



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES ACATLAN  
CARRERA.: INGENIERO CIVIL

BIblioteca Y DOCUMENTACION

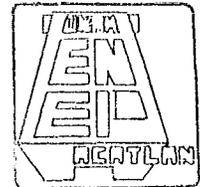
CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS DE  
INGENIERIA CIVIL

TESIS QUE PRESENTA

**Juan Rico Chino**



M-0028615



ACATLAN EDO. DE MEXICO, 1980



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLAN"  
COORDINACION DEL PROGRAMA DE INGENIERIA Y ACTUARIA.



CAI-I-115/80.

SR. JUAN RICO CHINO  
Alumno de la carrera de  
Ingeniero Civil,  
P r e s e n t e.

De acuerdo a su solicitud presentada con fecha, 20 de junio de 1979, me complace notificarle que esta Coordinación tuvo a bien asignarle el siguiente tema de tesis: "Control de calidad en obras de Ingeniería Civil", el cual se desarrollará como sigue:

Introducción.

I.-Concepto del control de calidad, importancia y aplicación en obras de Ingeniería Civil.

II.-Control de calidad estadístico.

III.-Criterios para el establecimiento de las normas de control de calidad.

IV.-Conclusiones.

Asímismo fué designado como Asesor de Tesis el señor Ing. Miguel de Jesús Quintero Nárez, profesor de esta Escuela.

Ruego a usted tomar nota que en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá -- prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito básico para sustentar examen profesional, así como de la disposición de la -- Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado. Es ta comunicación deberá imprimirse en el interior de la tesis.



A t e n t a m e n t e  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
catlán, Edo. de Méx., a 21 de Octubre de 1980.

ING. ALEJANDRO RAMÍREZ SECAÑA  
Coordinador del Programa  
de Ingeniería y Actuaría.

ENEP - ACATLAN  
COORDINACION DE  
INGENIERIA Y ACTUARIA

## RECONOCIMIENTOS

Deseo agradecer sinceramente a todas las personas que de alguna forma me ayudaron en la realización de este trabajo al brindarme su apoyo académico, distinguiéndome con su amistad y/o confianza para poder ver culminada una de mis metas, y a quienes fungieron como sinodales, M. en I. Gabriel Moreno Pecero, Ing. Agustín Valera Negrete, Ing. Fernando Favela Lozoya, Ing. Ignacio Lizárraga Gaudry e Ing. Miguel de Jesús Quintero Narez.

Gracias, muchas gracias,

Juan Rico Chino

DEDICATORIA

A mis padres:

Flavio Rico Ríos

Aída Chino Gutiérrez

A mis hermanos:

Luciana

Pedro

Martha Patricia

Flavio

Francisco

Ana Silvia

Aída

A mis profesores

A mis amigos

A mi escuela

"La característica de una mente instruída  
es quedar satisfecha con el grado de precisión  
que la naturaleza del tema admita, y no buscar  
la exactitud donde solamente sea posible una  
aproximación de la verdad."

Aristóteles

# C O N T E N I D O

	Página
INTRODUCCION.....	1
Capítulo I	
CONCEPTO DEL CONTROL DE CALIDAD, IMPORTANCIA Y APLICACION EN OBRAS DE INGENIERIA CIVIL.....	8
Concepto del control de calidad.....	9
Importancia de la calidad.....	15
Cómo debe ejercerse el control de calidad.....	17
Integración del control de calidad.....	19
Cómo debe reportarse el control de calidad.....	20
Círculos de control de calidad.....	23
Chequeo del equipo.....	25
Orden del laboratorio.....	26
Actualización del personal.....	28
Relaciones humanas.....	29
Los resultados y el sentido común.....	30
Capítulo II	
CONTROL DE CALIDAD ESTADISTICO.....	34
Generalidades.....	36
Distribución de frecuencias.....	38
Gráficas de control.....	49
Uso de las gráficas de control.....	50
Modelos de las gráficas de control.....	52
Cálculo de los límites de control.....	54
Control de calidad del material recibido.....	63
Muestreo.....	66
Tablas de muestreo.....	74
Tablas de muestreo para control del proceso.....	87
Métodos especiales.....	92
Pruebas de significancia.....	103
Predicción de confiabilidad.....	105
Tablas.....	111
Capítulo III	
CRITERIOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LAS NORMAS DE CONTROL DE CALIDAD.....	123
Conceptos básicos.....	124
Objetivos de la normalización.....	128
Beneficios de la normalización.....	130
Clasificación de normas.....	131
Elaboración de las especificaciones de calidad .....	135
Criterios.....	138
Capítulo IV	
CONCLUSIONES.....	140
Bibliografía.....	i

4-0028615

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

La calidad es la llave maestra que abre, amplía y retiene el mercado. Los proyectistas y constructores saben que la clave del éxito está en hacer y vender lo que el cliente desea, en el lugar y cantidad que quiera y al precio que pueda y quiera pagar, ya que la calidad se fija de común acuerdo entre constructor y usuario; sin embargo, para lograr esto es necesario que se desarrollen actividades altamente eficientes, controlando la calidad de los diseños, materiales, equipo y procesos constructivos, entendiendo perfectamente el significado de los conceptos control y calidad.

Sabemos que la reputación de buena o mala calidad es producto del interés o desinterés que se le dé a los trabajos que se realicen y de ninguna manera es un caso fortuito y cuando se tiene un prestigio de buena calidad, no se debe descuidar, ya que una sola falla en cualquiera de sus actividades, basta para que ese prestigio se venga abajo.

Debemos entender además, que el control de calidad no es un sustituto de los buenos trabajos de diseño, ni de los adecuados procesos constructivos, ni tampoco de una asidua supervisión, ya que esto siempre es requerido en los trabajos de alta calidad, por lo tanto, el control de calidad debe conceptuarse sólo como un auxiliar.

Cuando se somete a concurso la construcción de una obra, se busca la competencia y para salir airoso, se debe tener capacidad competitiva.

Esta capacidad está dada por dos factores que son: Características de calidad y precio, pues existe un precio para una calidad dada, y viceversa.

El control de calidad debe ejercerse en los puntos vitales de la construcción, utilizando los métodos más adecuados, dependiendo de la obra de que se trate, ya que cada una de éstas es un caso distinto, que se debe, por lo tanto, tratar particularmente, investigando todo lo referente a las normas a las que se deben ajustar los elementos que intervienen en la realización de esa obra, especificando las características de construcción para poder tener un marco de referencia de lo que se quiere construir y lo que se construye.

La calidad es importante tanto a nivel de empresa, como de instituciones, y a nivel nacional. Por ejemplo, podríamos preguntarnos ¿De qué calidad salen los alumnos de determinada carrera de la universidad, comparándolos con alumnos egresados de otras instituciones de enseñanza superior? O, si queremos un ejemplo de la importancia de la calidad a nivel nacional sólo basta decir que para aumentar el nivel de

vida del mexicano es necesario un aumento en la productividad y en la calidad, ya que nuestro país adolece de una productividad muy baja, de aproximadamente 50% promedio, existiendo empresas con un 30 y hasta un 15% de productividad, entendiendo por productividad no el trabajar más, sino mejor, aprovechando al máximo nuestros recursos, nuestra técnica y el tiempo, ofreciendo productos y servicios de buena calidad, tanto para poder competir en el mercado exterior, como para satisfacer la demanda nacional, ayudando así a fortalecer nuestra economía. Podemos referirnos también a lo señalado por el Secretario de Educación Pública, al decir que: "...tenemos que reconocer que la educación que se imparte en nuestras escuelas deja mucho que desear en términos de calidad."<sup>1</sup>

Vemos pues, que la calidad reviste gran importancia en todos los sectores del país, sin embargo, parece ser que aún no se le ha dado la importancia que merece y por eso mismo no hemos logrado superarnos y aceptarnos, ya que de todos es sabido que preferimos comprar artículos extranjeros a los nacionales porque ofrecen mayor calidad y a veces mejor precio. Además de darle la importancia que requiere a la calidad, se tiene que ejercer un control del que se obtengan beneficios como: mejor calidad de diseño y construc-

---

1) EXCELSIOR. 19 de septiembre de 1980, México, D. F.

ción, reducción en los costos, reducción de pérdidas, mejoras en la moral de los trabajadores, menos tropiezos en los procesos constructivos, mejores métodos de inspección, un establecimiento más racional de estándares de tiempo en la mano de obra, programas definidos para el mantenimiento de las obras, oportunidad de acumular datos importantes para uso en la propaganda y la adquisición de bases de actualidad para el cálculo de los costos debidos a desperdicios, reproceso y supervisión.

La industria de la construcción, como realizadora de todas las obras de infraestructura de nuestro país tiene una gran responsabilidad en la construcción de las mismas, ya que de la solidez de éstas depende en gran parte el desarrollo del país, entendiendo perfectamente el significado de la calidad, su importancia y su aplicación, desarrollando las técnicas adecuadas según las necesidades de cada proyecto, estableciendo los criterios a seguir para la elaboración de sus normas de calidad.

El objetivo de este trabajo de tesis es: Destacar la importancia que tiene el control de calidad en las obras de ingeniería civil; proporcionar algunos conceptos del control de calidad, métodos estadísticos y criterios para el establecimiento de las normas de control de calidad.

El esquema completo es el siguiente:

Capítulo I - Concepto del control de calidad, importancia y aplicación en obras de ingeniería civil.

En este capítulo se define el concepto del control de calidad y su importancia, el cómo debe ejercerse, integrarse y reportarse. Se da una introducción a la aportación japonesa de los círculos de control de calidad, el equipo y el orden en el laboratorio, se dan algunos aspectos sobre actualización del personal de control de calidad, las relaciones humanas y por último, el análisis de resultados y el sentido común.

Capítulo II - Control de calidad estadístico.

Como en la industria de la construcción se han desarrollado pocas técnicas estadísticas para el control de calidad, en esta parte de la tesis se tratan algunos métodos estadísticos que pueden adaptarse a las obras de ingeniería civil, definiendo primero sus características y justificando después sus ventajas. Las herramientas estadísticas que se tratan son: Distribuciones de frecuencias, métodos analíticos y gráficos para calcular la desviación estándar, gráficas de control, tablas para el muestreo, algu-

nos métodos especiales y la confiabilidad de las obras.

Capítulo III - Criterios para el establecimiento de las normas de control de calidad.

Los gobiernos de cada país, instituciones, organismos, etc., elaboran especificaciones de calidad para todos aquellos productos que se considere necesarios para protección del consumidor, por lo tanto quedan sujetas a especificaciones por parte de los productores y usuarios. Se trata aquí de los conceptos básicos de la normalización, sus objetivos, beneficios, clasificación, proceso de elaboración y los criterios a seguir en las obras de ingeniería civil.

Capítulo IV - Conclusiones.

En esta parte final de la tesis se presentan algunas conclusiones de lo que se investigó sobre el control de calidad en las obras de ingeniería civil y lo necesario que es el concientizar a algunos ingenieros civiles de la importancia que tiene el realizar actividades de alta calidad.

C A P I T U L O I

CONCEPTO DEL CONTROL DE CALIDAD, IMPORTANCIA  
Y APLICACION EN OBRAS DE INGENIERIA CIVIL

## CONCEPTO DE CONTROL DE CALIDAD.

Es muy frecuente encontrar en todas las actividades y niveles, conceptos que difieren de su significado. El enfoque que se le da a tal o cual concepto puede variar considerablemente si se somete a consideración de médicos, abogados, periodistas, psicólogos, arquitectos, ingenieros, etc., por ser personas con distintos criterios normados por su profesión.

Control de calidad es un concepto único que se puede aplicar con el mismo significado a cualquier actividad; sin embargo, cada persona le da el significado que más le convenga, de acuerdo con la actividad y el medio en que se desenvuelve, por eso en este capítulo se tratará de enfocar el concepto del control de calidad, su importancia y la aplicación que el ingeniero civil debe darle en las distintas empresas en que labora.

Existen ingenieros que ven en el control de calidad, a un grupo de personas que realizan muestreos y ensayos de laboratorio que pueden ser en algún momento útiles para dirimir polémicas relativas a la calidad con que fue construída una obra; otros ven a un grupo de represión, con el cual puede amenazarse al grupo de construcción de

una obra, para intimidarlo y con ello lograr mejores resultados. Afortunadamente, existen otros que consideren al control de calidad como un verdadero auxiliar en la construcción; sin embargo, parece ser que aún no se ha comprendido la importancia del control de calidad y que no se han definido claramente sus objetivos, lo que hace que éste no sea aplicado como debiera.

El control de calidad es un sistema integrado de actividades, presiones, procedimientos, equipo y materiales que afectan el establecimiento y posteriormente, el logro de un nivel de calidad, para que una obra cumpla con su propósito. Es muestreo, ensayo, inspección y selección de materiales para determinar si un procedimiento de construcción dado, garantiza el cumplimiento de los requerimientos de calidad fijados por el proyecto. Si un encargado del control de calidad no tiene claro concepto de esto, no podrá ejercer un buen control de calidad.

Desde que se empezó a tomar en cuenta la calidad en los materiales, así como el control en los procedimientos, mano de obra, equipo y todos los factores que intervienen en la realización de una obra, se contaba con la simple inspección visual no sujeta a restricciones, después se establecieron las especificaciones y los laboratorios

de campo. Se pensaba entonces, que cada una de estas partes era por sí sola una definición de control de calidad, cuando en realidad, forman parte de un sistema completo del control de la calidad.

Controlar, por definición, significa "Comprobar, inspeccionar", es sinónimo de: intervención, fiscalización, también puede definirse como un mando, dominio o preponderancia. La palabra "control", en la ingeniería civil, no debe interpretarse tan rígidamente como se define, sino que debe tener cierto grado de flexibilidad de acuerdo al criterio de cada uno y ante cada situación específica.

La palabra calidad, por definición, significa "propiedad o conjunto de propiedades inherentes a una cosa, que permite apreciarlo como igual, mejor o peor que las restantes de su especie."<sup>1</sup>

En la ingeniería civil estas propiedades nos permitirán apreciar en esas cosas la calidad como igual, mejor o peor que otra de su especie, de acuerdo a ciertas características restrictivas de proyecto, las cuales norman la calidad de los materiales. De este modo se puede tener una calidad del cien por ciento en una obra determinada y es-

---

1) GARCIA-PELAYO y Gross, Ramón. "Pequeño Larousse Ilustrado", 11a. edición, París, Francia, p.271.

tar muy por debajo de ese porcentaje en relación a otras obras similares, pero puede encontrarse también muy por encima de otras en cuanto a calidad, ya que la calidad se especifica de común acuerdo entre constructores y usuarios y según esto, se evalúa como buena o mala.

Entre el proyecto y la obra, es decir; en el proceso mismo, existe toda una gama de actividades que vigilar, una serie de materiales que checar y distintos criterios que aplicar para llegar a un buen resultado, ejerciendo una vigilancia adecuada en todos los procesos, definiendo los puntos clave.

Tomando en cuenta lo anterior, el control de calidad podría definirse como "el procedimiento o conjunto de procedimientos mediante el cual o los cuales se verifican las características de los materiales que intervienen en la realización de un proyecto, midiendo el porcentaje de calidad, tomando como referencia las condiciones de construcción fijadas en común acuerdo entre contratistas y constructores".

Antes de iniciar la construcción, y, junto con el proyecto, debe elaborarse todo un completo programa de control de la calidad, definiendo el nivel requerido y contem-

plar desde entonces la conservación de la obra. Las especificaciones de construcción son un aspecto fundamental, ya que fijan de alguna forma las metas por lograr, los programas que conducen al logro de las mismas y a determinar si se alcanza o no lo deseado. "Las especificaciones deben manejarse como un marco legal de la actividad técnica y como la referencia última de esa misma actividad válida hasta en tanto no se le señalen limitaciones, variaciones o ajustes de detalles."<sup>2</sup>

Las especificaciones no deben manejarse tan estrictamente hasta el grado de que sea imposible violarlas, ya que las personas que elaboran estas especificaciones, lo hacen suponiendo situaciones que se basan en experiencias anteriores; sin embargo, estas experiencias fueron en otra obra, en otras condiciones y con una serie de factores distintos.

Las especificaciones deben apoyar al control de calidad y para poder cumplir con ello, deben tener ciertas características, como:

- Ser propias de la obra y no adaptaciones de otras.
- Deben estar apoyadas en los estudios previos.
- Deben ser redactadas por un grupo de personas capa-

---

2) RICO Rodríguez y del Castillo. Ingeniería de Suelos en las vías terrestres. Tomo II, Ed. Limusa.

- citadas, que conozcan y comprendan los detalles del proyecto, las propiedades de los materiales, los procedimientos prácticos de construcción, los problemas contractuales y los sistemas de control de calidad.
- Deben ser objetivas, claras y concisas y no dejar ningún aspecto al criterio de la supervisión.
  - Deben exigir solamente la calidad requerida por el proyecto.
  - Deben exigir la calidad requerida con el mínimo posible de limitaciones y restricciones, permitiendo al contratista utilizar su ingenio y sus recursos para ejecutar la obra con el menor costo posible.
  - Deben estar orientadas a inducir al constructor a que lleve su propio control de calidad, dándole las ventajas económicas que de ello se derivan.
  - Deben fijar los procedimientos que se seguirán en caso de modificaciones al proyecto, con un espíritu de equidad que garantice la satisfacción de ambas partes.

Las especificaciones no deben tener ambigüedades, ya que propician discusiones que sólo ocasionan desaveniencias que a la postre redundan en contra de la calidad de la obra.

## IMPORTANCIA DE LA CALIDAD.

Frecuentemente hablamos del prestigio que tienen ciertas empresas, instituciones, etc.; esto se debe fundamentalmente a la calidad de sus productos o acciones. La calidad de una obra depende de los factores que intervienen en su construcción, como son: diseño, materiales, equipo, mano de obra, tecnología, organización, control, etc., y en la medida que estos factores sean controlados, será el nivel de calidad que se tenga, nivel que por otra parte, será fijado por el constructor y el cliente mediante especificaciones de construcción y será medida según alcance las exigencias del uso, es decir; debe desempeñar sus funciones tantas veces como se le pida a lo largo de su vida estipulada. Si la calidad de una obra depende de los tantos factores, antes mencionados, éstos por sí mismos deben cumplir los requisitos mínimos que para un determinado porcentaje de calidad dado, estén destinados y contribuir a fortalecer su propia capacidad y calidad en beneficio de la calidad total.

