentro de la industria de la construcción, los clientes de una constructora son muy variados. El más importante es el gobierno federal a través de las distintas dependencias que lo conforman. La SCT licita todo tipo de vías de comunicación, la CFE solicita la construcción de presas, termoeléctricas e hidroeléctricas, y en sí, cualquier obra de infraestructura para el progreso del País. Cada una de estas instituciones han establecido sus normas generales de construcción, en las cuales establecen los procedimientos constructivos, materiales a utilizar, medición y forma de pago.

Si la constructora cumple correctamente las especificaciones de construcción impuestas por estas dependencias, no habrá lugar a reclamaciones, quedando satisfechas sus exigencias como cliente.

Pero los clientes no sólo son dependencias gubernamentales, también existen empresas privadas que piden la construcción de un complejo industrial, comercial o de vivienda. Además, están las personas que han adquirido un crédito para vivienda de interés social. Por otra parte, se puede dar el caso de que una empresa constructora mayor sea el cliente de otra más pequeña, al requerir sus servicios como subcontratista.

El enfoque tradicional en la relación con los clientes, la empresa adopta un criterio de satisfacer las exigencias primarias de éstos: funcionalidad, estética y economía. Pero un punto vital es la durabilidad de las construcciones, la cual como no es tangible al instante de entregar una obra, es castigada con el objeto de disminuir los costos. Además, una vez entregada la obra, si no hay una garantía por escrito, la empresa constructora se deslinda de la responsabilidad. No existe una relación entre cliente y constructor una vez terminado el proyecto.

En el enfoque de la ACT y analizando el PNCM de la Tabla VII, se observa que la relación con el cliente tiene un peso aproximado del 30% del puntaje total. Se hace énfasis en dar al cliente una calidad de gran valor, para ello se toma en cuenta el conocimiento que la empresa tiene del mercado y de sus clientes, la administración del servicio al cliente, la medición del valor creado para los clientes y los resultados que ha tenido.

Dentro de la ACT, existen dos tipos de clientes, el interno y el externo. El cliente externo se mencionó anteriormente, es cualquier persona física o moral que es ajena a la empresa y que no tiene nada que ver con ella, y sólo le solicita un servicio. El cliente interno es aquel que se encuentra dentro de la misma organización de la empresa pero que se encuentra en otra área funcional, pero que en determinado momento espera el resultado del trabajador anterior para continuar su proceso. El cliente externo se le conoce como cliente "C" y el interno como cliente "c".

La ACT se apoya en los sistemas desarrollados para lograr la Satisfacción Total del Cliente (STC), la cual se compone de ocho elementos estratégicos para el mejoramiento continuo de calidad, estos elementos son:

1. Liderazgo Gerencial. Consiste en tomar la decisión de implantar la administración de la calidad total, procediendo a diseñar el proceso de mejora continua y a dirigir su implantación en las diferentes áreas de la empresa.
2. Organización. El objetivo de este elemento es tener una estructura funcional que facilite el proceso de mejora continua. La estrategia consiste en establecer el comité de calidad de la empresa para dirigir el proceso de mejora y adecuar la estructura organizacional de la planta, para satisfacer las necesidades que el proceso de mejoramiento exige.
3. Educación. Desarrollar una cultura de la calidad total en la empresa a través de un proceso de educación que integre las áreas técnicas, administrativas y de relaciones humanas, como soporte del proceso de mejoramiento continuo. La estrategia es implantar un plan maestro de capacitación y entrenamiento, que satisfaga las necesidades del proceso.
4. Sensibilidad hacia las expectativas de los clientes. Desarrollar en la empresa una cultura de servicio, orientada a satisfacer las necesidades de los clientes internos "c" y externos "C". La estrategia es diseñar e implantar un sistema independiente de satisfacción para el cliente "C" y otro para el "c".
5. Medir la satisfacción del cliente. Establecer en la empresa sistemas de medición de calidad del servicio y productividad, basados en indicadores de satisfacción del cliente y no en indicadores de satisfacción propia.
6. Comunicación. Su objetivo es tener un sistema de comunicación integral que facilite el proceso de mejora continua. La estrategia es diseñar e implantar un sistema de difusión de los avances del proceso de mejora continua, diseñar e implantar un sistema integral de reconocimiento y optimizar los sistemas de información en todos los niveles de operación de la empresa.

7. Acción. Desarrollar las acciones necesarias para la implantación en la compañía de los sistemas adecuados para el aseguramiento de la calidad de las operaciones.
8. Plan anual. Elaborar el programa de acciones para la ejecución de las estrategias contempladas en cada uno de los elementos del proceso de mejoramiento continuo.

Las quejas de los clientes son un fenómeno análogo a las variaciones del proceso. Ambas son indeseables y se les debe prestar atención. En uno y otro caso, el resultado óptimo se tiene que comparar con un objetivo, norma, especificación o parámetro. Se trata de dos partes esenciales del proceso de mejoramiento de la calidad. La integración del cliente y el proceso se muestra de un modo conceptual en la Fig. 22.

