

132  
2Ej



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

---

FACULTAD DE INGENIERIA

## CONTROL DE OBRA

### **TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :  
INGENIERO CIVIL  
PRESENTAN :  
NANCY RIGAUD TELLEZ  
FRANCISCO CEJUDO ANGELES

México, D. F.

1987



## **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 está 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.

# I N D I C E

PAGINA

## INTRODUCCION.

Introducción al control.....	1
------------------------------	---

## TEMA I CONTROL DE TIEMPO.

I.1 GENERALIDADES.....	8
I.2 LA PROGRAMACION COMO TECNICA PARA CONTROLAR AVANCES.....	10
I.3 METODOS DE PROGRAMACION EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCION PARA EL CONTROL DE PROYECTOS....	14
I.3.1 Metodo de la Ruta Crítica.....	14
I.3.1.1 Generalidades.....	14
I.3.1.2 Características, ventajas y restricciones	14
I.3.1.3 Datos básicos para la Ruta Crítica.....	17
I.3.2 Diagramas de barra ó de Gantt.....	18
I.4 RELACION TIEMPO-COSTO.....	21
I.5 SISTEMA DE AVANCE EN OBRAS.....	24

## TEMA II CONTROL DE CALIDAD.

II.1 DEFINICION DE CONTROL DE CALIDAD.....	28
II.1.1 Concepto de Calidad.....	28
II.1.2 Variables en el Control.....	28
II.1.3 Relación Calidad-Costo.....	30
II.2 EL CONTROL DE CALIDAD EN LA CONSTRUCCION....	32
II.3 MECANISMOS DEL CONTROL DE CALIDAD.....	33
II.4 CRITERIOS DE EVALUACION.....	36

	PAGINA
	-----
II.4.1 Técnicas estadísticas en el Control de Calidad.....	36
II.4.2 Parámetros estadísticos en el muestreo....	37
II.4.3 Registros estadísticos en el Control de Calidad.....	45
II.5 EJEMPLO DE APLICACION.....	50

TEMA III CONTROL DE COSTOS.

III.1 CONCEPTOS GENERALES SOBRE EL CONTROL DE COSTOS.....	66
III.1.1 Necesidades para establecer el Control de Costos.....	67
III.1.2 Objetivos del Control de Costos.....	68
III.2 EVALUACION DE LOS COSTOS.....	70
III.2.1 Conceptos de Control de Costos.....	70
III.2.2 Valuación de proyectos.....	72
III.2.3 Análisis estadístico de costos.....	75
III.2.4 Estimación de costos.....	77
III.3 VARIABLES EN EL CONTROL DE COSTOS.....	78
III.3.1 Control del Rendimiento.....	79
III.3.2 Control de la Producción.....	80
III.3.3 Relación Eficiencia-Tiempo-Costo.....	82
III.4 MECANISMOS DE CONTROL DE COSTOS.....	85
III.4.1 Metodología para el Control de Costos....	85
III.4.2 Requisitos de un Sistema de Control de Costos.....	88
III.4.3 Control de costo administrativo.....	92

CONCLUSIONES..... 94

BIBLIOGRAFIA..... 96

# I N T R O D U C C I O N

## INTRODUCCION AL CONTROL

Uno de los fines de la Ingeniería Civil es el de -  
construir obras que solucionen problemas socio-económicos  
de un país.

Para dar una solución de ingeniería a un problema,  
se inicia una serie de estudios de: exploración, facti-  
bilidad técnica y económica y detalle de la solución.

A éste proceso de análisis se le conoce como Planea-  
ción, el cual se documentará con más información, para -  
así, poder definir una solución, que en conjunto se lla-  
mará "Proyecto".

Cuando se piensa llevar a la realidad un proyecto -  
se encuentran grandes cantidades de variables entre ellos

los recursos humanos y los financieros; por lo tanto hay la necesidad de dividir el proyecto en actividades en función del tiempo, el rendimiento de las variables que intervengan en el proceso de construcción de la obra y los recursos asignados a esa actividad; uniendo lo anterior, se llega a un Programa de Obra por ejecutar.

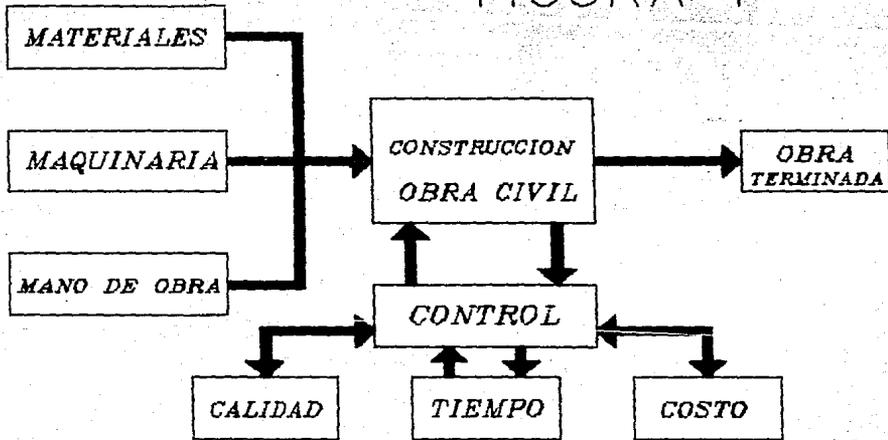
Una vez establecido el Programa, se inicia la etapa de construcción; y es aquí precisamente, donde se establece un proceso de comparación entre un estándar, que es el proyecto ó el programa, y lo que se esta ejecutando realmente.

A la Construcción se le puede llamar un proceso dinámico, el cual transforma materiales ó materia prima, equipo y mano de obra en un producto, que es la Obra civil ya terminada.

Además, tomando en cuenta uno de los principios de la Ingeniería Civil, como es el de la optimización de los recursos disponibles, se trata de aprovecharlos íntegramente; para ésto, es necesario un control administrativo y un control de la calidad del trabajo ejecutado, que nos permita comparar lo que construimos con una norma ó especificación establecida en el proyecto.

Una forma esquemática de entender el proceso constructivo es a través de la figura 1.

FIGURA 1



De la figura 1 podemos entender por qué es dinámico el proceso, ya que existe una interacción entre el control y la ejecución de la obra, que nos indica si se cumplen los objetivos contemplados en la Planeación y especificados en el Proyecto.

En caso de existir diferencias ó desviaciones entre lo realizado y lo planeado, se modifica al proceso, lo cual se considera como una retroalimentación de información.

El control es, entonces, una función que nos ayuda a establecer métodos para realizar correctamente lo que se había planeado; los objetivos del control son, la eficiencia en el proceso y la observancia de normas establecidas con anterioridad.

En general, el Control se divide en cuatro etapas que son:

- 1) Establecer las normas y estándares.
- 2) Informar de los resultados obtenidos en el proceso.
- 3) Comparar los resultados reales con las normas.
- 4) Corregir las desviaciones, si las hay.

Para establecer las normas, no existe una regla que nos indique cuánto hay que controlar; un control deficiente nos llevaría a obtener información que no es significa-

tiva; y, si por el contrario, se estableciera un control complejo de toda actividad, sería muy costoso y de difícil aplicación. El mismo Control es un proceso dinámico, ya que si se conserva información del control de una Obra, una empresa constructora podrá utilizar ó mejorar el sistema de control.

El estándar puede ser, en ocasiones, intangible ó indefinido, pero mientras no se conozca el resultado por obtener, ésto es, el objetivo final o meta, el Control solo será un sistema que provoque confusión.

Para formular el estándar por comparar, durante el diseño del proyecto, se debe aclarar qué resultado se desea obtener, por ejemplo: en el concreto hidráulico, su parámetro de comparación será la resistencia a la compresión a los 28 días de edad del concreto, y éste parámetro comparará el valor de diseño proyectado con el que se obtenga realmente.

Si se desea, que los resultados obtenidos sean considerados como información representativa, es indispensable formular un Sistema informativo, en el cual se comuniquen los resultados de las observaciones realizadas y sea, además, claro y que dé más atención en las etapas que sean consideradas más importantes.

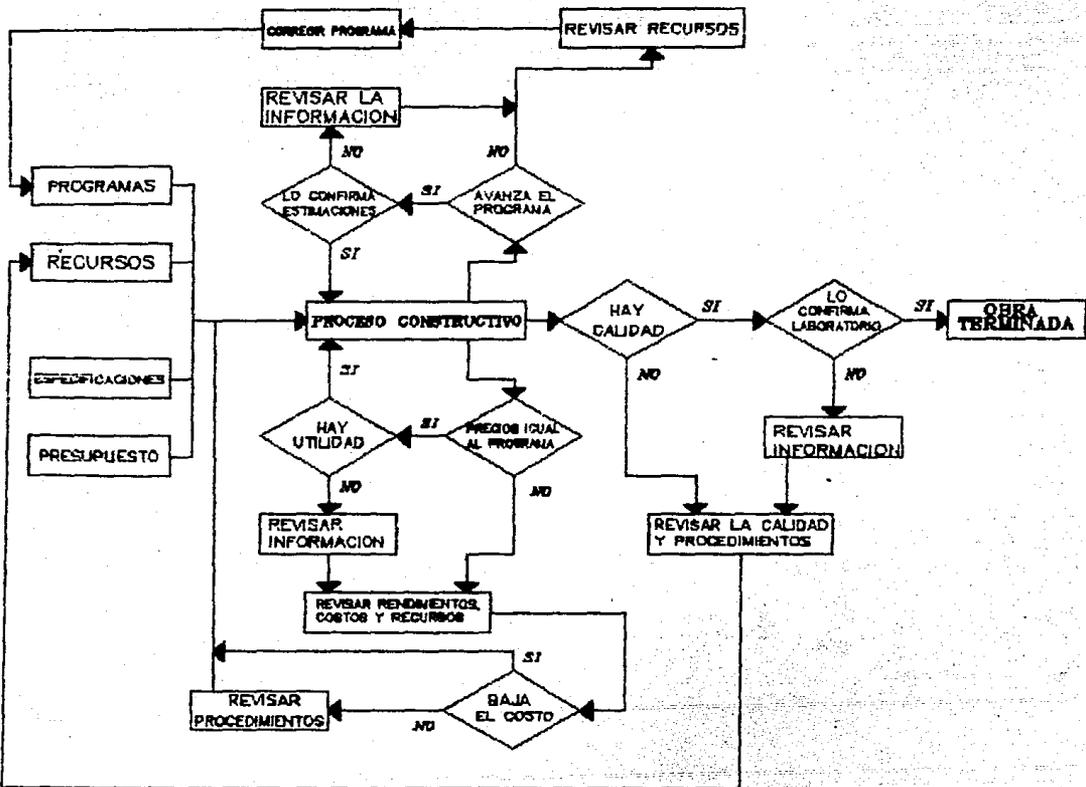
Esto nos lleva a que en cada Obra, deberá diseñarse un formato específico para cada control, en el cual la información será homogénea, con una interpretación correcta de lo observado.

Un informe de control debe ser sencillo, pero representativo, en donde la rapidez será de gran ayuda, ya que si se está haciendo mal una actividad, y se informa rápidamente, se corregirá sin que se cause un daño mayor.

En el informe, interesará la existencia de desviaciones para poder corregirlas ó si es necesario establecer si la deficiencia está en el producto ó en el procedimiento, llegándose inclusive, a la substitución de alguno de ellos.

Así, entonces, controlar es un aspecto administrativo sencillo, que cuenta con elementos básicos, pero que, sin embargo, exige inventiva y destreza al aplicarlo. Al ejecutar un control, se deberá resolver, entre otras cosas, el formular adecuadamente en donde se llevará a cabo la comparación, cómo se valorarán los resultados obtenidos, cómo se aplicará la forma de corregir deficiencias y todos éstos puntos habrán de resolverse con habilidad, para que el sistema de control tenga una eficiencia notable.

Englobando las ideas anteriores, se puede resumir a través del siguiente diagrama de información, que se relaciona alrededor del proceso constructivo para realizar una Obra Civil.



TEMA I CONTROL DE  
TIEMPO

## I.1 GENERALIDADES.

Durante la ejecución de la obra, el seguimiento del programa es una de las actividades a cumplir diariamente. Incluye suministros oportunos de materiales, llegadas y salidas de equipo y personal; y un aspecto fundamental para el logro exitoso de la obra desde el punto de vista económico es que los tiempos se cumplan sin reducciones al rendimiento previamente adoptado en los precios unitarios.

Para quien controla el proceso, el programa es el documento que le permite observar si ocurren desviaciones. Del juicio que resulte; se tomarán decisiones importantes que retroalimentan al proceso y que pueden modificar algunos parámetros usados para planear; y quizá, -

llegar a la necesidad de adaptar procedimientos de construcción, proyectos, etc.

En algunos casos las reducciones en la duración para recuperar atrasos; pretendiendo conservar la fecha de terminación, nos llevan a tales rendimientos requeridos que pueden modificar el costo de la obra.

De esta forma; deducimos que el control de tiempo:

- 1) Tiene la responsabilidad de establecer pronósticos, planes y programas de producción, asignación de labores, niveles de existencia a base de retroalimentación.
- 2) Tiene especial interés en que la obra se realice -- de acuerdo con el programa establecido y a costo óptimo.
- 3) Coordina las diferentes obras, instalaciones de las oficinas centrales y otros medios de producción.
- 4) Proporciona resultados reales en un periodo de tiempo determinado.

## I.2 LA PROGRAMACION COMO TECNICA PARA CONTROLAR AVANCES

El término "programación", se puede definir como la representación de todas las actividades involucradas en la realización de un fin o propósito determinado fijado con anterioridad. Ordenándolas lógicamente e indicando - la duración de cada una de ellas.

Esta técnica de control tiene gran aceptación en el campo de la construcción, pues significa una forma eficiente de llevar a cabo un proceso constructivo.

En general la programación de un proceso productivo requiere la participación de todo el personal directivo.

El departamento de programación será el encargado de asegurar los programas de los diferentes departamentos y residencias.

Es aconsejable, elaborar la programación a 2 niveles:

- a) A nivel de coordinación o jefatura de obra, de tal forma que se aprecie el desarrollo general de la obra.
- b) A nivel de residente o jefe de frente, para efectos de optimización de las actividades particulares en la ejecución de la obra.

Son innumerables las informaciones que se pueden obtener de un programa, pero entre la más importantes se

pueden enunciar:

1) Obtención de una fecha de terminación.--

Este dato es importantes tanto para el dueño de la obra (cliente) como para el constructor de la misma.

Al cliente le proporciona por ejemplo, en el caso de un edificio de oficinas, la seguridad de poderlo ocupar en una fecha determinada y al constructor le señala el ---- tiempo sobre el cual calcular sus costos indirectos, así como la forma de poder mover el personal que cuenta a -- otras obras.

2) Obtención de las necesidades de material.--

Con esta información, el constructor puede racionalizar sus pedidos de material; lo cual le permite, contar con una seguridad de entrega, tener costos por financiamiento de almacén adecuado, etc.

3) Obtención de necesidades de personal.--

Es muy común observar en obras en donde no existe alojamiento cercano, la construcción de campamentos para los trabajadores; con los datos obtenidos del programa, se puede pensar en la construcción de campamentos apropiados en cuanto al área se refiere. También es una herramienta valiosísima en obras donde se tenga que transportar mano de obra especializada, pues indica con gran certeza el tiempo en que debe hacerse dicho movimiento.