La calidad es una medida que sirve para saber si lo construido alcanza a cubrir las exigencias de la necesidad; esta calidad se puede definir de acuerdo a las exigencias del uso y a las posibilidades de construcción, auxiliados por la investigación científica.

El hecho de que la calidad forme parte importante de nuestras obras, repercute en la aceptación de los clientes, los que en última instancia determinan lo que van a comprar. La importancia de la calidad estriba en una mayor confiabilidad de los clientes al saber que tal o cual empresa tiene un sistema de control de calidad en sus obras, superior o inferior a los estándares actuales. El hacer proyectos de calidad al igual que la ejecución de los mismos, trae consigo un prestigio, el cual logra crear en los contratistas cierta confiabilidad y mayor aceptación de sus obras.

El control de calidad es importante porque permite establecer procedimientos de construcción que debidamente aplicados, dan suficiente confianza de que se obtendrán los requerimientos del proyecto, lo que redundará en economía para el constructor, y permite a éste programar con mayor precisión sus operaciones; esto aunado a un menor número de rechazos, le producirá economías importantes; por lo tanto, el control de calidad aplicado como una serie de actividades integradas, reduce el costo de las obras, pero debe quedar claro que si se realizan estas actividades no integradas, no están aplicando el control de calidad y por lo tanto producen retrasos y encarecimiento de las obras.

## COMO DEBE EJERCERSE EL CONTROL DE LA CALIDAD.

Después de haber descrito algunos aspectos del control de calidad, se pondrá de manifiesto la forma en que se debería aplicar el control de calidad en las obras de ingeniería civil, en específico porque no es lo mismo el control de calidad en nuestras obras que el control de calidad en la industria automotriz o algunas otras.

Es lógico pensar que cada industria tiene que adecuar las herramientas que la ciencia pone a su alcance, de acuerdo a sus exigencias y a sus posibilidades.

La industria de la construcción no ha desarrollado técnicas tan avanzadas como en algunas otras industrias; sin embargo, creo que esto se debe a que hasta hace poco tiempo se puso de manifiesto la imprescindibilidad del control de calidad preventivo y no correctivo.

En la industria de la construcción, la aplicación del control de calidad consiste en elaborar un programa de control de calidad de común acuerdo entre constructores y clientes y vigilar que ese programa se cumpla y que todos los elementos que concurren en la construcción cumplan con las características de calidad especificadas, pero el con-

trol de calidad no sólo debe situarse como mero vigilante, sino que debe ser factor de acondicionamiento o de cambio; debe contribuir al mejoramiento de la calidad de cada uno de los elementos que integran la construcción, buscando nuevos caminos para la obtención de la máxima eficiencia con el mínimo de esfuerzos y a niveles económicos, y obtener bases para el progreso de la calidad en obras posteriores, en diseños, en la reducción de costos y pérdidas en la construcción, así como la reducción de interrupciones en el proceso constructivo.

El control de calidad de la obra debe ejercerse sobre los puntos vitales de la misma, con un criterio científico y razonable teniendo como referencia su programa de control, definido previamente. Si se lleva un buen control de los materiales en cuanto a características específicas desde su adquisición, serán pocos los problemas que se presenten en este aspecto. El control de la calidad debe ejercerse en el momento de la construcción, de manera que se impida la construcción mala para que no se tenga que corregir después.

## INTEGRACION DEL CONTROL DE CALIDAD.

Para integrar el control de calidad, deben cubrirse ciertos requisitos, como son:

- Tener capacidad en personal, equipo y local, acorde con la magnitud de la obra.
- Contar con personal preparado en sus distintos niveles.
- Inspirar y tener la confianza del grupo de construcción y el firme apoyo de la administración de la obra.
- Tener un arraigado y firme espíritu de servicio.

El grupo de construcción, junto con el de control de calidad deberá establecer un procedimiento constructivo que permita, mediante el muestreo en las diversas etapas del mismo, obtener un grado de confianza aceptable en que la calidad de la obra terminada estará acorde con los requerimientos del proyecto.

El grupo de control planeará el muestreo definiendo el universo que debe muestrearse, la información que se pretende obtener, los ensayos que deben realizarse y la utiliza-

ción que se le dará a la información obtenida.

El grupo de construcción definirá, de acuerdo con el del control de calidad, los límites de acción o rechazo en cada etapa de la construcción, así como los conductos de información y relaciones que garanticen que la acción y el rechazo pueden llevarse en forma dinámica.

No debe olvidarse que:

- El grupo de control de calidad debe estar libre para muestrear, informar, etc., sin interferir con el grupo de construcción, ni recibir órdenes de él.
- El grupo de construcción es el único responsable de la ejecución de la obra sin interferencias y sin obstaculizar ni ordenar al grupo de control de calidad.

COMO DEBE REPORTARSE EL CONTROL DE CALIDAD.

El reporte del control de calidad debe contener toda la información necesaria acerca de las características físicas de los materiales utilizados, así como el nivel de calidad que los materiales y la obra en sí, deben tener en relación a las condiciones de construcción, para ello todos los reportes deben ser de clara interpretación y tener un

enfoque técnico; además debe procurarse que la persona encargada del control de calidad haga observaciones verbales a los constructores de algunas deficiencias por él observadas, y tanto éstas, como las observaciones por escrito deben ser oportunas e inmediatas, ya que muchas veces estos reportes u observaciones se hacen mucho tiempo después, cuando para corregir cierta deficiencia en algún determinado proceso, éste ya se encuentra terminado y por lo tanto, para corregir ese defecto o para rectificar alguna decisión, hay que detener los procesos siguientes, lo que repercute en tiempo y costo. Esto puede evitarse si las observaciones y las decisiones se hacen oportunamente.

Todos los reportes elaborados son: algunos provenientes del criterio y de las observaciones de la persona encargada del control de calidad, generalmente son recomendaciones a los constructores y los otros son sacados de las pruebas hechas en los laboratorios; estas pruebas deben cumplir con algunas características fáciles de comprender como son:

- " - Estar dirigidas a la comprobación de las características esenciales.
- Ser sencillas y rigurosamente estandarizadas.
- Ser rápidas en su realización.
- Ser de fácil interpretación.

- Requerir equipos económicos, fácil de corregir y calibrar, además de poseer un manejo simple."<sup>3</sup>

De esta forma se podrán tener resultados confiables en los laboratorios que se encuentran en las obras, que son los que han de realizar el control, sin interferir o frenar los programas de construcción.

Es recomendable que no se haga lo que frecuentemente vemos en algunas empresas dedicadas al control de calidad en donde por cualquier detalle, aún sin importancia, tienen que hacer un reporte. Esto es conveniente desde el punto de vista administrativo, pero técnicamente estas observaciones no aportan ninguna información que pueda ser de utilidad; por eso es necesario que entre el constructor y el personal de control exista comunicación abierta, franca y no mal intencionada, y procurar evitar que se manejen reportes sin ninguna utilidad técnica y que los defectos de poca importancia no pasen a formar parte de un archivo de gran volumen y de poca información, ya que la calidad de una obra no se mide por el volumen de reportes de defectos, correcciones o modificaciones que se generen, sino por la participación activa en el desarrollo del proyecto.

---

3) Ibidem.

## CIRCULOS DE CONTROL DE CALIDAD.

"El sistema de círculos de control de calidad, es un mecanismo que establece el autocontrol en todos los niveles de producción, desde el trabajo operativo mismo hasta la ingeniería y la investigación."<sup>4</sup>

Un círculo de control de calidad se forma por personal de una misma categoría dentro de un proceso constructivo, que realizan tareas similares, quienes voluntariamente se reúnen e intercambian opiniones acerca de su trabajo, relacionadas con los problemas que se le presenten o acerca de algunas modificaciones en algunos procesos constructivos. Estos círculos, como se dijo anteriormente, se forman desde el inicio del trabajo mismo, y más aún, debieran iniciarse desde el proyecto. Los círculos de control de calidad operan de la siguiente manera:

Dentro del proceso constructivo, un primer círculo lo formarían los trabajadores, quienes al tener algún problema que no puedan resolver, se lo transmitirán al siguiente círculo que podría ser el de los técnicos; si estos son capaces de dar una solución satisfactoria, no habrá necesidad de escalar el siguiente círculo, que podría ser el de los ingenieros y estos, en caso de que les llegue el problema y no

---

4) Curso de Control Estadístico de Calidad. Centro de Educación Continua, DESFI, UNAM. México, D. F., Octubre, 1977.

pudieran resolverlo satisfactoriamente, se pasaría al siguiente círculo que podría ser el de los investigadores o gerentes, o más aún, creo que al no poder resolver determinado problema y al ser requerido su pronta solución se crearía otro círculo que estaría formado por contratistas y usuarios.

El mecanismo de los círculos de control de calidad, es adecuado para hacer funcionar todos los niveles y aprovechar plenamente sus capacidad; estos círculos son una modalidad japonesa al control total de la calidad de FEIGENBAUM, quien define al control total de la calidad como "un conjunto de esfuerzos efectivos de los diferentes grupos de una organización para la integración del desarrollo, del mantenimiento y de la superación de la calidad de un producto, con el fin de hacer posibles, fabricación y servicio a satisfacción completa del consumidor y al nivel más económico."<sup>5</sup>

En las obras de ingeniería civil, lo que generalmente se acostumbra, es formar un equipo de técnicos que se encargan del control total de calidad en todos los niveles, limitando al equipo humano a sólo construir. Lo que existe en las construcciones civiles, es una secuencia de niveles, pe-

---

5) FEIGENBAUM, A. V. Control total de la calidad, 9a. reimpresión. Ed. CECSA, 1978.

ro éstos no forman círculos definidos, por eso vemos que si a un trabajador se le presenta un problema, éste por sí sólo intenta resolverlo y si no le es posible, se lo transmite a su jefe inmediato superior que podría ser el jefe de grupo, y éste a su vez, también por sí sólo, tomará las decisiones pertinentes si es que está capacitado para ello; y si no, se lo transmitirá a su superior, que en este caso sería el ingeniero responsable de esa área y éste al jefe superior o gerente y así sucesivamente. Vemos pues que todas las decisiones están centralizadas.

#### CHEQUEO DEL EQUIPO

Es muy importante que todo nuestro equipo de trabajo se mantenga en todo el tiempo de operación en óptimas condiciones de funcionamiento, ya que nuestras máquinas y equipos auxiliares, como cualquier herramienta, sufren un desgaste con el uso, y éste repercute en la obtención de resultados, los cuales pueden mal interpretarse al considerar como buenos, algunos resultados que están afectados por el mal funcionamiento del equipo.

Es necesario que conozcamos el funcionamiento de las máquinas y las condiciones de operación, así como las ne-

cesidades y períodos de revisión para poder obtener resultados confiables. Es también importante el uso del sentido común para detectar fallas en el equipo mecánico, claro está que ésto se deriva de la experiencia y del conocimiento del mismo, así como del comportamiento de los materiales ensayados.

#### ORDEN DEL LABORATORIO

En el campo de la construcción existen algunos conceptos que desde hace tiempo algunos ingenieros han venido manejando de manera equivocada, y uno de ellos es el de la ordenación y la limpieza de las obras, y por eso vemos en algunas de ellas el desinterés por mantenerlas ordenadas y limpias. Comúnmente vemos cimbras, varillas, tabiques y demás, en completo desorden. Este concepto se ha extendido en algunos laboratorios de control de calidad y desafortunadamente muchas personas creen que por ser un lugar para efectuar pruebas de materiales, en donde se deben usar distintos equipos y herramientas, éstas después de utilizarse, así como los materiales, después de ensayarse, pueden dejarse en

cualquier parte, sin tener un lugar destinado para cada cosa; sin embargo, esto repercute en lo siguiente:

¿Qué pasa cuando se necesita alguna herramienta o equipo para realizar determinada prueba? Si cada equipo y herramienta tienen un lugar destinado, no habrá ningún problema para su localización; pero si no es así, el operador empezará a buscarla por todas partes; al no encontrarlo comenzará a preguntar a las demás personas y después de una árdua investigación, le informarán que el equipo no se encuentra en el laboratorio porque se lo han llevado a otra parte. Consecuentemente existe una pérdida de tiempo que se convierte en dinero que al repetirse continuamente, termina por disminuir el rendimiento del trabajo. Esta situación planteada es muy frecuente, como también es frecuente no saber dónde dejaron el material que llegó al laboratorio, de tal o cual obra, para hacer determinada prueba. Se hace entonces necesario que todas las cosas que integran el equipo del control de la calidad tengan una ordenación adecuada para que en cualquier momento y cualquier persona pueda fácilmente localizar lo deseado. Es muy importante la disciplina que debe guardar el personal del control de calidad al tomar algún objeto de su lugar y volverlo a colocar en su sitio de localización.

#### ACTUALIZACION DEL PERSONAL.

Los ensayos, pruebas, métodos y criterios aplicados al control de calidad, día a día, van siendo modificados o sustituidos por otros que según estudios realizados, ofrecen mayores ventajas, tanto de operación como en confiabilidad. Por eso es que se hace necesaria la actualización del personal técnico encargado del control de calidad en cuanto a las normas oficiales mexicanas que son emitidas por la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial (SEPAFIN) a través de la Dirección General de Normas (D.G.N.) que es la encargada de que estas normas se cumplan. Sin embargo, tanto la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP) como la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (S.A.R.H.), la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.), Petros Mexicanos (PEMEX) y otras instituciones, tienen centros de investigación que contribuyen a mejorar algunas técnicas y crean además sus propias normas que rigen en sus obras, y por lo tanto, se debe tener conocimiento de ellas.

El control de calidad se encarga de comprobar que todos los materiales utilizados estén dentro de las normas establecidas por el constructor y el contratista, por lo tanto, está sujeto a utilizar tal o cual norma, y esto

obliga en cierta forma a estar bien informados y actualizados en lo que a ellas se refiere.

## RELACIONES HUMANAS

Desde el inicio de este capítulo se ha insistido en los falsos conceptos que el ingeniero civil maneja, desde luego que esto no es general, pero sí existe una gran mayoría de ingenieros que sólo actúan como máquinas, dedicándose únicamente a cálculos, planos, mando, etc., pero frecuentemente dejan en el olvido el aspecto humano, social, económico y psicológico que es tanto o quizá más importante que los buenos proyectos, porque en el equipo humano estriba el éxito o el fracaso de una empresa, por lo tanto, se hace necesario tratar al trabajador de la manera más adecuada para obtener de éste el mayor rendimiento posible y una de las formas de conseguirlo es proporcionándoles estímulos para que se sientan personas realizadas dentro de la empresa. Todo ingeniero que se encuentre en una situación de mando, debe conocer, por lo menos, los aspectos fundamentales de la administración de personal y cómo obtener la máxima eficiencia.

El jefe de control de calidad, al tener a su mando un equipo humano de trabajo, debe proporcionar a sus subordi-

nados los estímulos necesarios para poder obtener un máximo rendimiento.

En el equipo de control de calidad, quizá es donde se hace más necesario tener un buen control sobre los trabajadores, ya que éstos por negligencia o por falta de una adecuada remuneración, presentan informes mal hechos o quizá inventados, de las pruebas que están a su cargo. Por lo tanto, el personal que integra el control de calidad, debe estar consciente del papel que le toca desempeñar dentro del proceso constructivo y el jefe del control de calidad debe cuidar que su personal así lo sienta.

#### LOS RESULTADOS Y EL SENTIDO COMUN.

Aristóteles en uno de sus comentarios decía: "La característica de una mente instruída es quedar satisfecha con el grado de precisión que la naturaleza del tema admita, y no buscar la exactitud donde solamente sea posible una aproximación de la verdad."

Haciendo referencia a este comentario, se puede decir que si algunos estudios o ensayos aún no se han perfeccionado, pero ofrecen una aproximación a la realidad, debemos tomarlos como buenos y generalmente en la mayoría

de los ensayos existe inexactitud e incluso en las matemáticas aplicadas.

El ingeniero debe cultivar el hábito de desconfiar de lo que no le parezca razonable. Algunas veces las apariencias pueden indicar un resultado incorrecto, el resultado puede serlo, en ese caso, sus sentidos necesitan cultivarse.

La experimentación y el ensayo científicos, así como las matemáticas, han llegado a ser una importante herramienta del ingeniero. El ensayo no debe usarse como sustituto del pensamiento, aunque podría descubrirse que un experimento apropiado pudiera coadyuvar al análisis.

Antes de emprenderse el propósito de un ensayo debe entenderse bien, y el carácter general de los resultados debe ser previsto. El secreto de los ensayos está, no en iniciarlos y esperar lo mejor, sino en los resultados de la planeación cuidadosa e inteligente y el lento y penoso proceso de resolver dificultades.

Es importante para el ingeniero civil interesado en la realización de los ensayos haber desarrollado la habilidad para visualizar lo que acontece tras de las operaciones físicas de los ensayos. Debe percatarse de los

errores y advertir rápidamente dónde podrían ocurrir. Debe permanecer alerta para advertir lo inusitado, pues ahí yace el embrión del descubrimiento. Debe ser el primero en comprobar sus resultados recurriendo al criterio de lo que parezca como razonable y estar listo para verificarlos en caso contrario.

Un experimento o ensaye permanece inconcluso hasta que se le resume, comprueba e interpreta. Debe constituir el orgullo, como es la obligación del ingeniero, de presentar los resultados de sus descubrimientos de manera clara, enfática, inteligible y agradable. La naturaleza de un informe debe ajustarse para satisfacer las necesidades de las personas que lo vean. Las personas no técnicas y los usuarios de materiales no informados, poseen una tendencia a pensar en los ensayos, especialmente los de aceptación, como instrumentos precisos, infalibles y de aplicación general. Sin embargo, los ensayos siempre están sometidos a condiciones limitativas, y los resultados no se pueden informar apropiadamente hasta que se les asigne una interpretación práctica.