Desde el punto de vista de la empresa, la satisfacción del cliente es el resultado de un sistema en tres partes: los procesos de la compañía (operaciones), los empleados de la misma que entregan el producto final; y un servicio que sea congruente con las expectativas del cliente. De este modo la eficacia del sistema depende del grado en que sus factores se integren de modo satisfactorio. Este concepto se ilustra en la Fig. 23. La superposición, área sombreada, indica en qué medida se ha logrado dar satisfacción al cliente. El objetivo es que esa área sea lo más grande posible y, a la postre, que los tres círculos lleguen a convergir en un sistema integrado. El grado en que se logre este resultado dependerá de la efectividad de: el proceso, los empleados y de la definición de lo que se entienda por satisfacción. El control es necesario como en cualquier sistema, por lo tanto se establecen normas, se mide el desempeño y se corrigen las variaciones, si las hay.

Para saber que tan satisfecho ha quedado el cliente, no hay otra forma mas que preguntárselo y hacer una medición de la satisfacción. Todo sistema de medición requiere de dos pasos básicos: primero, elaborar indicadores clave para determinar la satisfacción del cliente; y segundo, recabar datos sobre las percepciones de la clientela en cuanto a la calidad que se les está brindando. Los indicadores clave son los que la empresa elige para representar tanto la calidad de su servicio, como la forma en que llega al cliente. Estos indicadores clave son:

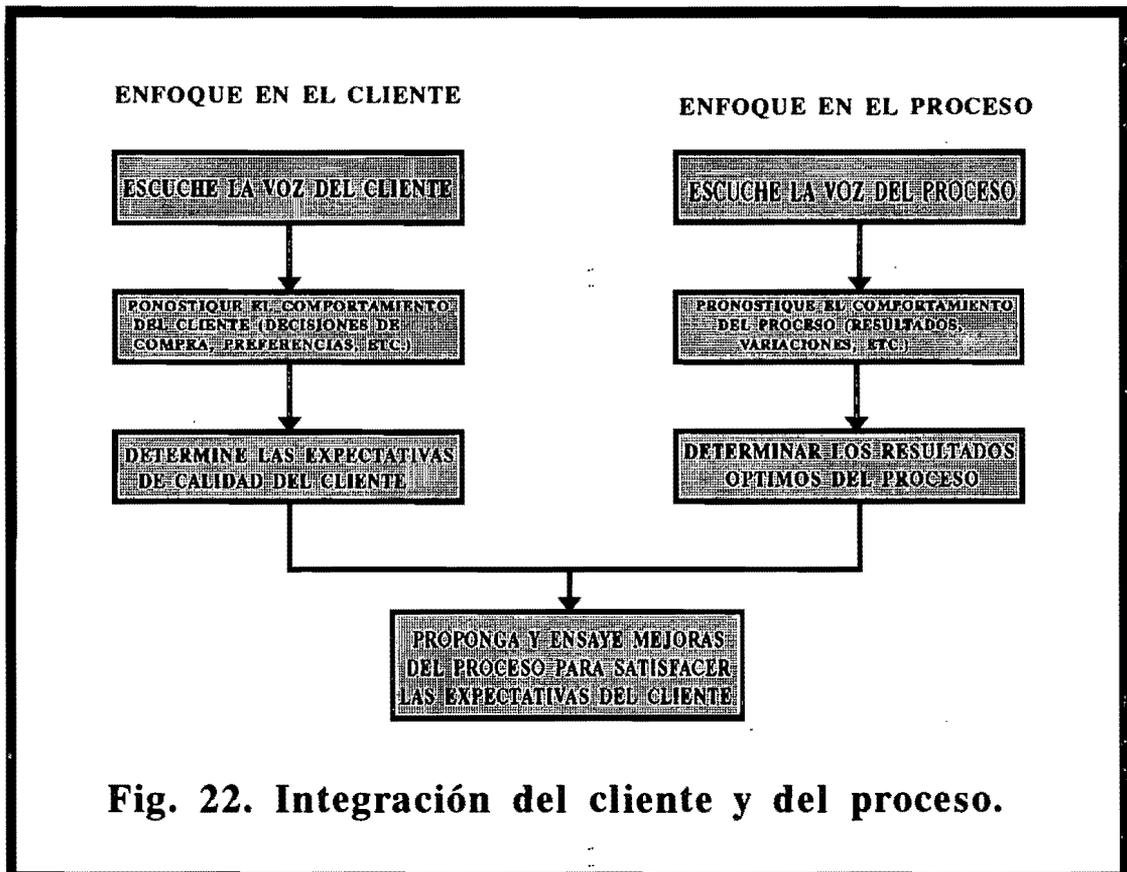


Fig. 22. Integración del cliente y del proceso.