- 4) Obtención del programa de erogaciones y recuperaciones.-

Uno de los aspectos que en muchos casos ha llevado a fracasos económicos muy fuertes, es el financiamiento por inversiones no recuperadas oportunamente. Con el programa de erogaciones y recuperaciones se puede obtener fácilmente el costo que éste representa para considerarlo al elaborar el presupuesto de construcción. Otro factor importante es la previsión de los fondos necesarios para cubrir oportunamente los costos propios de la obra, no tomarle en cuenta, puede resultar fatal; ya que la obra quedaría afectada por falta de fondos. Permite detectar oportunamente, las posibles fallas que se hayan presentado al elaborar la estimación de los trabajos ejecutados en un determinado periodo para cobro de los mismos.

- 5) Obtención de las necesidades de equipo.-
- 6) Coordinación con los trabajos de los subcontratistas.
- 7) Obtención de un plan de supervisión de obra.-

Es muy común observar en las obras en que no se tiene establecido un programa, que el constructor desperdicie esfuerzos en actividades que no son importantes y descuida aquellas que sí lo son; el programa es un arma muy valiosa para seleccionar día con día, las activida-

des que merecen estrecha y especial vigilancia y no poner demasiada atención en aquellas que tienen cierta holgura.

Con todas estas ventajas enunciadas, es fácilmente comprensible que el tiempo "perdido" en elaborar un buen programa, es quizá, el tiempo mejor aprovechado en el transcurso de la construcción de la obra.

### I.3 METODOS DE PROGRAMACION EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCION PARA EL CONTROL DE PROYECTOS.

#### I.3.1 Método de Ruta Crítica.-

##### Generalidades:

Usualmente conocido como C.P.M. (CRITICAL PATH METHOD), tuvo su origen entre 1956 y 1958, en 2 problemas simultáneos sobre planeación y control de proyectos en E.U.

Por un lado, la Marina de Estados Unidos, para efectos de control de contratistas en su programa de proyectiles polaris, y por el otro, la Compañía E.I. Dupont de Nemour quien estaba construyendo importantes plantas químicas en América.

En México, el método C.P.M. ha tenido aplicación a partir de 1961; por la Dirección General de Construcción de Edificios de la S.O.P. Un año después, la Comisión Federal de Electricidad adoptó el método.

##### Características, Ventajas y Restricciones:

- 1) Separa la planeación de la programación. En cuanto a que la planeación determina qué actividades se efectuarán en un proyecto y qué orden de ejecución deben tener; mientras que la programación es el acto de trasladar el plan a una tabla de recursos.
- 2) Relaciona directamente tiempo y costo. Esto indica

que los tiempos de una actividad en un proyecto pueden -  
acortarse por medio de un aumento en el costo mínimo de  
esa actividad.

Resulta conveniente destacar la necesidad de actua-  
lizar constantemente la información vertida en el C.P.M.  
con objeto de contar con resultados acordes a la reali-  
dad. En ocasiones, la ruta crítica original cambia debi-  
do a situaciones propias. :

Las principales ventajas que ofrece el método son:

- a) Suministra una base disciplinada para la planeación de un proyecto.
- b) Proporciona una idea clara del alcance del proyecto.
- c) Es un vehículo importante para la evaluación de estrategias y objetivos.
- d) Elimina con gran medida la posibilidad de omitir -- un trabajo que pertenezca al proyecto.
- e) Mostrando las interrelaciones entre los trabajos, - señala las responsabilidades de los diferentes grupos o departamentos involucrados.
- f) Hace posible la "dirección por excepción" llamando la atención del ejecutivo en aquellas actividades que -- están o estarán en dificultades.
- g) Forma un útil y completo record del desarrollo de - las obras y proyectos.

Entre las restricciones tenemos:

- a) Restricciones de seguridad: que indican ciertas limitaciones, por ejemplo: Evitar labores en el piso inferior mientras esté la cimbra en el piso superior.
- b) Restricciones de recursos: cuando es necesario atrasar una actividad por falta de recursos disponibles.
- c) Restricciones de mano de obra: por ejemplo, es difícil obtener personal especializado en soldadura y paralelamente nuestro programa nos exige que todas las actividades de soldar se realicen en secuencia con una pequeña cuadrilla. Y si fueran de otra manera se harían simultáneamente.
- d) Restricciones administrativas: se presentan cuando la Gerencia decide controlar la secuencia de actividades entre otros aspectos.

Los factores anteriores deben ser estudiados cuidadosamente por el ingeniero responsable cuando el proyecto se haya descompuesto en sus actividades primarias y cuando se establezcan las diversas cadenas de actividades que deben prevalecer. El diagrama será realmente representativo del proyecto; hasta el punto de poderse plasmar efectivamente en un diagrama, pues en la mayoría de las ocasiones se hace necesario una gran pericia para diseñar el diagrama que se apegue y satisfaga los requisitos impuestos por las restricciones físicas, de seguridad, de mano de obra, de espacio, financiamiento y admi-

nistrativas.

**Datos Básicos para la Ruta Crítica :**

El C.P.M., es aplicable a todo tipo de proyectos,-- entendiéndose por tal al conjunto de actividades dirigidas a la consecución de un objetivo único. Un proyecto - comprende una acción futura y todos los actos involucrados en obtener el fin fijado.

Cada proyecto tiene una estructura propia, debido a las dependencias y circunstancias esenciales de las actividades individuales requeridas para su terminación.

Cualquier plan para la ejecución de un proyecto, debe tomar en cuenta esas dependencias.

En estas condiciones el C.P.M., perfila la conveniencia de planear primero y programar después, dejando sólo a - la programación el aspecto cuantitativo.

El método se inicia con un diagrama de flechas que incorpora todos los elementos de un proyecto. Las operaciones, métodos y recursos (tiempo, dinero, personal, equipo y material) más las condiciones impuestas (diseño, tiempo de - entrega, aprobación, presupuesto, fecha de terminación, etc) están agrupadas en un plan coordinado que es el - diagrama de flechas.

Estas flechas se interconectan para mostrar la secuencia en que las actividades deben desarrollarse y entre cada una de ellas se introduce un evento, representado por un círculo o nodo que indica la duración, tiempos y el núme

ro de actividad.

Partiendo de estas técnicas, se han desarrollado -- gran cantidad de variaciones o presentaciones que di-- fieren entre sí en ciertos elementos de forma; pero ori-- ginalmente el procedimiento es el mismo.

### I.3.2 Diagramas de barras o de Gantt.-

Generalidades:

Consiste en un gráfico en el que se ha representado cada actividad como una barra, cuya longitud es propor-- cional al tiempo de su duración.

Para su elaboración se sigue la siguiente metodolo-- gía:

- Se determinan las actividades en que se desea -- descomponer el proceso. Se define la duración de cada actividad.
- Se eligen las restricciones a observar.
- Se ordenan las actividades y se produce el dibu-- jo.

Por ejemplo, de la figura mostrada en la siguiente página, puede observarse que la actividad B se programó como una consecuencia de A: A es antecedente de B; B es una consecuencia de A.

Las actividades C y D pueden ejecutarse en forma simul-- tánea. También se observa que E puede ejecutarse cuando D lleve un cierto avance; es parcialmente simultánea.

# Diagrama de barras o de Gantt

CONCEPTO		1983						1984					
		OCT		NOV		DIC		ENE		FEB			
1	A	█	█	█	█								
2	B			█	█	█							
3	C			█	█	█	█						
4	D			█	█	█	█						
5	E						█	█	█				
6	F						█	█	█	█	█	█	█

Conviene observar que después de terminada B, se dejó un tiempo para iniciar E; finalmente, F depende de B y es la actividad final del proceso.

D depende de:

- . Tipo de obra
- . Cantidad de obra
- . Procedimientos de construcción
- . Factores de dependencia

Entonces:

$$\text{Duración} = \frac{\text{Cantidad de obra}}{\text{Rendimiento X Eficiencia}}$$

Ventajas y Desventajas:

Ventajas:

- . Se produce una representación muy útil y de lectura rápida, que facilita el seguimiento del proceso.
- . Permite la representación de avances, mediante el uso de una doble barra para registrar gráficamente los obtenidos, facilitando la interpretación del estado de la obra al día de la revisión.

Desventajas:

- . No se facilita el uso de un gran número de actividades, dificultándose la representación de actividades de segundo orden.
- . Se dificulta la interpretación de las restricciones (espacio, recursos disponibles, procedimiento de cons---

trucción, etc)

- 20 -

- La dependencia de una actividad con relación a otras, no es fácil representarla.
- No se detectan aquellas actividades de las cuales depende la duración del proyecto.

#### I.4 RELACION TIEMPO-COSTO.

Los pasos a seguir para hacer una estimación de -- tiempo y costo son los siguientes:

- a) Determinar el método de ejecución decidiendo qué -- tipo de recurso usar (hombre, máquina, etc)
- b) Considerar los recursos disponibles.
- c) Considerar la duración del uso de cada tipo de recurso.
- d) Reducir todos los recursos al factor común de pesos multiplicando la duración por el costo unitario del uso de cada recurso.

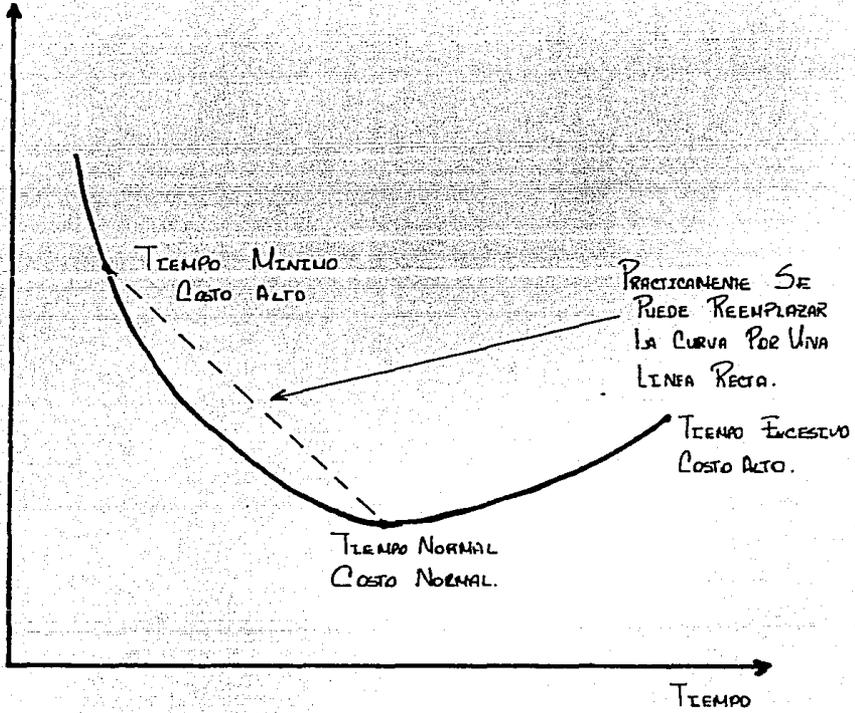
Cuando se habla de duración, debe tenerse cuidado - de ser explícitos ya que ésta depende del método de ejecución empleado, existiendo una relación entre tiempo y costo para ejecutar una actividad.

Esta relación debe tenerse en cuenta al establecer una - duración estimada para cualquier actividad.

Se puede trazar una curva de relación costo-dura--- ción para cualquier actividad, que tendrá básicamente la forma de la curva de la figura mostrada en la hoja anexa.

El costo mínimo y la duración correspondiente, se - seleccionan como costo y tiempo "normales". Cada vez que se reduce el tiempo, el costo sube como se vé en la cur-

COSTO.



va . Para determinar el incremento en el costo al ----- reducir el tiempo, se pueden estimar el tiempo normal y mínimo y suponer una relación lineal costo-duración (línea recta entre los 2 puntos).

Hasta aquí, la suposición hecha ha sido; que se conoce el trabajo por efectuarse y su duración y costo se obtuvieron de acuerdo con la experiencia adquirida en -- trabajos anteriores. Sin embargo, no siempre éste es el caso y pueden presentarse actividades por desarrollar -- que no se conozcan a fondo. Para manejar estas situaciones, se tiene un procedimiento basado en la estadística y que consiste en utilizar 3 estimaciones de tiempo para cada actividad:

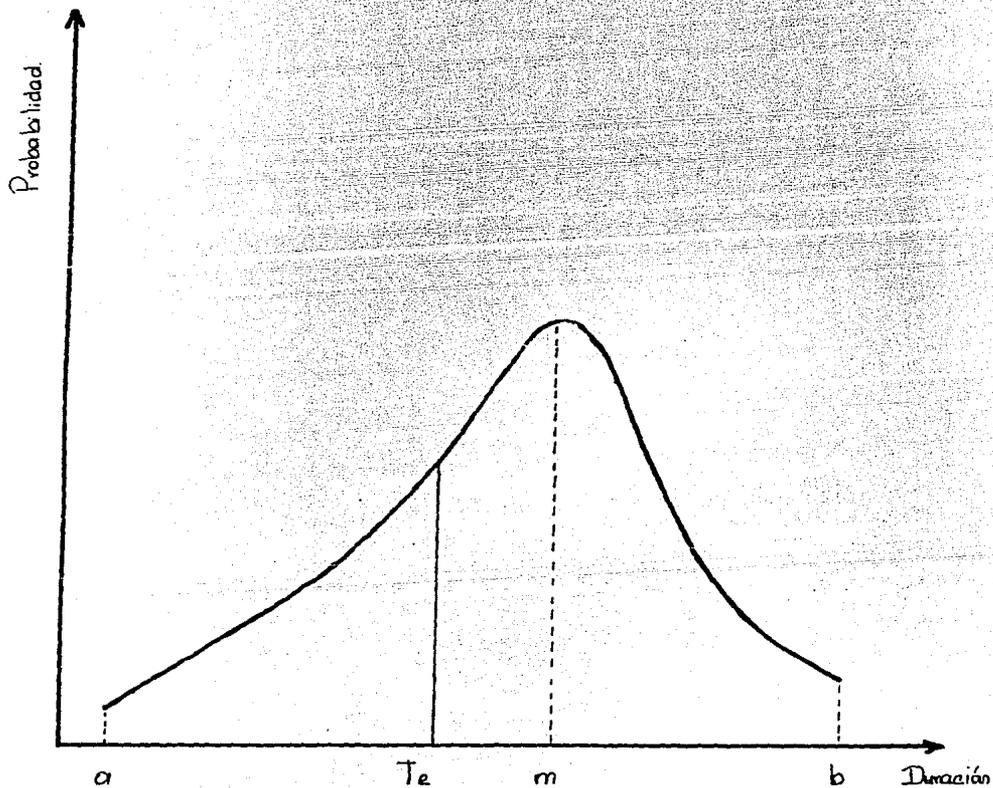
- 1) Optimista                    (a) Duración que resultaría si todo va mejor de lo esperado.
- 2) Normal                      (m) Duración si todo resulta como se espera.
- 3) Pesimista                   (b) Duración si todo sale mal.