Los resultados de los ensayos deben tomarse como base para normar nuestro criterio en el momento de rendir algún informe, pero debido a la gran divergencia en los re-

sultados, los encargados del control de calidad deberán utilizar el sentido común, es decir; que si un resultado de alguna prueba o estudio del que se tenga referencia, resulta muy diferente a lo que se esperaba, se deben analizar las circunstancias o factores que pudieron haber influido en la obtención de resultados no esperados y al tener la certeza de haber efectuado el ensaye o estudio conforme a lo establecido, se tenga la iniciativa para abrir una investigación de esto, ya que muchos de los descubrimientos tienen origen en los laboratorios y son derivados de resultados no comunes.

Debe recordarse que tanto en el ensaye como en el uso de las matemáticas, el sentido común siempre debe imponerse.

CAPITULO II

CONTROL DE CALIDAD ESTADISTICO

"Sin control de calidad, usted, como productor o comprador, está en la misma posición que la de aquél que apuesta en las carreras de caballos -con una excepción, las probabilidades de ganar o perder no están a la vista-. El control de calidad estadístico le dará a conocer las probabilidades de ganar o perder sobre lo que desea usted colocar su dinero, equipo humano, herramientas y materiales. Le dirá a qué nivel y con qué variación está usted operando, y lo más importante, le dirá cuándo cambie el proceso, herramientas o materiales de ese nivel y de esa amplitud de variabilidad... posiblemente lo más importante de todo sea el cambio de su modo de considerar las compras o la producción y la inspección de ambas. La clarísima luz con que el control estadístico de calidad ilumina todo lo que rodea la característica que está siendo examinada, muchas veces revela hechos sorprendentes, algunas veces buenos, otras malos. Será usted sacudido de su estado de complacencia. Su filosofía cambiará hacia algo mejor. La variabilidad será reconocida como una característica natural inherente a la producción, o, en el caso de que sea usted el que esté comprando, inherente al material entrante."<sup>1</sup>

---

1) GRANT, Eugene L. Control de Calidad Estadístico. 3a. impresión en español, Ed. CECOSA, México, D. F.

## GENERALIDADES

Los métodos estadísticos para el control de calidad en las obras de ingeniería civil no se han utilizado tanto como en otras empresas industriales, y por lo mismo, no se han desarrollado como debiera. Parte de esto se debe a que existen muchos ingenieros civiles que ven en el control estadístico de calidad una metodología idealista y de no muy fácil comprensión y aplicación; sin embargo, se puede comprobar fácilmente que el uso de la estadística para el control de calidad resulta más económico que los métodos no estadísticos, además de que ofrece las siguientes ventajas:

10. Requieren menos muestreos y menos trabajos de laboratorio.
20. Control de defectos en la construcción, determinación y aislamiento de las causas.
30. La interpretación del trabajo de control es limpia e inmediata.
40. Los métodos son prácticos, económicos y fácilmente aplicables.
50. Consecución de la calidad exigida con apego a las normas y especificaciones previamente establecidas.
60. Los trabajos de control están a cargo de equipos especializados.

Por las ventajas que presenta, se hace necesario que los métodos estadísticos se desarrollen y adapten a las necesidades de la ingeniería civil de manera tal, que contribuyan eficazmente en la realización de proyectos de calidad cada vez mejores.

"La Estadística es la rama de las matemáticas que se encarga de enseñar las reglas para coleccionar, presentar y procesar los datos obtenidos al realizar varias veces el experimento asociado a un fenómeno de interés. Proporciona además, los métodos para el diseño de experimentos para tomar decisiones cuando aparezcan situaciones de incertidumbre."<sup>2</sup>

Dentro de la Estadística podemos contar con diversas herramientas, como son: distribuciones de frecuencia, gráficas de control, tablas de muestreo, etc. Para utilizarlas adecuadamente, debemos conocer sus características y adaptarlas para elaborar un control de calidad estadístico más fundamentado, dentro de la ingeniería civil, considerándolo como un conjunto de herramientas que puedan influir en las decisiones relacionadas con las funciones de: especificación, construcción e inspección, procurando tener la cooperación absoluta de estos tres grupos, para ejercer un control efectivo.

---

2) Curso de Control Estadístico de Calidad. CEC. DESFI. UNAM. México. Octubre de 1977.

**Dato y observación:** Es el resultado de realizar un experimento.

**Muestra:** Es una colección de datos u observaciones.

**Muestreo:** Es el proceso mediante el cual se obtiene una muestra.

**Muestreo con reemplazo:** Se tiene cuando cada elemento observado se reintegra al lote del cual fue extraído antes de extraer el siguiente.

**Muestreo sin reemplazo:** Cuando cada elemento observado no se reintegra al lote del que fue extraído.

**Población:** Total de datos que se pueden obtener al realizar una secuencia exhaustiva de experimentos.

#### DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS

En los materiales, procesos constructivos, muestras o resultados de pruebas, siempre existen variaciones que son inevitables, por lo que es necesario tomarlas en cuenta, fijando límites de tolerancias dentro de los cuales, las va-

riaciones que se presenten se consideren debidas al azar y no afecten las características de calidad deseables.

Cuando las variaciones se presentan fuera de ese rango, entonces sí se debe preocupar el personal encargado del control de calidad para poder detectar las fallas y aplicar las acciones correctivas que se requieran, observando la frecuencia con que estas observaciones se presentan.

La frecuencia se define como: el número de veces con que se presenta cada dato.

Si tenemos  $n$  datos obtenidos de un muestreo, y si todos tienen variaciones entre sí, lo primero que se puede hacer es un promedio aritmético de ellos, que se obtiene sumando los  $n$  datos y dividiéndolos entre  $n$ ; sin embargo, con eso no podemos saber la amplitud de la dispersión, ni la frecuencia con que se presenta cada dato. La amplitud se obtiene de la diferencia del valor mayor y el menor de los datos de una muestra.

Si todos los datos obtenidos los tabulamos, podemos representarlos en un histograma, que se construye llevando a escala en el eje de ordenadas el número de datos comprendido, en intervalos de variación iguales, los que se señalan en el eje de las abcisas. (ver fig. II.1.)

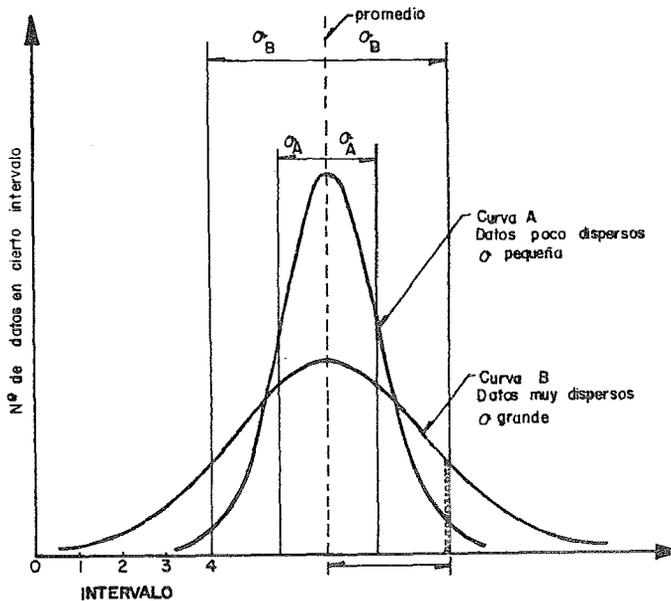
La distribución de frecuencias se define como la tabulación o el registro por marcas, del número de veces que se presenta una cierta medición de la característica de calidad dentro de la muestra de un elemento o material que se está examinando.

La distribución de frecuencias nos sirve de auxiliar para emitir opiniones acerca de las características de los elementos sujetos a control, tomando muestras representativas de un determinado lote, nos ayuda a afirmar el principio de que siempre debe tomarse en cuenta cierta cantidad de variación entre los elementos de un determinado proceso; establece la forma gráfica que puede tomar esa variación, facilita el estudio y control de la variación, para saber si ésta podrá permitir que los elementos estudiados queden dentro de los límites especificados, obteniendo otras características, como son:

- El valor central aproximado.
- La amplitud de la dispersión de los valores.
- La relación entre los valores observados y las tolerancias.

La forma de la curva típica de la distribución de frecuencias depende de la variabilidad de los datos. Al aumentar la variabilidad, la curva se abate y se alarga. Cuando la variabilidad es pequeña, los valores se concentran cerca del promedio y la curva es alta y angosta. (ver fig. II.1.)

Figura II-1 Formas de la curva de distribución normal.



La desviación estándar ( $\sigma$ ), es una medida de la dispersión o variabilidad de los datos. Cuando la distribución de frecuencias es larga y abatida, el valor de  $\sigma$  es grande; esto indica que existe mucha variación. Si existe

poca variabilidad, los valores se aglomeran alrededor del promedio, y el valor de la desviación estándar es pequeño. (ver fig. II.1.)

La desviación estándar se define como la raíz cuadrada del promedio de la desviación al cuadrado de los resultados de pruebas de campo, laboratorio u observaciones, y se calcula con la siguiente fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (1)$$

En donde:

$x_1, x_2, x_3, x_n$  : valores individuales de los datos.

$\bar{x}$  : promedio.

$n$  : número de datos.

Ejemplo:

Para la serie: 4, 5, 6, 7, 8

La media será:  $\frac{4+5+6+7+8}{5-1} = 7.5 = \bar{x}$

Y la desviación estándar es:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(4-6)^2 + (5-6)^2 + (6-6)^2 + (7-6)^2 + (8-6)^2}{5-1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{4 + 1 + 0 + 1 + 4}{5 - 1}}$$

$$\sigma = 1.58$$

Cuando la serie consta de un gran número de datos, resulta conveniente agrupar los datos de igual valor, dentro de celdas individuales, antes de proceder al cálculo de la desviación estándar. Si las lecturas se han agrupado en esta forma, la fórmula por emplearse será:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum fx^2}{n} - \bar{x}^2}$$

$\sum fx^2$  : suma del número de datos en cada celda por el cuadrado del valor de la celda correspondiente.

El valor de  $n-1$  se emplea cuando el tamaño de la muestra es pequeño, ya que aumenta el valor de la desviación estándar y con ello disminuye la inseguridad. El valor de

n se emplea cuando el número de datos es ilimitado.

Ejemplo:

"Para calcular la desviación estándar observemos los resultados de prueba a la compresión, en  $\text{Kg/cm}^2$  de cilindros de concreto, agrupando los valores de la desviación en intervalos de  $14 \text{ Kg/cm}^2$ , es decir, que todas las pruebas que quedan entre los  $231$  y  $245 \text{ Kg/cm}^2$ , quedan registrados como de  $238 \text{ Kg/cm}^2$ . Ya que éste es el valor promedio de ellos." <sup>3</sup>

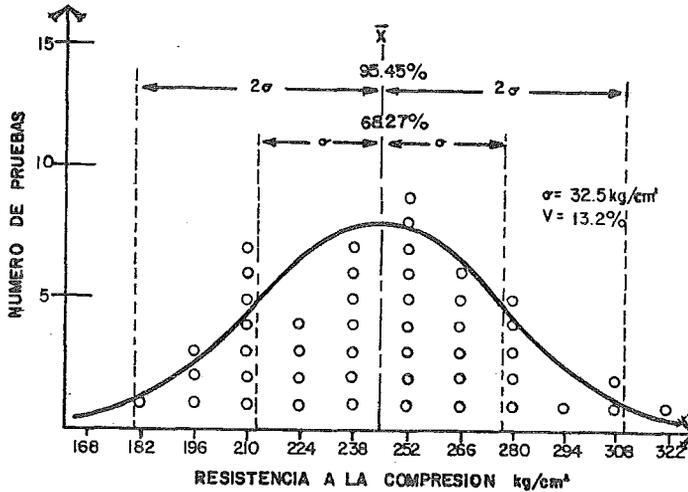
$$\frac{231 + 245}{2} = 238$$

Los primeros intervalos de la figura II.2., situados a cada lado de  $\bar{x}$ , tienen una desviación estándar de  $(x_1 - \bar{x}) = 7 \text{ Kg/cm}^2$  y existen 16 pruebas con esta misma desviación, 9 a la derecha y 7 a la izquierda. (ver fig. II.2).

---

3) IMCYC. Control de Calidad del Concreto. 2a. Impresión. México, D. F., 1979.

Figura II-2 Distribución de frecuencia normal de los resultados de pruebas.



Para simplificar más la ecuación 1 se pueden dividir las desviaciones entre 7. En los primeros intervalos a la izquierda y a la derecha, o sea uno menor (7) y otro mayor (9) que  $\bar{x}$ , la desviación se convierte en 1. El segundo conjunto de intervalos tiene una desviación respecto a  $\bar{x}$  de 3, y así sucesivamente. Con estos ajustes la ecuación 1 queda así:

$$\sigma = \sqrt{\frac{16(1)^2 + 10(3)^2 + 12(5)^2 + 4(7)^2 + 3(9)^2 + 1(11)^2}{46-1}}$$

La metodología a seguir al utilizar este método es la siguiente:

- a) Se calcula la resistencia promedio,  $\bar{X}$ , y se redondea con una aproximación de 1 Kg/cm<sup>2</sup>.
- b) Se traza el número de pruebas de resistencia en intervalos de 14 Kg/cm<sup>2</sup> situando los puntos medios de los intervalos múltiples iguales a 14 Kg/cm<sup>2</sup> de desviación a partir de  $\bar{X}$ , tal y como se indica en la fig. II.3

Figura II-3 Distribución de frecuencia normal de los resultados de pruebas.

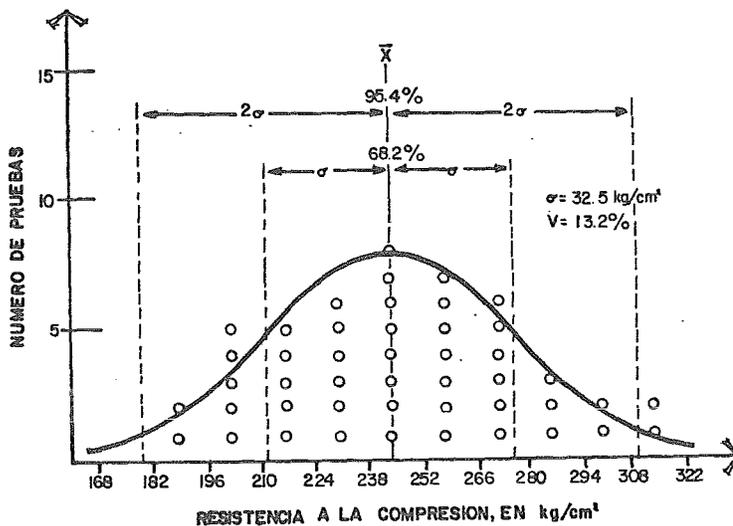


TABLA DE FRECUENCIAS

Resistencia a la compresión Kg/cm <sup>2</sup>	frecuencia
182	1
196	3
210	7
224	4
238	7
252	9
266	6
280	5
294	1
308	2
322	1

- c) Las desviaciones de los intervalos respecto al -- promedio, se dan en múltiplos de 14, éstas se dividen entre 7 y convierte las desviaciones en múltiplos de 2.
- d) Se multiplica el número de pruebas en los intervalos de igual desviación, a la derecha y a la izquierda del promedio por la desviación al cuadrado.
- e) Se determina la suma de los productos del inciso anterior y el número total de pruebas.

$$8 \times 0^2 = 0$$

$$13 \times 2^2 = 52$$

$$11 \times 4^2 = 176$$

$$8 \times 6^2 = 288$$

$$4 \times 8^2 = 256$$

$$\frac{2 \times 10^2}{46} = \frac{200}{972}$$

- f) En la ecuación 1 se sustituyen las sumas encontradas en el inciso e) y se multiplica por 7, para convertir de nuevo las unidades de la desviación estándar a  $\text{Kg/cm}^2$ .

$$\sigma = 7 \sqrt{\frac{16(1)^2 + 10(3)^2 + 12(5)^2 + 4(7)^2 + 3(9)^2 + 1(11)^2}{46-1}}$$

$$\sigma = 7 \sqrt{\frac{972}{45}}$$

$$\sigma = 32.5 \text{ Kg/cm}^2$$

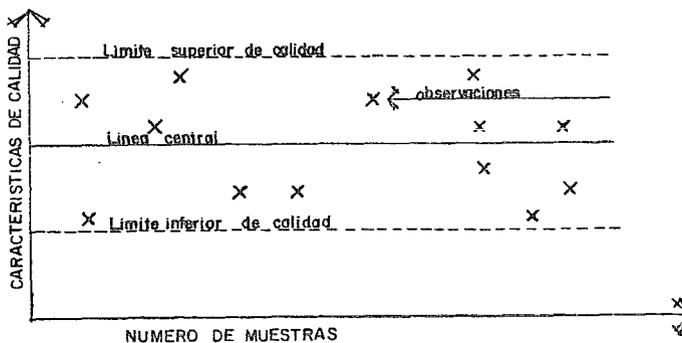
## GRAFICAS DE CONTROL

Una gráfica de control se define como: la comparación gráfica -cronológica de la característica actual de la calidad de un elemento, con los límites que identifican la posibilidad de ejecución de acuerdo con las experiencias anteriores que se hayan obtenido, esta comparación se establece con la selección y medición de muestras.

Las gráficas de control, ponen de manifiesto, de acuerdo con los hechos, el concepto del encargado del control de calidad de la separación de las variaciones de los elementos, en normales y accidentales.

Establece la comparación de la variación de las muestras en estudio, con los límites de control que se hayan especificado, estos límites, (superior e inferior) son el intervalo dentro del cual las características de calidad se consideran aceptables. Ver fig: Fig II - 4.

Figura II-4 Aspecto general de una grafica de control.