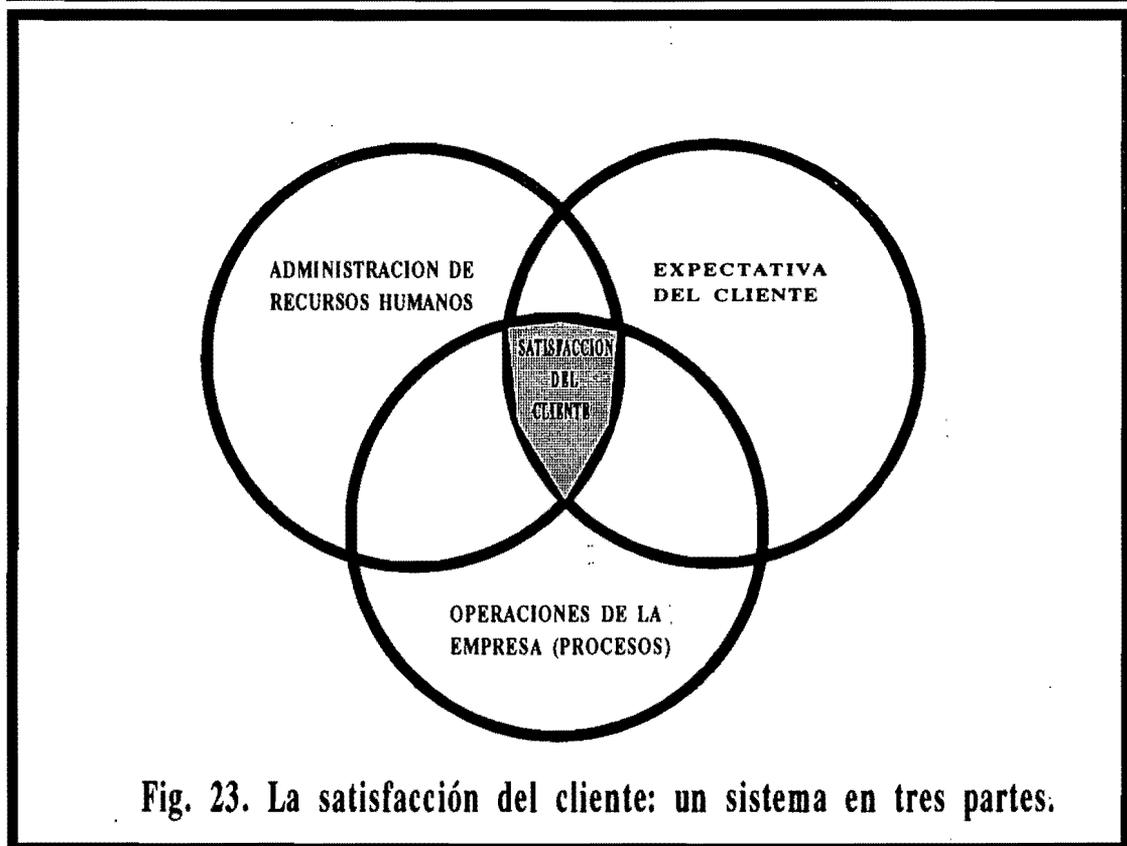


Fig. 23. La satisfacción del cliente: un sistema en tres partes.

- a) Normas de servicio derivadas de los requisitos del cliente.
- b) Comprensión de los requisitos del cliente. Atención a los detalles y objetividad, tipos de clientes y características del producto o servicio.
- c) Delegación de poder a línea frontal.
- d) Apoyo de la infraestructura estratégica para los empleados de línea frontal.
- e) Atención a la contratación, capacitación, actitud y moral de los empleados de línea frontal.
- f) Sistemas de servicio activo para el cliente.
- g) Administración activa de las relaciones con el cliente.
- h) Uso de todos los métodos de sondeo, encuestas, seguimiento de productos o servicios, quejas, clientes y empleados.
- i) Requisitos de calidad de los segmentos del mercado.
- j) Compromiso con el cliente.

3.11 ECOLOGÍA.

La industria de la construcción es quien se encarga de modificar el entorno de la naturaleza. La construcción de presas, vías de comunicación, puertos marítimos y fluviales, desarrollo de ciudades, dragado y rectificaciones de causes, afectan directamente el medio ambiente que rodea al ser humano. El constructor tradicional no se preocupa por el grado de afectación que se puede provocar con la realización de un proyecto determinado. Solamente se limita al cumplimiento de las Leyes y Reglamentos locales en materia ecológica, y que, por disposiciones contractuales se ve obligado a cumplir.

La construcción tradicional se rige bajo la Ley General de Equilibrio Ecológico y de Protección al Ambiente (LGEEPA), además, la Ley de Obras Públicas (LOP) exige la realización de un Estudio de Impacto Ambiental antes de la ejecución de algún proyecto. Pero :

- ¿Realmente el constructor realiza los estudios exigidos por la Ley?
- ¿Tiene una planeación orientada al control ambiental?
- ¿Dentro de sus políticas, existe una dedicada al cuidado del medio ambiente?
- ¿Cuenta con programas de aprovechamiento de residuos?

La respuesta a las anteriores interrogantes es negativa. Por lo general, los estudios exigidos por la LGEEPA y la LOP se realizan en la forma más rápida y económica posible, además, los gobiernos municipales no siempre cuentan con personal calificado dentro de la Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología, para que puedan evaluar los proyectos adecuadamente y a la profundidad requerida.

La estructura organizacional de la empresa constructora no involucra a un departamento encargado del control ambiental de sus obras, mucho menos tiene políticas de preservación del medio ambiente. Por ello, siempre existe una asociación ecologista presionando detrás de todo gran proyecto, para que se cumplan las reglas en materia ambiental.

La industria de la construcción presenta un gran problema, el enorme desperdicio que genera una edificación y su nulo reciclaje o reutilización. Esto provoca un aumento en el costo real de la obra, formación de tiraderos de escombros y disminución de áreas verdes.

La ACT propone integrar a la estructura de la empresa una planeación ambiental paralela a la estratégica, a la que se le llama Administración de la Calidad Ambiental Total (ACAT). De hecho, el PNCM en el punto de impacto en la sociedad, considera la preservación de ecosistemas como elemento de análisis para la certificación.