Con estas 3 estimaciones, se procede a calcular el tiempo "probable" te, para una actividad con la siguiente fórmula:

$$T_e = \frac{a + 4m + b}{6}$$

La teoría detrás de ésta fórmula es dividir la incertidumbre suponiendo un 50 % de probabilidades de acertar. Esto es, si se grafican los valores estimados de --

duración contra sus probabilidades de serlo, el valor --  
te dividirá la curva en 2 partes de igual área. Esto es:



## I.5 SISTEMA DE AVANCE EN OBRAS.

Es una preocupación de la Coordinación General es--  
tar constantemente informados del estado físico-financie  
ro de los trabajos que tiene a su cargo, motivo por el -  
cual surgió el sistema de avance de obras.

Como es evidente todo Sistema depende fundamentalmente -  
de 2 aspectos:

- Ser alimentado correcta y oportunamente
- Ser interpretado adecuadamente.

Inicialmente es necesario dividir la obra en fren--  
tes de trabajo representativos de la misma, y éstos a su  
vez en actividades representativas del frente. Es impor--  
tante cuidar que esta división coincida con la informa--  
ción que se presenta en las juntas de Avance de Obra, ya  
que es preocupación del Coordinador General que haya una  
relación estrecha entre los datos que se manejan en la -  
reunión y los que se presentan en los reportes.

La información inicial que debe reportarse para ce--  
da actividad del programa es la siguiente:

- a) Unidad en que será medido el volúmen a ejecutar  
(m1, m2, m3, etc)
- b) Fechas de inicio y terminación según programa. Es--  
tas fechas deberán ser representativas de un programa --  
real autorizado.

c) Volúmen programado, que es la cantidad de obra a ejecutar en el programa.

d) Importe total de cada actividad: que es el costo real de la misma. Es importante que la suma de todos los importes de las actividades del programa, coincide con el monto del contrato en ejercicio.

Todos los demás datos que aparecen en el reporte -- son calculados por la computadora. Entre ellos:

1) Rendimiento programado:

Es la división entre el volúmen programado y el --- tiempo programado de la actividad expresado en semanas.

2) Rendimiento real:

Es la división entre el porcentaje de volúmen ejecutado y el tiempo transcurrido desde el inicio real a -- la fecha de avance. En caso de haberse concluido la actividad, el tiempo es el real.

3) % IMP:

Es el porcentaje con el que participa la actividad en el frente, en relación a su importe y se denomina --- porcentaje de importancia.

4) % PON:

Es el producto del porcentaje de importancia por el porcentaje de avance, denominado porcentaje ponderado.

En el caso de los totales por frente, el % IMP re--

presenta la participación del frente en el total de la obra por su monto; el % AVA representa el avance porcentual del frente en cuanto a monto y el % PON es nuevamente el producto del % IMP por el % AVA, o sea, la participación del avance del frente en el total de la obra.

Anexo, se presenta un ejemplo del reporte en el que se indica la localización de estos datos.

La operación del Sistema está diseñado de manera que pueda ser actualizado fácilmente y con poca información, siendo sólo necesario:

- Avance acumulado en porcentaje a la fecha de corte, para cada actividad.
- Fechas de inicio y/o terminación reales de cada actividad, si ya se inició y/o terminó alguna.
- Fecha de avance: que es la fecha de corte (por ejemplo el Lunes de cada semana).

Como todo Sistema de Control, éste debe estar ordenado de manera que represente verdaderamente el estado de los trabajos; además debe cumplir lo siguiente:

- . Hay que procurar, no alterar el programa original, ya que como instrumento de control, el programa deberá permanecer lo más fijo posible en cuanto a tiempos.
- . Como se había mencionado anteriormente, por instrucciones del Coordinador General, éste control debe coin-

cidir con los informes que se presentan en las juntas, de ahí que toda la información manejada debe haber sido previamente asentada en este reporte. En el caso en que sea necesario reestructurar el programa de obras, se deberá informar oportunamente y en forma escrita a la subcoordinación sobre el tipo de modificación.

Además, en los casos en que por alguna causa sea necesario hacer cambios a las actividades del programa en:

Volúmen

Precio

Proyectos

Procesos constructivos, etc

Es conveniente que se envíen, junto con las actualizaciones, los comentarios necesarios para interpretar adecuadamente el estado de los trabajos.

Finalmente, y como es obvio; si el Sistema de Avance de Obras es alimentado correctamente reportará datos confiables y útiles para la toma de decisiones de todas aquellas personas que intervengan en el desarrollo de los trabajos.

← FECHA DE REVISIÓN →

CONCEPTO		1983												1984												AVANCE %	
1	A	[Gantt bar: starts in early 1983, ends in mid-1983]												[Gantt bar: starts in early 1983, ends in mid-1983]												100	Se inicio con retraso.
		[Gantt bar: starts in early 1983, ends in mid-1983]												[Gantt bar: starts in early 1983, ends in mid-1983]												100	Se concluyó con R.
2	B	[Gantt bar: starts in mid-1983, ends in late 1983]												[Gantt bar: starts in mid-1983, ends in late 1983]												100	Se inicio y se concluyó a tiempo.
		[Gantt bar: starts in mid-1983, ends in late 1983]												[Gantt bar: starts in mid-1983, ends in late 1983]												100	
3	C	[Gantt bar: starts in mid-1983, ends in late 1983]												[Gantt bar: starts in mid-1983, ends in late 1983]												60	Atraso :
		[Gantt bar: starts in mid-1983, ends in late 1983]												[Gantt bar: starts in mid-1983, ends in late 1983]												20	40%
4	D	[Gantt bar: starts in mid-1983, ends in late 1983]												[Gantt bar: starts in mid-1983, ends in late 1983]												30	Adelanto :
		[Gantt bar: starts in mid-1983, ends in late 1983]												[Gantt bar: starts in mid-1983, ends in late 1983]												40	10%
5	E	[Gantt bar: starts in mid-1983, ends in late 1983]												[Gantt bar: starts in mid-1983, ends in late 1983]												0	No se inicio por Programa
		[Gantt bar: starts in mid-1983, ends in late 1983]												[Gantt bar: starts in mid-1983, ends in late 1983]												0	
6	F	[Gantt bar: starts in mid-1983, ends in late 1983]												[Gantt bar: starts in mid-1983, ends in late 1983]												0	Debe iniciarse de inmediato.
		[Gantt bar: starts in mid-1983, ends in late 1983]												[Gantt bar: starts in mid-1983, ends in late 1983]												0	

TEMA II    C O N T R O L    D E  
          C A L I D A D

## II.1 DEFINICION DE CONTROL DE CALIDAD.

El Control de Calidad, en su sentido más amplio, es el control sistemático de aquellas variables que intervienen en el proceso constructivo y que influyen sobre la calidad del producto terminado, o sea, la Construcción.

### II.1.1 Concepto de calidad.

La "Calidad" es el conjunto de propiedades ó características inherentes a un objeto, que lo diferencian de otro creado para el mismo fin.

### II.1.2 Variables en el Control.

En general, se entenderán como variables: los materiales, la mano de obra, la maquinaria, el equipo y las condiciones, durante el proceso.

Los materiales de construcción, directa ó indirectamente, se derivan del suelo ó del agua y, como han sido sometidos a la acción transformadora de la naturaleza, éstos materiales aún siendo iguales a simple vista, variarán en su composición y características físico-químicas.

Los hombres, como mano de obra, en el proceso de ejecución de una Obra civil, cambian en su grado de habilidad para tal o cual actividad específica, así como en su capacidad, debido a su educación ó su constitución física; así también variarán en su aplicación ó gusto por realizar la actividad que tengan asignada.

El equipo usado en la construcción es una variable compuesta por materiales y el manejo de éste por el hombre; además, el equipo tanto como la maquinaria, están sujetos al desgaste, al desuso y la obsolescencia.

También, las condiciones que existan durante la construcción, son variables, y mas en un país como México, donde la temperatura, humedad y demás condiciones físicas y sociales, cambian de Estado a Estado, y que se deben de tomar en cuenta para detrmnar el proceso constructivo y su respectivo control.

El control de calidad nunca es absoluto, es siempre relativo con respecto a lo que se esté comparando, y el

término "calidad" no tendrá significado si no se determina el uso final del producto ó procedimiento que se esté controlando. Por eso, cuando se dice que un producto tiene "buena calidad" es que se está cumpliendo con el fin para el que se creó.

Por ejemplo, si una estructura se diseña para soportar una determinada carga de servicio, pasará todas las pruebas de calidad para una estructura común, pero si se le destina para otro fin, es decir, se le cambiara el uso, las cargas ó condiciones de servicio, es seguro que no pasaría las pruebas de calidad de una estructura distinta a la que se diseñó; en otras palabras, no será el mismo control que se use en la construcción de un edificio para oficinas que el que se use en una planta nuclear.

Este ejemplo nos hace entender que la calidad es una palabra abstracta, mientras no se le relacione con las características del producto controlado. Así, la calidad de una estructura de acero, se expresará en términos de sus propiedades físicas y de su composición; ó de una pintura, se determinará por su adherencia, tiempo de secado ó la resistencia a agentes extraños.

### II.1.3 Relación Calidad - Costo

Otra consideración que merece una atención especial

es que la calidad se relaciona directamente con el costo.

Mientras más calidad requiera un producto, el proceso para realizarlo irá costando más, ó los materiales que se necesitan, serán de más calidad también. Por ejemplo, en un concreto, cuando su relación agua/cemento disminuye, se obtiene un concreto de mayor resistencia, pero como se usa más cemento en su elaboración, el costo es mayor.

Existe un punto tal que, aunque se aumente más el costo, la calidad no aumenta ya sea por una limitante física ó por que el estándar de comparación es rebasado.

La figura 2 muestra lo anterior quedando:

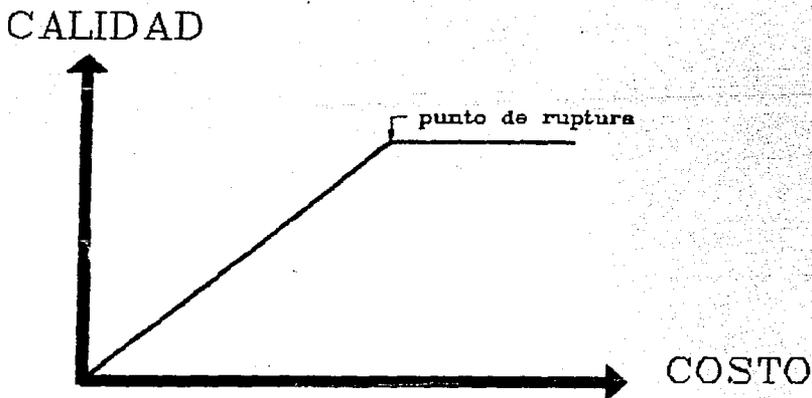


FIGURA 2

## II.2 EL CONTROL DE CALIDAD EN LA CONSTRUCCION.

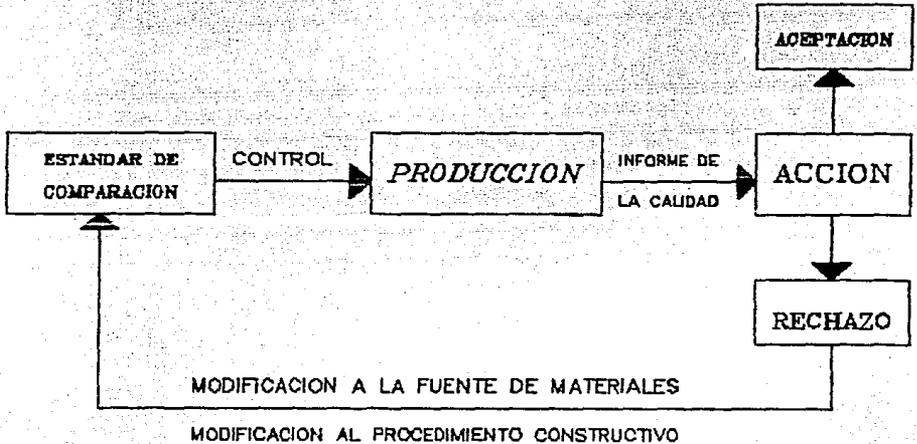
El Control de calidad que se verifica durante la construcción de una Obra, tiene por objeto verificar que las especificaciones del proyecto cumplan dentro de una tolerancia establecida por la propia especificación. Se puede decir, que los materiales usados en las obras civiles deben cumplir con la Norma Oficial vigente para el material empleado; en el caso del concreto y de todos sus componentes, existen varias normas que establecen el nivel de calidad para obtener un "buen" concreto, según sea su uso.

Además de los materiales, el Control de calidad observa que se siga la metodología dispuesta para los procedimientos de ejecución; también, cuida las dimensiones y geometría de los elementos estructurales y corrige los trabajos mal ejecutados.

En la construcción, los materiales que requieren del Control de calidad con más frecuencia, son: el concreto premezclado y el acero de refuerzo; existen diferentes pruebas para determinar la calidad para ambos.

En ésta tesis se tomará al Control de calidad en el concreto premezclado, como un ejemplo de aplicación, que se desarrollará al final de éste tema.

Un diagrama que muestra el control de calidad, es el siguiente:



### II.3 MECANISMOS DEL CONTROL DE CALIDAD.

Para poder elaborar un mecanismo de Control, es decir, un sistema para llevar a cabo el Control de calidad, es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) El mecanismo debe ayudar a distinguir las desviaciones y las deficiencias significativas; jerarquizar las actividades para considerar más a aquellas esenciales para la Obra.

b) El control debe diferenciar las desviaciones que se relacionen con problemas originados en la obra, así como desviaciones particulares de pruebas de calidad.

c) Se deben conocer las normas de calidad de los productos por controlar; ó de no existir, realizar un estudio exhaustivo del proyecto, para el establecimiento de normas propias del control.

d) Las especificaciones deben ser realistas, que se adapten a las condiciones de la obra y de la factibilidad técnica con que se cuente para llevar a cabo la obra.

De manera general, el Control de calidad aplicado a una obra de Ingeniería Civil, será el siguiente:

- 1.- Definir el producto que se va a controlar, tomando en cuenta las especificaciones del proyecto.
- 2.- Seleccionar un parámetro para realizar mediciones de calidad del producto ó procedimiento.
- 3.- Especificar claramente cuáles son las características de calidad con que debe contar el producto; en ocasiones, éstas características están dadas dentro de las mismas normas de calidad del proyecto.
- 4.- Establecer un dispositivo de control tan sensible como sea posible, que ayude a medir las características

de calidad, en términos del parámetro ó unidad de medición de la calidad.

5.- Efectuar medidas reales usando el dispositivo y registrando los valores que se obtengan.

6.- Comparar los valores reales con el estándar de comparación; si existen diferencias, tomar medidas correctivas sobre el procedimiento constructivo ó el remplazo de los materiales que intervengan en la elaboración del producto controlado.

El Mecanismo de control, por sí solo, no es de gran ayuda si no se cuenta con una organización en la empresa constructora; entonces, el control de calidad dependerá también de la eficiencia de operación de la Sección de la empresa que se encargue de realizarlo ó implementarlo.