Estos límites de control se escogen en tal forma que los valores que se encuentren dentro de ellos se puedan atribuir al azar y los que caigan fuera de ellos se puedan considerar como indicadores de fallas. La decisión de si los límites de control se deben o no aceptar, generalmente es de carácter económico, ya que si la variación normal que esos límites representan, es menor que la requerida por los límites de especificaciones, los límites de control serán satisfactorios, pero si la variación normal representada -- por los límites de control es mayor que la fijada por los -- límites de especificaciones, se debe reducir y esto requiere de personal experto y de dinero necesario.

#### USO DE LAS GRAFICAS DE CONTROL

Una vez establecidos los límites de control para los materiales o elementos que se estudien, utilizando los métodos que se verán más adelante, se pueden sugerir diversos usos de las gráficas de control, algunos de ellos son:

- a) Prever los rechazos antes de que se realice alguna construcción defectuosa. Es decir, si estamos controlando un tramo de compactación y si observamos que algunos puntos se nos salen de los límites tenemos que aplicar algunas acciones correctivas antes de que se inicie la siguiente etapa.

En la gráfica, donde se va comparando la variación obtenida, los límites de control son la "señal roja" indicando la alerta para que no se llegue al extremo de rechazo de lo que se está controlando. Esto lo podríamos comparar con los

acotamientos de una carretera, es decir que si la característica de la calidad se aproxima a las cunetas "límites de control" debemos aplicar algunas acciones correctivas, antes de que se vaya a la zanja o se produzca algo defectuoso.

b) Juzgar del rendimiento de un trabajo

Este rendimiento se puede juzgar haciendo y contestando la siguiente pregunta. ¿Es tan buena la calidad del trabajo que se efectúa, como el que es posible lograr con el equipo del que se dispone?. La respuesta se obtiene al comparar las variaciones del trabajo actual con la variación normal representada por los límites de control.

c) Establecimiento de tolerancias

Los límites de especificaciones pueden tener alguna relación con la variación normal únicamente por coincidencia. Esto se debe a que los límites de especificaciones se refieren a los requisitos que se imponen a los materiales, en tanto que la variación normal se refiere al proceso y a su capacidad, sin embargo para el ingeniero proyectista es muy ventajoso familiarizarse con las capacidades de procesos, a fin de hacer una utilización óptima de esos trabajos en la elaboración de sus diseños.

d) Guía para el responsable de la obra

Las gráficas de control proporcionan los aciertos o las fallas en la obra, en sus esfuerzos por controlar la calidad de la misma.

### e) Previsión de los costos

La variación normal puede ser representativa de los métodos de construcción de una obra. Resulta muy costoso pretender reducir esa variación y tal vez sea necesaria la adquisición de nuevos materiales, equipo, implantar nuevos métodos, etc., pero por otra parte, la variación normal, - puede representar dificultades temporales que pueden ser - eliminadas con un gasto pequeño .

Es necesario que las personas que manejen las gráficas de control estén familiarizadas con los procesos que se analizan y conozcan los fundamentos básicos estadísticos para poder determinar en que momento debe aplicarse - una acción correctiva.

## MODELOS DE LAS GRAFICAS DE CONTROL

Existen dos modelos fundamentales para las gráficas de control que son:

- 1.- Gráficas por variables. Se basan en mediciones de la característica de calidad, especificando el - grado de precisión y la uniformidad que se desea.

- 2.- Gráficas por atributos. Se fundamentan en la verificación de la presencia o ausencia de un atributo; es decir, pasa o no pasa.

El cálculo de los límites de control para estas dos clases de gráficas difieren en sus detalles, pero el proceso fundamental es el mismo, realizando las siguientes etapas.

- 1.- Selección de la característica de calidad más conveniente.
- 2.- Recolección de los datos tomados de cierto número de muestras, cada una formada por un número conveniente de unidades, que representen adecuadamente al universo en estudio.
- 3.- Determinación de los límites de control, de acuerdo con los datos proporcionados por las muestras.
- 4.- Decidir si esos límites de control son económicamente satisfactorios para el trabajo. ¿Son muy amplios o muy estrechos?
- 5.- Trazar estos límites de control sobre una hoja cuadrículada. Iniciar el registro de los resultados de las muestras de un tamaño adecuado, seleccionadas a determinados intervalos periódicos y conforme se vayan tomando del proceso.

- 6.- Cuando la característica de las muestras del proceso quede fuera de los límites de control, tomar la acción correctiva necesaria.

Cuando en un proceso, la calidad de las muestras se conserva persistentemente dentro de los límites de control, se dice que "el proceso está bajo control".

En ocasiones, cuando se inicia el cálculo de los límites de control en algún elemento, aparece el proceso "fuera de control"; las características de varias muestras se presentan fuera de los límites de control; en esos casos, el motivo de la excesiva variación en las muestras se debe localizar y eliminar.

Las etapas 2 y 3 se repetirán hasta que el proceso quede bajo control.

#### CALCULO DE LOS LIMITES DE CONTROL

Los límites para las gráficas de control por variables, pueden calcularse con base en los siguientes parámetros:

1.- Gráfica de control de medias

- a) con el promedio de las amplitudes
- b) con el promedio de las desviaciones estándar
- c) con base en la media ( $\bar{x}$ ) y la desviación estándar ( $\sigma'$ ) del universo original

- a) Con el promedio de las amplitudes.- Con este parámetro, los límites de control se calculan con las siguientes fórmulas:

$$LS = \bar{x} + A_2\bar{R}$$

$$LI = \bar{x} - A_2\bar{R}$$

LS = límite superior

LI = límite inferior

$\bar{R}$  = promedio de las amplitudes

$\bar{x}$  = promedio de las medias

$A_2$  = coeficiente que se calcula con la tabla II.1.

- b) Con el promedio de las desviaciones estándar.- Usando esta técnica, los límites de control se calculan con las siguientes fórmulas:

TABLA II-1  
 FACTORES PARA DETERMINAR LOS LIMITES DE CONTROL DE  
 $3\sigma$  A PARTIR DE  $\bar{R}$  PARA GRAFICAS  $\bar{X}$  Y R

Número de observaciones en el sub-grupo n	Factor para la gráfica $\bar{x}$ $A_2$	Factores para la gráfica R	
		Límite inferior de control $D_3$	Límite superior de control $D_4$
2	1.88	0	3.27
3	1.02	0	2.57
4	0.73	0	2.28
5	0.58	0	2.11
6	0.48	0	2.00
7	0.42	0.08	1.92
8	0.37	0.14	1.86
9	0.34	0.18	1.82
10	0.31	0.22	1.78
11	0.29	0.26	1.74
12	0.27	0.28	1.72
13	0.25	0.31	1.69
14	0.24	0.33	1.67
15	0.22	0.35	1.65
16	0.21	0.36	1.64
17	0.20	0.38	1.62
18	0.19	0.39	1.61
19	0.19	0.40	1.60
20	0.18	0.41	1.59

Fuente: GRANT, Eugene L. Control de Calidad Estadístico. 3a. impresión en español, Ed. CECSA, México.

$$LS = \bar{x} + A_1 \sigma$$

$$LI = \bar{x} - A_1 \sigma$$

$\sigma$  = promedio de las desviaciones

$A_1$  = factor que se calcula con la tabla II.2. para diferentes tamaños de la muestra  $n$ .

- c) Con base en la media ( $\bar{x}$ ) y la desviación estándar ( $\sigma'$ ) del universo original.- Para este caso las fórmulas que se utilizan son:

$$LS = \bar{x}' + A \sigma'$$

$$LI = \bar{x}' - A \sigma'$$

Como se puede notar, en estas fórmulas tenemos que calcular  $\bar{x}'$  y  $\sigma'$ ; pero si la muestra es suficientemente grande, se tiene lo siguiente:

$$\bar{x} = \bar{x}'$$

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma'}{\sqrt{n}}$$

Como en la práctica generalmente  $n$  es pequeña, se recomienda que

TABLA II-2  
 FACTORES PARA DETERMINAR LOS LIMITES DE CONTROL  
 DE  $3\sigma$  PARA GRAFICAS DE  $\bar{X}$  Y  $\sigma$  A PARTIR DE  $\bar{\sigma}$

Número de observaciones en el sub-grupo n	Factor para la gráfica $\bar{x}$ $A_1$	Factores para la gráfica	
		Límite inferior de control $B_3$	Límite superior de control $B_4$
2	3.76	0	3.27
3	2.39	0	2.57
4	1.88	0	2.27
5	1.60	0	2.09
6	1.41	0.03	1.97
7	1.28	0.12	1.88
8	1.17	0.19	1.81
9	1.09	0.24	1.76
10	1.03	0.28	1.72
11	0.97	0.32	1.68
12	0.93	0.35	1.65
13	0.88	0.38	1.62
14	0.85	0.41	1.59
15	0.82	0.43	1.57
16	0.79	0.45	1.55
17	0.76	0.47	1.53
18	0.74	0.48	1.52
19	0.72	0.50	1.50
20	0.70	0.51	1.49
21	0.68	0.52	1.48
22	0.66	0.53	1.47
23	0.65	0.54	1.46
24	0.63	0.55	1.45
25	0.62	0.56	1.44
30	0.56	0.60	1.40
35	0.52	0.63	1.37
40	0.48	0.66	1.34
45	0.45	0.68	1.32
50	0.43	0.70	1.30
55	0.41	0.71	1.29
60	0.39	0.72	1.28
65	0.38	0.73	1.27
70	0.36	0.74	1.26
75	0.35	0.75	1.25
80	0.34	0.76	1.24
85	0.33	0.77	1.23
90	0.32	0.77	1.23
95	0.31	0.78	1.22
100	0.30	0.79	1.21

Fuente: GRANT, Eugene L. Control de Calidad Estadístico. 3a. impresión en español, Ed. CECSA, México.

$$\bar{x} = \bar{x}' \quad \text{y} \quad \sigma' = \frac{\sigma}{c_2} \quad \delta \quad \sigma' = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

El coeficiente  $c_2$  permite valuar  $\sigma'$  en función de  $\bar{\sigma}$ , que es un dato más fácil de obtener de la tabla II.3 y el coeficiente A de la tabla II.4.

Utilizando los tres criterios vistos, se obtienen resultados similares, es cuestión de preferencia la utilización de cualquiera de ellos.

## 2.- Gráficas de control de amplitud (R)

Para calcular los límites de control utilizando este criterio, nos basamos en las siguientes fórmulas:

$$LS = D_4 \bar{R}$$

$$LI = D_3 \bar{R}$$

Los valores de los factores  $D_3$  y  $D_4$  pueden obtenerse de la tabla II.1.

El significado de las letras son los mismos que las anteriores.

TABLA II-3

60

FACTORES PARA ESTIMAR  $\sigma'$  A PARTIR DE  $\bar{R}$  O  $\bar{\sigma}$ 

Número de observaciones en el sub-grupo n	Factor para estimar $\sigma'$ a partir de $\bar{R}$ $d_2 = R/\sigma'$	Factor para estimar $\sigma'$ a partir de $\bar{\sigma}$ $c_2 = \bar{\sigma}/\sigma'$
2	1.128	0.5642
3	1.693	0.7236
4	2.059	0.7979
5	2.326	0.8407
6	2.534	0.8686
7	2.704	0.8882
8	2.847	0.9027
9	2.970	0.9139
10	3.078	0.9227
11	3.173	0.9300
12	3.258	0.9353
13	3.336	0.9410
14	3.407	0.9453
15	3.472	0.9490
16	3.532	0.9523
17	3.588	0.9551
18	3.640	0.9576
19	3.689	0.9599
20	3.735	0.9619
21	3.778	0.9638
22	3.819	0.9655
23	3.858	0.9670
24	3.895	0.9684
25	3.931	0.9696
30	4.086	0.9748
35	4.213	0.9784
40	4.322	0.9811
45	4.415	0.9832
50	4.498	0.9849
55	4.572	0.9863
60	4.639	0.9874
65	4.699	0.9884
70	4.755	0.9892
75	4.806	0.9900
80	4.854	0.9906
85	4.898	0.9912
90	4.939	0.9916
95	4.978	0.9921
100	5.015	0.9925

Fuente: GRANT, Eugene L. Control de Calidad Estadístico. 3a. impresión en español, Ed. CECSA, México.

Existe otra alternativa para el cálculo de los límites de control en la gráfica de amplitudes que está en función de la media y la desviación estándar del universo original ( $\bar{X}$  y  $\sigma'$ ) Las fórmulas a utilizarse son:

$$LS = D_2 \sigma'$$

$$LI = D_1 \sigma'$$

$D_1$  y  $D_2$ : Se obtienen de la tabla II.4

$\sigma'$ : Se obtiene como ya se indicó anteriormente

### 3.- Gráficas de control de desviaciones estándar

Los límites de control utilizando este criterio se obtienen con las siguientes fórmulas:

$$LS = B_4 \bar{\sigma}$$

$$LI = B_3 \bar{\sigma}$$

$$\bar{\sigma} = \xi \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$B_3$  y  $B_4$  : Se obtienen de la tabla II.2

De otra forma, se pueden utilizar las siguientes expresiones:

$$LS = B_2 \sigma'$$

$$LI = B_1 \sigma'$$

$B_2$  y  $B_1$  : se obtienen de la tabla II.4

TABLA II-4  
 FACTORES PARA DETERMINAR LÍMITES DE CONTROL DE  $3\sigma$   
 PARA GRÁFICAS  $\bar{X}$ , R Y  $\sigma$  A PARTIR DE  $\sigma'$

Número de observaciones en el sub-grupo n	Factor para la gráfica $\bar{X}$ A	Factores para la gráfica R		Factores para la gráfica $\sigma$	
		Límite inferior de control $D_1$	Límite superior de control $D_2$	Límite inferior de control $B_1$	Límite superior de control $B_2$
2	2.12	0	3.69	0	1.84
3	1.73	0	4.36	0	1.86
4	1.50	0	4.70	0	1.81
5	1.34	0	4.92	0	1.76
6	1.22	0	5.08	0.03	1.71
7	1.13	0.20	5.20	0.10	1.67
8	1.06	0.39	5.31	0.17	1.64
9	1.00	0.55	5.39	0.22	1.61
10	0.95	0.69	5.47	0.26	1.58
11	0.90	0.81	5.53	0.30	1.56
12	0.87	0.92	5.59	0.33	1.54
13	0.83	1.03	5.65	0.36	1.52
14	0.80	1.12	5.69	0.38	1.51
15	0.77	1.21	5.74	0.41	1.49
16	0.75	1.28	5.78	0.43	1.48
17	0.73	1.36	5.82	0.44	1.47
18	0.71	1.43	5.85	0.46	1.45
19	0.69	1.49	5.89	0.48	1.44
20	0.67	1.55	5.92	0.49	1.43
21	0.65			0.50	1.42
22	0.64			0.52	1.41
23	0.63			0.53	1.41
24	0.61			0.54	1.40
25	0.60			0.55	1.39
30	0.55			0.59	1.36
35	0.51			0.62	1.33
40	0.47			0.65	1.31
45	0.45			0.67	1.30
50	0.42			0.68	1.28
55	0.40			0.70	1.27
60	0.39			0.71	1.26
65	0.37			0.72	1.25
70	0.36			0.74	1.24
75	0.35			0.75	1.23
80	0.34			0.75	1.23
85	0.33			0.76	1.22
90	0.32			0.77	1.22
95	0.31			0.77	1.21
100	0.30			0.78	1.20

Fuente: GRANT, Eugene L. Control de Calidad Estadístico. 3a. impresión en español, Ed. CECSA, México.

## CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL RECIBIDO

El departamento de compras tiene un papel muy importante en la consecución de alta calidad en las obras que realicemos porque en él recae las consecuencias de alguna falla causado por materiales que no se ajustan a las características especificadas para dicha obra.

Las funciones que tienen los responsables de las compras son: conseguir los materiales adecuados y al menor precio posible, pero no hacer lo que frecuentemente vemos: comprar barato aunque no sea adecuado. Después de efectuarse las operaciones de compras, se tiene que hacer una inspección del material que nos están surtiendo para asegurar que tiene el grado de calidad especificado.

Para comprar lo adecuado y asegurar que nos surtan los materiales de acuerdo a lo establecido en cuanto a calidad, se debe tener un sub-grupo de control de calidad que se encargue de realizar dichas actividades, estableciendo un subsistema de control de calidad del material que se compra. Entre las actividades de este sub-grupo destacan las siguientes:

1.- Clasificación de proveedores.- Esta clasificación se puede hacer en base a alguna puntuación que el personal técnico de compras asigne a los posibles proveedores, otorgándole 100 puntos a aquél que tenga un sistema de control de calidad que nos pueda asegurar materiales de alta calidad así como lo oportuno de las entregas y cero a aquél que tenga lo contrario. Así pues, podemos clasificar a nuestros proveedores como sigue:

Confiable.- Aquél que tenga una puntuación entre 91 y 100.

Bueno.- Entre 81 y 90 puntos.

No confiable.- Que su calificación está entre 61 y 80 puntos.

Malo.- Que tiene una puntuación entre 41 y 60.

Deficiente.- Su puntuación va desde 0 hasta 40.

2.- Equipo para mediciones.- Es necesario contar con el equipo necesario para verificar la calidad del material recibido, procurando hacer revisiones periódicas del mismo, ya que como cualquier herramienta, sufren desgaste.

- 3.- Educación y entrenamiento.- Es obvio que el personal encargado de la inspección, esté capacitado para hacerlo, de lo contrario, todos los demás esfuerzos no servirán para algo.
- 4.- Especificaciones.- Generalmente todos los elementos y materiales a utilizarse en la construcción de determinada obra, se especifican en el proyecto; sin embargo, algunas materias primas de uso general no lo están y por lo tanto a este sub-grupo le corresponde señalarlas.
- 5.- Manejo de los materiales.- Este es un aspecto sumamente importante, ya que todos sabemos que existe mucho desperdicio de material por un mal manejo de los materiales, por eso, es necesario contar con el personal y el equipo adecuado para hacerlo.
- 6.- Tablas de muestreo.- Esta es una reciente técnica estadística que se puede utilizar para la aceptación del material que llega, adecuándola a las exigencias de cada empresa.