Dentro del proceso de la planeación ambiental, la ACAT advierte la existencia de cinco principios que se deben tomar en cuenta por el personal responsable de la calidad ambiental:

1. Hacer del control ambiental un compromiso corporativo para que toda la empresa lo entienda y acepte.
2. Atender los factores que generan la contaminación y no sólo al costo del control ambiental.
3. Poner al servicio de la empresa la tecnología adecuada para el control ambiental.
4. Evaluación real de las fuentes de contaminación.

5. Emplear materiales y productos que no dañen la calidad del medio ambiente.

A estos principios se puede agregar:

- a) Reciclar los desperdicios producto de la construcción.
- b) Optimizar las fuentes de energía.
- c) Involucrar a la comunidad en los proyectos, para conocer sus exigencias en materia de control ambiental.
- d) Desarrollar procedimientos constructivos y técnicas de diseño que mitiguen el efecto nocivo en el ambiente.

El impacto ambiental es todo efecto negativo o positivo que provocan sobre el ambiente los fenómenos naturales y las actividades humanas, promoviendo acciones tendentes a mitigar y a evitar los efectos negativos que sobre el ambiente puedan causar los proyectos y las obras de los sectores público y privado. Para determinar los efectos ambientales de un proyecto se utilizan los siguientes criterios:

1. Ambiente. Es el conjunto de aspectos ecológicos, sociales, estéticos, culturales, políticos y económicos de una determinada zona, región o población.
2. Magnitud. Es la probable severidad de cada impacto potencial.
3. Duración y Frecuencia. Puede ser explicado como sigue: ¿será la actividad de largo o corto plazo?, si la actividad es intermedia ¿podrá recobrase durante un periodo de inactividad?
4. Riesgos. Es la probabilidad de la presencia de efectos ambientales serios. La probabilidad de evaluar los riesgos dependiendo del conocimiento y entendimiento de las actividades y el impacto potencial sobre un área.
5. Importancia. Es el valor que está unido a un área específica en el estado presente. Por ejemplo: para una comunidad un pequeño pantano puede representar su fuente de alimentación con ayuda de la cacería.
6. Mitigación. Son las soluciones a problemas que se presentan.

Los estudios y evaluaciones del impacto ambiental pretenden prever posibles efectos negativos o positivos que pueda causar el desarrollo de un proyecto de construcción sobre el medio ambiente. Para ello, la instrumentación de una evaluación de impacto ambiental debe comprender los siguientes puntos:

1. Realizarse en una etapa temprana de la planeación, para tomar decisiones a tiempo.
2. Debe ser un componente integral en el diseño de proyectos.
3. Formar parte de un proceso de decisiones.
4. Debe ser un procedimiento en paralelo al diseño del proyecto.
5. De cumplirse los puntos 1 al 4, se presentará una retroalimentación entre los resultados de la evaluación y los diseños del proyecto.

Al realizar el estudio de impacto ambiental se hace un uso eficiente de los recursos materiales y humanos, se reducen los costos y el tiempo necesarios para llegar a una decisión, se pueden ensayar diseños alternativos y puede ser usada, no sólo para investigar y evitar impactos perjudiciales, sino también para acrecentar los beneficios probables.

La incorporación de la dimensión ambiental a la ACT significa entre los encargados de la planificación:

1. Tener la conciencia y la capacidad de considerar a los recursos naturales como recursos escasos, deteriorables y agotables, cuyo empleo implica costos y beneficios afectan a distintos grupos sociales.
2. La dimensión ambiental en la planificación consiste en el examen de las oportunidades y potencialidades, así como de los riesgos y peligros inherentes a la utilización de la base de recursos ambientales de la sociedad para su desarrollo.
3. También implica que el proceso de planeación tiene que expresarse en términos de la utilización del espacio y los recursos naturales, por lo tanto el proceso de ordenamiento ecológico adquiere importancia.
4. Requiere de la realización de estudios de impacto ambiental en los programas y proyectos de desarrollo.

La experiencia demuestra la necesidad de prever, desde la etapa de planeación, las consecuencias que determinada actividad producida por el hombre tiene sobre el medio, durante las etapas de:

- a) Selección y preparación del sitio.
- b) Construcción.
- c) Operación y mantenimiento.
- d) Actividades futuras relacionadas.

Es en este marco, donde la evaluación del impacto ambiental desarrolla acciones para identificar, analizar y evaluar las consecuencias sobre la salud y el bienestar del hombre y el ambiente, es decir, sobre los ecosistemas en los que el ser humano vive y de los que depende.

Dentro de la planeación ambiental, existen cuatro etapas:

1. Ordenamiento ecológico. Toma en cuenta la vocación natural.
2. Proceso de evaluación del impacto ambiental. Prevé los posibles impactos negativos o positivos que la construcción de una obra pueden causar sobre el medio ambiente.
3. Estudios de deterioro ambiental. Se realiza cuando un proyecto es incompatible o no se encuentran medidas de mitigación y el hecho está consumado.
4. Restauración ambiental.

Lo ideal es no pasar de la segunda etapa, pero realmente en muchos casos se llega hasta la cuarta, esto sucede por no contar con la ACAT. Hay que tomar en cuenta que prevenir cuesta menos que corregir.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES.

