



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

# El Concreto, Pruebas de Campo y de Laboratorio

T E S I S

Que para obtener el título de:

ingeniero civil

presenta:

ANGEL HERNANDEZ QUINTANAR

MEXICO, D. F.

1985



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

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

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

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

# I N D I C E

## CAPITULO

	INTRODUCCION. . . . .	1
I.	CONTROL DE CALIDAD. . . . .	3
I.1	Objetivo. . . . .	4
I.2	Aplicación de la Estadística al Control del Concreto. . . . .	6
I.3	Métodos Rápidos para Calcular la Desviación Estándar . . . . .	10
I.4	Aplicación de la Probabilidad y Desviación Estándar al Control del Concreto . . . . .	20
I.5	Resistencia ( $f'c$ ) . . . . .	26
I.6	Bases para Aceptar Pruebas de Resistencia Menores a la $f'c$ , cuando su Probabilidad de Porcentajes de Resultados Menores a $f'c$ no Exceden del 9%. . . . .	26
I.7	Criterios de Calidad que Señala el Reglamento . . . . .	28
II.	PRUEBAS DE CAMPO . . . . .	38
II.1	Prueba de Revenimiento. . . . .	39
II.2	Prueba de la Esfera de Kelly. . . . .	50
II.3	Prueba del Factor de Compactación . . . . .	57

# I N D I C E

## CAPITULO

III.	PRUEBAS DE LABORATORIO. . . . .	65
III.1	Prueba de Fluidéz . . . . .	66
III.2	Prueba de Remoldeo . . . . .	74
III.3	Prueba de VeBe (Prueba Consistómetro V-B) . . . . .	81
III.4	Prueba del Cubo . . . . .	89
III.5	Prueba de Cilindros . . . . .	98
III.6	Determinación de la Resistencia a la Tensión por -- Compresión Diametral de Cilindros de Concreto . . . . .	111
III.7	Obtención y Prueba de Corazones Extraídos de Concre- to Endurecido . . . . .	123
III.8	Determinación de la Resistencia a la Flexión del -- Concreto (Usando una Viga Simple con Cargas en los Tercios del Claro). . . . .	135
III.9	Prueba del Índice de Rebote . . . . .	146
III.10	Método por Presión para la Determinación de la Can- tidad de Aire Incluido... . . . .	158
IV.	CONCLUSIONES. . . . .	168
V.	AUDIOVISUAL . . . . .	182
	BIBLIOGRAFIA. . . . .	187

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

Desde tiempos muy remotos, se han utilizado en la construcción materiales cementantes naturales, como la arcilla, la cal, etc., para formar en combinación con otros elementos parte de la misma. Sin embargo, la resistencia y comportamiento de estas combinaciones en la construcción no eran muy estables y seguras; por lo que el hombre viendo esta necesidad fue investigando diferentes materiales y combinaciones hasta llegar a lo que hoy en día es la utilización del CEMENTO.

El cemento en combinación con los agregados pétreos y el agua forman el CONCRETO; el cual actualmente se fabrica en grandes cantidades, tanto en plantas dosificadoras como en obra; y

es tal la importancia de éste en la construcción que ha sido ne  
cesario el estudio y conocimiento de sus propiedades, así como  
el estudio de las variaciones en sus propiedades debido a agen-  
tes externos.

La manera de verificar y medir las propiedades del concret  
o es por medio de pruebas, las cuales en un concreto son de su  
ma importancia para poder garantizar el comportamiento de éste;  
así como para poder detectar alguna variación en sus propieda--  
des, que pudieran alejar a éste de los fines para los cuales --  
fue diseñado. Las pruebas del concreto son realizadas con mues-  
tras tomadas en forma aleatoria que deben ser representativas -  
del total; dichas pruebas arrojan una serie de resultados que -  
deben ser analizados para poder establecer el control de calidad  
del concreto.

En las dos etapas principales de un concreto (etapa fresca,  
etapa madura), deben practicarse las pruebas correspondientes pa  
ra poder garantizar en forma profesional el comportamiento del-  
mismo, ya que pudiera llegar a presentarse la falla de una es-  
tructura y estas pruebas sirven de elementos técnicos comproba-  
torios para un juicio de carácter civil.

CAPITULO I

CONTROL DE CALIDAD

## I.1 OBJETIVO DEL CONTROL DE CALIDAD.

Controlar la variación en las propiedades de los ingredientes de la mezcla y también el control de la exactitud de todas esas operaciones que afectan la resistencia o consistencia del concreto: dosificación, mezclado, colocación, curado y prueba.

Se puede encontrar el origen de las diferencias en la resistencia, en dos fuentes fundamentales distintas:

- a).- Las variaciones en las propiedades de la mezcla de concreto y de sus ingredientes.
- b).- Las diferencias aparentes en la resistencia, ocasionadas por las variaciones inherentes a la prueba.



PRINCIPALES FUENTES DE VARIACION EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO

Variaciones en las propiedades del Concreto	Discrepancias en los Métodos de Prueba
<p>1.- Cambios en la Relación Agua/cemento:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Deficiente control de agua.</li> <li>- Excesiva variación de humedad en el agregado.</li> <li>- Retemplado.</li> </ul>	<p>Procedimientos incorrectos en el muestreo.</p>
<p>2.- Variaciones en el Requerimiento de agua:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Granulometría del agregado, absorción, forma de la partícula.</li> <li>- Propiedades del cemento y del aditivo.</li> <li>- Contenido de aire.</li> <li>- Tiempo de entrega y temperatura.</li> </ul>	<p>Variaciones debidas a las técnicas de fabricación.</p> <p>Manejo y curado de cilindros recién fabricados.</p> <p>Moldes de calidad deficiente</p>
<p>3.- Variaciones en las Características y Proporciones de los Ingredientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Agregados.</li> <li>- Cemento.</li> <li>- Puzolanas.</li> <li>- Aditivos.</li> </ul>	<p>Cambios en el curado:</p> <p>Variaciones en la temperatura. Humedad variable.</p> <p>Retrasos en el acarreo de los cilindros al laboratorio.</p>
<p>4.- Variaciones en la transportación, la Colocación y la Compactación:</p>	<p>Deficientes Procedimientos de Prueba:</p> <p>Cabeceo de los cilindros</p> <p>Pruebas de compresión.</p>
<p>5.- Variaciones en la Temperatura y en el Curado.</p>	

## I.2. APLICACION DE LA ESTADISTICA AL CONTROL DEL CONCRETO.

El concreto debe dosificarse y producirse para asegurar una resistencia a la compresión promedio lo suficientemente alta para minimizar la frecuencia de resultados de pruebas de resistencia por debajo del valor de la resistencia a la compresión especificada del concreto ( $f'_c$ ).

Las técnicas estadísticas utilizadas en el control del concreto son:

a).-  $\sigma$  = La desviación estándar.

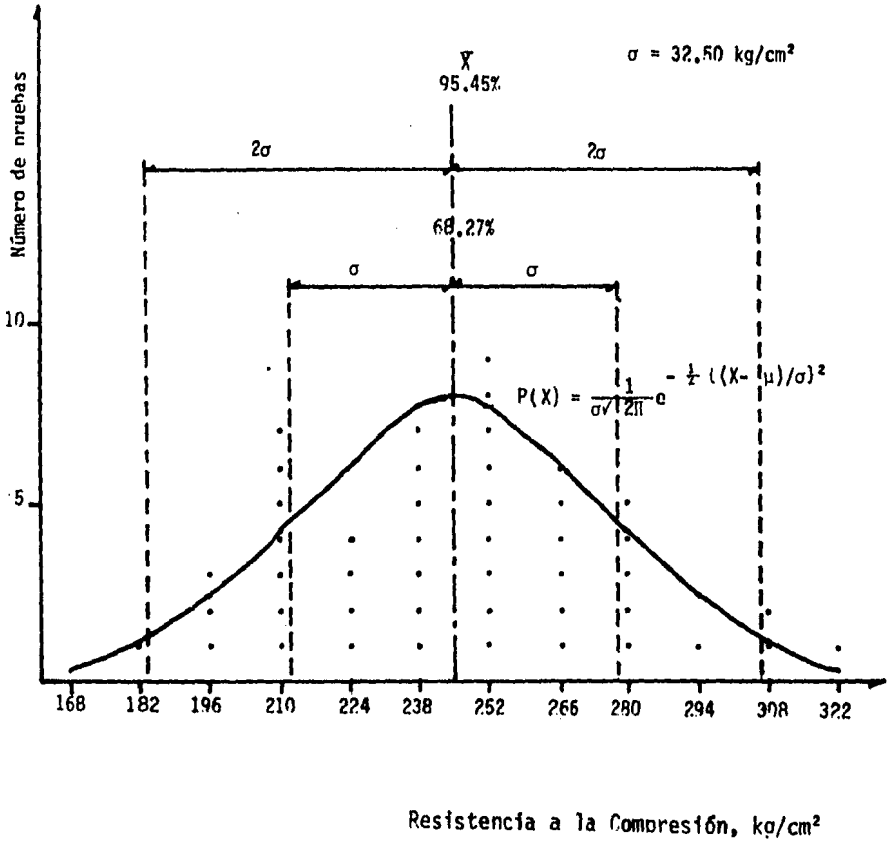
b).-  $\bar{x}$  = La media.

c).- La curva de distribución de frecuencias.

(Ver Gráfica 1).

La forma de la curva típica de distribución de frecuencia mostrada en la Gráfica No. 1, depende de la variabilidad de los resultados de prueba. Al aumentar la variabilidad, la curva se abate y se alarga. Cuando la variabilidad es pequeña, los valores de la resistencia se concentran cerca del promedio y la curva es alta y angosta.

GRAFICA No. 1



DISTRIBUCION DE FRECUENCIA NORMAL DE LOS RESULTADOS  
DE PRUEBAS

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, lo cual indica mucha variación. Cuando hay poca variabilidad, los valores de resistencia se aglomeran alrededor del promedio, el valor de  $\sigma$  es pequeño.

$$\sigma = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{(n - 1)}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Donde:

$X_1, X_2, X_n$  : Son valores individuales de las pruebas de resistencia.

$\bar{X}$  : Es la resistencia promedio.

$n$  : Es el número de pruebas.

NOTA.- Se utiliza  $(n - 1)$ , ya que aumenta el valor de  $\sigma$  y tiende a compensar la inseguridad proveniente de lo pequeño de la muestra.

$\sigma$  = Desviación estándar.

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

Donde:

$\bar{X}$  = Resistencia promedio.

$X_i$  = Valor individual de la prueba de resistencia.

$n$  = Número de pruebas.

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100$$

Donde:

$V$  = Coeficiente de variación, expresado en porcentaje.

$\sigma$  = Desviación estándar.

$\bar{X}$  = Resistencia promedio.

## I.3 METODOS RAPIDOS PARA CALCULAR LA DESVIACION ESTANDAR.

## A).- METODO 1.

NOTA: Las siguientes recomendaciones incluyen la selección de varios valores arbitrarios; tales como valores redondeados, tamaño del intervalo, divisiones de la escala gráfica y divisor de las desviaciones, que pueden alterarse sin afectar seriamente la precisión del método simplificado.

- a).- Calcúlese la resistencia promedio,  $\bar{X}$ , y redondeese el resultado con una aproximación de  $1\text{kg}/\text{cm}^2$ .
- b).- Trácese el número de pruebas de resistencia en intervalos de  $14\text{ kg}/\text{cm}^2$ , situando los -- puntos medios (promedios) de los intervalos múltiples iguales a  $14\text{ kg}/\text{cm}^2$  de desviación a partir de  $\bar{X}$ .
- c).- Las desviaciones de los intervalos respecto al promedio se dan en múltiplos de 14. Divídanse estas desviaciones entre 7, lo que convierte las desviaciones en múltiplos de 2.

d).- Multiplíquese el número de pruebas en los intervalos de igual desviación (superiores e inferiores a partir del promedio) por la desviación al cuadrado.

e).- Determinese la suma de los productos del paso d y el número total de pruebas.

f).- Substitúyase en la ecuación  $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$  las sumas encontradas en el paso e y multiplique por 7 a  $\sigma$ , para convertir de nuevo las unidades de la desviación estándar a  $\text{kg/cm}^2$ .

### EJEMPLO:

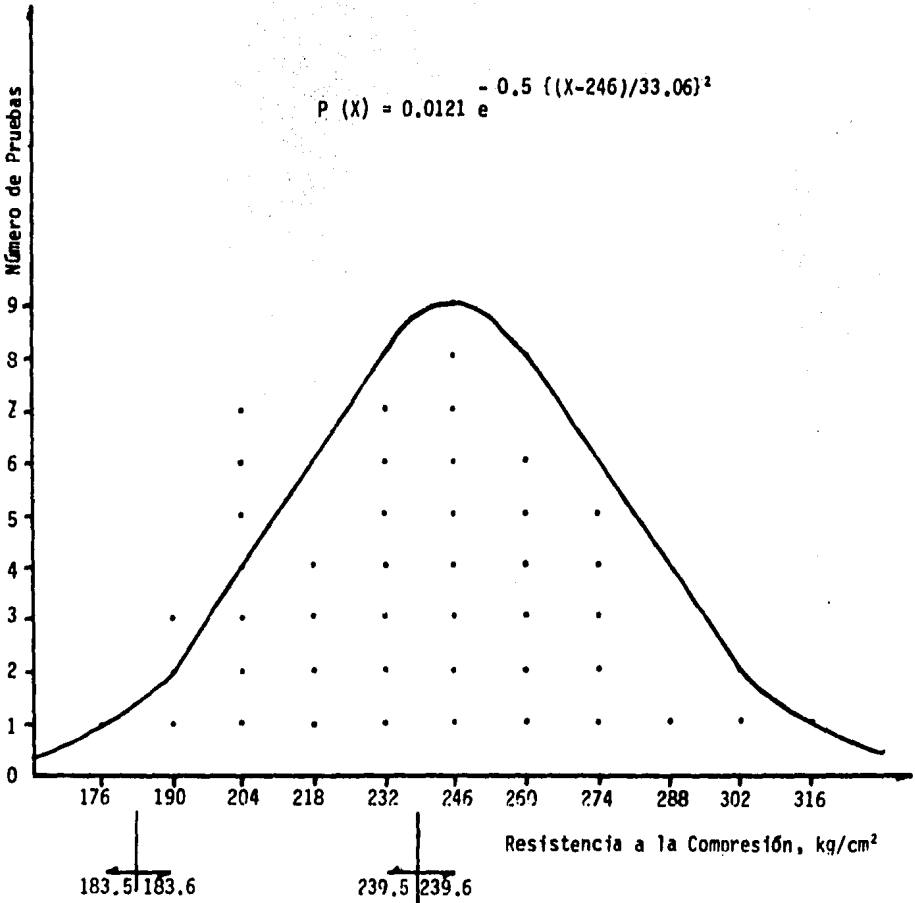
Teniendo registrados los siguientes resultados producto de pruebas:

182.2	196.6	210.20	210.7	224.6	252.4
196.1	210.3	210.5	210.9	224.8	
196.4	210.2	210.5	224.2	224.9	
238.5	238.7	238.2	252.6	252.5	
238.3	238.9	252.1	252.8	252.6	
238.1	238.4	252.3	259.9	252.7	
266.3	266.0	280.9	280.4	308.0	
266.2	266.1	280.7	280.2	308.3	
266.1	266.3	280.5	294.1	322.0	

Paso a).-

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = 246.03 \approx 246.00$$

Paso b).-





Paso c).-

$$\begin{array}{l} x_1 - \bar{x} = 232 - 246 = -14 \\ \quad \quad = 260 - 246 = 14 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} x_1 - \bar{x} = 232 - 246 = -14 \\ \quad \quad = 260 - 246 = 14 \end{array}} \right\} x_1 - \bar{x}$$

$$\begin{array}{l} x_2 - \bar{x} = 218 - 246 = -28 \\ \quad \quad = 274 - 246 = 28 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} x_2 - \bar{x} = 218 - 246 = -28 \\ \quad \quad = 274 - 246 = 28 \end{array}} \right\} x_2 - \bar{x}$$

$$\begin{array}{l} x_3 - \bar{x} = 204 - 246 = -42 \\ \quad \quad = 288 - 246 = 42 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} x_3 - \bar{x} = 204 - 246 = -42 \\ \quad \quad = 288 - 246 = 42 \end{array}} \right\} x_3 - \bar{x}$$

$$\begin{array}{l} x_4 - \bar{x} = 190 - 246 = -56 \\ \quad \quad = 302 - 246 = 56 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} x_4 - \bar{x} = 190 - 246 = -56 \\ \quad \quad = 302 - 246 = 56 \end{array}} \right\} x_4 - \bar{x}$$

$$\begin{array}{l} x_5 - \bar{x} = 176 - 246 = -70 \\ \quad \quad = 316 - 246 = 70 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} x_5 - \bar{x} = 176 - 246 = -70 \\ \quad \quad = 316 - 246 = 70 \end{array}} \right\} x_5 - \bar{x}$$

$$x_1 - \bar{x} = \frac{14}{7} = 2$$

$$x_2 - \bar{x} = \frac{28}{7} = 4$$

$$x_3 - \bar{x} = \frac{42}{7} = 6$$

$$x_4 - \bar{x} = \frac{56}{7} = 8$$

$$x_5 - \bar{x} = \frac{70}{7} = 10$$

Paso d).-

$$(2)^2 \cdot 13 = 52$$

$$(4)^2 \cdot 9 = 144$$

$$(6)^2 \cdot 8 = 288$$

$$(8)^2 \cdot 5 = 320$$

$$(10)^2 \cdot 2 = 200$$

Paso e).-

$$\Sigma = 52 + 144 + 288 + 320 + 200$$

$$= 1,004$$

$$\Sigma = 1,004$$

$$n = 46.00$$

Paso f).-

$$\sigma = \sqrt{\frac{1,004.00}{46-1}} = 4.72$$

$$\sigma = 7 (4.72)$$

$$\sigma = 33.06 \text{ kg/cm}^2.$$

## B).- METODO 2.

NOTA: El método 2 es un Método Gráfico, con éste se obtienen resultados menos precisos que con el Método 1 (Método Analítico).