- 7.- Cotizaciones y órdenes de compra.- Se debe establecer un lenguaje común, fácilmente entendible entre compradores y proveedores en la forma de redactar los pedidos y sus respectivas cotizaciones.
- 8.- Disposición del material defectuoso.- Debe contarse con un adecuado etiquetado, separación y rutinas efectivas de disposición del material defectuoso, ya que de no hacerlo así, se podría, en algún momento dado, utilizarlo y las consecuencias de ello serían graves, dependiendo del tipo de material que sea.
- 9.- Análisis estadístico del material recibido.- Los métodos estadísticos proporcionan grandes ventajas para la aceptación del material que se recibe en la obra. Posiblemente las distribuciones de frecuencia sean las más útiles en estos casos.

#### MUESTREO

En todas las obras de ingeniería civil se tiene la necesidad de adquirir de otras empresas, algunas de sus materias primas (cemento, tabique, varillas, etc.), o algunos acceso-

rios para la realización de la obra. A veces estos proveedores pertenecen a la misma empresa constructora pero de otra división.

La comprobación de la calidad satisfactoria de estos materiales, es uno de los problemas de mayor importancia para las empresas constructoras. Algunos de los medios para obtener esta seguridad son: La inspección del 100%, el muestreo de lotes en forma arbitraria, sin seguir una metodología, aceptando los certificados de inspección presentados por los proveedores, en lugar de examinar los lotes, y en algunas ocasiones, recibiendo el material sin inspección, hasta que las dificultades en el proceso constructivo con dicho material requieran una inspección. Una forma muy eficaz para la comprobación de lo anterior es el uso de las tablas de muestreo.

Una tabla de muestreo se pueden definir como "una serie de planes para representar la correspondencia entre la calidad probable (expresada en términos de un porcentaje) de todo un lote, a la de las muestras seleccionadas con propiedad de ese mismo lote."

Para que una tabla de muestreo sea eficaz, debe representar fielmente la calidad del lote que se está muestreando, especificando la cantidad del riesgo que proporciona, sea alto o bajo.

Una muestra se define como "una porción... que se toma para evidenciar la calidad de un conjunto". Por lo expuesto anteriormente se ve claro que las muestras y los métodos para el muestreo son la parte medular de la estadística empleada en el control de la calidad. Es posible tomar una muestra como evidencia de la calidad de un conjunto, ya que la variación que es inevitable en los materiales, sigue por lo general, la misma forma básica de todos los materiales que proceden de un mismo origen. Para determinar esa forma de distribución no es necesario examinar el 100% de los elementos, sino sólo el examen de un cierto número de ellos, o lo que es lo mismo, aplicar un muestreo.

Cuando la aceptación del material o los elementos prefabricados que se reciben, se basan en una inspección en la obra, se puede emplear una inspección del 100% o una inspección por muestreo. Si comparamos los beneficios de estos

dos métodos, veremos que la inspección 100% siempre llevará ventaja sobre el muestreo, para separar todo el material sano, ya que se requiere un escrupuloso examen de cada una de las piezas para poder tener la completa seguridad de que todo el material defectivo se ha eliminado del lote. Sin embargo, existen varios aspectos en la inspección 100% que la hacen no deseable, al compararse con un efectivo muestreo estadístico.

Desventajas de la inspección total:

- 1.- Es demasiado costosa.
- 2.- Puede dar lugar a una falsa seguridad sobre la perfección del trabajo de inspección (cuando se deja el trabajo de inspección en manos inexpertas)
- 3.- Es sólo una separación de las piezas malas y las buenas.
- 4.- Puede dar lugar a la aceptación de material defectivo; cuando el porcentaje defectivo de los lotes presentados es muy bajo, la monotonía de operaciones repetidas de inspección, da lugar automáticamente a la aceptación de algunas piezas defectivas. Si el porcentaje defectivo es muy alto, la falta de cuidado o la falta de destreza en el ma-

nejo de los aparatos de medición, puede dar lugar a la aceptación de un gran número de piezas defectivas.

- 5.- Se puede rechazar material satisfactorio; cuando existe una inflexible interpretación de las especificaciones.
- 6.- Puede ser impracticable; cuando se requieren pruebas destructivas (block, concreto, tabique, etc. y generalmente en la ingeniería civil, la mayoría de las pruebas son destructivas.

El muestreo ofrece las siguientes ventajas:

- 1.- Menos costo.
- 2.- Puede permitir que un determinado porcentaje de piezas defectivas queden dentro del lote, hasta la llegada a su destino, en donde se separará aquel material defectivo.
- 3.- Se puede tener una considerable reducción de la monotonía en la operación de inspección.
- 4.- En las pruebas destructivas sólo es posible el muestreo.

En contraste con la falta de confianza y la ambigüedad de un muestreo arbitrario, los modernos procedimientos estadísticos de muestreo son específicos y aseguran confianza. Representan además una forma disciplinada para la ejecución del muestreo con relación a la confianza en el procedimiento, en el manejo de los lotes y en los costos relativos.

Los tipos de muestreo más usuales son:

- a) Por atributos (procedimiento de pasa o no pasa),  
Que consiste en determinar si las muestras cumplen con los requisitos de las especificaciones.
- b) Por variables. Consiste en medir la característica de la calidad en cada uno de los elementos de la muestra.

Estos muestreos se basan en cuatro principios definidos de las tablas de muestreo que son:

- 1.- Especificación de los datos del muestreo.

Esto trata del tamaño de las muestras que se deben tomar, las condiciones bajo las cuales se debe seleccio-

nar, aceptar o rechazar un lote y la "meta" de la calidad, que generalmente viene expresada en porcentaje defectivo.

Las tablas contienen variados planes de muestreo, con diferentes valores del porcentaje defectivo y expresan la meta de la calidad de muy diversas formas, entre éstas están:

- El límite del promedio de la calidad de salida (average outgoing quality limit) AOQL.
- El nivel aceptable de calidad (acceptable quality level) AQL.
- Porcentaje de defectivos tolerables en el lote (lot tolerance percent defective) LTPD.

## 2.- Protección que proporcionan.

Esto significa el valor del riesgo que aportan los planes de muestreo de una tabla determinada, cuando se rechaza un lote de buena calidad (riesgo del productor), o cuando se acepta un lote malo (riesgo del consumidor).

- Riesgo del productor.- Es la probabilidad de rechazar lotes que contengan un porcentaje de defectivos igual a la meta de la calidad; ésta corresponde generalmente al porcentaje de defectivos mínimos que se acepta. Por lo tanto una tabla de muestreo puede incluir el 5% para el riesgo del productor.
  
- Riesgo del consumidor.- Es la probabilidad de aceptar lotes que contengan un porcentaje de defectivos igual a la meta de la calidad. Esta meta es, en general, el porcentaje máximo de defectivos que se pueden tolerar en un lote. El riesgo del consumidor se expresa en forma de porcentaje; por lo tanto, una tabla puede especificar un 10% para este riesgo.

### 3.- Ejecución del procedimiento.

Se refiere a una serie de reglas que establecen lo que debe hacerse con los lotes muestreados. Si el número de defectivos no excede el especificado, se acepta; de lo contrario, se rechaza o se realiza una inspección del 100%.

#### 4.- Costos requeridos.

Significa el promedio del costo que es necesario para aceptar o rechazar un lote. Algunas se han calculado teniendo en cuenta la mínima inspección necesaria para alcanzar la meta de la calidad, estableciendo los riesgos del consumidor y del productor.

Otras se han establecido en forma de dar un determinado grado de protección, sin incluir el costo mínimo de la inspección.

#### TABLAS DE MUESTREO

Como se dijo anteriormente, el muestreo se puede realizar por atributos o por variables y se puede optar por cualquiera de ellas, tomando siempre en cuenta las características a muestrear.

En las industrias electrónicas es donde se han elaborado variados planes de muestreo que de ninguna manera pueden ser adoptados por la industria de la construcción, pero sí nos pueden servir de guía para elaborar nuestros propios planes de muestreo. Existen dos formas principales de es-

tas tablas estadísticas, las primeras son:

- 1.- Las que garantizan la protección de la calidad de los lotes, presentados individualmente para su inspección.

Las metas de la calidad que están asociadas con estos planes, son:

- a) El nivel aceptable de calidad.
- b) El porcentaje defectivo tolerable en el lote o el nivel de calidad de rechazo.

- 2.- Las tablas que ofrecen protección de lo almacenado, o sea la calidad media de un gran número de lotes del mismo material, después de su inspección.

El tipo de meta de la calidad asociado a esta serie de planes es el límite del promedio de la calidad final.

Como generalmente en las obras de ingeniería civil, después de que se reciben los materiales y se inspeccionan, inmediatamente son utilizados y rara vez se tiene un gran número de lotes almacenados, se ve claro que los tipos de

tablas estadísticas para protección de lo almacenado, no nos serán de mucha utilidad, en cambio las que garantizan la calidad de los lotes individuales sí nos sirven en mayor proporción. Por eso es que a ellas se les analizará.

Al procederse a la inspección, se empezará por examinar el material a inspeccionar, clasificando en importancia las medidas y características. Si alguna medida o característica no se ajusta a las especificaciones, entonces, se dirá que tiene algún defecto, el cual puede ser clasificado en la forma que se quiera, pero si se prefiere se pueden clasificar en la forma siguiente:

1.- Defectos críticos.

- a) Son aquéllos que pueden ocasionar o producir condiciones de peligro para los individuos que vayan a utilizar el material;
- b) Los que afectan a las características, a las cualidades o al funcionamiento de lo que se vaya a construir.
- c) Los que afecten en el costo de la obra terminada.

## 2.- Defectos mayores.

- a) Serán aquéllos que pueden afectar las cualidades y rendimiento del material en un volumen tal que no permita clasificarlos como crítico.
- b) Serán los que afecten al costo, pero que no lleguen a ser críticos, es decir, que la probabilidad del incremento sea baja.

## 3.- Defectos menores.

- a) Los que no afectan la calidad o el funcionamiento de la obra.
- b) Los que considerándose necesaria su eliminación, los gastos que originan no afectan considerablemente el costo de la obra.
- c) Los que no se considere necesaria su eliminación, pero sin afectar la calidad.

## 4.- Defectos secundarios.

Serán todas aquellas medidas, normas o especificaciones que no afecten la calidad ni el costo, pero que su eliminación tiende a mejorar la calidad de

la obra, a dar fluidez al proceso constructivo, aumentando el rendimiento y disminuyendo los tiempos y los costos.

Ya establecimos que un material es defectuoso o que no es conforme, cuando tiene uno o varios defectos de cualquier naturaleza, pero se necesita saber qué grado de defectos se tiene para poder tomar la decisión correspondiente. Este grado de defectos se puede expresar por su porcentaje defectuoso, al que calcularemos con la siguiente fórmula:

$$d = \frac{100 \text{ Nu}}{N}$$

en donde: d = porcentaje defectuoso

Nu = número de unidades defectuosas

N = número de unidades inspeccionadas

o si se prefiere, se podrá calcular con la siguiente expresión:

$$D = \frac{100 \text{ Nd}}{N}$$

en donde:  $D$  = defectos por cien unidades

$Nd$  = número de defectos

$N$  = número de unidades inspeccionadas

A esta forma se le llama "defectos por 100 unidades".

Nivel de calidad aceptable.

Según se acuerde, entre constructor y usuario, los niveles de calidad que deben tener los distintos elementos que integren la obra, se marcarán los niveles aceptables de calidad de todos los materiales que se utilicen en la construcción. Este nivel aceptable de calidad, se puede expresar en porcentaje defectuoso o en defectos por cien unidades como se mencionó anteriormente.

Si el valor del nivel aceptable de calidad es igual o menor que diez, puede expresarse como un porcentaje defectuoso y si es mayor, en defectos por cien unidades.

Las personas que han tenido experiencia en esto, dicen que la técnica del control de calidad, demuestra que en los lotes que tienen un porcentaje de defectos igual al nivel

aceptable de calidad (NAC), hay un 95% de probabilidades de ser aceptados por los planes de muestreo.

La inspección de los materiales puede hacerse tan rigurosa como se considere necesario o tan reducida si se estima conveniente. En estas condiciones pueden establecerse los siguientes tipos de inspección:

- 1.- Rigurosa. Se aplicará cuando el número de rechazos tienda a aumentar, no permitiendo regularizar la inspección.
- 2.- Normal. Se hará cuando el número de rechazos no exceda lo previsto.
- 3.- Reducida. Esta se hará cuando el número de rechazos sea inferior a lo previsto.

Siempre que se inicie la inspección, se hará con una inspección normal y si en ésta se detecta un número mayor o menor de defectos, se cambiará a otro tipo de inspección, ya sea rigurosa o reducida.

Planes de muestreo.

Una vez determinado el nivel aceptable de calidad correspondiente a un defecto o grupo, más adecuado, se procede a elaborar el plan de muestreo, que es el que indica el número de unidades que han de inspeccionarse en cada lote y el criterio para determinar la aceptación o el rechazo del lote; así pues, los planes pueden ser:

1.- Simple, que consideran una sólo muestra del lote y el procedimiento a seguir es el siguiente:

- a) Se extrae la muestra del tamaño indicado por la letra-código (Tabla II.5.) de acuerdo con el tamaño del lote y el nivel aceptable de calidad del material que se va a inspeccionar.
- b) Se inspeccionan las características de todas las unidades de la muestra y se anotan los resultados.
- c) Si el número de piezas defectuosas es igual o menor que el número de defectos permitidos, el lote será aceptado, de lo contrario será rechazado.

2.- Doble, considera dos muestras de cada lote, procediéndose a efectuar como sigue:

- a) Se extrae la primera muestra del tamaño indicado por la norma, de acuerdo a la magnitud del lote y del nivel aceptable de calidad de lo que se vaya a inspeccionar.
- b) Si el número de piezas defectuosas respecto a una característica, es menor que el número de defectos permitidos, el lote será aceptado; pero si el número de defectos es igual o mayor que el número necesario para rechazar el lote, éste será rechazado.
- c) Si el número de piezas defectuosas respecto a una característica, es mayor que el número permitido de defectos y menor que el número de rechazo, deberá extraerse una nueva muestra del tamaño indicado en la norma, para el tamaño del lote y el nivel aceptable de calidad.
- d) Si en esta segunda muestra el número de piezas defectuosas es menor que el necesario, el lote será aceptado, y en caso contrario, será rechazado.

3.- Múltiple, considera más de 2 muestras y se procede a realizar lo siguiente:

- a) Se extrae la primera muestra del tamaño indicado en la norma, de acuerdo con el nivel aceptable de calidad de la característica o características comprendidas en el mismo grupo.
- b) Se inspeccionan todas las unidades que componen la primera muestra. Si el número de piezas defectuosas es igual o menor que el número de aceptación de la primera muestra, el lote será aceptado y si el número de piezas defectuosas es igual o mayor que el número de rechazo del lote, éste será rechazado.
- c) Si el número de piezas defectuosas se encuentra comprendido entre los números de aceptación y de rechazo se extraerá una segunda muestra.
- d) Se inspeccionarán las unidades de la segunda muestra y se vuelve a realizar la comparación del número tolerable y si es menor, se acepta y si es mayor, se rechaza.
- e) Si la cantidad de piezas defectuosas se encuentra entre el número de aceptación y el número

de rechazo, se vuelve a extraer una tercera muestra y se procede así, hasta encontrar alguna decisión respecto al lote inspeccionado.

Como en todas las cosas, cada uno de estos planes tienen sus ventajas y desventajas, por ejemplo, el simple, tiene ventajas porque es de fácil aplicación, pero su desventaja es que se debe tomar un número mayor de la muestra y los planes dobles y múltiples tienen la ventaja psicológica de darle al lote una "segunda oportunidad", además de que el número de unidades inspeccionadas es menor, especialmente si la calidad es buena.

#### Aplicación de las tablas de muestreo.

Los pasos a seguir para aplicar las tablas de muestreo en la inspección de los materiales que se reciben, son los siguientes:

- 1.- Se ordenan las características a inspeccionar; se les asigna el nivel aceptable de calidad correspondiente, de acuerdo a lo expuesto anteriormente, y los niveles aceptables de calidad aplicables para la utilización de los planes de muestreo, se deducirán de la tabla A, al final de este capítulo.

2.- Se determina el nivel de inspección a utilizar, de acuerdo a la tabla II.5. que se encuentra al final de este capítulo, en donde, también se le asigna la letra-código que le corresponde, de acuerdo al tamaño del lote.

3.- Se decide el tipo de muestreo a utilizar y el nivel de la inspección. A continuación, se indican normas de tipo general para la elección del plan de muestreo más adecuado.

- a) Inspección normal y rigurosa. (Para todos los valores del nivel aceptable de calidad), para muestreo simple se deberán utilizar las tablas II.6. y II.7.
- b) Inspección normal y reducida. (Para los valores del nivel aceptable de calidad iguales o inferiores a 10), para muestreo doble, utilizar las tablas II.8 y II.9. y para muestreo múltiple, utilizar las tablas II.10. y II.11.
- c) Inspección reducida. (Para todos los valores del nivel aceptable de calidad). Muestreo simple: utilizar la tabla II.12.

Estas tablas se encuentran al final del presente capítulo.

En la tabla II.5. figuran tres niveles de inspección de carácter general y cuatro de carácter especial. Se recomienda emplear el nivel II, pudiendo aplicarse el nivel I cuando se requiera una mayor discriminación o el III para una menor. Los niveles especiales S-1, S-3 y S-4 podrán aplicarse cuando los tamaños de las muestras sean relativamente pequeños y puedan admitirse mayores riesgos en el muestreo.

El tamaño de la muestra se identifica mediante letras-código, correspondiente al tamaño del lote.

- 4.- Se empiezan a inspeccionar las piezas y se anotan el número de defectos que se encuentren; si este número de defectos es superior al número de defectos tolerados, el lote es rechazado, y si es menor, el lote es aceptado.

Muchas veces, cuando nos llega el material a la obra, éste se tiene que utilizar inmediatamente y entonces, aún cuando haya sido rechazado el lote, se aplicará una inspección especial para determinar las piezas aceptables; esto equivale a inspeccionar el 100% del lote.