A continuación, se mencionan algunas reflexiones acerca de lo que es la calidad y como debe ser vista:

- a) La calidad no debe ser considerada como un simple programa, sino como una forma de vida.
- b) No representa un lujo, sino una necesidad y una estrategia de competencia.
- c) La calidad es una inversión que genera beneficios y no una actividad que evita gastos.
- d) La responsabilidad de la calidad no es individual, sino colectiva.
- e) No debe ser considerada como un enfoque de encontrar y corregir desviaciones, sino como un enfoque de prevención de las mismas.
- f) La calidad permite arreglar los defectos de tal forma que no se repitan, pero no necesariamente en forma instantánea.
- g) La calidad no se limita al cumplimiento de las especificaciones, sino a la satisfacción del cliente.
- h) Con la calidad nadie pierde, todos ganan.
- i) La inspección nunca es la solución para el mejoramiento de la calidad, ni tampoco lo es asumir una actitud policial.
- j) Un programa para elevar la calidad requiere el esfuerzo y el compromiso a largo plazo de la organización, además de invertir en capacitación.
- k) La participación y el liderazgo de la alta gerencia son necesarios para generar una cultura comprometida con la calidad.

El control de calidad ha tenido cuatro etapas de desarrollo a lo largo de su evolución:

1. La inspección de resultados.
2. La supervisión del proceso.
3. El aseguramiento de la calidad.
4. La administración de la calidad total.

En la industria de la construcción se han aplicado las tres primeras etapas con resultados más o menos satisfactorios; pero la implantación de la cuarta etapa resulta aún difícil, esto debido principalmente a deficiencias como:

1. La falta de decisión por parte de la dirección de la empresa para enfrentar un cambio administrativo y operativo en favor de mejores sistemas de calidad.
2. La estructura organizacional de la empresa no suele ser funcional en el aspecto de la calidad.
3. Carencia de un plan estratégico en los que se definan la misión, políticas y objetivos de la compañía.
4. Poca educación en la calidad de los gerentes, supervisores e ingenieros.
5. Escasa capacitación y adiestramiento del personal obrero.
6. Deficiente comunicación con los clientes y los proveedores.
7. Ausencia de un programa de mejoramiento continuo de la calidad.
8. Falta de cultura de la calidad dentro de la empresa.
9. Existe poca comunicación entre la oficina central y la de obra.
10. La retroalimentación de la experiencia es muy baja.
11. La utilización de recursos humanos, materiales y de equipo no se encuentra optimizado, presentándose desperdicios, inventarios y tiempos ociosos en exceso.
12. La planeación de un programa de obra se realiza al mismo tiempo de ejecución de las actividades.
13. Se considera al control estadístico de la calidad como elemento único y suficiente para el control de procesos.
14. No se realizan adecuados estudios de impacto ambiental.

Ante los avances tecnológicos en sistemas de información y análisis de datos, así como los relativamente nuevos conceptos de administración aplicados a la calidad (constructabilidad, benchmark, reingeniería, justo a tiempo, costos de calidad y las normas ISO), permiten a la empresa constructora tener una papel más competitivo en el mercado internacional y una presencia sólida a nivel nacional.

El control de calidad tradicional aplicado en las obras de construcción, representa apenas una parte del enfoque de ACT. El sistema de normas ISO 9000 implantadas en una empresa, no significa que se cuente con la calidad total, tan sólo significa contar con un sistema de aseguramiento de calidad que puede ser detonante para la adopción de la ACT.

La administración de la calidad total, es un sistema que planea, organiza, integra, dirige y controla la calidad dentro de una empresa, procurando mantener un mejoramiento continuo y una diversificación de su cultura a través de su filosofía y sus principios. Algunos de los beneficios que la ACT aportaría a la empresa pueden ser:

1. Funcionalidad de la estructura organizacional de la empresa, con la presencia de una coordinación de calidad.
2. Mayor eficiencia con la formulación de planes estratégicos.
3. Disminución de desperdicios de materiales y tiempos muertos.
4. Mejoría en los canales de comunicación entre cliente, constructor, empleado y proveedor.
5. Disminución de los costos con la aplicación de una nueva cultura y conciencia de la calidad.
6. Se puede seleccionar el proveedor óptimo para la empresa.
7. Se eleva la productividad al ser motivados los empleados.
8. Prestigio a nivel sectorial por contar con sistemas de aseguramiento de calidad.
9. Acumulación de experiencia a través de la retroalimentación y la autoevaluación.
10. Aumento en el volumen de trabajo, nacional e internacional, por contar con capacidad administrativa y técnica para ganar licitaciones de obra.

4.2 RECOMENDACIONES.

Las recomendaciones sugeridas para lograr una administración de la calidad total, o al menos para adoptar su filosofía y principios, no representan la solución inmediata a los problemas que enfrenta la empresa; se requiere todo un proceso de aceptación y disposición al cambio. Es necesario que la dirección de la empresa, la coordinación de ACT, el gerente de construcción, programadores, ingenieros, supervisores, empleados, obreros, contadores, proveedores, subcontratistas y clientes deban coordinar sus actividades para homologar los resultados obtenidos.

Las recomendaciones van encaminadas a cada uno de los participantes en el proceso de construcción y con responsabilidad directa en la obtención de la calidad final de la obra.