Sin embargo, los resultados que proporciona son de suficiente precisión para evaluar los datos de las pruebas del concreto.

Las siguientes recomendaciones incluyen la selección de algunos valores arbitrarios, tales como valores redondeados, tamaño del intervalo.

- a).- Prepárese 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 de  $7 \text{ kg/cm}^2$ .

Iniciése con el intervalo que contiene el punto inferior y continúese en secuencia hacia el superior.

- b).- Complétese la lista anterior construyendo una tabla de distribución de frecuencia relativa acumulativa donde, para cada intervalo, se deben tener:

- 1.- Los números de pruebas que se contaron.
- 2.- El número acumulado de pruebas sumado en

cada intervalo, desde el intervalo de baja resistencia hasta el intervalo de alta resistencia.

3.- El porcentaje acumulado relativo de las pruebas, representadas por cada intervalo.

c).- Indíquense los puntos del porcentaje acumulativo de pruebas en la mitad del intervalo de la resistencia a la compresión, sobre papel especial para gráficas probabilísticas.

d).- Dibújese la recta que mejor se ajuste a los puntos de los datos.- El grado en que los puntos coincidan con la recta determina la aproximación del ajuste de la distribución dada a la distribución normal.

e).- Determinese el promedio, en la intersección del 50%.

f).- La desviación estándar puede estimarse, 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.

## EJEMPLO:

Tomando los datos del ejemplo anterior y redondeando las cantidades.

203.60, 217.50

Paso a).-

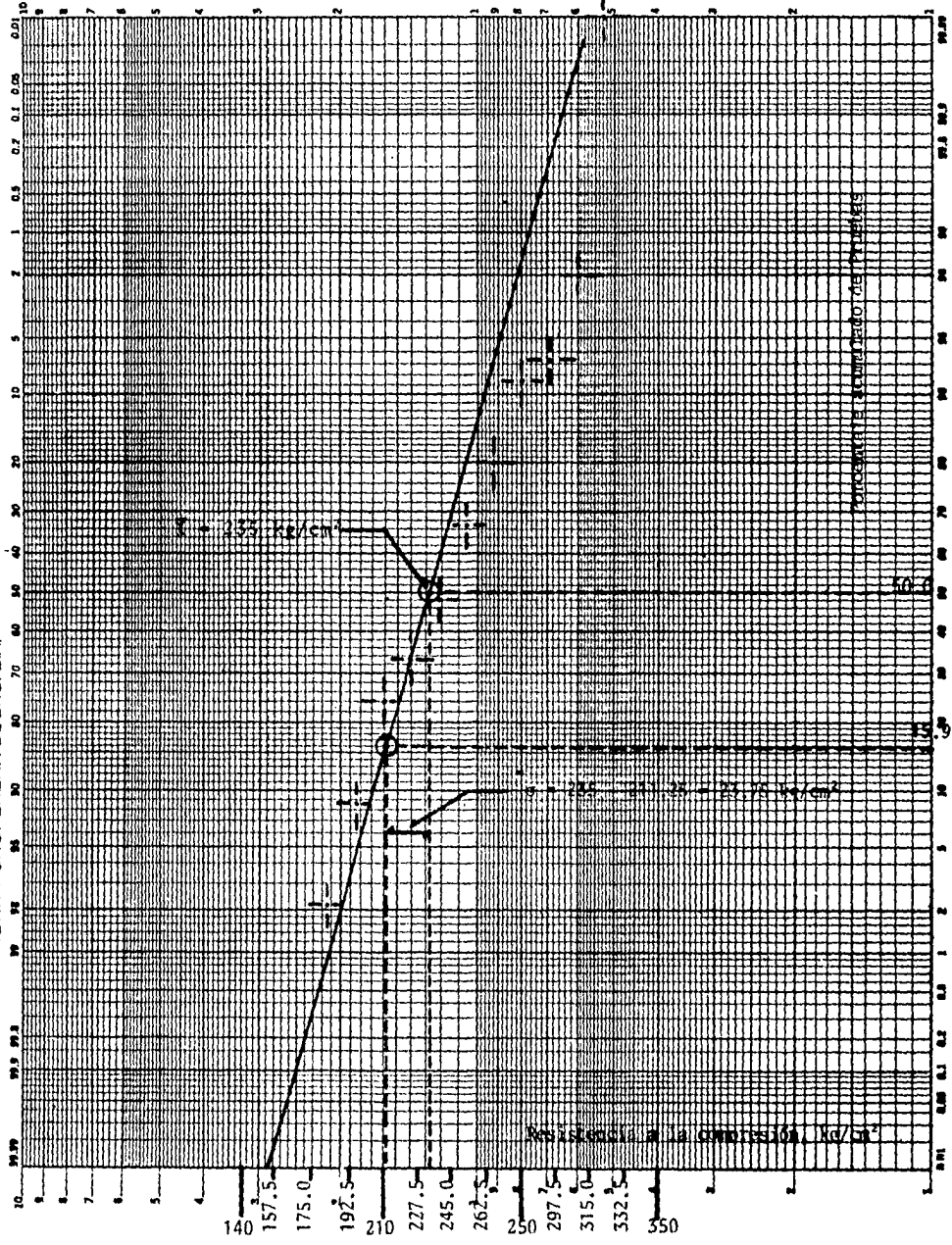
182	196	210	224	238	252	266	280	294	308	322
182.2	196.1	210.3	224.2	238.5	252.1	266.3	280.9	294.1	308.0	322.0
	196.4	220.2	224.6	238.3	252.3	266.2	280.7		308.3	
	196.6	210.2	224.8	238.1	252.6	266.1	280.5			
		210.5	224.9	238.7	252.8	266.0	280.4			
		210.5		238.9	252.9	266.1	280.2			
		210.7		238.4	252.5	266.3				
		210.9		238.2	252.6					
					252.7					
					252.4					

Paso b).-

A LA MITAD DEL INTERVALO	PRUEBAS POR INTERVALO	PRUEBAS ACUMULADAS	% ACUMULADO
182	1	1	2.2
196	3	4	8.7
210	7	11	24.0
224	4	15	33.0
238	7	22	48
252	9	31	67
266	6	37	80
280	5	42	91.5
294	1	43	93.5
308	2	45	98
322	1	46	100

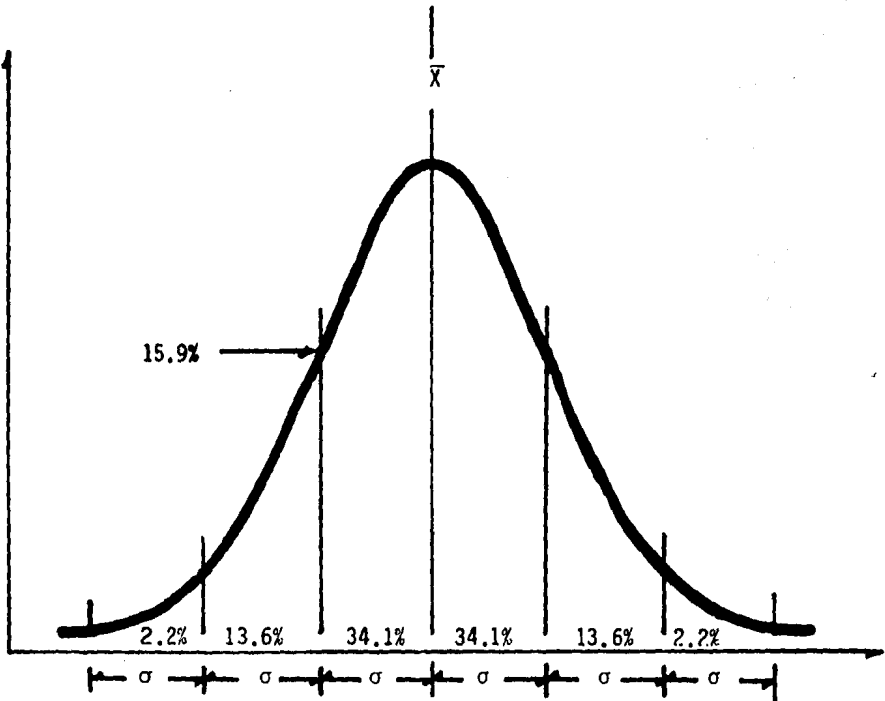
8043-725

X 2 CICLOS  
MORRY CHOPERENA SUCRFS. S.A.



I.4 APLICACION DE LA PROBABILIDAD Y DESVIACION ESTANDAR  
AL CONTROL DEL CONCRETO.

a).- Datos generales de la curva teórica característ  
tica en forma de campana.



á.1 Cualquiera que sea la forma de la curva teórica y el valor de ( $\sigma$ ); el área bajo la curva entre ( $\bar{X} + \sigma$ ) y ( $\bar{X} - \sigma$ ) será siempre  $(34.1 \times 2) = 68.2\%$  del área total bajo la curva.



- a.2.- Cualquiera que sea la forma de la curva teórica y el valor de ( $\sigma$ ); el área bajo la curva entre  $(\bar{X} + 2\sigma)$  y  $(\bar{X} - 2\sigma)$  será siempre  $(13.6 + 34.1) \times 2 = 95.4\%$  del área total bajo la curva.
- a.3.- Si se considera solamente la mitad de la curva bajo  $\bar{X}$ ; el 34.1% del área quedará entre  $\bar{X}$  y  $(\bar{X} - \sigma)$ , y de allí se deduce que el 15.9% del área de la curva quedará por debajo de  $(\bar{X} - \sigma)$ .
- a.4.- Estos mismos porcentajes se aplicarán para el número de pruebas en cuestión, así como para el área.

b).- Tabla de porcentajes inferiores a  $f'_c$  esperados en los resultados de las pruebas.

Resistencia Promedio $\bar{X}$	Porcentaje de resultados bajos	Resistencia Promedio $\bar{X}$	Porcentaje de resultados bajos
$f'_c + 0.10\sigma$	46.0	$f'_c + 1.6\sigma$	5.5
$f'_c + 0.20\sigma$	42.1	$f'_c + 1.7\sigma$	4.5
$f'_c + 0.30\sigma$	38.2	$f'_c + 1.8\sigma$	3.6
$f'_c + 0.40\sigma$	34.5	$f'_c + 1.9\sigma$	2.9
$f'_c + 0.50\sigma$	30.9	$f'_c + 2.0\sigma$	2.3
$f'_c + 0.60\sigma$	27.4	$f'_c + 2.1\sigma$	1.8
$f'_c + 0.70\sigma$	24.2	$f'_c + 2.2\sigma$	1.4
$f'_c + 0.80\sigma$	21.2	$f'_c + 2.3\sigma$	1.1
$f'_c + 0.90\sigma$	18.4	$f'_c + 2.4\sigma$	0.8
$f'_c + \sigma$	15.9	$f'_c + 2.5\sigma$	0.6
$f'_c + 1.1\sigma$	13.6	$f'_c + 2.6\sigma$	0.45
$f'_c + 1.2\sigma$	11.5	$f'_c + 2.7\sigma$	0.35
$f'_c + 1.3\sigma$	9.7	$f'_c + 2.8\sigma$	0.25
$f'_c + 1.4\sigma$	8.1	$f'_c + 2.9\sigma$	0.19
$f'_c + 1.5\sigma$	6.7	$f'_c + 3.0\sigma$	0.13

La tabla anterior se utiliza para establecer el promedio requerida, así como también para determinar las pruebas inferiores a la resistencia especificada

b).- Tabla de porcentajes inferiores a  $f'_c$  esperados en los resultados de las pruebas.

Resistencia Promedio $\bar{X}$	Porcentaje de resultados bajos	Resistencia Promedio $\bar{X}$	Porcentaje de resultados bajos
$f'_c + 0.10\sigma$	46.0	$f'_c + 1.6\sigma$	5.5
$f'_c + 0.20\sigma$	42.1	$f'_c + 1.7\sigma$	4.5
$f'_c + 0.30\sigma$	38.2	$f'_c + 1.8\sigma$	3.6
$f'_c + 0.40\sigma$	34.5	$f'_c + 1.9\sigma$	2.9
$f'_c + 0.50\sigma$	30.9	$f'_c + 2.0\sigma$	2.3
$f'_c + 0.60\sigma$	27.4	$f'_c + 2.1\sigma$	1.8
$f'_c + 0.70\sigma$	24.2	$f'_c + 2.2\sigma$	1.4
$f'_c + 0.80\sigma$	21.2	$f'_c + 2.3\sigma$	1.1
$f'_c + 0.90\sigma$	18.4	$f'_c + 2.4\sigma$	0.8
$f'_c + \sigma$	15.9	$f'_c + 2.5\sigma$	0.6
$f'_c + 1.1\sigma$	13.6	$f'_c + 2.6\sigma$	0.45
$f'_c + 1.2\sigma$	11.5	$f'_c + 2.7\sigma$	0.35
$f'_c + 1.3\sigma$	9.7	$f'_c + 2.8\sigma$	0.25
$f'_c + 1.4\sigma$	8.1	$f'_c + 2.9\sigma$	0.19
$f'_c + 1.5\sigma$	6.7	$f'_c + 3.0\sigma$	0.13

La tabla anterior se utiliza para establecer el promedio de resistencia requerida, así como también para determinar la probabilidad de pruebas inferiores a la resistencia especificada

que pueden aparecer en un proyecto, cuando se conoce el valor de ( $\sigma$ ).

La fórmula con la cual se calculan los valores; para utilizar los datos que proporciona la tabla es:

$$\bar{X} = f'_C + \sigma$$

De donde:

$\bar{X}$  = resistencia promedio (kg/cm<sup>2</sup>)

$f'_C$  = resistencia especificada (kg/cm<sup>2</sup>)

$\sigma$  = desviación estándar (kg/cm<sup>2</sup>).

Ejemplos de uso de la Tabla:

Ejemplo No. 1

Determinar la probabilidad de las pruebas por debajo de ( $f'_C$ ) que pueden aparecer en el proyecto siguiente.

Datos:

$$f'_C = 300 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{X} = 359 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = 33$$

SOLUCION:

Aplicando la fórmula:  $\bar{X} = f'_c + \sigma$

$$\sigma = \bar{X} - f'_c$$

$$\sigma = 359.00 - 300.00$$

$$= 59.00$$

$$59 = \frac{59}{33} \sigma = 1.79$$

$$\bar{X} = f'_c + 1.79\sigma$$

Observando en la Tabla se obtiene:

Porcentaje de resultados bajos  $\approx 3.6\%$

∴

Se puede esperar que el 3.6% de las pruebas arrojen resultados inferiores a 300.00 kg/cm<sup>2</sup>.

### Ejemplo No. 2

Se desea limitar al 9.0% la probabilidad de pruebas inferiores a 200.00 kg/cm<sup>2</sup> y obtener un valor de 30.00 kg/cm<sup>2</sup> - para la desviación estándar esperada de los valores de las -- pruebas de resistencia del concreto.

¿Cuál deberá ser la resistencia promedio para la cual-  
deberá proyectarse el concreto?

Datos:

$$\text{Probabilidad} = 9.0\%$$

$$f'_c = 200.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = 30.00 \text{ kg/cm}^2$$

Solución:

Observando la tabla se obtiene:

$$\bar{X} = f'_c + 1.35\sigma$$

$$\bar{X} = 200.00 + 1.35 (30.00)$$

$$\bar{X} = 240.50 \text{ kg/cm}^2$$

∴

La resistencia promedio es:

$$\bar{X} = 240.50 \text{ kg/cm}^2$$

## I.5 RESISTENCIA ( $f'_c$ ).

- a).- La resistencia especificada ( $f'_c$ ), es la que se determina en el diseño; la cual ya ha sido afectada por unos factores de seguridad debido a las incógnitas de diseño y de construcción; sin embargo, - estos factores no consideran la variabilidad aleatoria en la resistencia del concreto.
- b).- La resistencia a la compresión del concreto ( $f'_c$ ), es la que se obtiene al probar cilindros de concreto de 15 x 30 cm., en compresión axial, no -- confinados, después de curados en condiciones estándar de humedad en el laboratorio durante un - periodo de 28 días.