De lo anterior, se deduce que el Control de calidad debe ser una actividad administrativa, en cuanto está realizando una optimización de los recursos, esto es, cuida la calidad de todos los recursos.

Entonces, toda empresa constructora debería contar con una organización para llevar a cabo un mecanismo de control, el cual representa una seguridad en la obtención de la calidad establecida en el proyecto.

La Sección de una empresa, que se haga cargo del Control de calidad, no sólo implementa el mecanismo de control, sino que debe tener autoridad para aceptar ó rechazar todas las materias primas, el producto en elaboración y también el producto terminado; se encargará ésta Sección inclusive, de asegurar el abastecimiento de materiales de buena calidad y de comprobar si el equipo que se usa es el adecuado para obtener la calidad estipulada; así, también adaptará ó realizará formatos para realizar el control e interpretará los resultados obtenidos en laboratorios, para comprobar la calidad del producto.

## II.4 CRITERIOS DE EVALUACION.

### II.4.1 Técnicas estadísticas en el Control de Calidad.

Un criterio para determinar la calidad de un producto es la implementación de Técnicas Estadísticas.

La Estadística es una herramienta de gran ayuda al control de calidad, porque: organiza, recopila, presenta y analiza datos para la deducción de conclusiones y decisiones de análisis; en general, la Estadística ordena los resultados que se obtienen al aplicar un mecanismo, y con éste ordenamiento, es más fácil comprobar si se cumple ó

nó con las especificaciones.

Las Técnicas Estadísticas se aplicaron originalmente a los procesos industriales, y en especial a la fabricación de un producto en serie.

El primer indicio de aplicación de la Estadística al Control de calidad, fué la que llevó a cabo el Dr. Walter A. Shewart en los laboratorios de la compañía de teléfonos Bell en Estados Unidos, en el año de 1924. Pero no fue sino hasta 1940, cuando se empleó la técnica estadística para mejorar la calidad en armamento de guerra durante la 2a. Guerra Mundial.

#### II.4.2 Parámetros estadísticos en el muestreo.

Si de un grupo de elementos que se tienen que controlar en una Construcción, no podemos analizar la calidad de cada uno de ellos; se toma una pequeña parte del grupo que será representativa del total de los elementos. A éste pequeño grupo se le conoce como "muestra".

Para formar la muestra, se elige al azar un número representativo de elementos del grupo, es decir, se realiza un muestreo sobre el total de los elementos, que se conoce como "población". Se dice que la muestra es aleatoria, ya que cada elemento tiene la misma oportunidad de

ser elegido en el muestreo.

Esta muestra es sometida al Mecanismo de control para asegurar que lo especificado sea cumplido, y que los resultados sean analizados con cuidado, ya que de la muestra, dependerá la forma de elaborar el producto.

Los resultados que se obtienen al ensayar los productos, es decir, al aplicarseles el mecanismo de control de calidad, están sujetos a variaciones; si se tiene un número grande de valores analizados, existen ciertas medidas que nos ayudan a indicar la uniformidad en la obtención de resultados, y del cuidado con que se han hecho las pruebas de calidad.

La primera medida que nos da un valor general, representativo, del conjunto de datos es el "promedio", obtenido como la división de la suma total de todos los valores, entre el número total de datos.

El promedio se expresa como:

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

donde:

- $X_i$ .- es el valor del elemento  $i$ -ésimo de la muestra
- $n$ .- es el número total de la muestra.

La medida más común que informa sobre el grado de uniformidad que se tuvo al elaborar el producto, es la

"desviación estándar". La desviación estándar ó dispersión de los valores, es la raíz cuadrada del promedio de la diferencia de los cuadrados de las desviaciones de los valores con respecto al promedio, y se expresa como:

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

donde:

$(X_i - \bar{X})$ .- es la desviación con respecto al promedio.

Al tomar un grupo de valores, lo más seguro es que no se encuentren en forma ordenada. La Estadística nos ayuda a ordenar los elementos, como sigue:

-Primero se identifican el valor más grande y el menor; la diferencia entre ellos, se conoce como recorrido ó "rango" de los datos. El rango se distribuye en partes iguales, con lo que se obtienen "clases" ó categorías.

-Después, se determina el número de elementos que corresponden a cada clase, se obtiene entonces, la "frecuencia" de valores en cada clase; registrando en una hoja de conteo, podremos ver con más facilidad los datos recopilados.

Otra forma de visualizar gráficamente cómo se distribuyen los valores, es a través de un histograma, que consiste en llevar al eje de ordenadas, los intervalos ó valores de las categorías en que dividimos los datos; y en el eje de las abscisas, se colocan el número de datos registrados por cada clase.

La teoría y la práctica muestran que para el control de elementos sujetos a una misma prueba se obtiene una distribución simétrica de valores; esto es, el promedio es la mayor frecuencia y se disminuye la misma hacia los intervalos extremos de clase.

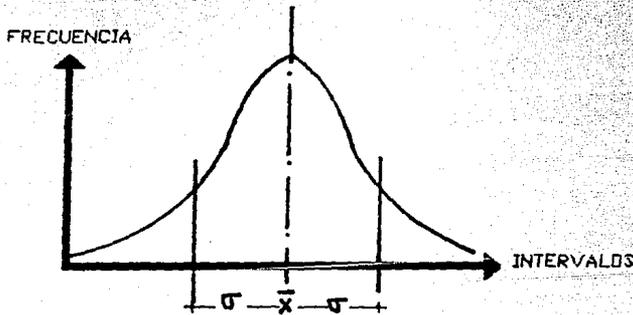


FIGURA 3

De la figura 3 podemos concluir que para desviaciones estándar pequeñas, los valores estarán más próximos al promedio; y si es grande la desviación, se tendrán datos más dispersos.

En el control de calidad, gráficas como la figura 4 nos auxilian en el conocimiento de la dispersión de valores, y ésto indica cómo está funcionando el mecanismo de control.

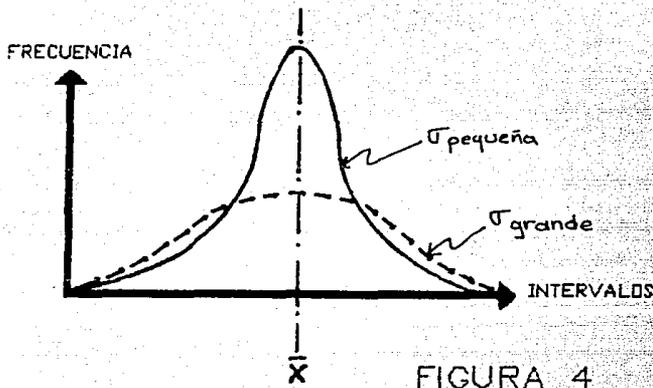
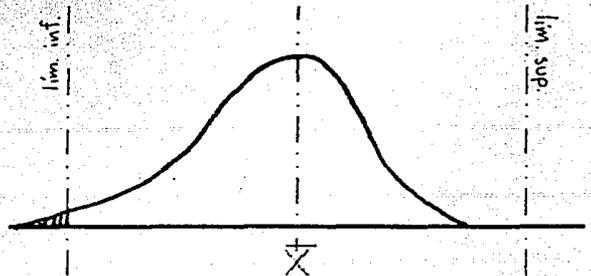


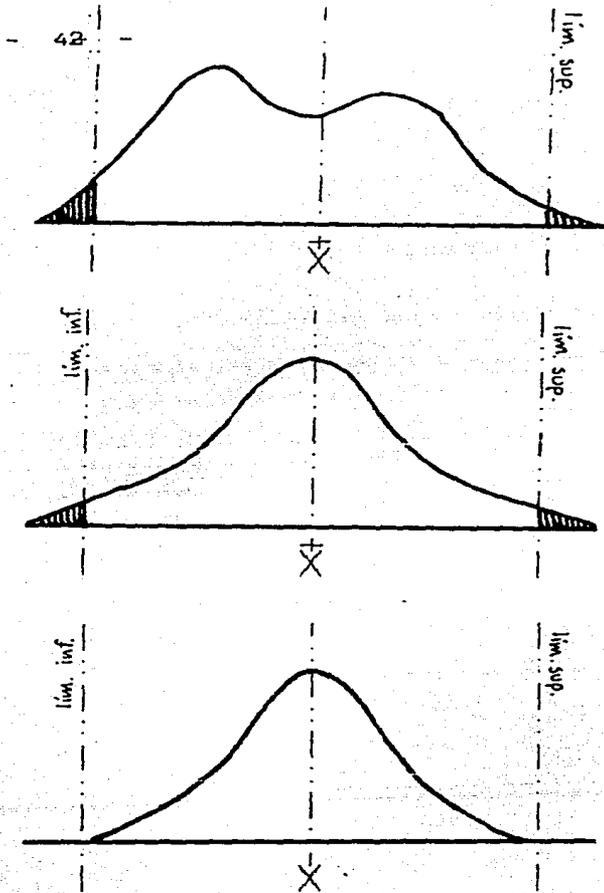
FIGURA 4

Si fijamos dos valores límites de la tolerancia, dados por las especificaciones, y los introducimos a la curva de frecuencias, nos indica si la calidad está siendo controlada.

A continuación, se muestran curvas de frecuencia y su significado con respecto al proceso de calidad implementado por el control.

- a) nivel de ajuste del proceso equivocado, ó se fijaron mal los límites de tolerancia.





b) el proceso no es estable, muestreo mal elaborado.

c) proceso de calidad estable pero con valores fuera de los límites por bajo control.

d) muestras con un buen proceso de control de calidad.

FIGURA 5

La figura d), se aproxima a una distribución de frecuencia normal, conocida como campana de Gauss por ser éste matemático alemán quién solucionó la ecuación de la curva.

A la curva de distribución normal, se le puede hacer una división aproximada del área bajo dicha curva, que nos permite hacer una estimación de los resultados de pruebas de control de calidad que se espera estén comprendidas dentro de un valor específico, como lo es el número de veces de la desviación estándar, al cual se le llama "nivel de confianza".

En la figura 6 se muestra esta división.

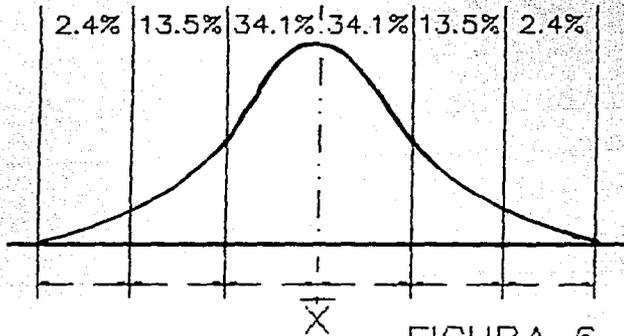


FIGURA 6

Por ejemplo, el 68% aproximadamente, de los valores comprendidos en la curva, caen dentro de  $\pm 1\sigma$  del promedio; el 95% dentro de  $\pm 2\sigma$ , etcétera.

Otra medida que indica la homogeneidad con que se realiza una prueba de calidad, es el "coeficiente de variación" expresado como el cociente entre la desviación estándar y el promedio, dado como un porcentaje y representado como:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100 \quad (\text{ en } \% )$$

Según el control de calidad que se establezca, los valores de la desviación estándar y del coeficiente de variación cambian de prueba a prueba; según el producto que se controle será la variabilidad de éstos parámetros; si se requiere mayor calidad en el producto controlado, de manera general, la desviación estándar disminuye, al igual que el coeficiente de variación.

Al establecimiento de cómo varían los parámetros de dispersión, se le conoce como "Normas de control". En la tabla 1, se presenta un ejemplo de normas para el caso del control de calidad del concreto, tomando en cuenta si la prueba se efectúa en el lugar de la Obra ó en un laboratorio con instrumentos de más precisión, donde se determina la diferencia entre valores obtenidos y el estándar.

TABLA 1. NORMAS PARA EL CONTROL DEL CONCRETO.

CLASE DE CONTROL	Desviación Estándar en kg/cm				
	excelente	muy buena	buena	aceptable	pobre
En el campo	menor de 25	de 25 a 35	de 35 a 40	de 40 a 50	más de 50
En laboratorio	menor de 15	de 15 a 17	de 17 a 20	de 20 a 25	más de 25

TABLA 1.a NORMAS PARA EL CONTROL DEL CONCRETO.

CLASE DE CONTROL	Coeficiente de variación en %				
	excelente	muy buena	buna	aceptable	pobre
En el campo	menor de 3	de 3 a 4	de 4 a 5	de 5 a 6	más de 6
En el laboratorio	menor de 2	de 2 a 3	de 3 a 4	de 4 a 5	más de 5

#### II.4.3 Registros estadísticos en el Control de Calidad.

La Estadística, como se había mencionado, es una herramienta que ordena una serie de datos, como son los resultados obtenidos al haber establecido un mecanismo de control de calidad a un producto. Una forma de presentar los resultados del control es a través de la "Cartas de Control".

En la industria manufacturera se han utilizado éstas cartas de control de calidad como una ayuda al inspector que verifica el funcionamiento de una línea de ensamble ó la eficiencia de un operador de una máquina.

Una carta de control se recomienda usar donde exista producción continua de un producto a lo largo de periodos considerables de tiempo.

La carta de control registra los valores obtenidos en

una gráfica donde en el eje de las ordenadas se establecen los valores del parámetro de comparación de calidad y en el eje de las abscisas el número de pruebas, o también, el tiempo de la producción. En la misma gráfica, se establecen límites de control: uno superior y otro inferior ó mínimo aceptable de la prueba.

Las cartas de control pueden establecerse de acuerdo a diferentes parámetros estadísticos, inherentes a la calidad del producto, y pueden ser :

- medición individual
- de promedios           \* con el promedio de las amplitudes  
                          \* con el promedio de desv. estándar  
                          \* con el promedio y la desv. están.
- de rango               \* con el promedio de las amplitudes  
                          \* con el promedio y la desv. están.
- de desv. estándar    \* con el promedio de desv. estándar  
                          \* con el promedio y la desv. están.

Para el concreto reforzado, se utilizan tres cartas simplificadas, específicamente preparadas para el control de calidad, y son los siguientes:

- a) Carta para pruebas individuales de resistencia, en la cual se trazan los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión; el límite inferior es la resistencia especificada en el proyecto (  $f'c$  ) y el límite superior es la resistencia promedio requerida (  $fcr = f'c + tv$  ).

b) Carta para el promedio variable de la resistencia a la compresión, en la cual se traza el promedio de los cinco grupos previos de dos cilindros de ensaye, compañeros para cada día o cada turno y, en éste caso, la resistencia especificada ( $f'c$ ) es el límite inferior. Esta carta sirve para indicar las tendencias e influencias de los procedimientos para elaborar el concreto.

c) Carta para el promedio variable para un intervalo, en la cual el intervalo promedio de los diez grupos previos de cilindros compañeros se traza cada día o cada turno.

La figura 7 muestra éstas cartas de control para el concreto.