4.2.1 Recomendaciones para la alta gerencia.

1. Aceptar y tener disposición al cambio.
2. Implantar una cultura de la calidad como forma de vida.
3. Formar una coordinación para la aplicación de la ACT.
4. Transmitir a todos los departamentos involucrados una completa comprensión de los requerimientos del cliente.
5. Participar con los gerentes responsables en el desarrollo de los objetivos totales del proyecto, las estrategias, los presupuestos y los programas.
6. Definir la planeación estratégica, corporativa, competitiva y ambiental.
7. Planear todas las tareas necesarias del proyecto para satisfacer los requerimientos del cliente y de la administración.
8. Estar enterado de todos los contactos con el cliente y asegurar que miembros apropiados del staff participen en tales contactos.
9. Crear grupos de apoyo al proceso (EAP).
10. Arbitrar y resolver los conflictos y diferencias entre los departamentos funcionales sobre tareas o actividades específicas de la obra.
11. Deberá revisar y dominar la estructura de los contratos para resolver problemas derivados de él.
12. Desarrollar cursos de capacitación en todos los niveles.

13. Establecer relaciones adecuadas con el cliente procurando siempre una excelente comunicación, de tal forma que no existan inconformidades por alguna de las partes.
14. Crear un programa de estímulos y recompensas para el personal de oficina y de obra.
15. Seleccionar a los proveedores y subcontratistas de acuerdo a los principios de la ACT.
16. Aplicar los conceptos de reingeniería y benchmark.
17. Tener como meta la certificación de ISO 9001.

4.2.2 Recomendaciones a la gerencia de construcción.

1. Asegurar que todas las actividades de la obra sean adecuadas y programadas, presupuestadas, suministradas, supervisadas y reportadas en forma realista.
2. Definir los parámetros de calidad de la obra.
3. Definir las técnicas del control estadístico de calidad a emplear.
4. Identificar a tiempo todas las deficiencias y desviaciones del plan.
5. Aplicar los criterios del JAT para el control de almacenes.
6. Desarrollar un programa de constructabilidad para optimizar las experiencias de obras similares.
7. Asegurar que se inicien las acciones para corregir las deficiencias y desviaciones de algún procedimiento constructivo, y supervisar la ejecución de tales acciones.
8. Supervisar las actividades de planeación, programación, control, reporte, evaluación y dirección de la obra.
9. Evaluar la eficiencia y productividad de sus trabajadores con el objeto de seleccionar a los candidatos a capacitación, adiestramiento o premios.
10. Asegurar que el departamento de ingeniería cumpla con su compromiso de entregar, de acuerdo a lo programado y dentro de los costos estimados, planos y especificaciones de construcción y operación de obra para alcanzar las exigencias del cliente.
11. Mantener la comunicación efectiva con los proveedores

12. Asegurar que los departamentos de compras y subcontratación cumplan con sus responsabilidades de lograr la entrega de materiales, equipo, documentos y servicios de acuerdo a lo programado y dentro de los costos estimados para el proyecto, así como aprobar las decisiones de compra.
13. Suministrar a las oficinas de campo equipo de cómputo para efectuar directamente el control de obra, inventarios, nóminas y estadístico de la calidad.
14. Pugar y establecer condiciones apropiadas en los campamentos de obra (dormitorios, comedores, sanitarios, etc.).

4.2.3 Recomendaciones para el supervisor de obra.

1. Suprimir la idea de que la meta es generar estimaciones.
2. Acudir a los cursos de capacitación que la alta gerencia le asigna.
3. Asegurar que se entiendan en su totalidad los requerimientos del cliente y de que la compañía sea capaz técnicamente de satisfacerlos.
4. Coordinar y planear la preparación de todas las propuestas técnicas por medio de la asignación de tareas a diversos equipos previamente seleccionados y capacitados para ejecutar el trabajo.
5. Promover la participación de los empleados en la solución de problemas logrando la comunicación de abajo hacia arriba.
6. Mantener la armonía con el personal de laboratorio.
7. Coordinar y preparar un programa para los costos totales de ingeniería.
8. Aplicar los criterios del JAT para evitar desperdicios de materiales.
9. Preparar reportes del estado del proyecto, solicitados por el gerente o cliente, en cualquier etapa del ciclo en que se encuentre.
10. Controlar la producción de elementos prefabricados.
11. Enfrentar directamente los problemas de construcción derivados por causas ajenas al proyecto, en todo caso evitar pérdidas por malas prácticas.
12. Alternarse con el gerente de construcción para reordenar la programación del proyecto ante posibles retrasos.
13. Participar en la revisión total de costos y programas de construcción.