## I.6 BASES PARA ACEPTAR PRUEBAS DE RESISTENCIA MENORES A LA $f'_c$ ; CUANDO SU PROBABILIDAD DE PORCENTAJES DE RESULTADOS MENORES A $f'_c$ NO EXCEDEN DEL 9%.

- 1.- Puede ser que el muestreo, el curado y las pruebas de los cilindros de concreto no se hayan -- efectuado correctamente y que, por lo tanto, no - representen al concreto en la estructura.

- 2.- Si el 9% de las pruebas resulta inferior a  $f'_c$ , el 91% de las pruebas será superior a  $f'_c$  y la mayor parte de ellas será considerablemente mayor que  $f'_c$ .
- 3.- Existe una probabilidad del 91% de que el concreto con resistencias mayores a  $f'_c$  quede colocado en zonas de esfuerzos críticos.
- 4.- En las ecuaciones de diseño los factores de seguridad que se utilizan permiten desviaciones - de las resistencias especificadas, sin que por esto este en peligro la seguridad de la estructura.



## I.7 CRITERIOS DE CALIDAD QUE SEÑALA EL REGLAMENTO.

El Reglamento, para asegurar la calidad del concreto señala dos criterios:

- a).- El primero consiste en especificar los requisitos de resistencia.

La relación agua/cemento deberá ser tan baja para satisfacer los requisitos de resistencia (Secciones 4.2.2., 4.2.3. y 4.2.4. del Reglamento).

- b).- El segundo consiste en limitar la relación tolerable agua/cemento en determinadas condiciones de exposición.

La relación agua/cemento deberá ser tan baja para satisfacer los requisitos de durabilidad (Secciones 4.2.5., 4.2.6., y 4.2.7. del Reglamento).

### Sección 4.2.2 del Reglamento.

"Con la salvedad de lo permitido en la Sección 4.2.4., - las proporciones incluyendo la relación agua/cemento, deberán determinarse sobre la base de mezclas de prueba en el laboratorio, o de la experiencia de campo con los materiales por emplear.- Las proporciones deben seleccionarse para producir una resistencia promedio a la edad de -- prueba designada, que exceda de  $f'_c$  en la cantidad que adelante se indica.

(NOTA DEL EDITOR: Sección 4.2.2.1.) cuando el contenido de aire y revenimiento sean los máximos tolerados por las especificaciones".

### Sección 4.2.2.1. del Reglamento.

"Cuando se tenga un registro de las instalaciones para - la producción del concreto, con base en, por lo menos, - 30 pruebas consecutivas de resistencia, que representen materiales y condiciones similares a los esperados, la - resistencia empleada como base para la selección de las propiedades deberá exceder de la  $f'_c$  requerida, por lo menos en:

30 kg/cm<sup>2</sup> si la desviación estándar es menos de 20 kg/cm<sup>2</sup>

40 kg/cm<sup>2</sup> si la desviación estándar está entre 20 y 30 kg/cm<sup>2</sup>

50 kg/cm<sup>2</sup> si la desviación estándar está entre 30 y 35 kg/cm<sup>2</sup>

65 kg/cm<sup>2</sup> si la desviación estándar está entre 35 y 40 kg/cm<sup>2</sup>

Se considera que los datos de resistencia utilizados para determinar la desviación estándar cumplen con las estipulaciones anteriores, si representan un grupo de por lo menos 30 pruebas consecutivas, o bien el promedio estadístico de dos grupos que sumen 30, o más resultados de pruebas.- Las pruebas empleadas para establecer la desviación estándar deben representar al concreto producido para poder cubrir la resistencia o resistencias especificadas, - en más de 70 kg/cm<sup>2</sup> de lo indicado para la obra propuesta. Los cambios en los materiales y en las proporciones de la serie de pruebas anteriores no deben estar más restringidos de lo que están para la obra propuesta".

Sección 4.2.2.2. del Reglamento.

"Si la desviación estándar excede de 40 kg/cm<sup>2</sup>, o si no se dispone de un registro adecuado del comportamiento de pruebas de resistencia, el proporcionamiento deberá seleccio---narse para producir un concreto con una resistencia prome---dio superior en por lo menos 85 kg/cm<sup>2</sup> a la resistencia  $f'_c$  requerida".

"Empleando los métodos de las 'Recomendaciones para evaluar resultados de pruebas de compresión de concreto en el campo (ACI-214-65), la cantidad en que la resistencia promedio debe exceder de  $f'_c$  se puede reducir a un nivel adecuado, por debajo de 85 kg/cm<sup>2</sup>, cuando se disponga de suficientes da---

tos de pruebas efectuadas en la obra, los cuales indiquen que, en la menor resistencia promedio, la frecuencia probable de pruebas que sean inferiores a  $f'_c - 35 \text{ kg/cm}^2$ , no exceda de 1 en 100 y que la frecuencia probable del promedio de tres pruebas consecutivas que estén por debajo de  $f'_c$  no excedan de 1 en 100".

#### Sección 4.2.3. del Reglamento.

"Cuando se utilizan mezclas de prueba en el laboratorio como base para la selección del proporcionamiento de la mezcla de concreto, deben hacerse pruebas de resistencia, de acuerdo con el 'método de prueba para determinar la resistencia a la compresión de cilindros moldeados de concreto' (ASTM C-39), en muestras preparadas de acuerdo con el 'Método de Fabricación y Curado en el Laboratorio de Muestras de Prueba' (ASTM C-192).- Debe determinarse una curva que muestre la variación entre la relación agua/cemento (o el contenido de cemento) y la resistencia a la compresión.- La curva debe basarse, por lo menos, en tres puntos que representen mezclas que produzcan resistencia por encima y por debajo de la requerida.- Cada punto debe representar el promedio de por lo menos tres muestras probadas a 28 días, o a edades menores".

"La máxima relación agua/cemento permisible (o el contenido mínimo de cemento) para el concreto que va a emplearse

en la estructura será la mostrada por la curva que produzca la resistencia promedio indicada en la Sección 4.2.2. a menos que se requiera una relación agua/cemento menor, o una resistencia mayor, de acuerdo con las Secciones 4.2.5, 4.2.6, 4.2.7."

Sección 4.2.4. del Reglamento.

"Si no se cuenta con experiencia de campo o con datos adecuados de mezclas de prueba, puede otorgarse permiso para basar las proporciones del concreto en los límites de la relación agua/cemento que se muestran en la tabla 4.2.4. Esta tabla deberá utilizarse sólo para concreto fabricado con cementos que cumplan los requisitos de resistencia para Tipo I, Tipo II, ó Tipo III de la 'Especificación Estándar para Cemento Portland' (ASTM C-150), o tan sólo para concreto con inductor de aire de tipo IA, Tipo IIA ó Tipo IIIA, de la 'Especificación para Cemento Portland con Inductor de Aire' (ASTM C-175), y no se aplica a un concreto que contenga agregados ligeros o aditivos que no sean inductores de aire.

El aplicar este método para estimar las proporciones no elimina el requisito de cumplir con los criterios de la prueba de resistencia a la compresión de la Sección 4.3..."

TABLA 4.2.4.

TOLERANCIAS MAXIMAS EN LA RELACION AGUA/CEMENTO  
(CUANDO NO EXISTEN DATOS DE RESISTENCIA DE MEZ-  
CLAS DE PRUEBA O EXPERIENCIA DE CAMPO)

Resistencia a la compresión especificada $f'_c$ kg/cm <sup>2</sup> *	TOLERANCIAS MAXIMAS EN LA RELACION AGUA/CEMENTO			
	Concreto Sin aire incluido		Concreto Con aire incluido	
	Relación Absoluta en peso	Litros por saco de cemento de 50kg.	Relación Absoluta en peso	Litros por saco de cemento de 50 kg.
175	0.65	32.4	0.54	27.0
210	0.58	29.3	0.46	23.0
245	0.51	25.7	0.40	20.0
280	0.44	22.2	0.35	17.5
315	0.38	19.1	0.30	15.0
350	0.31	15.5	**	**

\* Resistencia a los 28 días para cementos que cumplen los límites de resistencia de la Norma ASTM C-150 Tipo I, IA, II ó IIA, y resistencia a los 7 días para cementos Tipo III ó IIIA; con la mayoría de los materiales, las relaciones agua/cemento dadas proporcionan resistencias -- promedio mayores que las indicadas en la Sección 4.2.2.

\*\* Las proporciones de mezclas de concreto para resistencias mayores de - 300 kg/cm<sup>2</sup>, con aire incluido, deben basarse en los métodos de la Sección 4.2.2. ó 4.2.3.

Sección 4.2.5. del Reglamento.

"El concreto que, después de curado, va a someterse a temperaturas de congelación mientras está húmedo, debe contener aire incluido, dentro de los límites de la Tabla 4.2.5. Para tal concreto, hecho con agregados de peso normal, la relación agua/cemento no debe exceder en peso de 0.53. Cuando el concreto esté hecho con agregados ligeros, la resistencia a la compresión especificada  $f'_c$  debe ser de por lo menos 200 kg/cm<sup>2</sup>."

TABLA 4.2.5\*

CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO PARA  
DIVERSOS TAMAÑOS DE AGREGADO GRUESO

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso en mm	Contenido de Aire Total Porcentaje por Volumen
10(3/8")	de 6 a 10
13(1/2")	de 5 a 9
20(3/4")	de 4 a 8
25(1")	de 3.5 a 6.5
40(1 1/2")	de 3 a 6
50(2")	de 2.5 a 5.5
75(3")	de 1.5 a 4.5

\* Reglamento ACI 318-71.

#### Sección 4.2.6. del Reglamento.

"El concreto al que se intenta dar impermeabilidad, cuando está hecho con agregado de peso normal, debe tener una relación agua/cemento máxima de 0.48, si va a estar expuesto al agua dulce y de 0.44 para el agua de mar. La resistencia especificada a la compresión  $f'_c$  del concreto hecho con agregado ligero debe ser por lo menos 250 kg/cm<sup>2</sup> si va a estar expuesto al agua dulce, y de 300 kg/cm<sup>2</sup> para el agua de mar".

#### Sección 4.2.7. del Reglamento.

"El concreto que va a estar expuesto a concentraciones perjudiciales de soluciones que contengan sulfatos, debe cumplir con lo especificado en la Sección 4.2.6. y deberá fabricarse con cemento resistente a los sulfatos".

#### Sección 4.2.9. del Reglamento.

"Cuando los criterios de diseño de las Secciones 9.5.2.2., 11.3 y 12.5 (c) indiquen la posibilidad de emplear un valor de la resistencia a la tensión por compresión diametral como un modificador del valor del concreto, las pruebas de laboratorio deben hacerse de acuerdo con las 'Especificaciones para Agregados Ligeros de Concreto Estructural' --- (ASTM C-330), a fin de establecer el valor de  $f_{eT}$  que corresponde al valor especificado de  $f'_c$ ".

"4.2.9.1. Las pruebas de Tensión de concreto de campo no -



deben emplearse como base de aceptación".

Sección 4.3.1. del Reglamento.

"Las muestras para las pruebas de resistencia de cada clase de concreto deben tomarse no menos de una vez por día, ni menos de una vez por cada 120m<sup>3</sup> de concreto o por cada 450m<sup>2</sup> de la superficie en que se colocó el concreto.- Las muestras para las pruebas de resistencia deben tomarse de acuerdo con el 'Método de muestreo de Concreto Fresco' - (ASTM C-172).

Los cilindros para las pruebas de aceptación deben moldearse y curarse en el laboratorio, de acuerdo con el 'Método de Fabricación y curado en campo de muestras de concreto para las pruebas de compresión y flexión' (ASTM C-31) y probarse de acuerdo con el 'Método de prueba para determinar la resistencia a la compresión de cilindros moldeados de concreto' (ASTM C-39).- Cada resultado de prueba de resistencia debe ser el promedio de dos cilindros de la misma muestra probados a los 28 días, o a una edad menor especificada".

Sección 4.3.2. del Reglamento.

"Cuando la frecuencia de las pruebas de la Sección 4.3.1. sea menos de cinco para una clase de concreto dada, las pruebas deben hacerse de, por lo menos, cinco mezclas se-

leccionados al azar, o de cada mezcla, si se están empleando menos de cinco.- Cuando la cantidad total de una clase de concreto es menor de 40 m<sup>3</sup>, las pruebas de resistencia pueden suprimirse a juicio del responsable de la construcción si existen pruebas adecuadas de que la resistencia es satisfactoria".

#### Sección 4.3.3. del Reglamento.

"El nivel de resistencia del concreto se considera satisfactorio si el promedio de todos los conjuntos de tres resultados consecutivos de pruebas de resistencia iguala o excede a la  $f'_c$  requerida, y ningún resultado individual de la prueba de resistencia es inferior a  $f'_c - 35 \text{ kg/cm}^2$ ".

## CAPITULO II

### PRUEBAS DE CAMPO

## II.1 PRUEBA DE REVENIMIENTO.

### II.1.1 Objetivo.

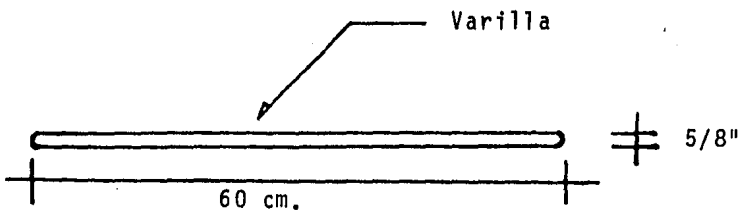
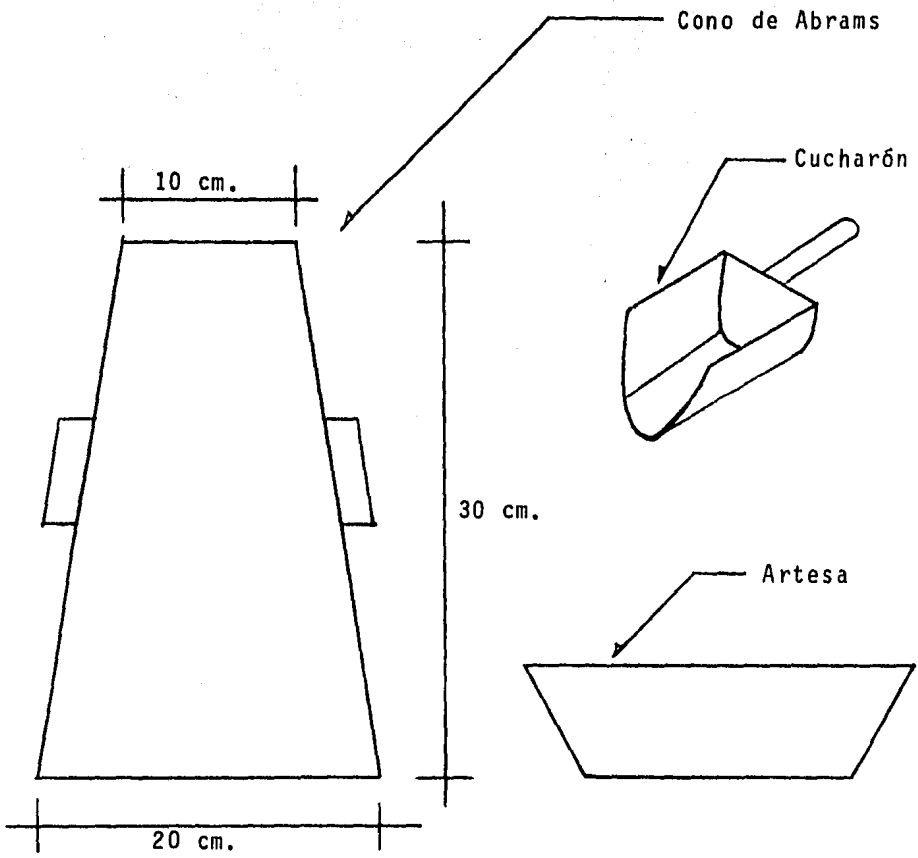
La prueba de revenimiento tiene por objeto determinar la consistencia e intrínsecamente la fluidez y maneja**u**bilidad del concreto.

Consistencia.- Es la propiedad que posee el concreto para permanecer en forma homogénea.

Fluidez.- Es la mayor o menor facilidad que una mez--  
cla de concreto presenta al deslizamiento sobre una -  
superficie.

Manejabilidad.- Es la resistencia que un concreto opo**u**  
ne a su manejo, en los aspectos de fricción entre las  
mismas partículas.