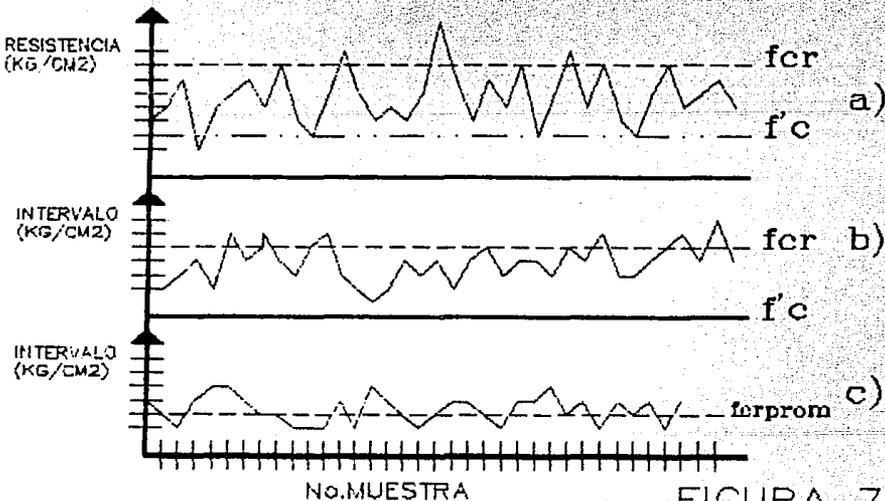


FIGURA 7

En cualquier carta de control, si un valor se encuentra por debajo del límite inferior, quiere decir que se tuvo un error accidental en la fabricación del producto, pero si se tienen varios puntos abajo del límite inferior, el procedimiento de producción se tiene que verificar.

En normas de calidad de productos usados con frecuencia en la construcción, se establecen cuántos valores pueden estar por debajo del límite inferior para que la calidad del producto sea aceptada como buena.

Otra forma de llevar un control estadístico, es usando formatos en donde se registre el control de calidad de procedimientos y de materiales.

En forma general, el formato debe contener los datos de la Obra en construcción, el resultado de la inspección y las observaciones sobre el cumplimiento con respecto al estándar que verifica la persona que lleva a cabo el control de calidad.

Para cada Obra, e incluso para cada material que se controle, se diseñará un formato específico, pero toda forma empleada en el control de calidad debe ser de fácil aplicación y contener las siguientes ideas generales :

- Debe establecerse lo que se quiere controlar de un

producto ó procedimiento, así como las tolerancias especificadas para que se cumpla con la calidad requerida.

- Es conveniente que el formato sirva para poder controlar varios productos.

- La forma necesita tener un encabezado en donde describa el fin para la cual está hecha.

- El funcionamiento de la forma será más eficaz si se cuenta con un espacio para anotar observaciones, croquis de ubicación de la localización del producto en la obra, e información sobre la persona que llena la forma.

- La forma debe tener un tamaño apropiado para su fácil manejo, transporte y archivo de la misma.

- Se debe separar y dar mayor importancia al resultado de la calidad, donde simplemente se acepte ó se rechace al producto.

Para tener una idea sobre lo que es conveniente que debe contener un formato para controlar la calidad, se presentan a continuación algunos ejemplos.

# CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES

CONSTRUCTORA \_\_\_\_\_

OBRA : \_\_\_\_\_

LUGAR : \_\_\_\_\_

FECHA : \_\_\_\_\_

	DESCRIPCION	Vo.Bo.	OBSERVACIONES
PROVEEDOR :	_____	_____	_____
REMISION :	_____	_____	_____
TOLERANCIA :	_____	_____	_____
ALMACENAJE :	_____	_____	_____

¿Se envían muestras  
al laboratorio ?

si \_\_\_\_\_ no \_\_\_\_\_

LABORATORIO : \_\_\_\_\_

No. MUESTRAS : \_\_\_\_\_

MARCAS DE IDENTIFICACION : \_\_\_\_\_

EVALUACION DE LA CALIDAD:

REPORTE DEL

LAB. No. : \_\_\_\_\_

BUENA \_\_\_\_\_

RECHAZADA \_\_\_\_\_

REGULAR \_\_\_\_\_

ACEPTABLE \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

# CONTROL DE CALIDAD PROCEDIMIENTO Y PRODUCTO TERMINADO

## \*\*\*\* PROCEDIMIENTO \*\*\*\*

	ACTIVIDAD	FECHA	Vo.Bo.	OBSERVACIONES
ETAPA ANTERIOR	-----	-----	-----	-----
INICIO	-----	-----	-----	-----
DESARROLLO	-----	-----	-----	-----
TERMINACION	-----	-----	-----	-----
ETAPA SIGUIENTE	-----	-----	-----	-----

## \*\*\*\* PRODUCTO TERMINADO \*\*\*\*

Puntos donde no se cumple con las tolerancias especificadas:

-----  
-----

## \*\*\*\* EVALUACION DE LA CALIDAD \*\*\*\*

(marcar con una X)

se acepta \_\_\_\_\_

se rechaza \_\_\_\_\_

OBSERAVCIONES: -----  
-----  
-----

## II.5 EJEMPLO DE APLICACION.

Una vez estudiada, en forma general, la teoría sobre el control de calidad, se presenta a continuación un ejemplo sobre cómo controlar el concreto premezclado.

Para tal efecto se seguirán los pasos para establecer un Mecanismo de Control, como se describieron en el capítulo II.3 de éste tema.

### 1.- Definir el producto que se va a controlar.

El producto es el concreto hidráulico premezclado; las especificaciones de calidad están dadas conforme a las siguientes normas de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFIN) :

NOM-C-155-1984.- Concreto premezclado.

NOM-C-156-1980.- Industria de la construcción. Concreto fresco. Determinación del revenimiento.

NOM-C-160-1984.- Elaboración y curado en obra de especímenes de concreto.

NOM-C-161-1974.- Muestreo de concreto fresco.

### 2.- Seleccionar un parámetro para realizar mediciones de la calidad.

En el momento de la entrega, la aceptación ó el rechazo del concreto, debe hacerse en base a la prueba de

reventamiento, que es la medida de consistencia del concreto fresco en términos de la disminución de altura, en un tiempo determinado, de un cono truncado de concreto fresco de dimensiones especificadas. Si el concreto se prueba en un laboratorio de control de calidad, el índice de calidad es normalmente la resistencia a la compresión en especímenes cilíndricos de 15 centímetros de diámetro por 30 centímetros de altura, y ensayado a los 28 días de edad del concreto.

3.- Especificar las características de calidad.

El concreto premezclado se clasifica en tres grupos, según la forma de cómo se deslindan responsabilidades del diseño de la dosificación, entre el fabricante ó proveedor y el comprador; se clasifica también, en dos grados de calidad designados como A y B.

El grupo 1 es cuando el comprador asume la responsabilidad del diseño de la dosificación; el grupo 2 es para cuando el fabricante asume la responsabilidad de diseño y el grupo 3 es donde el fabricante asume la responsabilidad del diseño y el comprador fija el contenido mínimo de cemento.

Grado de calidad A, el concreto debe cumplir con :

a) Se acepta que no más del 20% del número de pruebas de resistencia, tengan valor inferior a la resistencia especificada ( $f'c$ ). Se requiere un mínimo de 30 pruebas, con

2 especímenes de ensaye por prueba.

b) No más del 1% de los promedios de 7 pruebas de resistencia consecutivas, será inferior a  $f'c$ .

c) No más del 1% de las pruebas de resistencia puede ser menor que  $f'c$  restándole  $50 \text{ kg/cm}^2$ .

Grado de calidad B, el concreto debe cumplir con :

a) Se acepta que no más del 10% del número de pruebas de resistencia, tengan valor inferior a la resistencia especificada ( $f'c$ ). Se requiere un mínimo de 30 pruebas, con 2 especímenes de ensaye por prueba.

b) No más del 1% de los promedios de 3 pruebas de resistencia consecutivas, será inferior a  $f'c$ .

c) No más del 1% de las pruebas de resistencia puede ser menor que  $f'c$  restándole  $35 \text{ kg/cm}^2$ .

Se recomienda usar concreto de calidad A cuando se diseñen las estructuras por el método de esfuerzos de trabajo ó Teoría Elástica, en pavimentos y usos generales.

El concreto calidad B, es mejor usarse cuando se diseñe por el método de resistencia última ó Teoría Plástica, para concreto preesforzado y para estructuras especiales.

Para elaborar una mezcla de concreto que cumpla con los requisitos del grado de calidad, se diseña para una resistencia promedio mayor a la especificada usando la expresión :

$$f_p = \frac{f'c}{1 - t \cdot V}$$

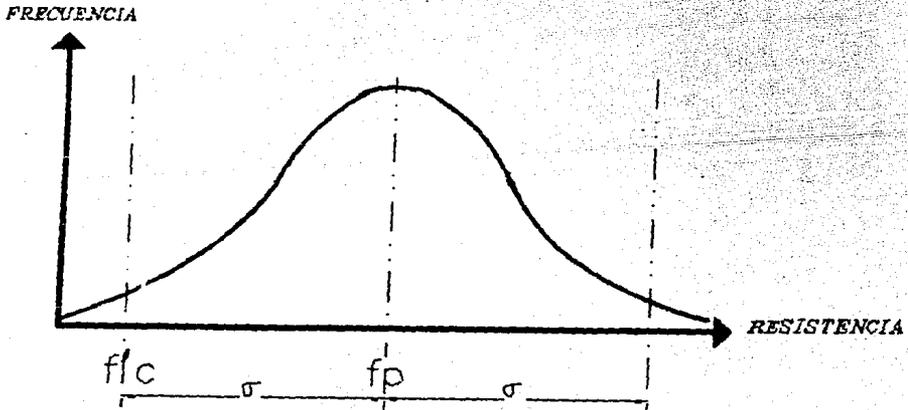
donde:

$f_p$ .- resistencia promedio

$V$ .- coeficiente de variación

$t$ .- constante que depende del porcentaje de datos que puedan ser menores que  $f'c$ .

En forma grafica, en la curva de distribución normal de las muestras, se ve que el objetivo de la expresión es aumentar la resistencia requerida para así asegurar los requerimientos de calidad.



Para el Reglamento de Construcciones del D.F. el valor promedio se designa como :  $fcr = f'c + t \cdot V$  , que es un desarrollo de la expresión anterior.

En el grado de calidad A,  $t = 0.842$  y para el grado de calidad B,  $t = 1.282$  .

Si se fija el nivel inferior de aceptabilidad de calidad de muestras quedará como :

$$\text{Lím.inf.} = f'c - (2.326 - t) \cdot \sigma$$

El valor  $(2.326 - t)$  corresponde a que el 98% de las muestras estén dentro de los límites de control.

Para asegurarse que la Planta de Concreto Premezclado cumpla con la resistencia y calidad pedida, se le deben proporcionar los siguientes datos, que aparecerán en las notas de remisión de las entregas.

- El concreto debe seguir la norma NOM-C-155-1984.
- Cantidad requerida de concreto fresco en m3.
- Grupo correspondiente de calidad (1, 2 ó 3).
- Resistencia especificada. ( $f'c$ ).
- Grado de calidad del concreto ( A ó B ).
- Edad a la que se garantiza la resistencia.
- Tamaño máximo nominal del agregado grueso (grava).

Adicionalmente, se puede dar:

- Tipo de cemento.
- Inclusión de aire en el concreto.
- Uso de aditivos en el concreto.

#### 4.- Establecimiento del dispositivo de control.

Para poder llevar a cabo éste dispositivo, es neces-

rio conocer los pasos que sigue el concreto premezclado desde su salida de la planta hasta su colocación en el elemento estructural en que se requiere la colocación del concreto. Estos pasos se describen a continuación.

El concreto se elabora en una planta premezcladora que cuenta con depósitos y tolvas donde se guardan y separan el cemento, los agregados de diferentes tamaños, el agua y los aditivos; los cuales son pesados en una báscula de gran precisión, de acuerdo al diseño de la mezcla, para obtener la resistencia especificada por el cliente.

Normalmente, los ingredientes que forman el concreto son dosificados y depositados en un camión de transporte conocido como "olla" que mezcla el concreto, cuidando que el volumen de concreto no exceda el 80% de la capacidad de la unidad agitadora u olla; el concreto se mezcla a una velocidad de 10 r.p.m. con 70 a 100 revoluciones, para asegurar una mezcla uniforme.

Cuando llega el camión mezclador a la Obra, se toma una muestra para probar la calidad del concreto a la entrega y se decide sobre la aceptación del concreto en base del resultado obtenido en la prueba de revenimiento.

Para tomar la muestra de concreto fresco de la olla, se requiere de un recipiente, como una cubeta ó una carretilla, con capacidad de 15 litros aproximadamente. La

muestra se toma en tres ó más intervalos, interceptando todo el flujo de la descarga, teniendo la precaución de no tomarla antes del 15% ni después del 85% del volumen total del concreto entregado.

El tiempo máximo entre la obtención de dos muestras es de 15 minutos.

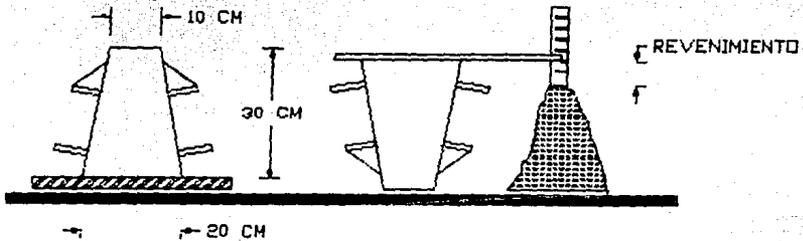
Se procede a hacer la prueba de revenimiento, que en el momento de la entrega, define la aceptación ó rechazo del producto. Si existe duda en el primer valor de revenimiento obtenido, se podrá realizar una segunda prueba, la cual es definitiva para la aceptación ó el rechazo. El revenimiento debe concluir 5 minutos después de haber tomado la muestra.

La prueba de revenimiento requiere de un molde metálico con 1.5 milímetros de espesor en forma de cono truncado con 20 centímetros de diámetro en la base, 10 cm. de diám. en la parte superior y 30 cm. de altura, con una tolerancia de  $\pm$  3 cm. en todas las medidas. El molde debe tener dos asas y apoyos para los pies. También se necesita para hacer la prueba, una varilla recta, lisa, de 16 mm. de diám. y 60 cm. de longitud con un extremo redondeado.

El procedimiento de la prueba es el siguiente: se humedece el molde, se coloca sobre una superficie lisa, horizontal y no absorbente. Un operador sostiene el molde con los apoyos y las asas. Se llena el molde en tres capas,

cada capa se compacta con 25 penetraciones de la varilla. Se enrasa el concreto a la altura del molde usando la varilla. Se levanta el molde con cuidado y en dirección vertical, en un tiempo de  $5 \pm 2$  segundos. Se mide el revenimiento, determinado como el asentamiento del concreto a partir del nivel original superior del molde al nivel que tome el concreto fresco. Si el concreto se desliza ó cae hacia un lado se desecha esa prueba y se hace otra. En un laboratorio, el revenimiento se debe medir con una aproximación de medio centímetro, y en el campo un centímetro.

Los revenimientos más usuales son: para pisos 5 cm. con tolerancia de 1.5 cm.; para losas 10 cm. con tolerancia de 2.5 cm. y cuando se bombea el concreto el revenimiento es de 14 cm. con tolerancia de 3.5 cm.



Cuando se llega al lugar de la Obra y el revenimiento del concreto es menor que el solicitado, incluyendo la tolerancia, el fabricante puede agregar agua para obtener un revenimiento dentro de los límites requeridos.