4.2.4 Recomendaciones para el programador de obra.

1. Contar con conocimientos técnicos y administrativos, así como dominio de paquetes computacionales de programación y control de obras.
2. Llevar a cabo las funciones de planeación, control, reporte y evaluación, alcanzando los objetivos dentro del tiempo y costo programado.
3. Debe asistir al gerente de construcción para lograr una clara visión de todas las tareas contractuales.
4. En la elaboración de programas para concurso, debe realizar visitas al sitio de trabajo para conocer qué recursos se ocupan y cuáles se tienen.
5. En coordinación con el departamento de calidad y laboratorios, debe establecer un programa de muestreo.
6. Preparar un plan maestro y un programa en forma gráfica del proyecto, basándose en la Estructura Separada del Trabajo (WBS, Work Breackdown Structure), identificando todas las tareas o paquetes de trabajo que se van a controlar en dimensiones de tiempo.
7. Elaborar un programa de obra que se pueda ejecutar en función de la capacidad de la empresa.
8. Preparar y emitir, con la aprobación del gerente de construcción, documentos de autorización de trabajo que contenga la descripción del mismo, los presupuestos de mano de obra y los montos de los costos; fechas calendarizadas para el inicio y terminación, así como la clave asignada al costo. Todo esto será independiente a lo presentado en el presupuesto para el concurso de obra.
9. Mantener comunicación con los proveedores para evitar los riesgos de suministros que puedan afectar la calendarización de las actividades.
10. Deberá llevar el programa de obra cargado en software y su actualización diaria. Si es posible, debe estar en la obra.
11. Debe estar pendiente de las disminuciones de los rendimientos durante la ejecución de las actividades.
12. En caso de retrasos, el programador debe tener un alto grado de creatividad para formular medios alternativos o nuevos esquemas de trabajo para cumplir con el tiempo establecido, y no poner más personal o absorber las pérdidas, ya que esta actitud conduce a retrasos mayores.

13. Proporcionará a la gerencia de finanzas las estimaciones de los costos hasta la terminación del proyecto y otra información pertinente para utilizarla en la preparación de los reportes del status del contrato.
14. Debe mantener y preparar un archivo de la descripción de las tareas para todo el proyecto.

4.2.5 Recomendaciones para la gerencia de finanzas.

1. No debe considerar el control de la calidad como un gasto, sino como una inversión, cuyos beneficios satisfacen a clientes, constructores, empleados y proveedores.
2. Debe proporcionar al gerente de construcción asistencia financiera y contable especializada, así como la información necesaria para pronosticar la fuerza de trabajo y los costos de la proyecto.
3. Establecer un sistema de control de los costos de calidad.
4. No enfocarse solamente al pago de impuestos, nóminas y seguros, sino crear sistemas de control de gastos y de cobros rápidos.
5. Establecer los procedimientos básicos para utilizar los sistemas de reportes financieros y contables de la compañía para propósitos de control del proyecto con el fin de que todos los costos se registren y reporten como es debido.
6. Preparar estimaciones de costos, basándose en la fuerza de trabajo y de otras estimaciones proporcionadas por el programador.
7. Mantener comunicación con los almacenes para evitar el exceso de inventarios.
8. Obtener, analizar e interpretar los reportes de contabilidad de mano de obra y costos, de manera que el proyecto tenga control por parte de los gerentes funcionales.
9. Identificar desviaciones actuales y futuras del presupuesto y de la fuerza de trabajo, de los fondos o de otros problemas financieros, encontrar soluciones junto con el programador y comunicarlo a la alta gerencia.
10. Mantener el control de los estados financieros (estado de resultados y balance general), cumplir con las obligaciones fiscales y con los pagos de capital a las instituciones crediticias.

Algunas de las recomendaciones listadas pueden no ser prácticas, factibles o pertinentes en todos los casos, ya que la estructura de las constructoras varían de acuerdo al tamaño y duración de la obra, pero siempre que sea posible se recomienda que todos los asuntos mencionados se incluyan en las obligaciones y responsabilidades de las partes involucradas, con la documentación interna adecuada y la difusión hacia todos los niveles de la compañía.

En la Fig. 24 se muestra un modelo propuesto para el análisis e implantación de la ACT en una empresa y su relación con proveedores y clientes.