EQUIPO UTILIZADO PARA EFECTUAR LA PRUEBA DE REVENIMIENTO DEL CONCRETO EN CAMPO



### II.1.2 Descripción del Equipo Utilizado.

a).- Un molde de lámina (no mayor del No. 16) en forma de cono truncado de 20 cm. de diámetro en su base inferior, 10 cm. de diámetro en su base superior y una altura de 30 cm. (llamado Cono de - Abrams).

El cono truncado cuenta con dos asas, soporte y bisagra.

b).- Un cucharón de lámina.

c).- Una varilla de compactar lisa, redondeada en la punta, con un diámetro de 5/8" (15.9 mm) y de 60 cm. de largo.

d).- Una regla graduada en centímetros.

NOTA: Esta prueba es según la norma ASTM-C 143-71

### II.1.3 Descripción de la Prueba en Campo.

1.- Los utensilios deben estar completamente limpios.

- 2.- De la mezcla de concreto se toma una muestra y se vacfa en una artesa de lámina.
- 3.- Se coloca el molde (cono de Abrams) sobre una superficie lisa y horizontal. El interior y la superficie deben estar húmedas.
- 4.- De la artesa se toma la mezcla y se llena el molde en tres etapas; cada etapa debe ser una capa que contenga aproximadamente  $\frac{1}{3}$  del volumen total. El molde debe estar firmemente sostenido durante toda la operación.
- 5.- Cada capa debe picarse 25 veces con la varilla de compactar, después de la primera capa, las subsecuentes deben ser penetradas en 2.50 cm. en su picado.
- 6.- Una vez llenado el cono y picado, se enrasa al borde del molde. El área inmediatamente alrededor de la base del cono debe limpiarse.
- 7.- Se extrae, hacia arriba lenta y cuidadosamente, el molde por medio de las asas.

- 8.- Se coloca el molde al lado de la mezcla de concreto.
- 9.- Se coloca la varilla compactadora en forma horizontal sobre el molde y se mide la diferencia en cm., entre la altura del molde y la altura final del cono de la mezcla de concreto. Se mide con una aproximación de 5 mm.
- 10.- El promedio de tres pruebas nos dá el revenimiento.

#### II.1.4 Registro.

Después de efectuar la prueba de revenimiento deben registrarse los siguientes datos:

- a).- Fecha de la prueba.
- b).- Procedencia de la muestra.
- c).- Magnitud y tipo del revenimiento.



## PRUEBA DE REVENIMIENTO

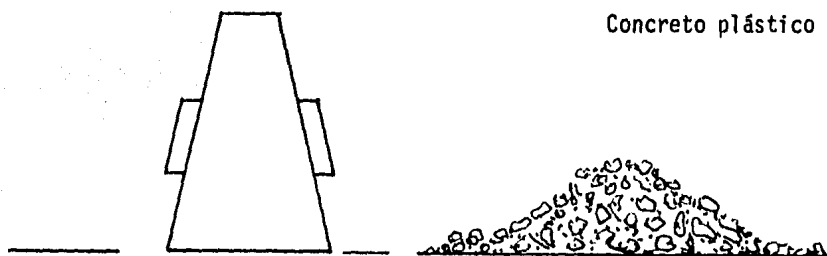
Obra: Contrato IC-81-974-A Mazatlán, Sinaloa.Concepto: Concreto en Canal Km 0 + 000 + 0 + 020Cemento Tipo: Normal. Resistencia:  $f'c = 200.00 \text{ kg/cm}^2$ Tamaño Máximo de Agregado: 3/4"

FECHA	VOLUMEN	P R U E B A			OBSERVACIONES
		1	2	3	
15-XI-84	7 m <sup>3</sup>	10.00	10.50	10.00	Promedio = 10.17 cm.
	7 m <sup>3</sup>	9.50	10.50	10.00	Promedio = 10.00 cm.
	6 m <sup>3</sup>	11.00	10.00	10.00	Promedio = 10.33 cm.
					Nota: se observó que el agregado estaba demasiado seco por la alta temperatura. Período de colado: 8:00 a.m. a 3:00 p.m.

REALIZO: ANGEL HERNANDEZ QUINTANARREVISO: ING. CESAREO OSUNA

### II.1.5 Observaciones.

- 1.- Esta prueba no es aplicable a los concretos no plásticos.



Un concreto no plástico es aquel que carece de cohesión y se disgrega.

En un concreto no plástico, hay insuficiencia de la cantidad de pasta de cemento de consistencia tal, - que las partículas de agregados virtualmente no flotan en la pasta. Existen formaciones de bolsas de piedras y de huecos de aire.

- 2.- No es aplicable a los concretos con falta de cohesión.

Un concreto puede tener ausencia de cohesión debido a insuficiencia de cemento; de agua o de mala granulometría.

Un concreto no cohesivo es granular y desmenuzable; no es movable, ni puede ser moldeado adecuadamente.

3.- No es aplicable en concretos ligeros.

Un concreto ligero es aquel cuyo peso volumétrico - oscila entre 300 y 1,850 kg/m<sup>3</sup>.

Existen tres tipos de concretos ligeros; el primer tipo es el que utiliza agregado poroso de bajo peso específico (concreto de agregado ligero). El segundo tipo es el que tiene grandes huecos en el concreto (concreto aereado, celular, espumoso o gaseoso). El tercer tipo es aquel en el cual se omite el agregado fino (concreto sin finos).

En un concreto ligero es difícil controlar la consistencia porque los agregados son muy absorbentes y pocas veces resultan de absorción uniforme, de -- allí que el revenimiento sea en estos concretos un mal indicador del contenido de agua.

Un concreto ligero se disgrega fácilmente.

4.- No se aplica cuando hay una gran cantidad de agregado grueso, mayor de 2" en el concreto, ya que la -- prueba no fue diseñada para este tipo de concreto.

5.- El revenimiento se suele relacionar con la trabaja bilidad, aunque no es un indicador de ésta.

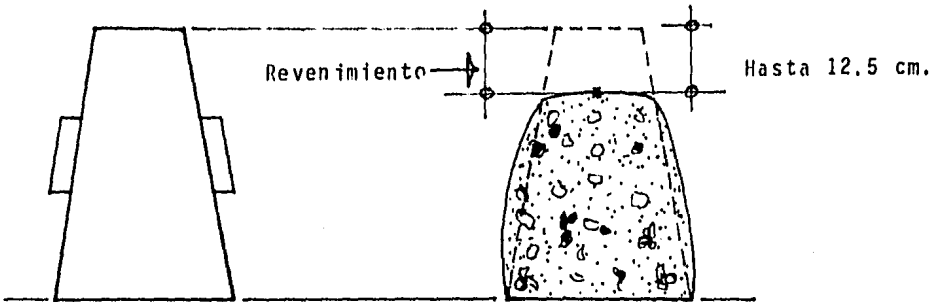
La trabajabilidad del concreto, es la cantidad de un trabajo interno útil que se necesita para produci r una compactación completa.

6.- Los tipos de revenimiento observados son tres:

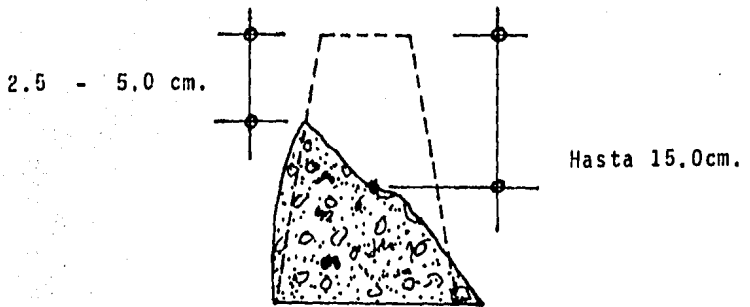
- a).- Revenimiento Normal.
- b).- Revenimiento por Corte.
- c).- Revenimiento desplomado.

El revenimiento por corte, es cuando la mitad del cono se desliza en un plano inclinado y la prueba debe repetirse; si el revenimiento por corte persiste es un indicio de la falta de cohesión en la mezcla, esto puede suceder con mezclas ásperas.

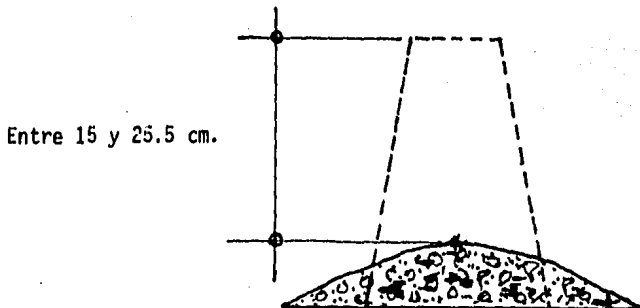
El revenimiento desplomado es cuando toda la mezcla se aplasta, lo cual indica que es una mezcla - pobre con tendencia a ser áspera.



REVENIMIENTO NORIAL



REVENIMIENTO POR CORTE



REVENIMIENTO DESPLOMADO

7.- La prueba de revenimiento efectuada en campo, ofrece una manera práctica de estimar, la variación de humedad de una mezcla; la variación de granulometría del agregado de una mezcla; la variación del tiempo de mezclado.

Estas aplicaciones de la prueba de revenimiento, - aunada a su sencillez motivan su alto grado de utilización en campo.

## II.2 PRUEBA DE LA ESFERA DE KELLY.

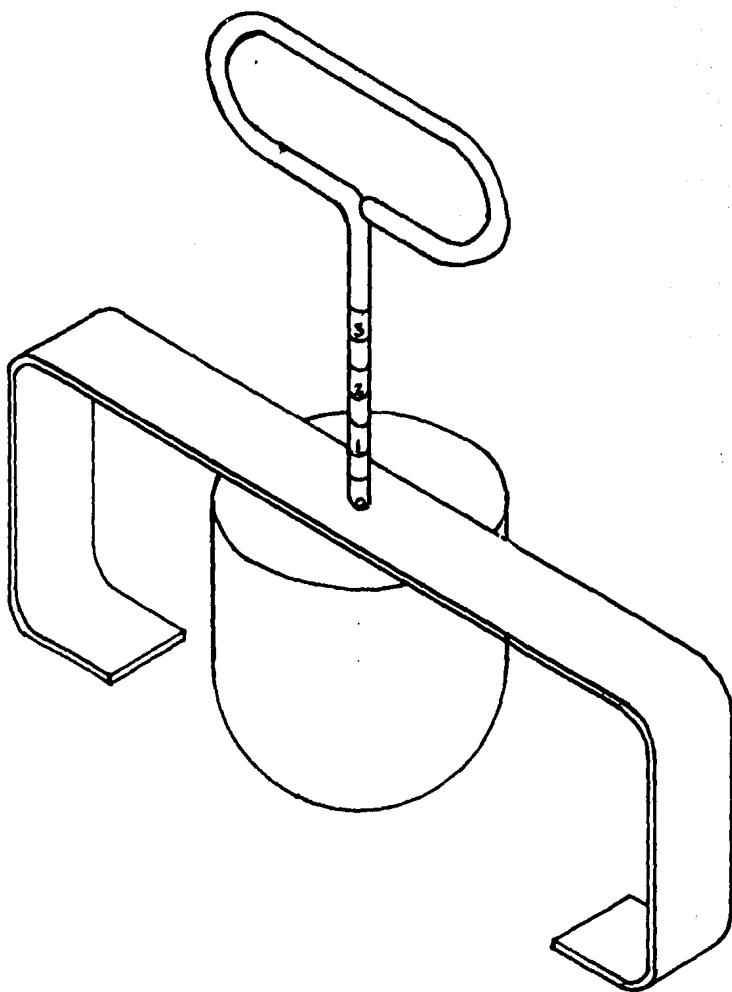
### II.2.1 Objetivo.

La prueba de la esfera de Kelly tiene por objeto determinar la consistencia del concreto.

Consistencia es un término general que se refiere al carácter de la mezcla con respecto a su estado de fluidez. La consistencia abarca todos los grados de fluidez, desde la más seca hasta la más fluída de todas las mezclas posibles.

Mezcla plástica, es una mezcla cuya consistencia se encuentra entre la seca, desmenuzable y la muy fluída o acuosa. Una mezcla plástica es cohesiva y no se desmenuza. Fluye lentamente sin segregarse.

EQUIPO UTILIZADO PARA EFECTUAR LA PRUEBA DE LA ESFERA  
DE KELLY EN EL CAMPO





## II.2.2 Descripción del Equipo Utilizado.

a).- Esfera de Kelly.

NOTA: Esta prueba es según la Norma ASTM C-360  
63 (reaprobada en 1968).

## II.2.3 Descripción de la Prueba en Campo.

- 1.- La esfera de Kelly debe estar completamente lim  
pia.
- 2.- Se toma una muestra representativa del concreto elaborado.
- 3.- Se deposita la mezcla sobre una carretilla y se le dá una superficie más o menos horizontal.
- 4.- Se coloca la esfera de Kelly sostenida por la -  
asa, cuidadosamente sobre la pasta de concreto.
- 5.- Se suelta la asa y se observa la longitud de pe  
netración de la esfera, debido a su propio peso  
en la pasta de concreto.

- 6.- Se anota la longitud (mm) que se lee en el brazo.

NOTA: Esta prueba se puede efectuar sobre el sitio mismo de la cimbra. Para evitar efectos de límites, profundidad del concreto que se prueba no debe ser menor de 20.0cm. ni la menor dimensión lateral de 46.0cm.

- 7.- El promedio de tres pruebas nos dá la consistencia del concreto.

#### II.2.4 Registro.

Después de efectuar la prueba de la esfera de Kelly, deben registrarse los siguientes datos:

- a).- Fecha de la prueba.
- b).- Procedencia de la muestra.
- c).- Longitud de penetración en (mm).

PRUEBA DE LA ESFERA DE KELLY

Obra: Contrato IC-81-976-A Mazatlán, Sin.

Concepto: Concreto en Canal Km 10 + 020 + 10 + 040

Cemento Tipo: Normal. Resistencia:  $f'c = 200.00 \text{ kg/cm}^2$

Tamaño Máximo del Agregado: 3/4"

FECHA	VOLUMEN	P R U E B A			OBSERVACIONES
		1	2	3	
26-XI-84	6.00 m <sup>3</sup>	55.0	58.00	54.00	Promedio = 55.67 mm.
	7.00 m <sup>3</sup>	56.0	56.00	56.00	Promedio = 56.00 mm.
	7.00 m <sup>3</sup>	58.0	57.00	55.00	Promedio = 56.67 mm.
					NOTA: Se observó que el agregado no estaba uniforme en cuanto a su tamaño. Período de colado: 8:00 a.m. a 3:30 p.m.

REALIZO: ANGEL HERNANDEZ QUINTANAR

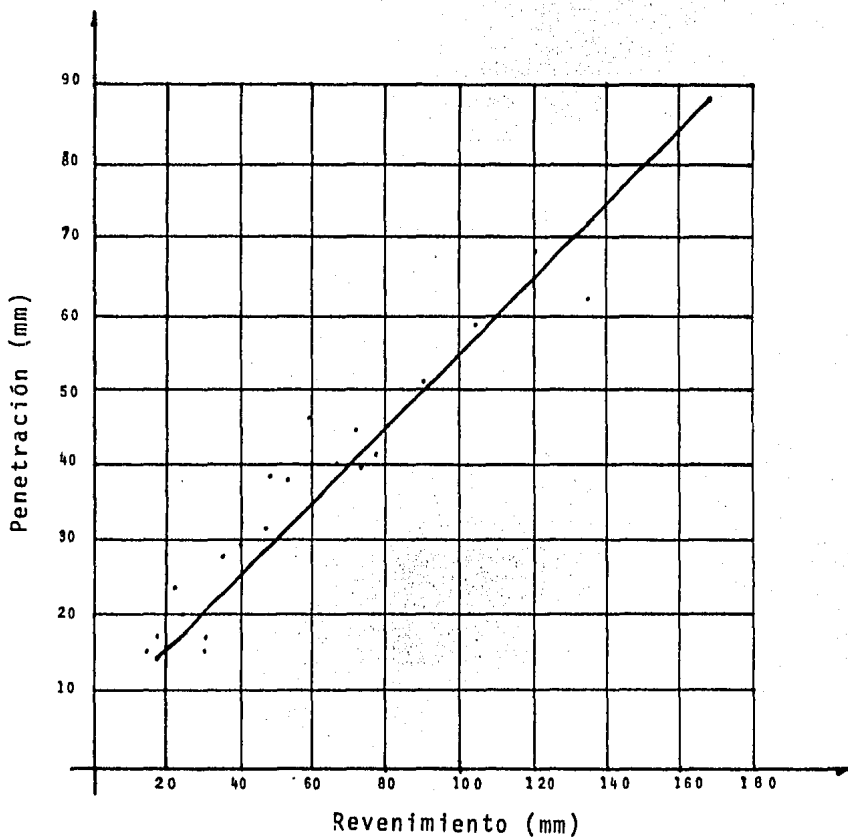
REVISO: ING. ENRIQUE TORRERO D.