En caso de no estar preparado el comprador para recibir el concreto, tiene una tolerancia de 30 minutos de espera, fuera de los cuales el comprador asume la responsabilidad sobre las condiciones del concreto.

El productor debe facilitar al comprador ó al laboratorio acreditado, la toma de muestras necesarias para determinar la calidad del concreto. El laboratorio acreditado que hará las pruebas, debe aprobarse tanto por el comprador como por el fabricante. Y ambos deberán inspeccionar el laboratorio, su equipo, intalaciones y funcionamiento.

El muestreo para cada tipo de concreto deberá hacerse con la siguiente frecuencia mostrada en la tabla 2.

TABLA 2. FRECUENCIA EN EL MUESTREO.

Número de entregas	Número de muestras	
	Recomendado	Mínimo obligatorio
1	1	1
2 a 4	2	1
5 a 9	3	2
10 a 25	5	3
26 a 49	7	4
más de 50	9	5

Para la "American Society of Testing of Materials" (ASTM) toma  $n$  muestras determinadas usando la fórmula :

$$n = \frac{3 \cdot \sigma}{E}$$

siendo  $E$ , el error por no tomar todas las muestras y se determina como el 10% de la resistencia requerida.

Otro parámetro que determina la calidad del concreto es la resistencia a la compresión, que se determina en el laboratorio. De cada muestra realizada se deben obtener dos valores de resistencia, siendo el valor representativo el promedio de ambos.

Para hacer esta prueba se requiere de un molde metálico de 1.5 milímetros de espesor, de forma cilíndrica con 15 cm. de diámetro y 30 cm. de altura. También se usa una varilla para la compactación, con las mismas características que la varilla usada para determinar el revenimiento.

El procedimiento para la elaboración de especímenes a los cuales se les determina su resistencia a la compresión es el siguiente.

El concreto obtenido del muestreo se vacía con un cucharón en el molde metálico engrasado, en tres capas de 10 cm. a las cuales se compacta usando la varilla, introduciéndola 25 veces en forma vertical y en espiral.

El molde se coloca sobre una base unida al cilindro. Se enrasa el concreto del cilindro con un enrasador de madera ó de metal, y si se desea, se puede cabecear la superficie del cilindro con una capa delgada de pasta de cemento. Para evitar la evaporación del agua de los especímenes, se cubre el cilindro con una tapa no absorbente, como una tela de plástico resistente. Si se quiere se pueden identificar los cilindros con marcas de reconocimiento sobre la pasta de cemento ó sobre el concreto fresco. Se debe observar que los cilindros sean transportados cuidadosamente al laboratorio, y que no sean expuestos a los rayos directos del sol ó a movimientos bruscos. Una vez en el laboratorio, se retira el molde 24 horas después de haber sido elaborado el espécimen, con un margen entre 20 y 48 horas. Ya desmoldado el cilindro de concreto, se almacena en condiciones de humedad, a una temperatura de  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$  en un cuarto ó gabinete con una humedad relativa del 95 al 100%. Antes de ensayarse los especímenes, a la edad de 28 días, se cabecean los cilindros con una delgada capa de azufre en la base y en la tapa del cilindro y se determina la resistencia a la compresión, mediante el uso de una máquina de prueba que registra la carga a la que falla el cilindro. Finalmente, el laboratorio entrega el resultado de la resistencia obtenida en la muestra.

Una vez que se conocen los pasos que sigue el concreto

premezclado desde su elaboración hasta determinar su resistencia, se puede diferenciar el control de calidad del producto y el control de calidad del procedimiento.

El dispositivo en sí es la inspección de que se lleven a cabo las disposiciones de las Normas de calidad y se puede auxiliar ésta observancia mediante el uso de los formatos que se muestran en las páginas siguientes.

# CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO PREMEZCLADO

OBRA: \_\_\_\_\_

LOCALIZACION: \_\_\_\_\_

ELEMENTO ESTRUCTURAL: \_\_\_\_\_

LOCALIZACION DEL ELEMENTO: \_\_\_\_\_

RESISTENCIA ESPECIFICADA: \_\_\_\_\_

TIPO DE CEMENTO: \_\_\_\_\_

TAMAÑO MAX. DEL AGREGADO: \_\_\_\_\_

ADITIVO: \_\_\_\_\_

VOLUMEN TOTAL DE COLADO: \_\_\_\_\_

LABORATORIO: \_\_\_\_\_

No. MUESTRAS: \_\_\_\_\_

MARCAS DE IDENTIFICACION: \_\_\_\_\_

HORA DE LLEGADA DEL CAMION MEZCLADOR: \_\_\_\_\_

HORA DE INICIO DEL COLADO: \_\_\_\_\_

LA MUESTRA POR SU CALIDAD:  
(marque con una X)

\_\_\_\_\_ SE ACEPTA

\_\_\_\_\_ SE RECHAZA

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

# CONTROL DEL PROCEDIMIENTO EN EL CONCRETO

FECHA  
DIA    MES    AÑO  
---    ---    ---

CONCEPTO	CONTRATIS.	SUPERV.	OBS.
ALINEAMIENTO	---	---	-----
NIVELES	---	---	-----
DISTANCIA ENTRE COLUMNAS	---	---	-----
REFUERZO Y No. VARILLAS	---	---	-----
ESTRIBOS	---	---	-----
TRASLAPES EN ACERO	---	---	-----
RECUBRIMIENTOS DE ACERO	---	---	-----
SEPARADORES Y SILLETAS DE ACERO	---	---	-----
CIMBRA NORMAL	---	---	-----
CIMBRA APARENTE	---	---	-----
PASOS EN LA CIMBRA	---	---	-----
CONTRAFLECHA DE CIMBRA	---	---	-----
LIMPIEZA Y RIEGO	---	---	-----
VIBRADORES	---	---	-----
CANALONES, BOMBA CONCRETO	---	---	-----

HORA DE INICIO: \_\_\_\_\_

FIN DE COLADO: \_\_\_\_\_

5.- Efectuar medidas reales.

Se supone la obtención de 30 muestras de concreto, se pidió a la Planta un concreto con resistencia  $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$  con un grado de calidad A. De las 30 muestras se obtuvieron 2 valores de resistencia y se llevó el control estadístico siguiente:

No. MUESTRA	RESISTENCIA CILINDRO 1	RESISTENCIA CILINDRO 2 ( kg / cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA PROMEDIO	PROMEDIO 7 PRUEBAS CONSECUTIVAS
1	244	250	247	240
2	245	253	249	233
3	238	244	241	226
4	196	198	197	231
5	250	254	252	239
6	251	253	252	234
7	241	241	241	234
8	197	197	197	234
9	200	208	204	241
10	276	276	276	240
11	249	249	249	234
12	221	223	222	232
13	245	251	248	230
14	240	242	241	227
15	245	253	249	230
16	194	194	194	228
17	234	238	236	233
18	233	233	233	232
19	207	209	208	239
20	231	231	231	243
21	261	261	261	243
22	230	236	233	238
23	226	230	228	242
24	229	229	229	242
25	271	291	281	
26	235	237	236	
27	234	238	236	
28	226	226	226	
29	259	263	261	
30	225	227	226	

número de muestras  $n=30$   
promedio  $\bar{X}=236 \text{ kg/cm}^2$   
desviación estándar  $\sigma=21 \text{ kg/cm}^2$

6.- Comparación de los resultados con los estándares.

Se verifica el cumplimiento de la Norma NOM-C-155-1984 :

- a) se tiene un 20% de pruebas con valor menor a  $f'c=225 \text{ kg/cm}^2$  . . se cumple la norma
- b) se tiene un 0% de los promedios de 7 pruebas de resistencia consecutiva inferior a la resistencia  $f'c=225 \text{ kg/cm}^2$  . . se cumple la norma
- c) se tiene un 0% de pruebas con resistencia menor a  $f'c - 50 \text{ kg/cm}^2 = 175 \text{ kg/cm}^2$  . . se cumple la norma.

Se verifica la norma americana de la American Concrete Institute ACI-214-77 :

- d) para una desviación estándar por debajo de 25  $\text{kg/cm}^2$  se tiene un comportamiento excelente en cuanto a normas de control.

Las pruebas se pueden presentar usando cartas de control. Con un límite mínimo de aceptabilidad como:

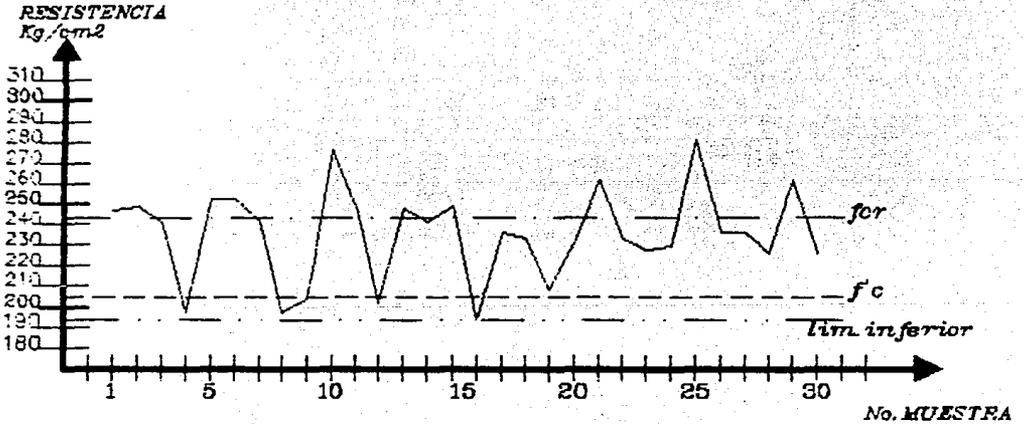
$$\text{Lím.} = f'c - (2.326 - t) * \sigma = 225 - (2.326 - 0.842) * 21 = 194 \text{ kg/cm}^2$$

y una resistencia promedio requerida igual a :

$$fcr = f'c + t * \sigma = 225 + 0.842 * 21 = 243 \text{ kg/cm}^2$$

A continuación se muestra la carta de Control de calidad del ejemplo :

# CARTA DE CONTROL



En caso de que no se hubiera cumplido con la calidad, se revisa primero la calidad que se tuvo en cada material que intervino en la Obra y los procedimientos constructivos y, finalmente, si la falla no fuera encontrada, se revisa si se puede dejar el elemento estructural con el concreto deficiente ó si se demuele el elemento.

TEMA III CONTROL DE  
COSTOS

### III.1 CONCEPTOS GENERALES SOBRE EL CONTROL DE COSTOS.

El control de costos es una función administrativa que se encarga de verificar que los recursos destinados a una actividad productiva sean aplicados de acuerdo a un programa establecido anteriormente.

El costo debe considerarse como una parte fundamental del proceso constructivo, ya que de su correcta observancia o inspección significará para la empresa su ganancia, objetivo que persigue toda empresa pública o -

privada.

Si una obra descuida el control de los costos o recursos que intervienen en ella, el resultado será seguramente negativo para el correcto funcionamiento de la empresa.

Al hablar de una obra como un proceso dinámico, el costo debe relacionarse con la calidad y el tiempo en una forma directa y proporcional. Como ya se vió en los capítulos anteriores el aumento de la calidad de un producto, o el recortar el calendario de un programa significa un aumento en el costo.

El control de costos, permite guardar una proporción equitativa entre los conceptos: calidad, tiempo y costo. En otra forma, se puede entender como la optimización de los recursos disponibles para una obra, vigilando la calidad de los productos y cuidando el tiempo de ejecución.

### III.1.1. Necesidades para establecer el control de costos.

La inspección la visualizaremos siempre desde ambos puntos de vista, ya que se aplican ciertas metodologías que casi siempre son desarrolladas en forma interna y empleando métodos empíricos.

Podemos distinguir dos puntos de vista (en la con--

tratación):

1. Dependencias Oficiales
2. Sector Privado

Las Dependencias y Organismos públicos que tienen a su cargo un volúmen importante de obras ejecutadas por contrato, necesitan establecer un sistema de control de costos, a fin de poder verificar que lo pactado no se desvíe; así mismo, podrá aprovechar los resultados del control para incrementar su archivo de Costos Históricos (clasificados convenientemente).

Igualmente en el Sector Privado se tiene la necesidad de Inspeccionar bajo cierta Metodología propia que llene los requisitos de objetividad y claridad de los resultados.

### III.1.2 Objetivos del control de costos.

El control establece sus objetivos de acuerdo a los intereses de la empresa, esto es, que el objetivo cambia en función de la forma de contratación, por lo que distinguiremos tres tipos de contrato más común:

- . Contrato por administración
- . Contrato por precio alzado
- . Contrato por precios unitarios.

En el Contrato por administración como la parte ejecutora recibirá el reembolso de los gastos más el porcen

taje de administración pactado; el riesgo de la parte -- contratante se centraliza fundamentalmente en la Inspección de los rendimientos y productividad de la mano de -- obra y de los equipos de construcción.

Si en dicho contrato se tiene un estimado o presupuesto base, las desviaciones que detecte la inspección serán -- en función de dicho presupuesto , pero si no se tiene, -- lo cual es común en este tipo de contrato, las desvia--- ciones se medirán respecto a datos del archivo o a datos estándar considerando siempre los ajustes necesarios pa-- ra lograr apreciaciones correctas de acuerdo con las --- circunstancias reales del proyecto.

En los Contratos por precio alzado que en un momen-- to se puede pensar que no se tienen riesgos para la parte contratante una vez fijado el monto del contrato hay que hacer notar que este riesgo puede ser de mucha considera-- ción y básicamente se centraliza en el avance de la o--- obra en un momento determinado. Por lo que la Inspección tiene que contar con una metodología técnica que verifi-- que los avances reales del proyecto.

Los Contratos por precios unitarios, son la genera-- lidad en el sector oficial y privado, aplicables en o--- bras que por su magnitud, carácter o urgencia, es nece-- sario adjudicar en forma directa, analizando y discutiend-- do con el contratista los mismos.

Es necesario enfatizar aquí nuevamente la importancia de que la organización cuente con un archivo de costos históricos clasificados convenientemente, de acuerdo con un catálogo de cuentas diseñado para las necesidades de la propia dependencia. Sólo una estadística objetiva y metódica puede generar criterios válidos de análisis - adecuados al ambiente en que opera la misma.

Es indudable que la estadística de los precios unitarios propuestos en las licitaciones proporciona un marco de referencia muy útil y prácticamente indispensable para normar el criterio de la dependencia en cuanto a -- precios unitarios. Sin embargo, dicha estadística es insuficiente, ya que los precios propuestos están sujetos a la influencia de muchos factores exógenos, incluyendo apreciaciones arbitrarias o equivocadas de los concursantes y ajustes que éstos hacen a los precios resultantes de sus análisis, según la estrategia que deseen seguir en el concurso.

Por consiguiente, la dependencia contratante busca obtener una retroalimentación de los "costos unitarios reales" de construcción, a través de un sistema de control de costos

### III.2 EVALUACION DE LOS COSTOS.

#### III.2.1 Concepto de Control de Costos.

En el control de costos, los estándares están -----  
constituidos por estimados de costo, que pueden referirse a la obra completa, a una fase de la misma, a un conjunto de operaciones o a una operación aislada.