## TABLAS DE MUESTREO PARA CONTROL DEL PROCESO

Si se trata de una obra, se tienen que checar todos los elementos integrantes de la misma, en el proceso mismo, para que cuando esté terminada no se presenten defectos, y si se trata de una empresa de elementos prefabricados la situación es similar, ya que deben tener una estrecha vigilancia sobre las piezas que se fabrican, es decir; que deben ejercer una inspección preventiva durante el proceso.

Cuando se efectúa una medición real, la gráfica de control por mediciones es la técnica más efectiva para el control del proceso. Si se requiere una inspección por atributos, las gráficas de control en porcentaje defectivo tienen su mayor aplicación y las tablas de muestreo para control del proceso son las indicadas.

Los materiales utilizados en cualquier obra, se pueden controlar con mayor efectividad durante su construcción, examinando pequeñas muestras de los mismos, a intervalos frecuentes en el caso de vías terrestres o a determinado volumen, en el caso de concreto, etc. El objetivo de esta forma de comprobación del proceso, es la de proporcionar

una representación continua de la calidad de lo que se está haciendo.

Los planes que logran este objetivo, representan un equilibrio entre los costos de la inspección y la exactitud estadística que se requiere para indicar la calidad. Este equilibrio da como resultado un plan por medio del cual, las muestras que se vayan tomando, sean lo suficientemente representativas y los intervalos entre cada comprobación, estén lo suficientemente próximos para que se pueda detener la construcción defectiva tan pronto como aparezca en el proceso constructivo.

En estas tablas de muestreo se deben especificar:

- 1.- Una secuencia de planes de muestreo, orientados a una serie de objetivos de la calidad, y con un valor previsto del riesgo.
- 2.- La frecuencia con que se debe muestrear.
- 3.- Los procedimientos a seguir para la aceptación o el rechazo de lotes.

Relación entre muestreo para control del proceso y muestreo para aceptación.

Cuando en algunas empresas se establezcan estos dos planes, surgirán dos tipos de preguntas inevitables:

1. ¿Por qué no aunar los dos tipos de tablas de muestreo; por qué no se emplea una sólo?  
¿Se pueden super-poner las metas del control del proceso y las del muestreo para aceptación? Las tablas de muestreo para aceptación, ¿No resultan económicas al emplearse en el control del proceso, como lo son las propias tablas de muestreo para control del proceso?
2. ¿Resulta una duplicación antieconómica el esforzarse sucesivamente para emplear ambas tablas sobre las piezas que se producen en la misma área de la empresa y por el mismo productor?

Analizaremos estos dos tipos de preguntas:

1. Desde el punto de vista práctico, el propósito logrado por las técnicas del control del proceso es muy diferente del que se logra con las técnicas del muestreo para aceptación, ya que la primera está desarrollada como una ayuda para el control de la calidad del material durante su proceso de construcción y la segunda ayuda a determinar la aceptabilidad de la obra ya terminada.

La estructura en sí de estas técnicas, es considerablemente diferente y no es posible hacer un intercambio a cada momento; a veces no es práctico y con frecuencia resulta antieconómico usar las tablas de muestreo de aceptación para fines del control del proceso.

2. Si existe una duplicación de esfuerzos antieconómica, al usar al mismo tiempo estos dos planes. Se puede justificar cuando se emplean las tablas de muestreo para aceptación como una comprobación sobre la efectividad de un plan de control del proceso recientemente establecido, también se justifica para fiscalizar los resultados de la calidad dentro de una

área en la que han estado en uso las tablas de muestreo para el control del proceso.

Generalmente, un constructor no tendrá necesidad de agregar a la técnica de control del proceso, las del muestreo de aceptación sobre las piezas de la misma área de la empresa.

Las tablas del muestreo de aceptación, tienen su máxima aplicación en el control de las piezas y materiales que se reciben de fuentes externas a la empresa sobre cuya producción la empresa tiene el mínimo de control. Las tablas de muestreo para el control del proceso aportan su máximo valor cuando se emplean en la construcción interna de elementos, sobre los cuales la empresa debe mantener un control completo, por ejemplo, en empresas de elementos prefabricados.

Estas técnicas estadísticas expuestas se consideran aplicables a obras de ingeniería civil, así como a empresas de elementos prefabricados, que forman parte de las mismas; sin embargo, todo lo anteriormente expuesto, debe servir sólo de guía para la elaboración de nuestros propios métodos de control estadístico de la calidad, siguiendo los li-

neamientos marcados por los distintos organismos vinculados con la industria de la construcción.

#### METODOS ESPECIALES

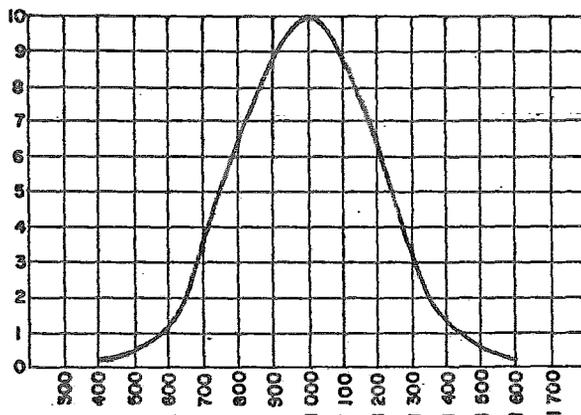
Los métodos especiales que aquí se tratan, se pueden clasificar en dos formas, que son:

- 1.- Métodos gráficos.- Conjunto de técnicas que sirven para representar gráficamente las características de calidad.
  
- 2.- Métodos analíticos.- Serie de técnicas que se refieren al análisis matemático de los datos de la calidad.

Analizaremos los métodos gráficos.

Los datos de una distribución de frecuencias generalmente se presentan en la forma normal, como se muestra en la figura II.5.

Figura II-5 Curva de distribución de frecuencia



En lugar de esta forma, puede emplearse una forma distinta para la determinación de estas medidas. Este método gráfico comprende una simplificación de cálculos que consiste en considerar los datos en forma acumulativa, de manera tal que el porcentaje de los valores que queden abajo de un determinado valor se anoten frente a este valor.

Los datos se pueden anotar en una hoja de cuadrícula normal, o en hojas de probabilidades que se han diseñado para este fin. Los datos de la figura II.5. se pueden representar en papel cuadriculado como el de la figura II.6. o

Figure II-6

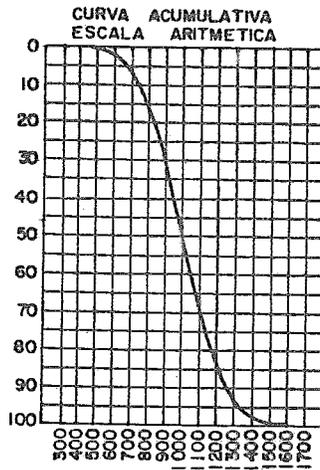
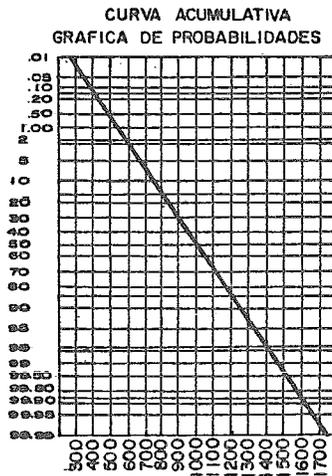


Figure II-7



en una hoja de probabilidades, como se muestra en la figura II.7.

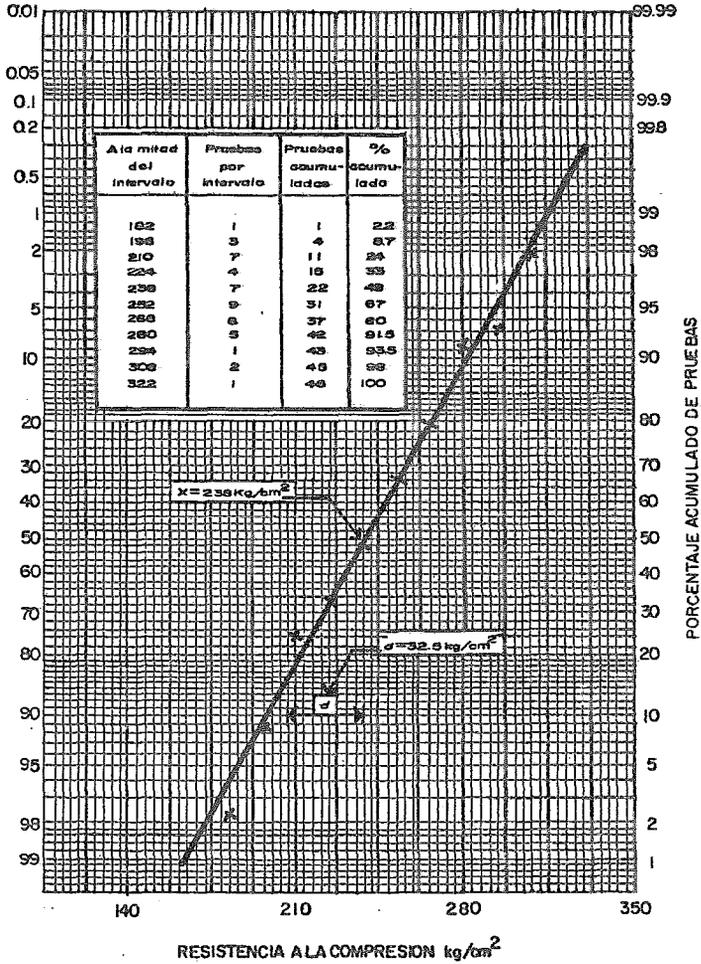
La representación en coordenadas rectangulares y en hojas de probabilidades, tienden a suprimir los errores del muestreo y facilitan la estimación de las medidas de dispersión y de tendencia central. Las coordenadas rectangulares son de utilidad para la determinación de la mediana y la estimación de la media; en cambio las hojas de probabilidades son de utilidad más general.

Ejemplo: Supongamos que tenemos los siguientes resultados de pruebas a la compresión de cilindros de concreto, agrupados en intervalo de  $14 \text{ Kg/cm}^2$ , es decir que los resultados que se encuentren entre 287 y 301 queden registrados como de 294, como se muestra en la figura II.2.

Los pasos a seguir para determinar la desviación estándar y la media, son los siguientes:

- a) Se prepara una lista tabulada de las pruebas de resistencia en intervalos de  $14 \text{ Kg/cm}^2$ . Con los puntos medios de cada intervalo en múltiplos iguales

Figura II-9 Determinación grafica de  $\sigma$  empleando papel de probabilidad.



de  $7 \text{ Kg/cm}^2$ . Se inicia con el intervalo que contiene el punto inferior y se continúa en secuencia hacia el superior.

b) La lista anterior se completa construyendo una tabla de distribución de frecuencia relativa acumulativa donde, para cada intervalo se deben tener:

- Los números de pruebas que se contaron.
- El número acumulado de pruebas, sumando en cada intervalo, desde el de baja resistencia hasta el de alta.
- El porcentaje acumulado relativo de las pruebas, representadas por cada intervalo ( ver figura II.9.).

c) Se indican los puntos del porcentaje acumulativo de pruebas en la mitad del intervalo de la resistencia a la compresión, sobre papel especial para gráficas probabilísticas, como el que aparece en la figura II.9.

d) Se dibuja la recta que mejor se ajuste a los puntos de los datos. El grado en que los puntos coinciden

con la recta determina la aproximación del ajuste de la distribución dada a la distribución normal.

- e) Se determina el promedio, en la intersección del 50% que en este caso es de  $238 \text{ Kg/cm}^2$ . (Ver figura II.9.).
- f) Se puede estimar la desviación estándar encontrando la diferencia en los valores de la resistencia a la compresión en el 50% de las pruebas y en el 15.9% de las mismas. Esta es la diferencia en resistencia entre  $\bar{x}$  y  $(\bar{x}-\sigma)$ . Sabemos por la curva teórica, que un 34.1% de las pruebas quedarán entre  $\bar{x}$  y  $(\bar{x}-\sigma)$ . En la figura II.9. vemos que  $\sigma = 32.5 \text{ Kg/cm}^2$ . Si lo revisamos por medio de métodos analíticos, el resultado debe ser el mismo.

#### Métodos Analíticos.

- a) Análisis de las tolerancias.- A los ingenieros encargados del diseño de elementos prefabricados, en los cuales se consideran subconjuntos formados por diversas piezas conjugadas, se les presenta el si-

guiente problema:

¿Cómo se deben compensar las tolerancias de las piezas individuales, con las tolerancias del subconjunto de manera que las piezas individuales se acoplen efectivamente cuando lleguen a la zona de montaje y que estas tolerancias rindan los costos más económicos de producción?

Para lograr esta compensación se hace por medio de un "análisis de tolerancias".

Según antecedentes, se han presentado dos situaciones:

1. Permitir que la suma de las tolerancias de las piezas individuales sea mayor que la tolerancia del subconjunto. El ingeniero "confía en el azar" para no encontrar dificultades en la producción.
2. La tolerancia del subconjunto se hace igual a la suma de las tolerancias de las piezas individuales. Esto obliga al ingeniero a establecer to-

lerancias muy amplias para el subconjunto, con los problemas concernientes a esta situación o permitir los altos costos de producción que entrañan unas tolerancias reducidas del subconjunto.

La primera situación, probablemente sea la más empleada, ya que se ha presentado pocas dificultades de producción. La segunda situación, que se ha considerado poco económica para poca producción, ha tenido aceptación en empresas en las que se quiere tener la seguridad de no tener dificultades en el montaje.

La primera situación parece ser la más efectiva, ya que se sigue una ley de probabilidades bien definida, o sea que bajo ciertas circunstancias, la tolerancia total de un grupo de piezas que se acoplan, es igual a la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las tolerancias de las piezas individuales, valor menor que el de la suma aritmética de las tolerancias individuales.

$$T_t = \sqrt{T_1^2 + T_2^2 + T_3^2 + \dots + T_n^2}$$

M-0028615

en donde:  $T_t$  = tolerancia total

$T_1, T_2, T_3,$  etc. = tolerancia de las  
piezas que se acoplan.

Ejemplo:

¿Qué tolerancias debe establecerse para el conjunto total de las piezas acopladas? Supongamos que el ingeniero se enfrenta con 8 tolerancias fijas para las correspondientes piezas que se deben acoplar, como sigue:

$$\begin{array}{ll}
 T_1 = \pm 0.004 \text{ m} = 0.008 \text{ m.} & T_5 = \pm 0.001 \text{ m} = 0.002 \text{ m} \\
 T_2 = \pm 0.003 \text{ m} = 0.006 \text{ m} & T_6 = \pm 0.002 \text{ m} = 0.004 \text{ m} \\
 T_3 = \pm 0.003 \text{ m} = 0.006 \text{ m} & T_7 = \pm 0.005 \text{ m} = 0.010 \text{ m} \\
 T_4 = \pm 0.003 \text{ m} = 0.006 \text{ m} & T_8 = \pm 0.003 \text{ m} = 0.006 \text{ m}
 \end{array}$$

Utilizando la suma aritmética de las tolerancias de las piezas individuales, se fijará una tolerancia de  $\pm 0.024 \text{ m.}$  o sea, igual a  $0.048 \text{ m.}$

Si se emplea la expresión anterior, la tolerancia total será de:

$$T_t = \sqrt{8^2 + 6^2 + 6^2 + 6^2 + 2^2 + 4^2 + 10^2 + 6^2}$$

$$T_t = \sqrt{328}$$

$$T_t = 0.018 \text{ m.} = \pm 0.009 \text{ m.}$$

La tolerancia total de 0.018 m. contra la de 0.048 m. representa una considerable reducción que proporciona al ingeniero un valor más práctico, más probable, más económico para la tolerancia total.

El empleo de esta fórmula representa algunas ventajas como son:

1. Cuando se fija una tolerancia total y es necesario ajustar las tolerancias para las piezas individuales. Hace resaltar sobre cuáles piezas individuales se debe concentrar la atención, a fin de reducir la tolerancia total del subconjunto.

2. Cuando se fijan las tolerancias de las piezas individuales y es preciso ajustar la tolerancia total. Permite a los ingenieros establecer un valor para la tolerancia total mucho más económico y más efectivo, cuando las tolerancias de las piezas individuales están "congeladas".

#### PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA

Estas pruebas tienen por objeto informar cuando la calidad de un material, la fabricación de ciertas piezas o los materiales o piezas que se reciben del exterior, difieren significativamente de un valor estándar o de la calidad de otro o más lotes u orígenes. Estas pruebas se emplean para hacer la comparación del material de dos o más orígenes, o para determinar entre varios factores presentes, cuál es el que afecta la calidad de un proceso.

Estas pruebas pueden determinar las diferencias en porcentaje defectivo, en el valor de las medias, en su dispersión y en otras medidas.

Las pruebas de significancia más usadas son:

- 1.- La prueba de "t". Para la determinación de la significancia en la diferencia entre las medidas de tendencia central de dos muestras.
- 2.- La prueba de "F". Para determinar la significancia de la diferencia entre las medidas de dispersión de dos muestras.

Estas pruebas se emplean en el análisis de los problemas de la calidad, bajo dos condiciones básicas diferentes:

- a) Al final de un experimento, cuando se han verificado las pruebas, se han completado los experimentos y se han tomado todos los datos, se le presentan al analista para que deduzca una información apropiada de ellos. El analista tiene que ensayar la aplicación de las pruebas de significancia más convenientes, con la desventaja de que no puede disponer de todos los datos que le sean necesarios, o que no estén en su debida forma.
- b) Al iniciarse el experimento. En este caso, se le pide al analista que sugiera un programa para la clase de experimentos que aporten los datos necesarios, antes de que se inicie alguna prueba o se tome algún dato. Estos estudios se pueden organizar de tal manera que se tomen el menor tiempo posible y al menor costo.