### II.2.5 Observaciones.

- 1.- Esta prueba es fundamentalmente Norteamericana y es casi desconocida en Inglaterra actualmente; sin embargo, se puede considerar a la prueba de la esfera de Kelly como una posibilidad de sustitución de la prueba de revenimiento.
- 2.- La prueba de la esfera de Kelly tiene las siguientes ventajas sobre la prueba de revenimiento:
  - a).- Es más sencilla.
  - b).- Es más rápida.
  - c).- Puede aplicarse sobre el mismo sitio de colado; tomando en cuenta las observaciones de la Nota del punto II.2.3.
- 3.- Esta prueba no mide propiedades básicas del concreto, sino sólo una respuesta a condiciones específicas del concreto fresco en el momento de la prueba.
- 4.- En la práctica, la prueba de la esfera se usa sobre todo para medir variaciones en la mezcla, como las causadas por: la variación en el contenido de la humedad del agregado, la variación de -

la granulometría del agregado, del contenido de agua de la mezcla y del tiempo de revoltura de la mezcla.

- 5.- En el campo, cuando se usa una mezcla particular puede encontrarse la correlación entre la prueba de Kelly y la prueba del revenimiento; como la que se observa enseguida:



## II.3 PRUEBA DEL FACTOR DE COMPACTACION.

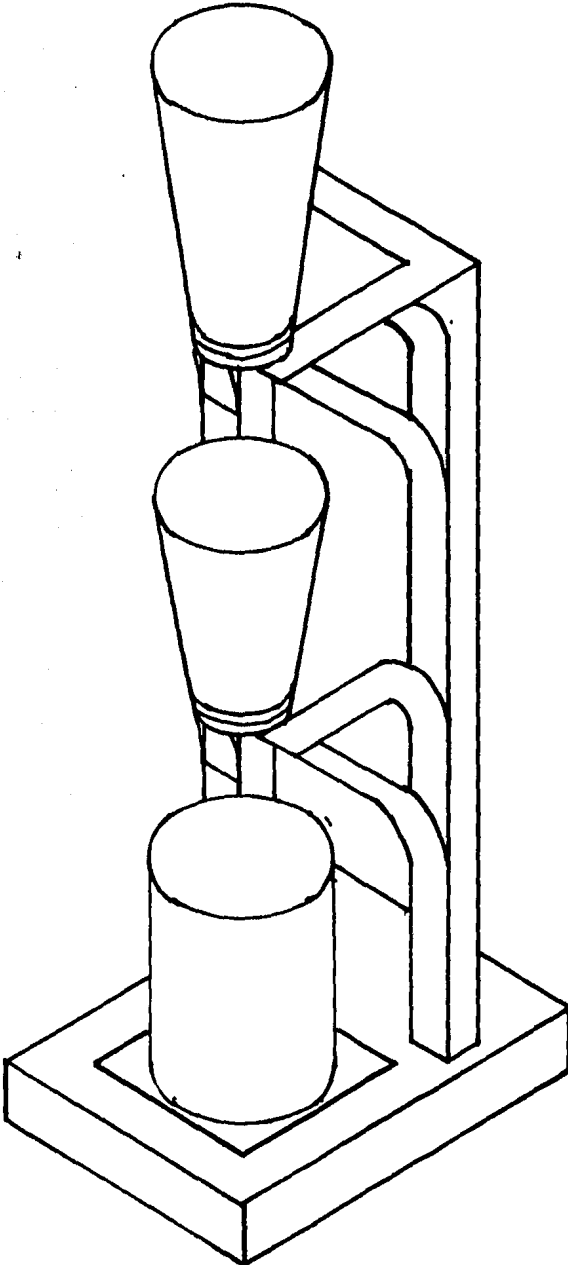
### II.3.1 Objetivo.

La prueba del factor de compactación tiene por objeto determinar el grado de compactación alcanzado por una cantidad estándar de trabajo.

El trabajo aplicado incluye forzosamente en él; el -- trabajo realizado contra la fricción superficial, pero reducido a un mínimo.

Esta prueba se originó debido a que no existe un método para medir directamente la trabajabilidad, es decir, la cantidad de trabajo necesario para alcanzar una compactación completa.

EQUIPO UTILIZADO PARA EFECTUAR LA PRUEBA DEL FACTOR  
DE COMPACTACION EN CAMPO



### II.3.2 Descripción del Equipo Utilizado.

a).- Aparato del factor de compactación.

El aparato consta de dos tolvas, cada una en -- forma de cono truncado y de un cilindro, cada -- uno debajo del anterior. Las tolvas tienen unas compuertas de bisagras al fondo. Todas las su-- perficies interiores están pulidas para reducir la fricción.

b).- Un cucharón de lámina.

NOTA: Esta prueba es según la Norma B.S. 1881:  
Parte 2: 1970.

### II.3.3 Descripción de la Prueba en Campo.

- 1.- El aparato del factor de compactación debe estar completamente limpio.
- 2.- Se toma una muestra representativa de la mezcla de concreto.
- 3.- La tolva superior se llena de concreto, colocán-



dolo con cuidado para no crear ningún trabajo de compactación en la mezcla en esta etapa.

- 4.- A continuación, se abre la bisagra de la tolva superior, llenando de concreto a la tolva inferior; y siendo ésta más pequeña queda llena totalmente. En esta tolva queda la misma cantidad de concreto en estado estándar; por lo que la influencia del factor humano en el llenado de la tolva superior queda muy reducido.
- 5.- Enseguida, se abre la bisagra de la tolva inferior; cayendo el concreto en el cilindro.
- 6.- Se corta el exceso de concreto deslizando dos llanas.
- 7.- Se pesa el cilindro que contiene la mezcla.
- 8.- Se resta al peso del cilindro y la mezcla, el peso del cilindro, quedando así solamente el peso de la mezcla del concreto.
- 9.- Se halla el volumen del cilindro.

- 10.- Dividiendo el peso de la mezcla entre el volumen del cilindro, se halla el peso volumétrico de la muestra de concreto.
- 11.- Se llena nuevamente el cilindro en cuatro etapas cada una picada o vibrada 25 veces en forma espiral.
- 12.- Se enrasa el cilindro.
- 13.- Se pesa el cilindro que contiene la mezcla de -- concreto compactado.
- 14.- Se resta al peso del cilindro y la mezcla de concreto compactado, el peso del cilindro; quedando así solamente el peso de la mezcla de concreto - compactado.
- 15.- Dividiendo el peso de la mezcla de concreto compactado entre el volumen del cilindro, se halla el peso volumétrico compactado de la muestra de concreto.
- 16.- Se divide el peso volumétrico de la muestra, entre el peso volumétrico compactado de la misma, y se obtiene así el grado de compactación de la

muestra de concreto.

17.- El cociente obtenido se multiplica por cien para expresar el grado de compactación en porcentaje.

#### II.3.4 Registro.

Después de efectuada la prueba del factor de compactación deben registrarse los siguientes datos:

- a).- Fecha de la prueba.
- b).- Procedencia de la muestra.
- c).- El factor de compactación de la muestra.

## PRUEBA DEL FACTOR DE COMPACTACION

Obra: Contrato IC-81-974-A Mazatlán, Sin.

Concepto: Concreto en Canal Km. 1 + 620 + 1 + 640

Cemento Tipo: Normal. Tamaño Máximo del Agregado: 3/4"

Fecha de la Prueba: 7-II-83. Hora de la Prueba: 8:00 a.m.

## ETAPA I.

Volumen del Cilindro:  $\{0.25 (\pi) (15)^2\} (30) = 5,301.44 \text{ cm}^3$

Peso del Cilindro: 24.044 kg.

Peso del Cilindro + Muestra: 24.044 kg. + 10.81 kg. = 34.856 kg.

Peso neto de la muestra = (peso del cilindro + muestra) - peso del cilindro: 10.81 kg.

Peso volumétrico de la muestra = peso neto de la muestra  $\div$  el volumen -- del cilindro:  $10.81 \text{ kg} \div 5,301.44 \text{ cm}^3 = 0.0020 \text{ kg/cm}^3$ .

## ETAPA II.

Peso del Cilindro + muestra Compactada: 24.044kg. + 12.72 kg. = 36.77 kg.

Peso Neto de la Muestra compactada = (peso del cilindro + muestra compactada) - peso del Cilindro: 12.72 kg.

Peso Volumétrico de la Muestra Compactada = Peso de la Muestra Compactada  $\div$  Volumen del Cilindro:  $0.0024 \text{ kg/cm}^3$ .

## ETAPA III.

Grado de compactación de la muestra en porcentaje = (peso volumétrico de la muestra  $\div$  peso volumétrico de la muestra compactada)  $\times$  100 =             
 $(0.0020 \div 0.0024) \times 100 = 83.33\%$

REALIZO: ANGEL HERNANDEZ QUINTANAR

REVISO: ING. ENRIQUE TORRERO DIAZ

### III.3.5 Observaciones.

- 1.- Esta prueba puede ejecutarse tanto en campo como en Laboratorio.
- 2.- Esta prueba nos indica en una forma cuantitativa, la cantidad de trabajo interno útil que posee por sí misma la muestra de concreto.
- 3.- La información que presenta esta prueba es de gran ayuda para el control de calidad de vibrado del concreto.

Con un alto grado de compactación la cantidad de trabajo interno útil necesario para alcanzar la compactación completa es menor.

CAPITULO III

PRUEBAS DE LABORATORIO

### III.1 PRUEBA DE FLUIDEZ.

#### III.1.1 Objetivo.

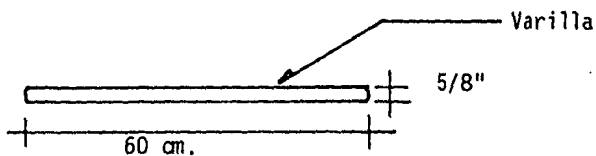
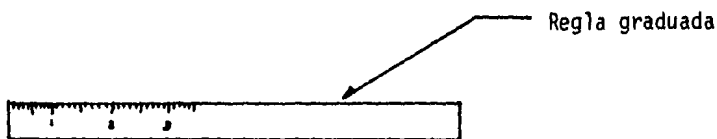
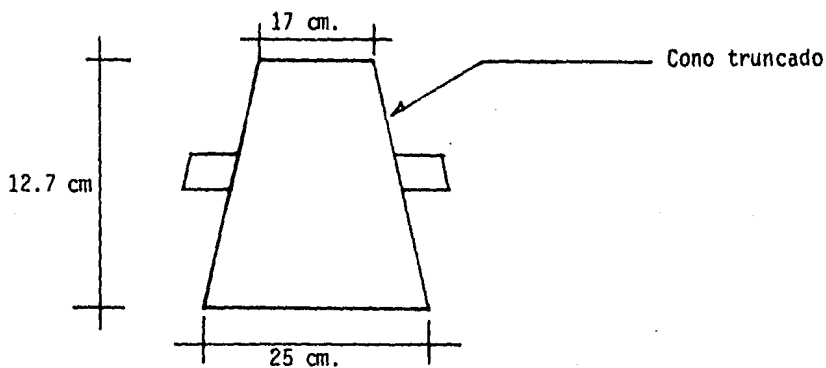
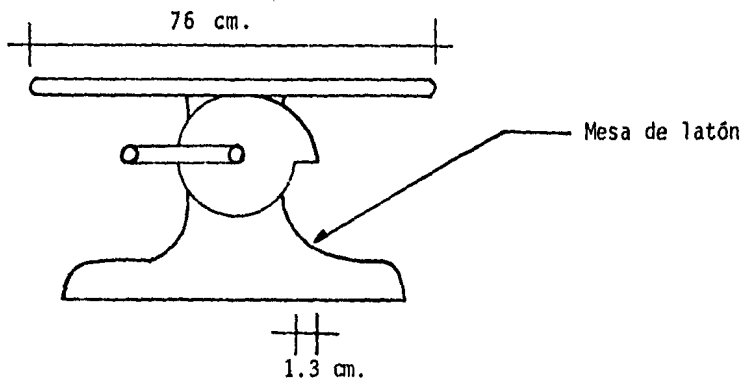
Esta prueba tiene por objeto determinar la fluidez -- del concreto fresco; e intrínsecamente la consisten-- cia y la segregación del mismo.

FLUIDEZ.- Es la mayor o menor facilidad que una mez-- cla de concreto presenta al deslizamiento sobre una - superficie.

CONSISTENCIA.- Es la propiedad que posee el concreto para permanecer reunido en forma homogénea.

SEGREGACION.- Es la separación de los agregados y la pasta de cemento.

EQUIPO UTILIZADO PARA EFECTUAR LA PRUEBA DE FLUIDEZ EN EL LABORATORIO





### III.1.2 Descripción del Equipo Utilizado.

- a).- Una mesa de latón de 76 cm. de diámetro, montada sobre una leva excéntrica que permite una caída de 1.3 cm.
- b).- Un molde en forma de cono truncado; más ancho y corto que el cono de revenimiento, y con una base de 25 cm.
- c).- Una regla graduada en cm.
- d).- Una varilla de compactar lisa, redondeada en la punta, con un diámetro de 5/8" y de 60 cm. de largo.

NOTA: Esta prueba es según la Norma ASTM-C-124-39.

### III.1.3 Descripción de la Prueba en el Laboratorio.

- 1.- Los utensilios deben estar completamente limpios.
- 2.- De la mezcla de concreto se toma una muestra representativa.

- 3.- Se coloca el cono truncado sobre el centro de la mesa de latón.
- 4.- Se llena el cono con concreto en dos etapas; cada una de estas etapas debe picarse 25 veces con la varilla compactadora.
- 5.- Se levanta cuidadosamente el cono.
- 6.- Se sacude la mesa 15 veces en 15 segundos.
- 7.- Se mide en (cm) el diámetro promedio del concreto esparcido (D).
- 8.- Se calcula la fluidez del concreto en base a la siguiente fórmula:

$$\text{Fluidez} = \left( \frac{D}{d} \times 100 \right) - 100$$

d = diámetro original en cm. de la base inferior del molde cónico = 25 cm.

NOTAS: Se expresa en porcentaje.

### III.1.4 Registro.

Después de efectuar la prueba de fluidez deben registrarse los siguientes datos:

- 1.- Fecha de la prueba.
- 2.- Procedencia de la muestra.
- 3.- Porcentaje obtenido.

## PRUEBA DE FLUIDEZ

Obra: Contrato IC-81-976-A Mazatlán, Sin.Concepto: Concreto en Estructuras Km. 11 + 030Cemento Tipo: Normal. Resistencia:  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ .Tamaño Máximo del Agregado: 3/4"Contenido de Agua:  $\omega = 8.33\% \rightarrow 200 \text{ lts/m}^3 \approx 200 \text{ kg/m}^3$ 

FECHA	PRUEBA No.	D (cm)	Fluidez = $(\frac{D}{d} \times 100) - 100$	Observaciones
10-III-83	1	35	40%	el promedio obtenido es de = 37.33%
"	2	33	32%	
"	3	35	40%	
"	4	34	36%	
"	5	34	36%	
"	6	35	40%	

REALIZO: ANGEL HERNANDEZ QUINTANARREVISO: ING. CESAREO OSUNA

### III.1.5 Observaciones.

- 1.- La fluidez del concreto se define como el incremento del porcentaje en el diámetro promedio -- del concreto esparcido (D cm.), con respecto al diámetro original de la base (25 cm.).
- 2.- Se pueden obtener valores desde 0 hasta 150 por ciento.
- 3.- En una mezcla de concreto de consistencia rígida, tenemos una fluidez = 0%.
- 4.- En un concreto con un contenido de agua muy alto, tenemos una fluidez = 150%.
- 5.- En una mezcla de concreto no cohesivo; las partículas más grandes del agregado se separan y se mueven hacia la orilla de la mesa.
- 6.- En una mezcla lodosa de concreto; la pasta de cemento tiende a alejarse del centro de la mesa, dejando el agregado grueso detrás.
- 7.- La prueba de fluidez es muy valiosa para estudiar la segregación del concreto.

- 8.- La prueba de fluidez da una buena indicación de la consistencia de mezclas de concreto rígidas, ricas y más bien cohesivas.
- 9.- La prueba de fluidez no mide la trabajabilidad del concreto.
- 10.- Concretos con la misma fluidez pueden diferir - considerablemente en la trabajabilidad.