Los costos constituyen variables aleatorias, que no pueden analizarse y preverse más que en función de los datos aportados por experiencias pasadas. Qué tan buena sea la extrapolación de los datos derivados de dichas experiencias para aplicarlas a la obra por ejecutar, depende fundamentalmente de las correlaciones que puedan establecerse entre los costos observados y los parámetros significativos que afecten el valor de los mismos.

El producto de la construcción es único, de tal forma -- que la planta constructiva se proyecta e instala en función de las características de la obra.

Tanto la planta como la fuerza de trabajo son esencialmente variables, de acuerdo con las diferentes etapas de construcción. Esta variabilidad de los recursos es uno de los problemas más importantes a los que se enfrenta la gerencia de una obra, y que exige un gran esfuerzo de programación y control.

Es conveniente considerar los recursos humanos que componen el sistema "obra" distinguiéndolos de los recursos físicos (equipo y materiales), para enfatizar la importancia de los primeros.

Los objetivos del sistema obra, involucra 2 aspectos diferentes:

- a) una definición formal del sistema físico deseado, - incluyendo una lista de los insumos y productos deseados de las condiciones limitantes y de las necesidades que se desea satisfacer, y
- b) El establecimiento de un sistema de valores que permita juzgar los métodos de los sistemas físicos alternativos y optimizarlos.

Los objetivos en su aspecto físico están condicionados por el proyecto, las especificaciones y además estipulaciones del contrato celebrado entre cliente y contratista, que proporcione el máximo beneficio a la empresa constructora. Las diferentes alternativas de equipo, --- grado de mecanización, sistemas de compras, intercambios tiempo-costos, grado de descentralización, deben evaluarse en función de los valores que sostiene la empresa --- constructora. Además, las políticas de la obra tienen -- que subordinarse a las políticas de la empresa.

### III.2.2. Valuación de proyectos.

Para la valuación de un proyecto se requiere:

- 1) Datos estadísticos. Datos que se acumulan en el transcurso de muchos años de experiencia en desarrollo de proyectos, los datos se pueden agrupar en 3 --

categorías :

a) Datos técnicos; que principalmente se relacionan con mejores diseños y procedimientos de cálculo, que están incorporados a las normas y procedimientos de Ingeniería.

b) Datos de duración; referidos al tiempo para completar las diferentes actividades dentro del programa

c) Datos de costo; relacionados con los costos de equipos, materiales y mano de obra en cada una de las actividades.

2) Estimado de horas-hombre. Una vez analizado el tipo de proyecto de que se trate, los datos estadísticos permiten realizar un estimado de horas-hombre por actividad, siendo de principal interés controlar que se cumplan los tiempos establecidos de duración de cada actividad, así como la programación determinada.

La estimación de horas-hombre requeridas para la ejecución del proyecto, depende en gran parte de elaborar un buen desglose de las actividades que se estime necesario realizar. Implica un conocimiento profundo del trabajo tanto en experiencia como en entendimiento del alcance requerido en cada disciplina.

3) Información mínima requerida. Para iniciar un proyecto se requiere que se cuente cuando menos con la siguiente información:

. Bases de diseño

- . Diagramas de flujo
- . Lista de equipo mayor y menor.
- . Diagramas de tubería e instrumentación
- . Plano de localización general de equipo, etc.

4) Actividades generales. Las actividades -- principales que se deben tomar en cuenta, para el buen -- desarrollo de un proyecto son:

a) No productivas directamente como son las -- internas de organización, con proveedores, reportes, etc.

b) Actividades de planeación, relacionadas básicamente con la elaboración de programas, usos de especificaciones y normas, procedimientos de diseño, estimados de costo, juntas con el cliente, etc.

c) Actividades de ingeniería básica. Estas tienen relación directa con el diseño del proceso, como el chequeo del balance, diagramas de instalaciones, etc.

d) Ingeniería de detalle. Involucran a todas las disciplinas directamente con el dibujo, diseño, chequeo de planos, elaboración de listas de materiales, etc.

e) Actividades suplementarias. Son todas las actividades no generalizadas en las secciones o que no son definitivas, como análisis de esfuerzos, estimados preliminares de materiales y costo.

f) Actividades de compras. Las primeras activi

dades son: elaboraciones de hojas de datos de equipo, -- requisiciones, envío de solicitudes de cotización, envío de órdenes de compra, etc.

g) Actividades auxiliares. Son aquellas que -- refuerzan de alguna manera las actividades principales -- del proyecto. Es importante considerar aquí servicios de computadora, chequeo de planos del fabricante, visitas a la construcción, etc.

h) Supervisión y control. Tienen como finali-- dad primordial lograr que lo planeado para el proyecto, se cumpla en las partes técnicas de calendario y de cos-- to.

5) Uso de datos estadísticos.

6) Comprobación de resultados, que se hará -- de acuerdo a la experiencia de la compañía auxiliado de los datos estadísticos obtenidos, así como una serie de parámetros adicionales.

### III.2.3. Análisis estadístico de costos.

En muchas ocasiones se pone en duda la utilidad de los métodos estadísticos como medio para prever los --- costos de obras futuras. En realidad, lo que resulta de validez dudosa es la aplicación de promedios ciegos, que no tienen en cuenta las características y circunstancias en que se realizaron las obras respectivas, y que se --- aplican indiscriminadamente a las obras futuras.

No puede formularse un estimado de costo aceptable si no se cuenta con datos significativos derivados del control de costos llevado en obras anteriores. Tampoco se puede intentar el control de costos de una obra si no se cuenta con un estimado razonablemente exacto, que sirva de patrón contra el cual comparar la ejecución.

Para corregir las desviaciones de los estimados o presupuestos, puede realizarse de diferentes formas. La empresa contratante de la obra puede modificar las bases del proyecto, hacer cambios de diseño, suprimir partes no indispensables del mismo, o modificar los métodos de contratación, administración y control de los proyectos. La empresa contratista puede mejorar sus sistemas y procedimientos de construcción, cambiar su organización para definir mejor las funciones y responsabilidades de cada puesto, mejorando así la coordinación de las actividades, o modificar los sistemas de dirección de la empresa, incluyendo una mejor selección y entrenamiento de personal, mejores procedimientos administrativos, sistemas de información y control.

Como consecuencia del control de costos, puede reducirse la inversión real y mejorar la rentabilidad de la obra, o aumentar los beneficios del contratista, generalmente muy por encima del gasto necesario para ejercer el control. Cuando la decisión para ejecutar una ---

obra se ha basado en hipótesis falsas respecto a los --- costos, el control de éstos generalmente revela prontamente este hecho, permitiendo así una oportuna reevaluación y corrección de los planes.

Es importante que el grupo de Ingeniería que vaya a llevar a cabo este control cuente con datos estadísticos de la empresa, así como estudios de tipo administrativo y contable, para facilitar la aplicación de la Teoría de decisiones en problemas de construcción.

#### III.2.4. Estimación de costos.

Se basa en:

1) General. El costo grueso del proyecto se basa principalmente en los sueldos de quienes desarrollarán el proyecto, impuestos de ley, gastos administrativos y honorarios.

2) Tipos de contrato. Es difícil dar una pauta al tipo de contrato a seguir, ya que depende de la -- compañía. Lo tipos de contratación más usados son: (explicados anteriormente)

Precios Unitarios

Precio Alzado

Por Administración.

3) Tabuladores. El uso de tabuladores de salarios, permiten convertir los requerimientos de personal en costo total de la mano de obra.

4) Organigrama del producto. Se forma partiendo del estimado de planos y documentos, así como de horas-hombre de acuerdo al programa general en que debe concluirse las actividades totales del proyecto.

5) Costos directos. Que son todos los costos relacionados con materiales, maquinaria y mano de obra.

6) Costos indirectos. Son todos los gastos que no se relacionan directamente con el personal y pueden dividirse en 2 grupos:

Gastos indirectos del proyecto: viáticos, gastos de subcontratos y destajos, transportes, etc.

Gastos indirectos de compañía.: renta, teléfonos, luz, depreciaciones, transportes, financiamiento, y gastos administrativos generales.

7) Factor de contratación: de acuerdo a los costos más comunes en una firma de Ingeniería.

### III.3 VARIABLES EN EL CONTROL DE COSTOS.

El control de costos, como todo proceso de detección de las desviaciones con respecto a un programa original, tiene características propias para cada obra. En México con su gran diversidad de zonas culturales y geográficas posee para cada estado una gran variabilidad de criterios. De esta forma en cada obra de construcción el rendimiento de la mano de obra es diferente así como

la productividad.

Se puede considerar que la productividad y el rendimiento son dos de las principales variables que influyen en un programa de ejecución de una obra, y que por lo tanto se deben contemplar dentro del control de costos para que los datos obtenidos en la inspección sean mejor entendidos.

### III.3.1. Control de Rendimiento.

El rendimiento se establece como la eficiencia con que se aplica un recurso. Para los recursos humanos requiere de experiencia ya que interviene para determinar el rendimiento, el número de obreros, y la duración en que se realizará una actividad. El rendimiento de la maquinaria, la proporciona el fabricante del equipo, o se obtiene mediante pruebas cronometradas.

Es tal la importancia del mismo, que existen publicaciones y libros que bajo el título de control de costos tratan exclusivamente sobre el tema de los rendimientos de diferentes actividades propias de una obra en construcción. Pero tal información no es mas que una recomendación basada en la experiencia, de tal forma que es recomendable establecer formas para el control y obtención de rendimientos propios para cada tipo de obra.

El sistema de control y las formas deben tener elementos comunes como:

a. El sistema debe apoyarse en formas primarias de captación de datos precisos, con espacios en blanco para ser llenados en forma "mecánica" y sin que de lugar a -- ambigüedades.

b. Los datos primarios deben concentrarse en formas siguiendo los lineamientos indicados anteriormente.

c. Deben definirse los periodos para la concentración de datos y además de los resultados del periodo --- deben presentarse los acumulados.

d. Dado que en las obras existe un gran número de - actividades debe buscarse el controlar y obtener rendi-- mientos de las más importantes o hacer agrupaciones convenientes para reducir su número.

e. Básicamente los recursos que se manejan son: materiales, equipo, tiempo y recursos humanos. En el caso de estos últimos debe aprovecharse el hecho de que existe la obligación de tener nóminas del personal para efectos fiscales, de pago de impuestos, seguro social, etc.

f. Un buen sistema de almacén es indispensable para el control de los materiales y debe introducirse en éste mecanismo que proporciona rendimientos.

### III.3.2. Control de producción.

Durante el desarrollo del tema de Control de Costos se ha referido a éste como un proceso industrial de la - Construcción, también como una aplicación de los gastos

a los distintos frentes de obra o actividades; todo bajo una ordenación de conceptos y métodos de análisis.

Lo referido anteriormente, podemos conceptuarlo como la primera parte del control de costos, que exige la atención y vigilancia diarias y ocupa el mayor trabajo del control.

Como parte complementaria consideramos el control de la producción que nos lleva a la comparación del costo con la valoración de las unidades ejecutadas de cada actividad, estableciéndose la relación costo-producción, que es la síntesis de todo el sistema, y de donde se obtendrán las consecuencias económicas inmediatas y fundamentales del proceso industrial, llegando, cuando sea necesario, al análisis comparativo que cada caso requiera. De aquí se desprende el extraordinario interés que para la obtención de los costos tiene este control de producción, ya que sin una evaluación acertada de la obra que corresponda a cada actividad, todo el cálculo de costos resultaría artificioso y erróneo.

El principal problema es la medición parcial y la valoración de fases de trabajos no acabados, pero que deben ser tenidos en cuenta para el estudio de costos y rendimientos. Esta valoración se hará en ciclos que correspondan exactamente con los de estimación del gasto. La eficacia del sistema, siguiendo este objetivo, estri-

ba fundamentalmente en la frecuencia de los períodos de control, en lo inmediato a los hechos que han de ser objeto de análisis y comprobación. Para esto, hay que buscar períodos practicables que armonicen la facilidad operatoria con la exactitud y economicidad en ambos controles de costos y de producción.

El control individual de costos, se hace extensivo al control de producción. Es decir, que exigirán medida y valoración aquellas unidades de obra que formen una actividad. Esta puede referirse a una unidad concreta del proyecto o a otros trabajos de obra que interese controlar; puede abarcar una o más unidades o ser sólo una fracción de ellas. En todos los casos se referirá la actividad de producción exactamente a los mismos trabajos que se hayan señalado para el control directo del costo. Este control individual se hace más fácilmente si se cuenta con una organización administrativa, la cual se tratará posteriormente.

### III.3.3. Relación Eficiencia-Tiempo-Costo.

Para la planeación y control de costos de un proyecto, la mano de obra desarrolla un papel importante; pues determina el costo de la obra al ser uno de los componentes elementales del proceso constructivo.

Las acciones que se deben llevar para evaluar el correcto rendimiento y producción son: valoración de los



2. Personal: Cantidad  
Calidad
3. Programa: Decisiones tomadas a destiempo.  
Pérdida de tiempo  
Mala estimación de horas-hombre por actividad.  
Ejecutar trabajos no programados  
No ejecutar trabajos programados.  
Aprobación de planos y documentos.

Desviaciones a la curva de costos promedio de horas-hombre, pueden ser por las siguientes razones:

1. Grupos de personal mal balanceados.
2. Escalación de salarios.
3. Programación deficiente de personal.

Una vez comparado el avance del proyecto contra lo programado habiendo analizado y tomado las decisiones -- para aumentar o mantener las eficiencias, es necesario -- informar al cliente y a la dirección, mensualmente los -- avances del proyecto, indicando también los objetivos alcanzados, los problemas posibles que se visualizan y -- los objetivos de dos o tres meses próximos o por lo me-- nos de un sólo mes.

También es recomendable presentar al cliente las alteraciones de Ingeniería que son las desviaciones del proyec to y que deben ser autorizadas por el cliente, independientemente del tipo de contrato.

Estas alteraciones deben controlarse en forma sistemática oportuna y correcta, de no llevarlas controladas, puede significar la pérdida del control de costo y de la duración del proyecto.

Los cobros o presentaciones de facturas, también deben ser presentados al cliente para su aprobación en forma sistemática y controlada, indicando al cliente el costo del proyecto y lo pagado, el costo de las alteraciones anteriores y el costo de las alteraciones mensuales, así como los costos de las facturas de indirectos, como son: copias, teléfonos, viajes, telex, viáticos, etc.

#### III.4 MECANISMOS DEL CONTROL DE COSTOS.

##### III.4.1. Metodología para el control de costos.

Las observaciones de costos se realizan durante visitas que se hacen a la obra, las cuales se sujetan a un programa aprobado. La frecuencia de las visitas debe fijarse de tal manera que se obtenga una muestra representativa de los recursos empleados en la obra, teniendo en cuenta la variabilidad de los mismos.

Los datos obtenidos por observación directa en el momento de la visita a la obra deberán complementarse, siempre que sea posible, con información recabada del Supervisor y del propio personal del Contratista, en lo referente a circunstancias o eventos ocurridos entre

una visita y otra, así como explicaciones respecto a la situación existente en el momento de la visita. Para ello se podrá además hacer uso de las anotaciones propias que realice el inspector. También se auxilia de las siguientes propuestas:

Para la Inspección de los "recursos productivos" hombres y máquinas hay que considerar que son los recursos cuya variabilidad es mayor y que sólo pueden estimarse como resultado de una estadística y de un análisis de ésta.