## PREDICCIÓN DE CONFIABILIDAD

Una obra confiable es aquella de la que se puede esperar que realice la función para la cual fué diseñada, durante el tiempo de servicio previsto y bajo las condiciones de operación que se presenten. A medida que las obras van siendo más complejas, tanto en sus funciones como en su comportamiento, su proceso también va siendo más preciso, por lo tanto es de sumo interés medir cuantitativamente su confiabilidad, asignándole un número (probabilidad) que puede considerarse como una norma.

En este concepto de la confiabilidad es necesario conocer:

- Vida útil
- Condiciones de operación
- Qué es lo que constituye una operación satisfactoria o cuándo se considera que una obra ha fallado.

La confiabilidad de una obra se asegura con los resultados de operación del sistema de la calidad, en la que existen subgrupos que tienen a su cargo dicha operación de los cuales se hará mención a continuación.

Subgrupo de Apreciación de la Calidad antes de la Construcción.

se encarga de realizar las sigs. actividades:

- Determinar la norma de confiabilidad que exige el contratista.
- Identificar claramente las circunstancias externas que - rodearán a la obra.
- Determinar el equilibrio económico entre la confiabilidad y los costos para lograrla.
- Lograr el diseño más favorable para conseguir la confiabilidad de la obra que se trate.
- Seleccionar los procesos y los parámetros del proceso que contribuyan a una alta confiabilidad.
- Demostrar por medio de pruebas sobre los modelos, que se puede lograr la confiabilidad requerida.
- Eliminar lo más que sea posible en los diseños y en el - proceso, cualquier peligro para la confiabilidad.

Subgrupo de Planeación, Evaluación y Control de la Calidad del Material Adquirido.

le corresponde:

- Establecer los requisitos de los materiales que se adquirirán.
- Evaluar la capacidad del proveedor para la construcción - de la obra con la confiabilidad requerida.
- Evaluar la confiabilidad de los materiales adquiridos.
- Coadyuvar con el vendedor para mejorar la confiabilidad - de la obra.

Subgrupo de Servicio de la Calidad después de Construida.

Le corresponden las sigs. actividades:

- Revisar la garantía y la seguridad correspondiente a la confiabilidad de la obra y su justo arreglo.
- Apreciar la confiabilidad de otras obras.
- Establecer comunicación de la empresa a la obra relativa a los problemas anticipados de confiabilidad y su acción correctiva.
- Establecer una corriente de información de la obra a la empresa con relación a los problemas de confiabilidad que se hayan descubierto y su acción correctiva.
- Certificación de la confiabilidad de la obra al comprador.
- Mantenimiento de la confiabilidad por medio de instrucciones.
- Medir el rendimiento de confiabilidad de la obra por sus costos y la proporción de las fallas.

Para calcular la probabilidad de que una obra no falle (conocer su confiabilidad) es necesario conocer la densidad de probabilidades conjunta de las variables aleatorias que se consideren que pueden en algún momento dado influir en la falla, o no, de una obra por ejemplo, para poder obtener la confiabilidad de un edificio que se vea sujeto a un sismo se deben conocer las probabilidades de su resistencia y las fuerzas dinámicas que actuarán en el edificio provocados por el sismo, veremos que la aleatoriedad de la resistencia se debe a variaciones al azar en las resistencias de los materiales de construcción, dimensiones de los elementos estructurales, etc., la aleatoriedad de las fuerzas sísmicas se debe a la ocurrencia al azar de los sismos en sitios localizados a diferentes distancias del edificio y

con diferentes magnitudes, a las características del subsuelo etc. se ve claro que son varios los factores que pueden influir en las densidades de probabilidades de las variables - aleatorias.

Un método usual para determinar la confiabilidad consiste en obtener, experimental o subjetivamente, la densidad de probabilidades del tiempo de falla.

En forma experimental esto se puede lograr observando varias obras idénticas, expuestas a las mismas condiciones - ambientales y anotar los tiempos en que falla cada una; después, mediante procesos estadísticos se les ajusta alguna densidad de probabilidades a los tiempos de falla. En forma -- subjetiva, la densidad se puede asignar basándose en el conocimiento de otras obras similares, fundamentándose en algún modelo matemático.

La confiabilidad de los componentes de una obra está caracterizada por tres etapas que son:

- 1.- Alta mortandad o alta intensidad de falla (el número medio de fallas por unidad de tiempo es grande).- Esto se debe principalmente a un control de calidad deficiente - durante la construcción.
- 2.- Intensidad de falla constante.- En esta etapa las fallas ocurren al azar y con una intensidad casi constante.

3.- Periodo final de servicio.- La intensidad de fallas - crece muy rápidamente, al mismo tiempo que los elementos que aún sobreviven se acerca a cero, hasta que todos los elementos fallan y no queda ninguno por "morir".

En las obras de ingeniería, estas fallas se pueden reducir ejerciendo mantenimiento preventivo, ejecutando - pruebas periódicas e inspeccionando ciertas componentes y su reemplazo cuando las pruebas indiquen que éstos están próximas a fallar.

Pruebas de duración.- Para determinar la probabilidad de duración de un componente de una obra o sistema es necesario extraer una muestra de los componentes idénticos y probarlos, poniéndolos a funcionar en las condiciones ambientales con que lo harán en la obra o sistema, anotando los tiempos de duración de cada componente.

Este tipo de pruebas también se pueden usar para - comparar dos tipos diferentes de componentes y elegir el más confiable.

Algunos sistemas pueden considerarse, por sus componentes como:

.En serie.- Si sus componentes están conectados entre sí de tal manera que al fallar uno de ellos falla todo el sistema.

.En paralelo.- Para que falle el sistema es necesario que fallen todos los componentes.

Como la confiabilidad la definimos como una probabilidad, ésta se podrá calcular para cualquier sistema, - mediante experimentos diseñados para tal fin, o por consideraciones de carácter subjetivo basadas en experiencias previas con componentes semejantes, o basandose en la experiencia del que estudia la confiabilidad del sistema.

## T A B L A S

T a b l a A

Para los valores del N A C comprendidos en los intervalos		Utilizar los valores del N A C que se indican	
0	a	0.012	0.010
0.013	a	0.018	0.015
0.019	a	0.028	0.025
0.029	a	0.044	0.040
0.046	a	0.069	0.065
0.070	a	0.109	0.10
0.110	a	0.164	0.15
0.165	a	0.279	0.25
0.280	a	0.439	0.40
0.440	a	0.699	0.65
0.700	a	1.09	1.0
1.10	a	1.64	1.5
1.65	a	2.79	2.5
2.80	a	4.39	4.0
4.40	a	6.69	6.5
7.00	a	10.9	10.0
11.0	a	16.4	15.0
16.5	a	27.9	25.0
28.0	a	43.9	40.0
44.0	a	69.9	65.0
70.0	a	109	100.0
110	a	164	150.0
165	a	279	250.0
280	a	439	400.0
400	a	699	650.0
700	a	1,090	1,000.0

Fuente: SANCHEZ Sánchez, A. La Inspección y el Control de la Calidad. Ed. Limusa, México, 1969.

TABLA II-5

## LETRAS CODIGO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

TAMAÑO DEL LOTE			Niveles de inspección Especiales				Niveles de inspec- ción generales		
			S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2	a	8	A	A	A	A	A	A	A
9	a	15	A	A	A	A	A	B	C
16	a	25	A	A	B	B	B	C	D
26	a	50	A	B	B	C	C	D	E
51	a	90	B	B	C	C	C	E	F
91	a	150	B	B	C	D	D	F	G
151	a	280	B	C	D	E	E	G	H
281	a	500	B	C	D	E	F	H	J
501	a	1200	C	C	E	F	G	J	K
1201	a	3200	C	D	E	G	H	K	L
3201	a	10000	C	D	F	G	J	L	M
10001	a	35000	C	D	F	H	K	M	N
35001	a	150000	D	E	G	J	L	N	P
150001	a	500000	D	E	G	J	M	P	Q
500001	en adelante		D	E	H	K	N	Q	R

Fuente: SANCHEZ Sánchez, A. La Inspección y el Control de la Calidad. Ed. Limusa, México, 1969.

TABLA II-6.- TABLA PATRON PARA INSPECCION NORMAL  
(MUESTREO SIMPLE)

Letra código del tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra	Niveles aceptables de calidad (Inspección normal)																											
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000		
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
K	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
L	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
M	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
N	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
P	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
Q	1250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
R	2000	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	

Utilizar el primer plan de muestreo que haya debajo de la flecha.

- ↓ = Si el tamaño de la muestra iguala o excede al tamaño del lote, realizar una inspección 100%.
- ↑ = Utilizar el primer plan de muestreo que haya encima de la flecha.

Ac = Número de aceptación.

Re = Número de rechazo.

TABLA II-7.-TABLA PATRON PARA INSPECCION RIGUROSA (MUESTREO SIMPLE)

Lote código del tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra	Niveles aceptables de calidad (Inspección rigurosa).																											
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.055	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000		
		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
K	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
L	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
M	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
N	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
P	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
Q	1250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
R	2000	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
S	3150	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	

Utilizar el primer plan de muestreo que haya debajo de la flecha.

↓ = Si el tamaño de la muestra iguala o excede al tamaño del lote, realizar una inspección 100%.

↑ = Utilizar el primer plan de muestreo que haya encima de la flecha.

Ac = Número de aceptación.

Re = Número de rechazo.



TABLA II-9 TABLA PATRON PARA INSPECCION RIGUROSA (MUESTREO DOBLE)

Letra código del tamaño de la muestra	muestra	Tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra acumulado	Niveles aceptables de calidad (Inspeccion rigurosa)																											
				0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000		
				Ac R	Ac Re																										
A				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
B	Prim Seg	2	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
		2	4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
C	Prim Seg	3	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
		3	6	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
D	Prim Seg	5	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
		5	10	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
E	Prim Seg	8	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
		8	16	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
F	Prim Seg	13	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
		13	26	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
G	Prim Seg	20	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
		20	40	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
H	Prim Seg	32	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
		32	64	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
J	Prim Seg	50	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
		50	100	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
K	Prim Seg	80	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
		80	160	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
L	Prim Seg	125	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
		125	250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
M	Prim Seg	200	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
		200	400	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
N	Prim Seg	315	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
		315	630	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
P	Prim Seg	500	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
		500	1000	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
Q	Prim Seg	800	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
		800	1600	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
R	Prim Seg	1250	1250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
		1250	2500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
S	Prim Seg	2000	2000	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
		2000	4000	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		

↓ = Utilizar el primer plan de muestreo que haya debajo de la flecha. Si el tamaño del muestreo iguala o excede del lote, realizar una inspeccion 100%.

↑ = Utilizar el primer plan de muestreo que haya encima de la flecha.

Ac = Numero de aceptacion.

Re = Numero de rechazo.

● = Utilizar el plan de muestreo simple correspondiente.  
(a si es posible el, utilizar el plan de muestreo doble siguiente)

15	25	40	65	100	150	250	400	630	1000
Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
	•	•	•	•	•	•	•	•	•
									
									
z 3	z 4	0 4	0 5	1 7	2 9	4 12	6 16		
0 3	1 5	1 6	3 8	4 10	7 14	11 19	17 27		
1 4	2 6	3 8	6 10	8 13	13 19	19 27	29 39		
2 5	3 7	5 10	8 13	12 17	19 25	27 34	40 49		
3 6	5 8	7 11	11 15	17 20	25 29	36 40	53 58		
4 6	7 9	10 12	14 17	21 23	31 33	45 47	65 68		
6 7	9 10	13 14	18 19	25 26	37 38	53 54	77 78		
z 4	0 4	0 5	1 7	2 9	4 12	6 16			
1 5	1 6	3 8	4 10	7 14	11 19	17 27			
2 6	3 8	6 10	8 13	13 19	19 27	29 39			
3 7	5 10	8 13	12 17	19 25	27 34	40 49			
5 8	7 11	11 15	17 20	25 29	36 40	53 58			
7 9	10 12	14 17	21 23	31 33	45 47	65 68			
9 10	13 14	18 19	25 26	37 38	53 54	77 78			
0 4	0 5	1 7	2 9						
1 6	3 8	4 10	7 14						
3 8	6 10	8 13	13 19						
5 10	8 13	12 17	19 25						
7 11	11 15	17 20	25 29						
10 12	14 17	21 23	31 33						
13 14	18 19	25 26	37 38						
0 5	1 7	2 9							
3 8	4 10	7 14							
6 10	8 13	13 19							
8 13	12 17	19 25							
11 15	17 20	25 29							
14 17	21 23	31 33							
18 19	25 26	37 38							
1 7	2 9								
4 10	7 14								
8 13	13 19								
12 17	19 25								
17 20	25 29								
21 23	31 33								
25 26	37 38								
2 9									
7 14									
13 19									
19 25									
25 29									
31 33									
37 38									

le siguiente)

múltiple siguiente).

TABLA II-II.- TABLA PATRON PARA INSPECCION RIGUROSA  
(MUESTREO MULTIPLE)

Letra código del tamaño de la muestra	Muestra	Tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra acumulado.	Niveles aceptables de calidad (Inspección rigurosa).																											
				0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000		
				Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
A																															
B																															
C																															
D	Prim. 2 Seg. 2 Terc. 2 Cuar. 2 Quin. 2 Sext. 2 Sept. 2	2 2 2 2 2 2 2	2 4 6 8 10 12 14																												
E	Prim. 3 Seg. 3 Terc. 3 Cuar. 3 Quin. 3 Sext. 3 Sep. 3	3 3 3 3 3 3 3	3 6 9 12 15 18 21																												
F	Prim. 5 Seg. 5 Terc. 5 Cuar. 5 Quin. 5 Sext. 5 Sep. 5	5 5 5 5 5 5 5	5 10 15 20 25 30 35																												
G	Prim. 8 Seg. 8 Terc. 8 Cuar. 8 Quin. 8 Sext. 8 Sep. 8	8 8 8 8 8 8 8	8 16 24 32 40 48 56																												
H	Prim. 13 Seg. 13 Terc. 13 Cuar. 13 Quin. 13 Sext. 13 Sep. 13	13 13 13 13 13 13 13	13 26 39 52 65 78 91																												
I	Prim. 20 Seg. 20 Terc. 20 Cuar. 20 Quin. 20 Sext. 20 Sep. 20	20 20 20 20 20 20 20	20 40 60 80 100 120 140																												

Utilizar el primer plan de muestreo que haya debajo de la flecha.  
 = Si el tamaño de la muestra iguala o excede al tamaño del lote, realizar una inspección 100%  
 = Utilizar el primer plan de muestreo que haya encima de la flecha.  
 Ac = Número de aceptación.  
 Re = Número de rechazo.  
 ○ = Utilizar el plan de muestreo simple correspondiente. (o, si es posible, utilizar el plan de muestreo múltiple siguiente).  
 ↔ = Utilizar el plan de muestreo simple correspondiente. (o, si es posible, utilizar el plan de muestreo múltiple siguiente).



TABLA III-12. - TABLA PATRON PARA INSPECCION REDUCIDA

(MUESTREO SIMPLE)

Letra código del tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra	Niveles aceptables de calidad (inspección reducida) †																											
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000		
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
B	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
C	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
D	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
E	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
F	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
G	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
H	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
J	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
K	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
L	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
M	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
N	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
P	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
Q	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
R	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		

Utilizar el primer plan de muestreo que haya debajo de la flecha.

- ↓ = Si el tamaño de la muestra iguala o excede al tamaño del lote, realizar una inspección 100%.
- ↑ = Utilizar el primer plan de muestreo que haya encima de la flecha.
- Ac = Número de aceptación.
- Re = Número de rechazo.
- † Si se ha sobrepasado el número de aceptación, sin alcanzar el de rechazo, aceptar el lote, pero restablecer la inspección normal.

CAPITULO III

CRITERIOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LAS  
NORMAS DE CONTROL DE CALIDAD

## CONCEPTOS BASICOS

En los capítulos anteriores se han mencionado algunos aspectos del control de calidad y los métodos que se pueden aplicar para llegar a resultados confiables, ahora se tratarán los criterios que se pueden seguir para establecer las normas que deban regir el control de calidad.

Sería un verdadero caos si cada constructor o cada fabricante elaborara sus propias especificaciones ya que un fabricante de block, tabique, varillas, etc., elaboraría sus productos de un tamaño y en el momento de tener dos o más proveedores se tendrían estos materiales de distintas medidas y características, o si cada productor utilizara una medida para pesar un producto y otro productor otra distinta. Ante esta situación, los gobiernos de cada país e instituciones y organismos han intervenido y elaborado especificaciones con carácter oficial, que se denominan normas, en todos aquellos productos que se consideran necesarios para protección al consumidor; sin embargo existen muchas características de productos que no han sido normalizados y por lo tanto, están sujetos a especificación por parte de los productores.

Norma: "Es el resultado de un estudio particular de normalización, aprobado por una autoridad reconocida".<sup>1</sup>

Normas Mexicanas: Son las disposiciones que regulan el Sistema General de Pesas y Medidas y las especificaciones que fija la Dirección General de Normas para los productos industriales.

Normas de pesas y medidas: Son las que regulan el Sistema General de Pesas y Medidas adoptado por nuestro país (México).

Normas industriales: Son el conjunto de especificaciones en que se define, clasifica y califica un material, producto o procedimiento para que satisfaga las necesidades y usos a que está destinado.

Normas opcionales: Son las que satisfacen los requisitos que establece la Dirección General de Normas para que los solicitantes obtengan la autorización para el uso del sello oficial de garantía en sus productos.

---

1) Organización Internacional de Normalización.

Normas obligatorias, son:

- a) Las que rigen el Sistema General de Pesas y Medidas.
- b) Las industriales que la Dirección General de Normas fije a los materiales, procedimientos o productos que afectan la vida, la seguridad o la integridad corporal de las personas.
- c) Las que se señalen, a juicio de la parte contratante.
- d) Las que se establezcan para materiales, productos, artículos o equipo, de consumo en el mercado nacional, que específicamente señale la Dirección General de Normas, cuando lo requiera la economía del país o el interés público.

Normas internacionales: Son las normas que se hacen en otros países. Es necesario conocer estas normas para poder vender al extranjero, ya que las normas internacionales pueden diferenciarse en un grado de mayor o menor calidad a las normas aplicadas aquí.