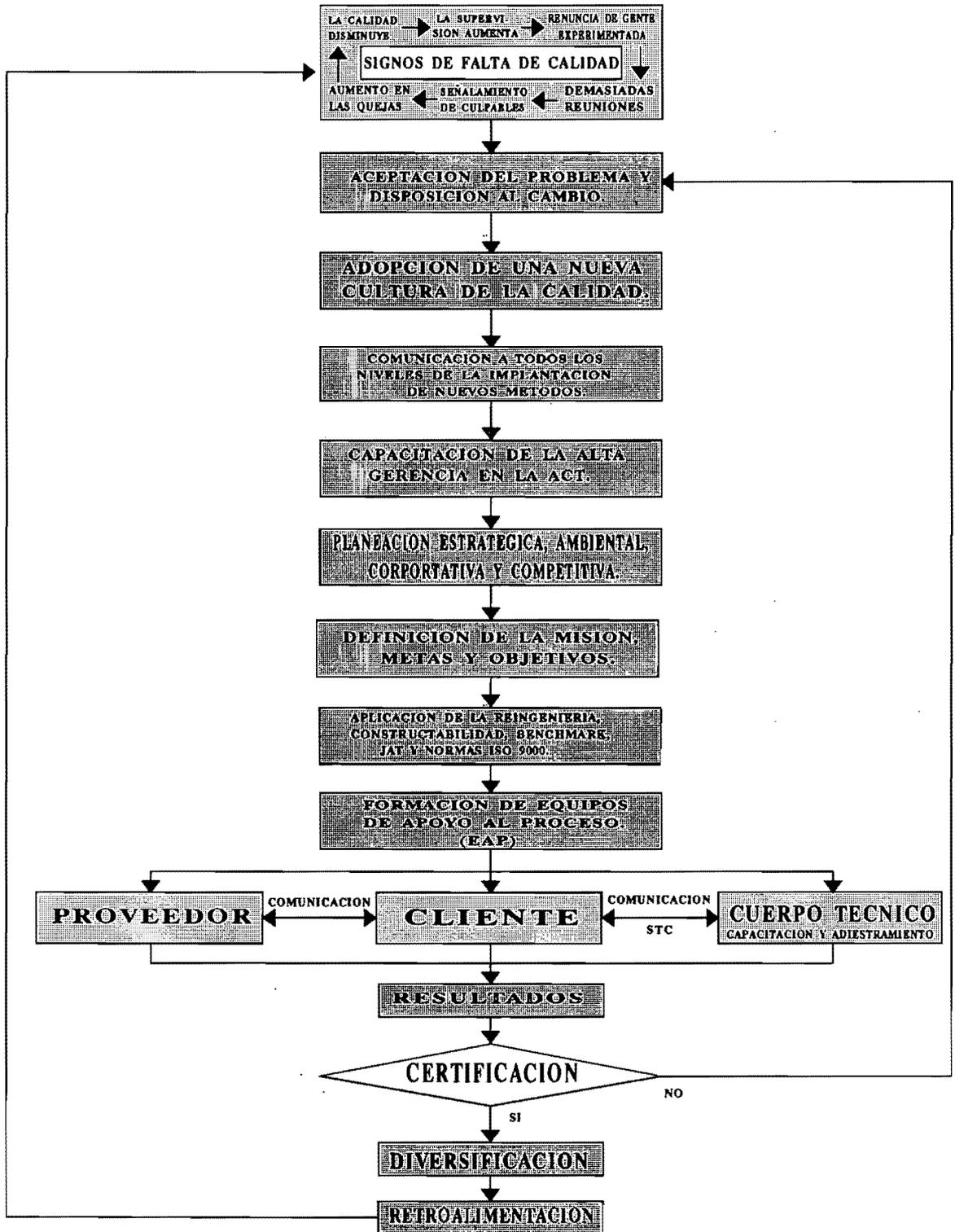


Fig. 24. Modelo propuesto para la implantación de la ACT.

BIBLIOGRAFÍA

1. James A. F. Stoner y Charles Wankel. ADMINISTRACIÓN. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. Tercera edición. México, 1989.
2. George R. Terry y Stephen G. Franklin. PRINCIPIOS DE ADMINISTRACIÓN. Compañía Editorial Continental S.A. México 1990.
3. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. NORMAS PARA CONSTRUCCIÓN E INSTALACIONES. Dirección General de Servicios Técnicos. México 1986.
4. Alfonso Rico Rodriguez y Hermilio del Castillo. LA INGENIERÍA DE SUELOS EN LAS VÍAS TERRESTRES. Editorial Limusa S.A. México 1988.
5. D.I. Cleland y W. R. King. MANUAL PARA LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS. Compañía Editorial Continental S.A. México 1992.
6. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO. Noriega Editores. México 1988.
7. Armand V. Feingenbaum. CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD. Compañía Editorial Continental S.A. México 1990.
8. Joseph R. Jablonski. TQM: COMO IMPLANTARLO. Compañía Editorial Continental S.A. México 1995.
9. Eduardo Gomez Saavedra. EL CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD COMO ESTRATEGIA DE COMERCIALIZACIÓN. Legis Editores S.A. Colombia 1991.
10. Frank Price. CALIDAD PERMANENTE. Editorial Panorama S.A. México 1992.

11. Vincent K. Omachonu y Joel E. Ross. PRINCIPIOS DE LA CALIDAD TOTAL. Editorial Diana. México 1995.
12. Fundación Mexicana para la Calidad Total FUNDAMECA. Monografía del 2do cuatrimestre de 1997. Loma bonita 24, Col. Lomas Altas. México D.F.
13. Daniel Morris y Joel Brandon. REINGENIERÍA. McGraw Hill. México 1995.
14. Michael Hamer y James Champy. REINGENIERÍA. Grupo Editorial Norma. España 1994.
14. Alfredo Acle Tomasini. RETOS Y RIESGOS DE LA CALIDAD TOTAL. Editorial Grijalbo S.A. México 1994.
15. Dennis Lock y David J. Smith. COMO GERENCIAR LA CALIDAD TOTAL, ESTRATEGIAS Y TÉCNICAS. Legis Editores S.A. Colombia 1991.
16. Gustavo V. Mastretta. LIDERAZGO DE CALIDAD TOTAL. Grupo Gasca. México 1995.
17. Kaouro Ishikawa. ¿QUÉ ES EL CONTROL TOTAL DE CALIDAD? Grupo Editorial Norma. Colombia 1992.
18. Pedro Larrea. CALIDAD DE SERVICIO, DEL MARKETING A LA ESTRATEGIA. Ediciones Díaz de Santos S.A. España 1991.
19. Philip B. Crosby. CALIDAD SIN LAGRIMAS. Compañía Editorial Continental S.A. México 1988.
20. Arturo Fuentes Zenón. LAS ARMAS DEL ESTRATEGA (apoyo didáctico). DEPMI, UNAM. México 1997.
20. Robert L. Flood. BEYOND TQM. John Wiley and Sons. England 1993.
21. John T. Willing. ENVIROMENTAL TQM. Segunda Edición. McGraw Hill. New york 1994.
22. LEY GENERAL DE EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE. Diario Oficial de la Federación. Junio 7 de 1988.