Pueden mencionarse los 3 siguientes métodos:

**Inspección Rutinaria:** se establecen siguiendo un plan -- previamente aprobado, las frecuencias de las visitas --- deben fijarse de tal manera que se obtenga una muestra - representativa de los recursos empleados en la obra, --- deben considerarse que por ser bajo un plan las muestras tienen cierto grado de alteración que deberá considerarse.

**Inspección por Muestreo:** consiste en una serie de observaciones hechas a intervalos no establecidos previamente con lo cual se obtiene una muestra de los recursos que - intervienen en una obra. Este método puede dar resulta-- dos parciales muy variables pero como resultado total -- será representativo de los rendimientos y productividad reales.

**Inspección Instantánea:** Este método consiste básicamente en observaciones rápidas sobre los conceptos representa-

tivos del proyecto haciéndolos repetidas veces en el transcurso de la fase a inspeccionar.

Este método no requiere un cuerpo de inspección y se hace con personal que visita la obra bajo formatos claros y sencillos a llenar. Los resultados podrán ser también muy variables, pero en conjunto representarán la productividad real.

En todos los casos, los frentes y las fases de obra no deberán ser tan amplias que se dificulte su observación y medición, o que no resulten útiles para captar las desviaciones respecto a lo contratado.

Los resultados deberán establecerse de conformidad con un catálogo aprobado, con objeto de poder correlacionar estadísticamente todas las observaciones que se hagan.

Los formatos de registro lógicamente deberán ser diseñados para la función prevista buscando siempre la claridad y facilidad de la recopilación de datos.

En cualquier caso los reportes deberán complementarse siempre que sea posible, con información recabada del Supervisor y del propio personal del contratista en lo referente a circunstancias y eventos ocurridos entre una visita y otra, así como explicaciones respecto a la situación existente en el momento de la visita; para ello podemos hacer uso de las anotaciones contenidas en la bitácora de Obra.

### III.4.2. Requisitos de un sistema de control de costos

Los textos de administración señalan diversas exigencias para que un sistema de control opere adecuadamente. Se analizará cada una de ellas con referencia especial al control de los costos.

1. Los controles deben reflejar la naturaleza y las necesidades de la actividad. El sistema para controlar los costos de ingeniería de proyecto será indudablemente distinto del que se use para controlar los costos de construcción. Los costos de operación y mantenimiento requieren procedimientos de control especiales, y lo mismo puede decirse de los costos de producción en serie. Por lo tanto, los catálogos de cuentas de costos y los sistemas de información correspondientes tienen que diseñarse para las necesidades de cada empresa y las características de cada tipo de obras.

2. Los controles deben indicar rápidamente las desviaciones. Ya se hizo notar anteriormente la importancia del "tiempo de respuesta" de un sistema de control. Los sistemas de contabilidad tradicionales generalmente tienen un tiempo de respuesta exageradamente largo; debido a que tienen que satisfacer diversos requisitos legales, además de servir para el control financiero de la empresa, deben ser meticulosamente exactos y reportar únicamente transacciones completamente terminadas y debida-

documentadas. Por lo tanto, su funcionamiento es lento y un tanto inflexible. El control de los costos requiere el establecimiento de un sistema de información más ágil y flexible, que permita conocer rápidamente las desviaciones de los planes y apreciar con igual rapidez los efectos de las medidas correctivas. El procesamiento electrónico de datos constituye una valiosa herramienta para lograr sistemas de control de respuesta rápida. Es importante, sin embargo, que exista una fuente de datos común para el sistema contable y el de control de costos, de tal manera que exista armonía y complementación entre ellos.

3. Los controles deben mirar hacia adelante. A este respecto también señalarse que los sistemas contables están generalmente orientados al pasado, es decir, tienen el carácter de registros de las transacciones realizadas en el pasado. Por lo tanto, se concluye como en el punto anterior, que es necesario establecer sistemas de control de costos orientados al futuro o lo que es lo mismo, capaces de predecir las consecuencias de las desviaciones de los planes. Los sistemas de programación y control de obras por redes de actividades constituyen instrumentos idóneos para proyectar hacia el futuro el efecto de las desviaciones presentes.

4. Los controles deben señalar las excepciones en los puntos estratégicos. Se hace referencia aquí al prin

cipio del control por excepción, según el cual el ejecutivo debe concentrar su atención en los casos de excepción, es decir, en aquellos en que lo logrado se aparta de las normas o planes establecidos. Los sistemas de programación por ruta crítica, al señalar claramente la secuencia de actividades cuyo cumplimiento es crítica para la consecución de la meta prefijada, facilitan la identificación de los puntos estratégicos. Para poder apreciar las desviaciones significativas en los costos, es indispensable que los presupuestos y estimados de costos, sean enteramente congruentes con el programa de obra aprobado y se elaboran mediante un análisis de las secuencias de operaciones por realizar. Podrá así advertirse fácilmente cuando el costo se aparta en forma inconveniente del presupuesto y de los estándares prefijados.

5. Los controles deben ser objetivos. Es necesario subrayar aquí nuevamente la importancia de basar el control de costos en un buen estimado de costo. Sin él, la apreciación que pueda hacerse respecto a los costos observados en la obra se convierte en un proceso totalmente subjetivo y de escasa significación. Cuando el estimado de costo se integra con el programa de obra, de tal manera que se fija un costo directo para cada actividad el control de costos requiere máxima objetividad y oportunidad.

6. Los controles deben ser flexibles. Con frecuencia, diversas circunstancias fuera de control del ejecutivo hacen que se tenga que cambiar los planes. Los sistemas de control de costos deben poder adaptarse fácilmente a estos cambios sin perder su validez y utilidad. Sucede en ocasiones que al elaborar un programa por CPM, se pretende darle un carácter estático e inflexible, que lo hace obsoleto rápidamente, debido a que no se ha previsto su frecuente revisión y actualización, de acuerdo con los cambios impuestos por las circunstancias. Los -- estimados de costo deben mantenerse consecuentemente actualizados para que siempre señalen en forma realista las metas alcanzables.

7. Los controles deben reflejar modelo de organización. En toda buena organización las responsabilidades -- de los diferentes niveles ejecutivos y de los diferentes puestos están perfectamente definidos.

8. Los controles deben ser económicos. Deben dis---tinguirse claramente el volúmen de información y el va--lor de la información. Dar mayor número de datos no sig--nifica necesariamente mejorar la información; por el ---contrario, en muchas ocasiones el exceso de información provoca incertidumbre, indecisión e incapacidad para in--terpretar adecuadamente la gran cantidad de datos que se reciben. Por lo tanto, hay que establecer un equilibrio adecuado entre la cantidad de datos que conviene generar

y el costo de procesarlos y distribuirlos para convertirlos en información. En general sólo debe proporcionarse la información indispensable para que cada ejecutivo --- pueda tomar las decisiones que la competen.

9. Los controles deben ser comprensibles. Los reportes de costos deben tener siempre una interpretación --- fácil y presentarse en forma inmediata utilizable. Re--- sultan de poca utilidad los datos de costos que el eje--- cutivo debe todavía procesar y analizar para que adque--- ran significado.

10. Los controles deben indicar una acción correc--- tiva. Ya se exprese anteriormente que si no hay acción - correctiva no existe control.

#### III.4.3. Control de costo administrativo.

Como se dijo en el control de producción, el control de costos es una función que requiere de una organiza--- ción administrativa por parte de la empresa. La empresa tendrá características y actividades según sea su ramo, pudiendo ser de Arquitectura, Construcción o Ingeniería. Ningún miembro de la empresa actúa por su cuenta propia, esto es existe una coordinación de acciones lo cual im--- plica el establecimiento de una jerarquía.

Para llevar un control más eficiente es necesario - diseñar formatos de entrada y salida de materiales o --- equipo de un almacén, el cual es de gran importancia por

ser un depósito regulador y registrador de los materiales adquiridos y consumidos.

Por ejemplo:

Una organización que puede llevarse en el almacén o en la oficina de la empresa, consiste en dividir los recursos en tres ficheros que son:

- materiales
- precios
- proveedores

Todo lo anterior debe actualizarse periódicamente y, en la actualidad se cuenta con una novedosa herramienta que es la computadora la cual puede ayudarnos en esta y en otras tareas de la empresa.

Pero aún contando con la misma, la información que se recabe en el campo debe ser veraz, por lo que se debe llevar a través de fichas o formatos como los que se presentan a continuación.







<u>PARTE DIARIO DE TRABAJO</u>			
..... DE ..... DE 19.....			
OBRA .....			
GRUPOS	MATERIALES	TRABAJO REALIZADO	TOTALES

<u>PARTE SEMANAL DE TRABAJO</u>			
SEMANA DEL ..... AL ..... DE ..... DE 19.....			
OBRA .....			
FECHA	MATERIALES	TRABAJO REALIZADO	TOTAL



<b>EMPRESA</b>	<b>CALLE</b> .....
<b>CIUDAD</b>	<b>TELEF. NR</b> .....
<b><u>ORDEN DE TRABAJO</u></b>	
<b>OPERARIOS:</b>	_____
	_____
	_____
<b>TRABAJO:</b>	_____
	_____
	_____
<b>OBSERVACIONES:</b>	_____
	_____
	_____

<b>M A R C A</b>					
<b>CAMION</b>	<b>FECHA DE ADQUISICION</b>	<b>DESTINO</b>		<b>REPARACIONES</b>	
		<b>FECHA</b>	<b>OBRA</b>	<b>FECHA</b>	<b>CLASE DE REPARACION</b>
<b>MARCA</b>					
-----					
----- HP					
DF					
Tm DECAIGA					
<b>MATRICULA</b>					
-----					

PARTE DE MAQUINERIA.

MAQUINA
Clase _____
Marca _____
Matricula _____

Semana del \_\_\_ al \_\_\_ de \_\_\_ de 19\_\_

Conductor : \_\_\_\_\_

Carburante Litros			Gasolina <input type="checkbox"/> Gas-Oil <input type="checkbox"/>		Trabajo Realizado
En el depósito	Reabrido	Total	Usado	Resta	
Totales					

Marcha al Cta/Kms	
Principio Semana	-----
Fin Semana	-----
Diferencia Km	

Observaciones:



# CONCLUSIONES

## CONCLUSIONES.

Controlar, resulta una actividad en sí sencilla en lo referente a los elementos básicos que utiliza, sin embargo, la aplicación del "Control" sobre una Obra en edificación exige de inventiva y destreza.

La formulación de un elemento de comparación ó estándar de control en actividades definidas dentro de un Proyecto, el muestreo y la valorización de los resultados de las pruebas de control, forman en conjunto el equilibrio adecuado entre la rapidez y exactitud de los informes de control.

Esta Tesis trata en forma general, como implementar un sistema para controlar una obra de Ingeniería Civil, la aplicación de medidas que ayuden a detectar deficiencias en la ejecución de un proyecto, determinar el avance que se tiene durante la construcción; estos son solo algunos ejemplos sobre la gran variedad de recursos que brindan

los sistemas del control de calidad, de tiempo y de costo.

Los informes de control, llaman la atención sobre las posibles desviaciones que ocurran sobre el rendimiento con respecto del Programa, pero son sólo una forma de avisar que la Obra tiene dificultades.

Por lo que el siguiente paso será tomar las medidas correctivas que sean necesarias para llegar al resultado que se planteó inicialmente.

Desafortunadamente estas medidas están apoyadas en la experiencia del ingeniero que implemente el Control, pero constituyen la retroalimentación de información que todo sistema de control deben contener.

El objetivo de la presente Tesis fue el de orientar e informar, de manera general pero precisa, sobre las tres principales formas de control más usuales en el campo de la Construcción.

# B I B L I O G R A F I A

"NORMAS Y COSTOS DE CONSTRUCCION",  
Alfredo Plazola. Editorial Limusa.  
México, D.F. 1976

"ORGANIZACION DE EMPRESAS CONSTRUC-  
TORAS", José Zurita. Editorial CEAC.  
Barcelona, España. 1978

"CONTROL DE COSTOS EN LA CONSTRUC-  
CION", Manuel Sánchez. Editorial  
CEAC. Barcelona, España. 1978

"COMO PRESUPUESTAR UNA OBRA",  
José Jansa. Editore Técnicos Asocia-  
dos. México, 1975

"METODOS DE RUTA CRITICA PARA CONS-  
TRUCCION DE EDIFICIOS", Ben Banson.  
Cía. Editorial Continental S.A.  
México, D.F. 1979

"ORGANIZACION DE OBRAS EN LA EMPRESA  
CONSTRUCTORA", R. Sansom. Editorial  
Palestra. México, D.F. 1965

"COSTOS Y TIEMPO EN EDIFICACION",  
Carlos Suárez Salazar. Editorial  
Limusa. México, D.F. 1982

"METODOS, PLANEAMIENTO Y EQUIPOS DE  
CONSTRUCCION", R. L. Feurifoy.  
Editorial Diana. México D.F. 1975

"INSPECCION Y CALIBRADO", Clifford W.  
Kennedy. Editorial URMO. España 1973

"INGENIERIA DE PROYECTOS", Víctor G.  
Hajek. Editorial URMO. España 1975

"ESTUDIO DE MOVIMIENTOS Y DE TIEM-  
POS", Marvin E. Mundel. Editorial  
C.E.C.S.A. México, D.F. 1970

"INSPECCION Y CONTROL ESTADISTICO DE  
CALIDAD", Centro Nacional de Produc-  
tividad. México 1982

"PRACTICA RECOMENDABLE PARA LA EVALUACION DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE RESITENCIA DEL CONCRETO. ACI-214-77. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. México , D.F. 1982

"ORGANIZACION Y DIRECCION INDUSTRIAL", Bethel et al . Fondo de Cultura Económica. México 1952

"LA INGENIERIA DE SUELOS EN LAS VIAS TERRESTRES", Alfonso Rico y Hermilo del Castillo. Editorial Limusa. México, D.F. 1982

"ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL CONCRETO REFORZADO", Gonzalez / Robles .Editorial Limusa. México, D.F. 1986

"DISEÑO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO", Instituto de Ingeniería. U.N.A.M. México, D.F. 1977

"PLANEACION Y ORGANIZACION DE OBRAS",  
Centro de Educación Continua. Facul-  
tad de Ingeniería . U.N.A.M. México,  
D.F. 1982

"INGENIERIA DE COSTOS", Centro de  
Educación Continua. Facultad de Ing.  
U.N.A.M México, D.F. 1985

"INGENIERIA DE COSTOS DE CONSTRUCCION",  
Centro de Educación Continua. Facultad  
de Ingeniería. U.N.A.M. México 1986

"SISTEMA DE CONTROL DE COSTOS", Fernan-  
do L. Sandoval. Tesis Ingeniero Civil.  
México 1987 U.N.A.M.

"EL CONCRETO PRUEBAS DE CAMPO Y DE  
LABOPATORIO", Angel Hernández G.  
Tesis Ingeniero Civil. México 1985  
U.N.A.M.