Si alguien quiere construir una obra debe conocer anticipadamente las normas obligatorias existentes sobre la

construcción tanto nacionales como de cada uno de los países en caso de exportación y de no existir éstas, debe indagar sobre las especificaciones de calidad. Estas informaciones pueden ser solicitadas a: La Dirección General de Normas, Cámara Nacional de la Industria de la Construcción, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Instituto Mexicano de Comercio Exterior, o a las asociaciones y embajadas. Si en estas instituciones no existen normas, el constructor buscará especificaciones que otras empresas emplean o las que los clientes exijan, y si estas no existieran o se considera necesario reestructurarlas, el constructor deberá elaborar sus propias especificaciones.

Toda norma debe contener lo siguiente:

1. Nomenclatura.
2. Alcance de la norma.
3. Clasificación de calidades incluidas en la norma.
4. Parámetros.
5. Sistema de unidades.
6. Métodos de medición.
7. Especificaciones.
8. Planes de muestreo.
9. Preservación de la calidad.

La normalización en países poco desarrollados como es nuestro caso, no puede prescindir de ser un asunto científico-tecnológico. Si en los países desarrollados, la normalización es el resultado de la investigación rigurosa y de vanguardia, en los países en vías de desarrollo la normalización debiera ser por lo menos resultado de la verificación igualmente rigurosa.

Toda norma puede describir con precisión cuáles son las características del producto que deban examinarse, qué mediciones deben efectuarse y mediante qué procedimientos, cómo deben interpretarse los resultados de las mediciones y cuáles deben ser los resultados para que el producto pueda considerarse aceptable.

#### OBJETIVOS DE LA NORMALIZACION

Los objetivos de la normalización, son:

1. Realizar una economía máxima total en términos de costo, esfuerzo humano y conservación de elementos fundamentales; usando de preferencia materiales fácilmente obtenibles, es decir, seleccionar juiciosamente las materias primas, preferente-

- mente normalizadas y adoptar procedimientos constructivos conocidos de los que se sabe o espera, sean los más económicos.
2. Garantizar la máxima utilidad en el uso, es decir; simplificación, racionalización, intercambiabilidad de partes y reducción de la variedad en las dimensiones de los componentes.
  3. Posibilitar la construcción masiva y propiciar economías de escala; con volúmenes que permitan atender el mercado nacional e internacional en condiciones competitivas de precio y calidad.
  4. Adoptar la mejor solución posible para los problemas que se presentan compatibles con las metas anteriores, tomando en cuenta todo el conocimiento científico disponible y los desarrollos tecnológicos modernos para facilitar el diseño de procesos y guiar la formulación de programas de investigación y de construcción.
  5. Definir niveles de calidad en tal forma que la evaluación práctica de la misma y sus logros sean compatibles con los propósitos antes mencionados, esto conduce a la normalización de procedimientos de muestreo, métodos de prueba, esquemas clasificado-

res y especificaciones de calidad en general.

#### BENEFICIOS DE LA NORMALIZACION

Para los constructores:

1. Organización racional del proceso constructivo hasta la obra terminada.
2. Documentación técnica respaldada por un organismo especializado.
3. Menos desperdicios.
4. Mayor rendimiento y productividad.
5. Incremento en la rotación de los volúmenes construídos.
6. Regulación progresiva de la construcción.
7. Minimización de costos.
8. Eliminación de la competencia desleal.
9. Argumentos de venta.

Para los usuarios:

1. Garantías en calidad, regularidad, seguridad e intercambiabilidad.

2. Mejor información técnica, antes dispersa o incierta.
3. Posibilidad de comparar ofertas.
4. Mejores precios para igualdad de servicios.
5. Facilidad para hacer los pedidos.
6. Reducción de los plazos de entrega.
7. Mayor información (marcas o sellos que indican la conformidad con normas, etiquetado informativo, pruebas comparativas).

#### CLASIFICACION DE NORMAS

Por su esencia se clasifican en:

Básicas o fundamentales: Definen conceptos fundamentales de la ciencia y de la técnica, tales como unidades, símbolos, terminología, definiciones, norma de normas, números normales, formato de papeles, dibujos, clasificación de documentos. Estas normas por su naturaleza, son el producto de la investigación científica o tecnológica, y, por lo tanto, no están sujetas a discusión.

Industriales: Establecen las referencias respecto a las cuales se define, clasifica y califica un material, producto o procedimiento, para que satisfaga las necesidades de uso a que está destinado, y deben ser producto

de un proceso de normalización. En este grupo pueden considerarse las siguientes clases de normas:

1. De calidad: determinan, mediante especificaciones, el conjunto de características físicas, químicas o biológicas que debe tener una materia prima, elemento o producto, a fin de que sea útil para el uso a que sea destinado.

2. Dimensionales: definen formas, dimensiones y tolerancias de elementos, piezas y objetos. Este grupo de normas difícilmente puede separarse del grupo de normas de calidad, ya que, generalmente hay problemas dimensionales que a la vez son de calidad, como por ejemplo: la dimensión de una losa o el grado de acabado de la misma.

3. De métodos de pruebas: contienen las disposiciones que regulan los sistemas y procedimientos de prueba elegidos, incluyendo ocasionalmente los procesos de muestreo, análisis químico, pruebas físicas y biológicas, la descripción del equipo utilizado e ilustraciones necesarias. Por ejemplo: determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto hidráulico por medio de una prensa.

4. De seguridad: tratan sobre las medidas que deben tomarse para preveer y evitar los accidentes de trabajo, por

ejemplo: empleo de letreros en la obra, equipo de protección personal y todas aquellas normas que tiendan a la ordenación de un proceso de trabajo.

El nivel de la normalización está determinado por el grupo de personas o de instituciones, que las vayan a utilizar o a las que se destina una norma. De acuerdo a esto, se puede tener los siguientes niveles:

1. Norma individual.
2. Norma empresarial.
3. Norma de asociación.
4. Norma Nacional.
5. Norma o recomendación internacional.

Dentro de las normas de calidad se tienen dos tipos, que son:

- a) Funcionales o de desempeño: establecen las características que el usuario requiere del producto no tomando en cuenta la forma en que se obtenga; no fijan dimensiones, propiedades de los materiales, tratamientos, ni métodos de producción, es decir, sirve para un elemento con un uso específico.

En la elaboración de normas funcionales, se deben llevar a cabo las siguientes etapas:

1. Identificar los componentes básicos del conjunto para los que se darán normas.
  2. Fijar los atributos específicos que deben evaluarse para los componentes, dependiendo de las funciones que deben cumplir, identificando aquéllas que influyen en forma significativa en la función del conjunto y dar especificaciones sólo para ellos.
  3. Definir la forma en que deben calificarse los atributos, fijando los ensayos, las propiedades que deben medirse y la forma de calificar los resultados.
  4. Evaluar las componentes en función de los valores medidos para los distintos atributos, utilizando cualquier método, desde requisitos mínimos, por medio de tolerancias o a través de una calificación ponderada para cada atributo hasta tener una evaluación total del elemento que permita compararlo con otros.
- b) Prescriptivas: Estas normas sirven para un producto específico; este criterio requiere que para cada nuevo producto se elabore una norma particular

con la finalidad de satisfacer los requisitos deseados.

En las obras de ingeniería civil se utilizan los dos tipos de norma, como por ejemplo: en la elaboración del concreto, cuando se especifica la resistencia se está utilizando una norma funcional y cuando se definen las características de los elementos constitutivos, como son: grava, arena, etc., se está utilizando una norma prescriptiva.

#### ELABORACION DE LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD

Especificación: "Es el enunciado concreto del conjunto de condiciones que debe satisfacer un producto, un material o un proceso; incluyendo, si es necesario, los métodos que permitan determinar si tales condiciones se cumplen".<sup>2</sup>

Para su elaboración se deben seguir los siguientes pasos:

---

2) Ibidem.

1. Hacer un estudio de mercado.
2. Elaborar el diseño de la obra.
3. Elaborar el diseño del proceso.
4. Determinar las características de calidad.
5. Elaborar las especificaciones de calidad, tomando en cuenta lo siguiente:
  - a) Traducir los deseos en defectos, expresándolos en términos técnicos.
  - b) Clasificar los defectos en variables (que pueden medirse o pesarse) y atributos (que sólo se pueden captar por los sentidos).
  - c) Determinar en qué operaciones del proceso puede producirse cada defecto y las causas probables.
  - d) Elaborar las especificaciones de calidad y ofrecerlas a quienes van a construir la obra o dar el servicio y a quienes van a venderlo.

Algunas veces habrá necesidad de hacer alteraciones en las normas o especificaciones de calidad, aún cuando éstas hayan sido fijadas con bastante precisión originalmente. Estos cambios pueden hacerse, siempre y cuando la calidad final de la construcción no se deteriore, sino

más bien se mejore.

Algunas de las causas son las siguientes:

- . para satisfacer cambios en el diseño de la obra.
- . para reducir costos de construcción.
- . para mejorar la obra.
- . para satisfacer necesidades de tipo nacional.

Se ha dicho anteriormente que la calidad se define, se controla y se desarrolla, todo esto se reduce a una medición.

"La normalización es la definición científica de la calidad; el control, la verificación de la calidad y el desarrollo es la superación de la calidad."<sup>3</sup> Esta normalización se inicia en el acuerdo entre constructores y usuarios. Este acuerdo es ineludible, y su no observancia es la tecnocracia o la arbitrariedad, en resumen, el sometimiento. Aunque algunas veces oculto por la ingenuidad o por la ignorancia. Esta ingenuidad radica en pensar que en países atrasados no es necesario verificar la calidad y más aún, pensar que eso puede ser así porque la verificación ya se ha hecho en los países avanzados y "no hay por qué inventar el agua tibia". Las necesidades

---

3) Curso de control estadístico de calidad. Centro de Educación Continua, DESFI. México, Octubre, 1977.

de los hombres son las mismas en todas partes y la forma de satisfacerlas ya se ha definido en algún país avanzado, entonces sólo basta elegir el país más avanzado y se establecen comités de normalización integrados por productores y usuarios y eligen la norma extranjera más idónea para traducirla, claro está que ésta traducción carece de sentido porque la norma no requiere sólo de exactitud en los términos, sino una correspondencia con la realidad y que existan los elementos necesarios y suficientes para verificarlos tanto en equipo como en personal.

#### CRITERIOS

Los criterios que deben seguirse para la elaboración de las especificaciones, deben variar según el proyecto del que se trate; y deben tomar en cuenta además, que tanto los materiales como los procesos constructivos están sujetos a variación y por lo tanto, se debe dar margen a las mismas y no hacer lo que frecuentemente se hace cuando en las especificaciones se marca: "la compactación deberá ser al 95%" o, "la resistencia a la compresión del concreto será de 200 Kg/cms.<sup>2</sup>" Sabemos que no en todo el tramo en estudio se tendrá un 95% exactamente, sino que será mayor o menor, según las condiciones de los materiales, humedad,

presión, etc. Y en el caso del concreto, los resultados son similares. Por eso es que las especificaciones de calidad deben ser menos rígidas y más flexibles, es decir; no marcar un 95% de compactación o  $200 \text{ Kg/cm.}^2$  de resistencia del concreto, sino definir ciertos límites dentro de los cuales las características de calidad deseadas no se afecten y se obtenga una obra que cumpla con los fines propuestos. Se deben determinar los métodos a seguir para comprobar la calidad, siendo éstos cualquiera de los expuestos en el capítulo dos de este trabajo, en el cual se justifica que no es mejor control aquélen el que se hacen muchas pruebas, sino aquél que define los puntos claves y ejecuta muestreos estadísticos. Además sabemos que no es posible efectuar muchas pruebas, ya que la mayoría de ellas son destructivas (block, varilla, etc. y porque se requiere de más personal y más tiempo, lo que necesariamente se traduce en costo, y la importancia del control estadístico radica precisamente en la reducción del mismo.

CAPITULO IV

4

C O N C L U S I O N E S

Después de haber realizado algunas investigaciones sobre el control de calidad y de algunas experiencias recogidas de ingenieros relacionados con este campo y personales, se pueden hacer las siguientes conclusiones:

## CAPITULO I

- . Parece ser que a los conceptos calidad y control todavía no se les ha dado la importancia que debieran gran parte de los ingenieros civiles, esto hace que aún no se alcancen los niveles de desarrollo que se requiera en la industria de la construcción.
- . La calidad se especifica de común acuerdo entre constructor y usuario y se mide según alcance las exigencias del uso.
- . La calidad es importante en todas las actividades del hombre, en cualquier parte que se encuentre.
- . La calidad y su control es importante tanto en el diseño, como en la ejecución del proyecto y su conservación, en todas las áreas de la ingeniería civil, como son: estructuras, geotecnia, hidráulica, sistemas, construcción y administración.

- . Tan importante es que se diseñen las obras con buena calidad, como la elaboración de programas para verificarla, pero parece ser que es más importante el personal que estará encargado de hacerlo, por ello es que a este grupo se le debe dar mayor atención, ya que de nada sirven los buenos proyectos si los ejecutores y controladores no "sienten" la función que tienen en la realización de las obras.
  
- . El grado de desarrollo de un país se debe en gran parte a las obras de infraestructura que se realizan y éstas cada vez tienen que ser mejores ya que las exigencias cada vez son mayores y a mayor importancia, mayor complejidad, que requiere una mejor preparación y actualización de los técnicos.
  
- . Como en el caso de los suelos, sabe más quien más contacto tiene con él, y en el control de calidad sucede algo similar, además de poseer un apropiado sentido común en cuanto a los resultados de sus ensayos y su interpretación.

## CAPITULO II

- . El uso de la estadística para el control de calidad,

- no se ha generalizado ni desarrollado como debiera en las obras de ingeniería civil, por falta de una adecuada información acerca de su metodología y aplicación.
- . La estadística utilizada en el control de calidad, ofrece más ventajas que los métodos no estadísticos, en la disminución de costos, al requerir menos muestreos y menos trabajos de laboratorio, al aplicar más acciones preventivas y menos acciones correctivas.
  - . De la técnica estadística podemos adaptar algunos métodos de control de calidad, utilizando las distribuciones de frecuencia, métodos analíticos y gráficas, gráficas de control, tablas de muestreo, etc.
  - . El empleo de los métodos estadísticos depende de la magnitud de la obra; es decir, no se justifica para las obras pequeñas y el uso específico de determinado método está en función de la misma, ya que se debe buscar aquél que ofrezca mayor confiabilidad y menor costo.

## CAPITULO III

- . La normalización es fundamental en cualquier país que desee desarrollarse, elaborando productos competitivos a nivel internacional, ya que de la eficacia de las normas depende, en gran parte, el progreso.
- . La normalización en un país requiere de mucho esfuerzo pero por algo se tiene que empezar, y ese algo puede ser la uniformidad en unidades de mediciones.
- . Para la elaboración de normas se tiene que convocar a productores y usuarios y definir sus capacidades y necesidades respectivamente, procurando que ambos se encuentren reflejados en ellas plenamente y en forma equilibrada.
- . Los comités para la elaboración de normas a través de sus respectivos sub-comités, no debieran copiar normas extranjeras para implantarlas a nuestro sistema, debido a la gran diferencia que existe en cuando a: materiales, equipo de laboratorio y personal técnico, porque mientras en aquellos países los

materiales desde su materia prima tienen que cumplir con rigurosas normas de calidad, en nuestro país no se hace así, y en cuanto son ineficientes aquellos equipos, los desechan y nosotros los utilizamos y refiriéndonos al personal técnico, las conclusiones son similares.

- . En México existen normas en distintos niveles: individual, empresarial, de asociación, nacional e internacional pero éstos podrían eliminarse si todas las normas emitidas por Comisión Federal de Electricidad, Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, etc., se unificaran y dieran como resultado normas nacionales generales para todos porque independientemente del área en que se desenvuelvan, consumen las mismas materias primas que se pueden, por lo tanto, normalizar.
- . Es importante para el proyectista, constructor y usuario, el estar informado acerca de las normas oficiales mexicanas, ya que como en todos los países en vías de desarrollo, éstas apenas se están implantando, desarrollando o ajustando.

- . Las especificaciones de calidad deben elaborarse para cada obra específica, utilizando criterios menos rígidos y más flexibles, definiendo intervalos de tolerancias que son inevitables tanto en los materiales como en el proceso constructivo, pero cuidando que las características de calidad deseadas se conserven.

#### CAPITULO IV

- . Como conclusión general, se sugiere, para los planes de estudio de todas las carreras de la Ingeniería, la contemplación como materia del "control de calidad", haciendo énfasis en la importancia que ésta tiene, su metodología y la necesidad de la normalización a nivel nacional. Esta sugerencia puede ser extensiva para todas aquellas carreras que tengan que ver con la prestación de servicios en cualquier área, con el propósito de crear conciencia de la importancia que tiene el que realicemos actividades de alta calidad y su repercusión en el desarrollo de nuestro país y en el extranjero.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- AZCUE, Pedro. Calidad de exportación. Instituto Mexicano de Comercio Exterior, 1973, México, D. F.
- 2.- Curso de control estadístico de calidad. Centro de Educación Continua. DESFI. UNAM. Octubre, 1977, México, D. F.
- 3.- FEIGENBAUM, A. V. Control total de la calidad. Ingeniería y administración. C.E.C.S.A., México, D. F., 1978.
- 4.- GRANT, Eugene L. Control de calidad estadístico. Ed. C.E.C.S.A. 3a. Ed., México, 1970.
- 5.- I.M.C.Y.C. Control de calidad del concreto. (ACI-704), 2a. impresión, México, 1979.
- 6.- LOURENÇO Filho, Ruy de C.B. Control estadístico de calidad. Ed. Paraninfo, Madrid, 1974.
- 7.- RICO Rodríguez y del Castillo, H. La Ingeniería de Suelos en las vías terrestres. Tomo II, Capítulo XVII, Ed. Limusa, México, 1978.
- 8.- I Seminario Latinoamericano y Nacional de Control de Calidad en la Industria de la Construcción. Instituto Mexicano de Control de Calidad. México, D. F., Julio, 1978.