### III.2 PRUEBA DE REMOLDEO.

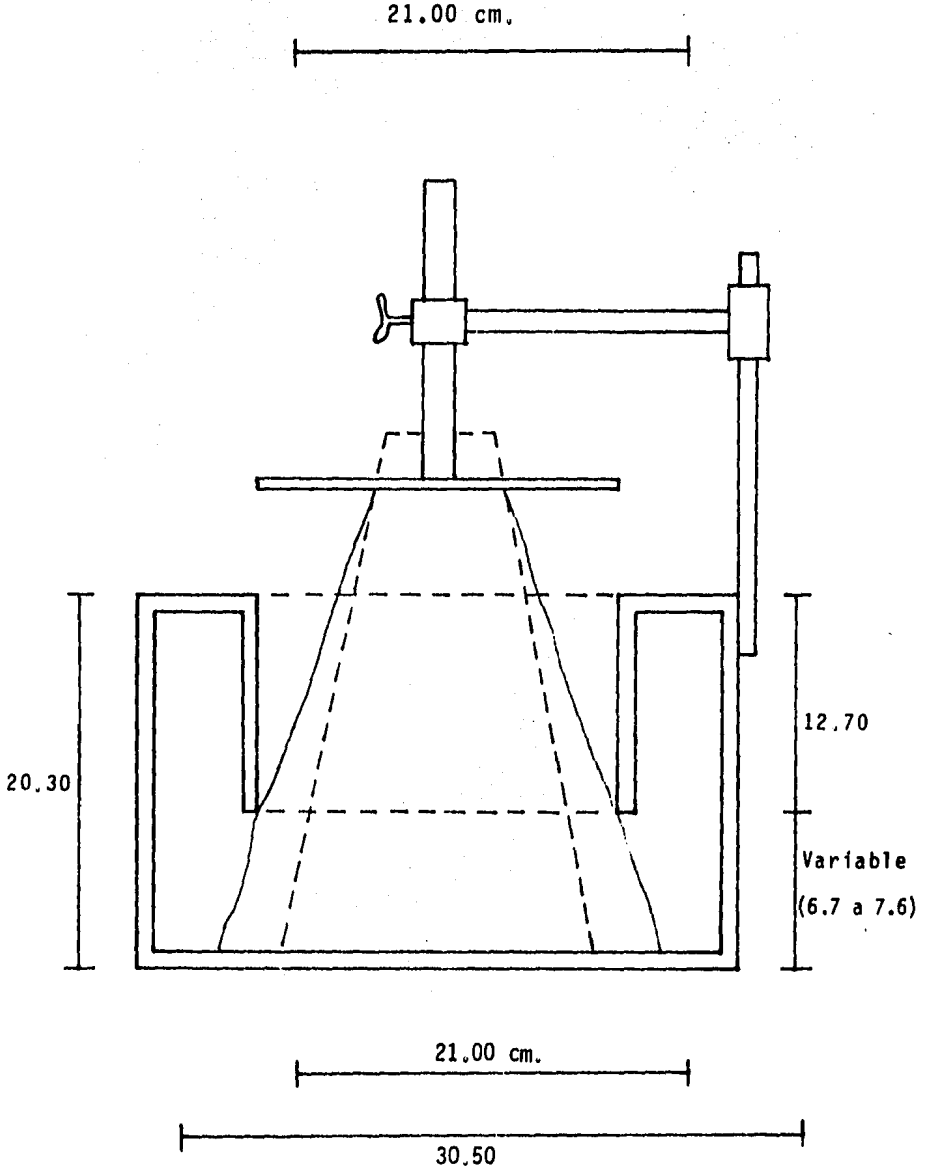
#### III.2.1 Objetivo.

Esta prueba tiene por objeto determinar el esfuerzo - necesario requerido para cambiar de forma una muestra de concreto.

El esfuerzo requerido se expresa por el número de sacudidas necesarias para alcanzar dicho remoldeo.

En el esfuerzo de remoldeo se mide y aprecia la resistencia que opone un concreto a su manejo, tanto la -- fricción que presentan las partículas entre sí dentro de la masa de concreto, como la resistencia que opone al deslizamiento sobre una superficie dada; por esto esta prueba tiende a dar una apreciación más completa de la manejabilidad de un concreto, al combinar en -- una sola las dos formas de calibración de la manejabi lidad (Prueba de Fluidéz, Prueba de Remoldeo).

EQUIPO UTILIZADO PARA EFECTUAR LA PRUEBA DE REMOLDEO EN EL LABORATORIO





### III.2.2 Descripción del Equipo Utilizado.

- a).- Una mesa de fluidez, ajustada para caídas de --  
0.64 cm.
- b).- Un cono estándar de revenimiento.
- c).- Varilla compactadora de 60 cm. de largo, redondeada en la punta con un diámetro de 5/8".
- d).- Un cucharón de lámina.
- e).- Un cilindro de 30.50 cm. de diámetro y 20.30 cm. de altura.
- f).- Un anillo interior de 21.00 cm. de diámetro y -  
20.70 cm. de altura.
- g).- Un pisón en forma de disco de 1.948 kg. de peso.
- h).- Un soporte para la barra guía del pisón.

NOTA: Esta prueba fue desarrollada por T.C. Powers.

### III.2.3 Descripción de la Prueba en el Laboratorio.

- 1.- Los utensilios deben estar completamente limpios.
- 2.- El cilindro de 30.5 cm. de diámetro y 20.3 cm. - de altura, se monta rígidamente en una mesa de - fluidez ajustada previamente para caídas de 0.64 cm.
- 3.- Dentro del cilindro principal hay un anillo interior de 21.00 cm. de diámetro y 12.70 cm. de altura, del cual se regula la distancia de su parte inferior al fondo del cilindro principal, entre 6.7 cm. y 7.6 cm. (variable).
- 4.- Se pone un cono estándar de revenimiento dentro del cilindro principal.
- 5.- El cono de revenimiento se llena de manera estándar.
- 6.- Se quita el cono de revenimiento, lo cual implica que el concreto se reviene.
- 7.- Se coloca un pisón en forma de disco sobre la -- pasta revenida de concreto.

8.- Se sacude la mesa, a razón de una caída por segundo, hasta que el fondo del pisón se encuentre a - 8.10 cm. por encima de la placa de base.

#### III.2.4 Registro.

Después de efectuar la prueba de remoldeo, deben registrarse los siguientes datos:

- a).- Fecha de la prueba.
- b).- Procedencia de la muestra.
- c).- Número de sacudidas requeridas.

## PRUEBA DE REMOLDEO

Obra: Contrato IC-81-974-A Mazatlán, Sin.Concepto: Concreto en Estructuras Km 0 + 000Cemento Tipo: Normal. Resistencia;  $f'c = 200.00 \text{ kg/cm}^2$ Tamaño Máximo del Agregado: 3/4"Contenido de Agua:  $\omega = 8.33\% + 200.00 \text{ lts/m}^3 \pm 200.00 \text{ kg/m}^3$ 

FECHA	PRUEBA N <sup>o</sup> .	DISTANCIA VARIABLE (67+76mm)	NUMERO DE SACUDIDAS	OBSERVACIONES
20-III-84	1	67 mm.	18.00	Las muestras más manejables fueron: prueba 1, 4, 5.
"	2	67 mm.	19.00	
"	3	67 mm.	22.00	
"	4	67 mm.	18.00	
"	5	67 mm.	18.00	
"	6	67 mm.	20.00	

REALIZO: ANGEL HERNANDEZ QUINTANARREVISO: ING. CESAREO OSUNA

### III.2.5 Observaciones.

- 1.- Esta prueba es de laboratorio exclusivamente.
- 2.- El esfuerzo de remoldeo parece estar estrechamente relacionado con la trabajabilidad.
- 3.- Para mezclas muy secas o con bajo contenido de agua, puede necesitarse un esfuerzo considerable.
- 4.- En la prueba de remoldeo se valora la trabajabilidad sobre la base del esfuerzo realizado al -- cambiar la forma de una muestra de concreto.
- 5.- El revenimiento y la fluidez separadamente, no determinan correctamente la manejabilidad, puede ser que dos concretos del mismo revenimiento o misma fluidez, tengan muy diferente trabajabilidad.

### III.3 PRUEBA VeBE (PRUEBA CONSISTOMETRO V-B).

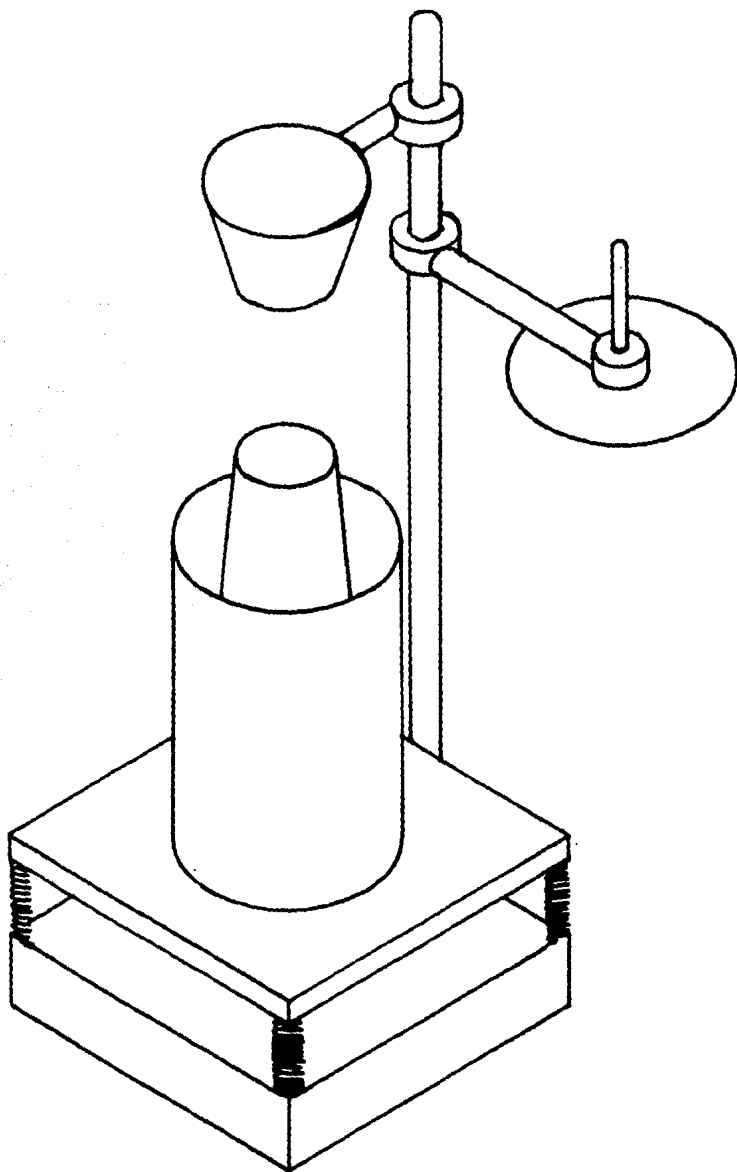
#### III.3.1 Objetivo.

Esta prueba tiene por objeto determinar la cantidad de energía requerida para lograr la compactación de una mezcla de concreto.

Además, se supone que esta cantidad de energía es una medida de la trabajabilidad de la mezcla.

La cantidad de energía se expresa en segundos VeBe; o sea, el tiempo necesario para que se produzca el remoldeo completo.

EQUIPO UTILIZADO PARA EFECTUAR LA PRUEBA DE VeBe EN EL LABORATORIO



### III.3.2 Descripción del Equipo Utilizado.

- a).- Una mesa vibratoria con un peso excéntrico que gira a 3,000.00 r.p.m. y con una aceleración máxima de 3 a 4 veces (g).
- b).- Un cono estándar de revenimiento.
- c).- Una varilla compactadora de 60 cm. de largo, redondeada en la punta con un diámetro de 5/8".
- d).- Un cucharón de lámina.
- e).- Un cilindro de 30.50 cm. de diámetro y 20.30 cm. de altura.
- f).- Un pisón de placa de vidrio.
- g).- Un embudo para llenar el cono de revenimiento.
- h).- Un soporte para la barra guía del pisón y del embudo.

NOTA: Esta prueba fue desarrollada por V. Bahner de Suecia y está comprendida en la -- Norma BS-1881: Parte 2: 1970.



### III.3.3 Descripción de la Prueba en el Laboratorio.

- 1.- Los utensilios deben estar completamente limpios.
- 2.- El cilindro de 30.5 cm. de diámetro y 20.30 cm. de altura, se monta rígidamente en la mesa vibratoria.
- 3.- Se pone un cono estándar de revenimiento dentro -- del cilindro.
- 4.- El cono de revenimiento se llena de manera estándar, auxiliándose del embudo para no desparramar -- concreto.
- 5.- Se quita el cono de revenimiento, lo cual causa el revenimiento del concreto.
- 6.- Se coloca el pisón de placa de vidrio sobre la pas\_ ta revenida de concreto.
- 7.- Se hace vibrar la mesa; hasta que el pisón de placa de vidrio esté completamente cubierto por el -- concreto y todas las cavidades en la superficie del concreto hayan desaparecido.

#### III.3.4 Registro.

Después de efectuar la prueba del consistómetro, deben registrarse los siguientes datos:

- a).- Fecha de la prueba.
- b).- Procedencia de la muestra.
- c).- Número de segundos VeBe requeridos.

PRUEBA DE VeBe  
(PRUEBA DEL CONSISTOMETRO V-B)

Obra: Contrato IC-81-974-A Mazatlán, Sin.

Concepto: Concreto en Estructuras Km. 0 + 000

Cemento Tipo: Normal. Resistencia:  $f'c = 200.00 \text{ kg/cm}^2$ .

Tamaño Máximo del Agregado: 3/4"

Contenido de Agua:  $\omega = 8.33\% + 200.00 \text{ lts/m}^3 \approx 200.00 \text{ kg/m}^3$

FECHA	PRUEBA No.	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	t <sub>VeBe</sub> (seg)	f.c. ( $\frac{V_2}{V_1}$ )	t <sub>VeBe</sub> correg. (Seg.)	Observaciones
27-III-84	1	5,497.79	5,212.15	19	0.948	18.01	Promedio obtenido = 18.31 Seg. VeBe
27-III-84	2	5,497.79	5,200.03	20	0.946	18.92	
20-III-84	3	5,497.79	5,213.00	19	0.948	18.01	

REALIZO: ANGEL HERNANDEZ QUINTANAR

REVISO: ING. CESAREO OSUNA.

### III.3.5 Observaciones.

- 1.- Esta prueba es de laboratorio exclusivamente.
- 2.- La cantidad de energía necesaria para efectuar el remoldeo es una manera indirecta de medir la trabajabilidad, ya que el remoldeo se lleva a cabo gracias a la compactación del concreto.
- 3.- Esta prueba es particularmente aplicable a mezclas muy secas.
- 4.- El tiempo requerido para que se efectue la compactación; se corrige por el cambio de volumen del concreto de  $V_1$  a  $V_2$ , después de ser vibrados; y el tiempo se multiplica por  $(\frac{V_2}{V_1})$ .
- 5.- En el punto No. 7, de III.3.3 Descripción de la Prueba en el Laboratorio:

"Se hace vibrar la mesa; hasta que el pisón de placa de vidrio está completamente cubierto -- por el concreto y todas las cavidades en la su perficie del concreto hayan desaparecido".

Este es un juicio visual y subjetivo, y la dificultad de establecer el punto final de la prue-

ba puede ser una fuente de error. Para superar este problema puede adoptarse un dispositivo -- operado automáticamente, que registre el movimiento de la placa en función del tiempo.

- 6.- Esta prueba es afín a la prueba del remoldeo de Powers; y la diferencia principal estriba en -- que el concreto se compacta por vibración en lugar de sacudidas.
- 7.- En la prueba de VeBe; el tratamiento del concreto durante la prueba, guarda una relación relativamente estrecha con el método de colocar el concreto en la práctica.

### III.4 PRUEBA DEL CUBO.

#### III.4.1 Objetivo.

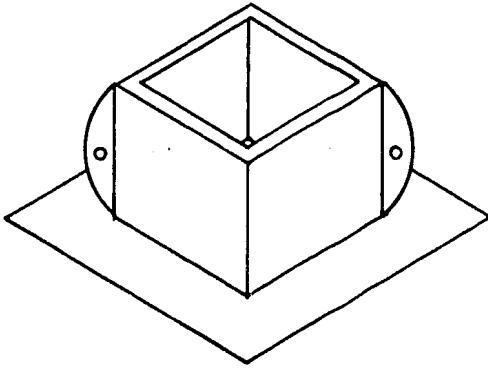
La prueba del cubo, es una prueba de compresión y tiene por objeto determinar la resistencia del concreto, sujeto a esfuerzos de compresión.

Esta prueba sirve además para llevar a cabo el control de calidad del concreto.

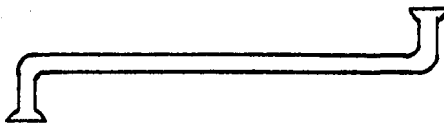
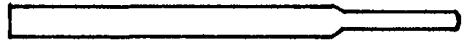
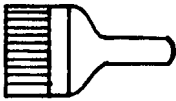
La prueba del cubo es aplicable también a los concretos pobres o de baja resistencia.

Un concreto pobre es aquel cuyo consumo de cemento por metro cúbico es bajo.

EQUIPO UTILIZADO PARA EFECTUAR LA PRUEBA DEL CUBO EN EL LABORATORIO



Aceite  
para  
Moldes



- 14.- Tanque de curado con control termostático.
- 15.- Una placa de base impermeable para el remezclado.

NOTA: Esta prueba es según la Norma B.S.1881:1970.

#### III.4.3 Descripción de la Prueba en el Laboratorio.

- 1.- Todos los utensilios deben estar completamente --  
limpios.
- 2.- Las uniones del molde, así como la base e interior  
res deben aceitarse.
- 3.- Se ensambla el molde.
- 4.- Se toma una muestra representativa del concreto.
- 5.- Se mezcla la muestra representativa.
- 6.- El cubo se llena en tres capas iguales, cada una  
de ellas picada con la varilla para compactar con  
un mínimo de 35 golpes en cada capa.

Quando el revenimiento sea menor de 25 cm. es necesario aplicar mayor número de golpes en cada capa.

- 7.- Una vez compactada, la capa superior se nivela al  
ras de la parte superior del molde con una llana.



- 8.- Después el cubo debe almacenarse en un lugar a una temperatura entre 15° y 25°C, durante 24 horas.

El cubo debe permanecer en condiciones de humedad, para lo cual se cubre con un costal húmedo y encima de éste una membrana impermeable (polietileno).

- 9.- Después de las 24 horas, los cubos se retiran de sus moldes, cuidando que los cubos no se despostillen ni se agrieten, pues ésto cambiaría los resultados de la prueba.
- 10.- Posteriormente se marcan los números de referencia en el cubo, con un marcador impermeable.
- 11.- Los moldes deben lavarse y armarse antes de ser guardados.
- 12.- Los cubos deben curarse en agua limpia (ésta debe cambiarse por lo menos una vez al mes).

Los cubos se sumergen en un tanque con agua limpia, cuya temperatura debe conservarse a  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . La temperatura debe verificarse y registrarse diariamente.

El tiempo que permanezca sumergido puede ser --

3, 7 o 28 días, según los resultados que se pretendan obtener.

- 13.- Una vez curado el cubo, se lleva a cabo la prueba de compresión, el cubo siempre se prueba perpendicular a la posición que tiene durante su -- preparación.
- 14.- La carga debe aplicarse con una rapidez de 155 - kg/cm<sup>2</sup>/min.
- 15.- La máxima exactitud con la que se puede registrar es de  $\pm 5$ kg/cm<sup>2</sup>.

#### III.4.4 Registro.

Deben registrarse los siguientes datos:

- 1.- Fecha y hora en la que se tomó la muestra; las horas en las que se toman las muestras no deben ser las mismas todos los días.
- 2.- Temperatura y condiciones ambientales.
- 3.- Procedencia de la muestra.
- 4.- Número de días de curado.
- 5.- Resistencia.

## PRUEBA DEL CUBO

Obra: Contrato IC-81-974-A Mazatlán, Sin.Concepto: Concreto en Revestimiendo Km 1 + 020 01 + 040Cemento Tipo: Normal. Resistencia:  $f'c = 200.00 \text{ kg/cm}^2$ Tamaño máximo del agregado: 3/4"Contenido de agua:  $\omega = 8.33\%$ Relación agua/cemento: 0.70Fecha de la prueba: 2-IV-84Hora de la prueba: 9:00 A.M.Temperatura:  $T = 25^\circ\text{C}$  (a la elaboración)Condiciones ambientales: viento seco (a la elaboración)Edad del cubo: 28 díasForma de curado: Inmersión en aguaDimensiones del cubo: 15 cms. por lado.Identificación del espécimen: VTE-2-IV-84 - 74 - 2Resistencia a la compresión del cubo: 220.00  $\text{kg/cm}^2$ Velocidad de prueba: 40 ton/min.Realizó: ANGEL HERNANDEZ QUINTANARRevisó: ING. JOSE RUEDA.

#### II.4.5 Observaciones.

- 1.- Esta prueba es de laboratorio exclusivamente.
- 2.- Esta prueba se usa principalmente en La Gran -- Bretaña, Alemania y varios países europeos.
- 3.- También se elaboran cubos con concreto pobre .  
La única diferencia es que se compactan con presión y vibración, para lo cual es necesario emplear un martillo eléctrico o neumático, provisto de una placa de base cuadrada o rectangular - de 10 x 10 cm. o 10 x 15 cm.

El tamaño máximo de agregado es por lo general - de 4 cm., por lo cual se requiere usar moldes de 15 cm. por lado.

Una vez compactada cada capa hasta el rebote debe rayarse para que tengan unión con la siguiente.

En la última capa, se cambia el pie del martillo, por una más grande que 15 cm.

El resto del procedimiento es similar al de los cubos normales.

- 4.- Existen cubos de 15 cm. por lado y también cubos

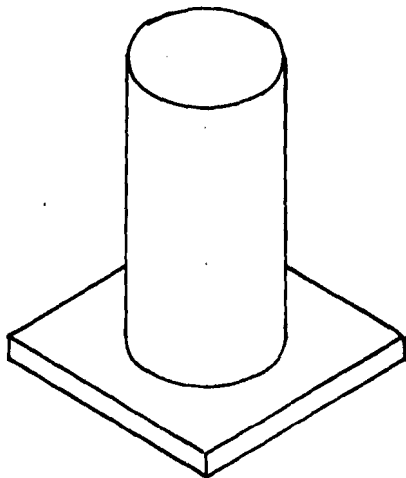
de 10 cm. por lado, cuando el agregado grueso no excede de 2 cm.

### III.5 PRUEBA DE CILINDROS.

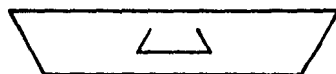
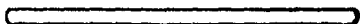
#### III.5.1 Objetivo.

La forma más común para determinar la resistencia del concreto es ensayar a la compresión cilindros de 15 cm. de diámetro por 30 cm. de altura. Para que se pueda juzgar de manera adecuada la calidad del concreto, se requiere que los cilindros sean elaborados desarrollando correctamente los procedimientos especificados para el llenado de moldes, compactación, enrasado e identificación. Debe hacerse notar que para la adecuada elaboración de cilindros se requiere fundamentalmente que se hayan aplicado de manera correcta los procedimientos de muestreo.

EQUIPO UTILIZADO PARA EFECTUAR LA PRUEBA DEL CILINDRO EN EL LABORATORIO



Aceite  
para  
Moldes



### III.5.2 Descripción del Equipo Utilizado,

- 1.- Molde metálico para cilindros de 15 cm. de diámetro interior y 30 cm. de altura.

Estos moldes verticales deben ser de lámina gruesa o de un material no absorbente, rígido.

El plano de la orilla del molde debe formar un ángulo recto con el eje del mismo.

Los moldes no deben variar en todos sus diámetros en más de 1.5 mm. del prescrito, ni en más de 6mm. en su altura prescrita.

La base de los moldes metálicos debe ser una placa lisa del mismo material, en moldes de otro material la base puede ser metálica o integralmente moldeada, del mismo material. Las bases deben contar con dispositivos de sujeción al molde que formen un ángulo recto con el eje del cilindro.

- 2.- Aceite para moldes.
- 3.- Un cucharón metálico de tipo rectangular, con capacidad de 1.5 litros aproximadamente.
- 4.- Una charola metálica rectangular con capacidad para contener 25 litros aproximadamente.



- 5.- Una llana metálica.
- 6.a Una varilla de acero para compactar, redonda y lisa, que tenga diámetro de 16 mm. y de largo aproximadamente 60 cm., ambos extremos de la varilla deben estar redondeados en forma de bolsa de 16mm. de diámetro.
- 6.b Vibrador interno de flecha rígida o flexible, con diámetro del vastago de 4 cm. como mínimo, capaz - de producir 7,000.00 vibraciones por minuto o más.
- 6.c Mesa vibratoria.
- 7.- Trapos de limpieza.
- 8.- Costales de yute húmedo.
- 9.- Hojas de polietileno.
- 10.- Marcador impermeable.

NOTA: Esta prueba es según la Norma Oficial Mexicana:

D.G.N.-C-160-1976 (Elaboración y Curado en Obra, de Espec. de Concreto).

D.G.N.-C- 83-1977 (Determinación de la Resist. a la Compresión de Cilindros de Concreto).

D.G.N.-C-109-1977 (Cabeceo de Espec. Cilindros de Concreto).

D.G.N.-C-159-1977 (Elaboración y Curado en el Laboratorio de Espec. de Concreto).

### III.5.3 Descripción de la Prueba en el Laboratorio.

1.- Todo el equipo a utilizarse debe estar completamente limpio.

2.- Revisar que los moldes estén sellados para evitar pérdidas de agua.

Este sellado puede llevarse a cabo aplicando en las juntas grasa para chasis, masticque, plástifina o grasa grafitada.

3.- La superficie interior del molde, se aceita ligeramente con aceite rebajado con gasolina.

4.- Se toma una muestra representativa del concreto.

5.- Se mezcla la muestra representativa.

6.- El molde cilindrico debe llenarse en tres capas, cada una debe ser un tercio del volumen total -- del molde.

- 7.- Cada capa debe picarse con la varilla 25 veces, siguiendo el trazo de una espiral, de la orilla al centro.
- 8.- En la última capa debe colocarse un excedente - de concreto para posteriormente una vez compactada pasar al enrasado de la misma.
- 9.- Se enrasa el concreto con una regla metálica, con movimientos de vaivén, hasta obtener una su superficie plana y uniforme.
- 10.- Se identifica el espécimen con una clave determinada.
- 11.- Los cilindros de concreto una vez elaborados deben cubrirse con una tapa de material no absorbente, ni reactivo, o con una tela de plástico - (polietileno), resistente,, durable e impermeable.
- 12.- Durante las primeras 24 horas los especímenes - deben almacenarse bajo condiciones que mantengan la temperatura del ambiente entre 16 y 27°C y con una protección para evitar la pérdida de humedad en ellos (curado inicial).
- 13.- Después de 24 horas y antes de 48 horas, los cilindros se deben retirar de sus moldes, cuidando

que no se despostillen, y transportarse de inmediato para continuar con su curado.

14.- Los moldes deben ser lavados antes de guardarse.

15.- Los cilindros deben curarse en agua limpia (ésta debe cambiarse, por lo menos una vez al mes).

Los cilindros se sumergen en un tanque con agua saturada de cal a la temperatura de  $23^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

Los especímenes no deben exponerse al goteo o corrientes de agua.

El tiempo que permanezcan en el curado puede ser de 3, 7 y 28 días, según los resultados que se pretendan obtener.

16.- Una vez concluido el curado, se lleva a cabo la prueba de compresión.

17.- La carga debe aplicarse a una velocidad uniforme, continua y sin impactos.

En máquinas hidráulicas la rapidez de carga se encuentra entre 1.4 a 3.5 kg/cm<sup>2</sup>/seg.

18.- Se puede permitir una velocidad mayor durante la aplicación de la primera mitad de la carga máxima esperada. No se deben hacer ajustes en los --

- 3.- Procedencia de la muestra.
- 4.- Número de identificación del espécimen.
- 5.- Edad del espécimen.
- 6.- Diámetro en cm.
- 7.- Longitud en cm.
- 8.- Area de la sección transversal en  $\text{cm}^2$ .
- 9.- Peso del espécimen en kg.
- 10.- Carga máxima en kg.
- 11.- Resistencia a la compresión, calculada con aproximación de  $\pm 1 \text{ kg/cm}^2$ .
- 12.- Descripción de la falla.
- 13.- Apariencia del concreto.
- 14.- Defectos observados en el espécimen o en sus cabezas.

## PRUEBA DE CILINDRO

Obra: Contrato IC-81-976-A Mazatlán, Sin.Concepto: Concreto en Estructuras Km 10 + 320Cemento Tipo: Normal. Resistencia:  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ Tamaño Máximo del Agregado: 3/4"Contenido de Agua:  $\omega = 8.33\%$ Relación Agua/Cemento: 0.70Fecha de la Prueba: 15-IV-84Hora de la Prueba: 8:30 a.m.Temperatura:  $T = 22^\circ\text{C}$  (a la elaboración).Condiciones Ambientales: Viento seco (a la elaboración).Identificación del Espécimen: VTE-15-IV-84-76-1.Edad del Espécimen: 28 díasDiámetro en cm.: 15.00 Longitud en cm.: 30.00Área de la Sección Transversal en  $\text{cm}^2$ : 176.71  $\text{cm}^2$ Peso del Espécimen: 12.92 kg.Carga Máxima en Kg.: 42,410.40 kg.Resistencia a la Compresión: 240  $\text{kg./cm}^2$ Descripción de la Falla: Normal.Apariencia del Concreto: Falla de un concreto monolítico.Defectos Observados en el Espécimen o en sus Cabezas: Ninguno.REALIZO: ANGEL HERNANDEZ QUINTAMARREVISO: ING. ENRIQUE TORRERO.

### III.5.5 Observaciones.

- 1.- Esta prueba puede elaborarse en el campo o en el Laboratorio, pero debe probarse en el laboratorio.
- 2.- El lugar en donde se moldean los cilindros debe encontrarse a cubierto y la superficie en que - queden almacenados, debe ser horizontal, lisa y libre de vibraciones.

Se requiere que la temperatura de este lugar, - pueda ser mantenida entre 16 y 27 grados centf- grados.

- 3.- Al vaciar cada capa dentro del cilindro, con -- porciones del concreto tomadas con el cucharón, se debe girar éste sobre el borde del cilindro a medida que se vaya descargando el concreto, - para asegurar su correcta distribución y reducir al máximo la segregación del agregado grueso -- dentro del molde. Enseguida, se debe distribuir el concreto del molde con la varilla y luego proceder a compactar.
- 4.- Después de que se haya compactado la capa, si - quedan oquedades superficiales, se golpea lige

ramente con la varilla varias veces, de abajo hacia arriba, sobre el cuerpo del molde, para que -cierren los vacíos que hayan quedado, al compactar.

- 5.- Al compactar las capas siguientes de la primera, debe hacerse que la varilla penetre 2.00 cms., -aproximadamente, sobre la capa anterior.
- 6.- El enrasado del cilindro debe efectuarse con el menor número de pasadas posibles. La depresión o promontorio mayor será de 3 mm.

Es importante evitar pasadas en exceso que hagan sangrar el concreto.

- 7.- Cuando el llenado del molde se hace utilizando un vibrador:

- a).- Se llena de manera similar, pero en dos -capas, en lugar de tres, y se procede a -vibrar como se indica:

En la primera capa se introduce el vibrador en tres diferentes puntos, verticalmente, sin tocar la pared ni la base del molde, hasta que se observe que el agregado grueso empieza a desaparecer de la superficie, sin que aflore mortero en exce-



so. Al extraer el vibrador debe hacerse - lentamente para evitar que se formen vacfos.

En la segunda capa se debe compactar en la misma forma, pero al introducirse el vibra dor debe penetrar 2.00 cm. en la primera - capa.

b).- El resto del procedimiento es igual que el indicado anteriormente.

8.- Número de capas requeridas para los especfmenes cilíndricos:

ALTURA (CM)	FORMA DE COMPACTACION	NUMERO DE CAPAS	ESPESOR APROXIMADO DE LA CAPA (CM)
30.00	Varillado	3 iguales	10.00
más de 30.00	Varillado	Las que se requieran	10.00 o fracción.
de 30.00 a 45.00	Vibrado	2 iguales	La mitad de la prof. del espécimen.
más de 45.00	Vibrado	3 o más	20.00 cm. o más cercano posible.

9.- Número de penetraciones de la varrilla para el molde de especfmenes cilíndricos:

DIAMETRO DEL CILINDRO (CM)	NUMERO DE PENETRACIONES POR CAPA
15	25
20	50
25	75

10.- El diámetro del espécimen de prueba debe ser determinado con una aproximación de 0.25 mm. promediando las medidas de 2 diámetros perpendiculares entre sí, a una altura media del espécimen.

Este diámetro promedio se usa para calcular el área de la sección transversal.

Cuando el largo del espécimen es menor que  $1.8D$  o mayor de  $2.2D$ , la longitud debe ser determinada con una aproximación de  $0.05D$ , en donde "D" es el diámetro.

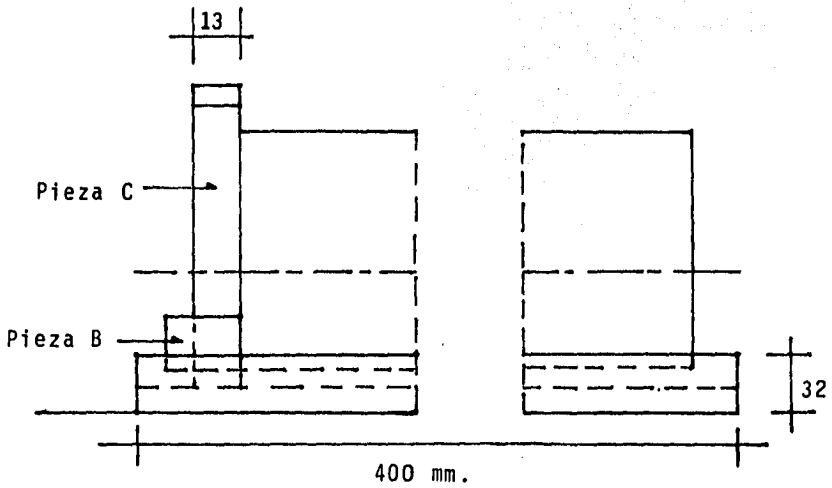
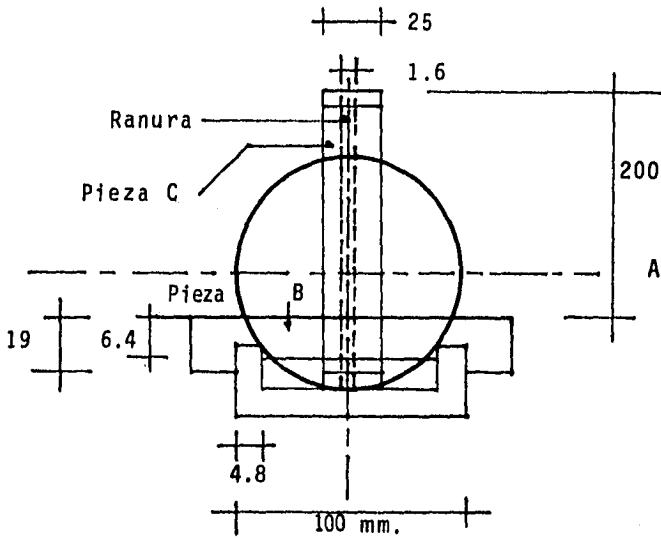
11.- Para el cabeceo de los especímenes de compresión debe seguirse el método establecido en la N.O.M. D.G.N.-C-109 en vigor "Cabeceo de Especímenes - Cilíndricos de Concreto".

III.6 DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA TENSION POR COMPRESION DIAMETRAL DE CILINDROS DE CONCRETO.

III.6.1 Objetivo.

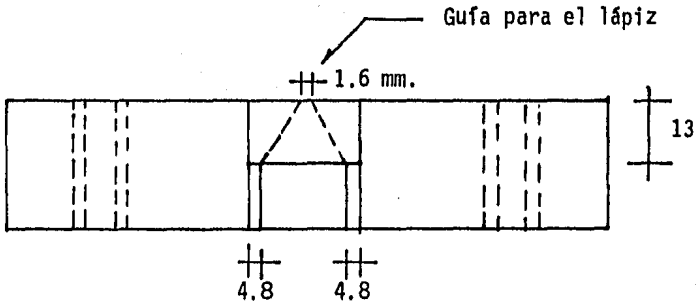
Establecer el método de prueba para determinar la resistencia a la tensión por compresión diametral de especímenes cilíndricos de concreto (cilindros moldeados y corazones extraídos).

## EQUIPO UTILIZADO PARA MARCAR LOS DIAMETROS EN EL LABORATORIO

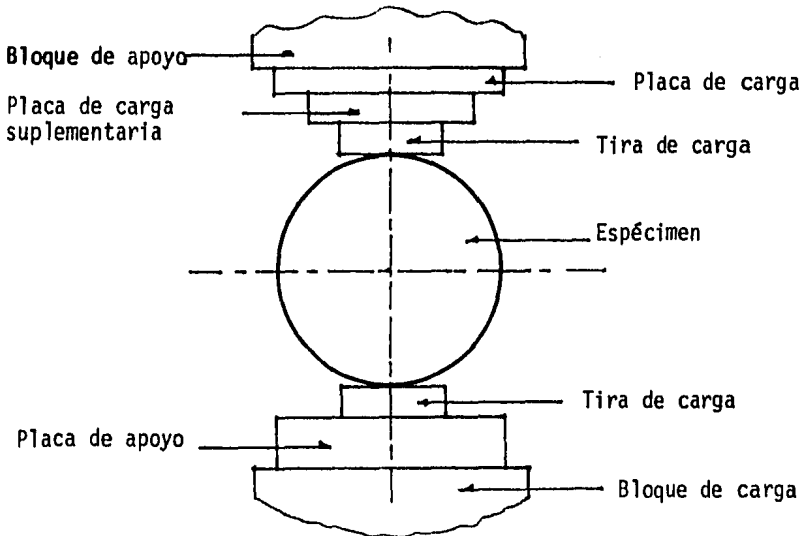


(Vista A)

## ESPECIMEN EN LA MAQUINA DE PRUEBA



PIEZA C



ESPECIMEN EN LA MAQUINA DE PRUEBA

### III.6.2 Descripción del Equipo Utilizado.

- a).- Barra o placa de carga suplementaria; de acero - con caras planas, maquinadas con una tolerancia de 0.025 mm., con un ancho mínimo igual al espesor de la placa de carga.

Nota: esta barra se puede usar, si el diámetro - o la dimensión mayor de los bloques de carga, su périor o inferior es menor que la longitud del - cilindro por probarse.

- b).- Dos tiras de madera de triplay, libres de imperfecciones, con un espesor de 3mm., y un ancho de 25mm., aprox. y una longitud igual o ligeramente mayor que el espécimen.

A estas tiras de madera, se les denomina tiras - de carga.

- c).- Dispositivo para dibujar líneas diametrales en - cada extremo del espécimen sobre el mismo plano axial. Debe constar de un canal de acero de 100 mm., de longitud, con los patines maquinados para presentar sus orillas planas.

Una placa ranurada en sus extremos para que deslize sobre los patines de la canal y en la que - exista un corte rectangular para recibir la pie-

za vertical "c" del conjunto.

Una pieza vertical "c", que tiene una ranura longitudinal, que sirve de guía al lápiz para marcar el espécimen.

- d).- Una máquina de prueba que cumpla con los requisitos establecidos en el inciso 3.1 de la N.O.M. - C-83, y que proporcione una velocidad de carga - como lo especifica el inciso 5.2 de la misma norma.

NOTA: Esta prueba es según la Norma Oficial Mexicana N.O.M.-C-163-1978.

Se complementa con las siguientes Normas Oficiales Mexicanas en vigor:

N.O.M.-C-159 "Elaboración y Curado, en el Laboratorio de Especímenes de Concreto."

N.O.M.-C-83 "Determinación de la Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto".

N.O.M.-C-160 "Elaboración y Curado en Obra, de Especímenes de Concreto".

N.O.M.-C-169 "Obtención y Prueba de Corazones y Vigas Extraídas de Concreto Endurecido".

### III.6.3 Descripción de la Prueba en el Laboratorio.

- 1.- Todo el equipo a utilizarse debe estar completa  
mente limpio.
- 2.- Marcar el espécimen de concreto, en cada extremo  
del espécimen se deben dibujar líneas diametrales  
usando el dispositivo anteriormente mencionado; -  
que asegure que las líneas se encuentren en el --  
mismo plano diametral.
- 3.- Se determina el diámetro del espécimen de prueba  
con una aproximación de 0.25mm.; calculando el --  
promedio de 3 diámetros, medidos cerca de los ex-  
tremos, al centro del espécimen y contenidos den-  
tro del plano que incluye las líneas marcadas en-  
los extremos.
- 4.- Se determina la longitud del espécimen de prueba  
con una aproximación de 1.0mm.; calculado el pro  
medio de por lo menos 2 medidas de longitud toma  
das en el plano que contienen las líneas marcadas  
en los extremos.
- 5.- Se centra el espécimen de prueba sobre las maqui  
nas de carga utilizando como guía las líneas dia  
metralmente marcadas. Se centra una tira de car



controles de la máquina de prueba durante la segunda mitad de la prueba.

- 19.- Se aplica la carga hasta que el cilindro falle y se registra la carga máxima soportada durante la prueba.

Se debe describir el tipo de falla y la apariencia del concreto.

- 20.- Se calcula la resistencia de la compresión del espécimen; dividiendo la carga máxima soportada entre el área promedio de la sección transversal, determinada como se indica en III.5.5-10.

Se expresa el resultado de la prueba con una aproximación de  $\pm 1$  kg/cm<sup>2</sup>.

#### II.5.4 Registro.

Se deben registrar los siguientes datos:

- 1.- Fecha y hora en la que se tomó la muestra, las horas en las que se toman las muestras no deben ser las mismas todos los días.
- 2.- Temperatura y condiciones ambientales.

ga sobre la platina inferior, se coloca el espécimen encima de ésta, y se alinea en tal forma, que las líneas marcadas en los extremos del cilindro estén verticales y centradas con relación a las tiras de carga. Se coloca la segunda tira de carga longitudinalmente sobre el cilindro; centrándolo con relación a las líneas marcadas en los extremos del cilindro. Se acomoda el conjunto para asegurar que se cumplan las condiciones anteriores.

- 6.- Se aplica la carga en forma continua, sin impacto a una velocidad constante; de tal manera que se logren esfuerzos de tensión por compresión diametral de 5 a 15 kgf./cm<sup>2</sup> (490 a 1,470 kPa.), por minuto hasta la falla del espécimen.
- 6a. Para cilindros de 15 por 30 cm., el rango de esfuerzos de tensión corresponde a una carga aplicada aproximadamente entre 3,500.00 y 10,600.00 kg. (34 y 104 kN) por minuto.
- 7.- Se registra la carga máxima aplicada, indicada por la máquina de prueba en el momento de la falla.
- 8.- Se observa el tipo de falla y la apariencia del concreto y se anota con aclaraciones y dibujos.

- 9.- Se calcula la resistencia a la tensión por compresión diametral del espécimen como sigue:

$$T = \frac{2 P}{\pi \ell d}$$

de donde:

T = Resistencia a la tensión por compresión diametral en  $\text{kg/cm}^2$  (M Pa).

P = Carga máxima aplicada, en kg(N).

$\ell$  = Longitud, en (cm).

d = Diámetro, en (cm).

#### III.6.4 Registro.

Se deben registrar los siguientes datos:

- 1.- Número de identificación.
- 2.- Diámetro y longitud, en cm.
- 3.- Carga de ruptura, en kg (N).
- 4.- Resistencia a la tensión por compresión diametral, calculada con aproximación de  $0.50 \text{ kg/cm}^2$ .  
(49.20 kPa.)
- 5.- Porcentaje estimado de agregado grueso fracturado en la prueba.
- 6.- Edad.
- 7.- Historia del curado.
- 8.- Defectos.
- 9.- Tipo de falla.
- 10.- Tipo de espécimen (cilindro moldeado o corazón extraído).

PRUEBA A LA TENSION POR COMPRESION DIAMETRAL  
DEL CILINDRO (Y CORAZONES)

Obra: Contrato IC-81-976-A Mazatlán, Sin.

Concepto: Concreto en Estructuras Km 10 + 860

Fecha de la Prueba: 25-IV-84

Número de Identificación: VTE-25-IV-84-76-1.

Diámetro (d): 15.00 cm. Longitud (L): 30.00 cm.

Carga de Ruptura (p), en kg (N): 10,300.00

Resistencia a la Tensión por Compresión Diametral en kg/cm<sup>2</sup> (T): 14.57.

$$T = \frac{2 P}{\pi L d}$$

Porcentaje Estimado de Agregado Grueso Fracturado en la Prueba: 80.00

Edad: 28 días.

Historia del Curado: (inmersión en agua).

Defectos: Ninguno.

Tipo de Falla: Concreto monolítico.

Tipo de Espécimen: Cilindro moldeado.

REALIZO: ANGEL HERNANDEZ QUINTANAR

REVISO: ING. ENRIQUE TORRERO D.

### II.6.5 Observaciones.

- 1.- Los especímenes de prueba deben cumplir con las especificaciones de dimensiones, moldeo y curado establecidas en las Normas Oficiales Mexicanas -- N.O.M. C-159 y N.O.M. - C-160, en vigor.  
Los corazones extraídos deben cumplir con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana N.O.M.-C-169 en vigor, en lo referente a dimensiones y curado.
- 2.- Los especímenes curados en ambiente húmedo se deben mantener en ésta condición mediante una cubierta de yute u otro material que los conserve húmedos, durante el período que transurre entre su retiro del proceso de curado y la prueba; se deben probar tan pronto como sea posible a fin de evitar la pérdida de humedad.
- 3.- Para pruebas en concreto ligero; los especímenes - que se prueben a los 28 días deben estar secos, -- después de un curado húmedo de 7 días, siguiendo - 21 días en secado a  $23^{\circ}0 \pm 1.50^{\circ}\text{C}$  y con una humedad relativa de  $50 \pm 5$  por ciento.

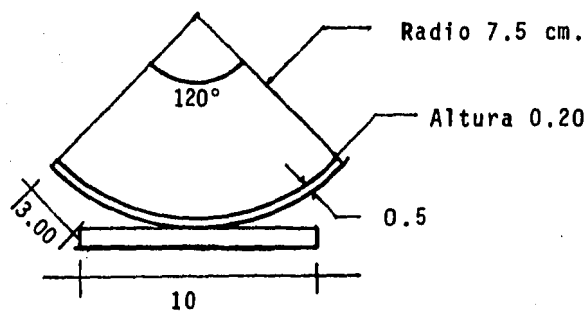
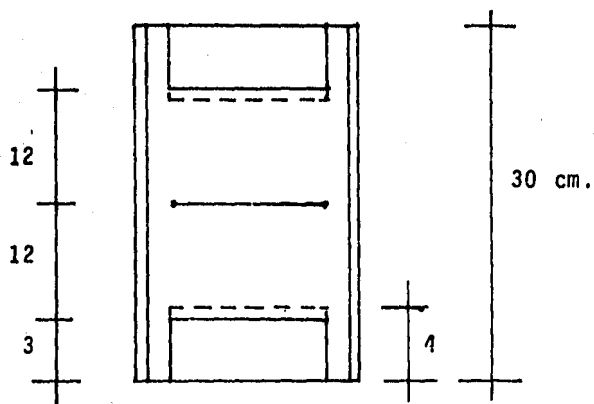
III.7 OBTENCION Y PRUEBA DE CORAZONES EXTRAIDOS DE CONCRETO ENDURECIDO.

III.7.1 Objetivo.

Establecer el procedimiento para la obtención, preparación y prueba de corazones extraídos de concreto en endurecido, para la determinación de espesores, de resistencia a la compresión o tensión por compresión -- diametral.

EQUIPO UTILIZADO PARA EFECTUAR LA PRUEBA DE CORAZONES EXTRAIDOS  
DE CONCRETO ENDURECIDO EN EL LABORATORIO

(Dispositivo para aplicar las capas: (preparación de cilindro a  
la tensión por compresión diametral).





### III.7.2 Descripción del Equipo utilizado.

- a).- Una broca cilíndrica de pared delgada con corona de diamante.
- b).- La máquina debe contar con un sistema de enfriamiento para la broca, que impida la alteración del concreto y el calentamiento de la broca.
- c).- Una máquina de prueba que cumpla con los requisitos establecidos en el inciso 3.1 de la N.O.M. - C-83 y que proporcione una velocidad de carga como especifica el inciso 5.2 de la misma norma.

NOTA: Esta prueba es según la Norma Oficial Mexicana N.O.M.-C-169-1978.

Se complementa con las siguientes Normas Oficiales Mexicanas en vigor:

N.O.M. C-109 Cabeceo de Especímenes Cilíndricos de Concreto.

N.O.M. C-83 Determinación de la resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto.

N.O.M. C-163 Determinación de la Resistencia a la tensión por Compresión Diametral de Cilindros de Concreto.

### I.7.3 Descripción de la Prueba en el Laboratorio.

- 1.- Todo el equipo a utilizarse debe estar completamente limpio.
- 2.- Utilizando la broca cilíndrica se extrae el corazón de concreto.- El diámetro de los corazones que se utilicen para determinar la resistencia a la compresión debe ser de preferencia, 3 veces - al tamaño máximo nominal del agregado grueso, -- usado en el concreto, y cuando menos, 2 veces -- ese tamaño máximo.
- 3.- Se preparan las bases del corazón del concreto. Las bases de los corazones que se prueben a la compresión, deben ser planas y prácticamente lisas perpendiculares al eje longitudinal, con una tolerancia de 5° y con el mismo diámetro que el cuerpo del espécimen, con tolerancia de 2.5 mm. Cada extremo del espécimen debe recortarse con disco de diamante, por lo menos 1 cm. para evitar zonas alteradas.- La longitud del espécimen, -- cuando ya tenga preparadas las bases, debe ser tan cercana como sea posible, a 2 veces al diámetro.  
Un corazón que tenga una altura menor de 95 % de-

su diámetro antes de preparadas sus bases o que - tenga menos de 100% de su diámetro, después de -- preparadas sus bases, no debe probarse.

- 4.- Se cabecean las bases de los especímenes de concreto con azufre fundido, de acuerdo con el procedimiento establecido en la N.O.M. C-109 en vigor: "Cabeceo de Especímenes Cilíndricos de Concreto".
- 5.- Se mide la longitud del espécimen con las bases preparadas con una aproximación de 1 mm.; y el diámetro es deseable sea medido con una aproximación de 0.50 mm., pero debe ser por lo menos de 1 mm., promediando 2 medidas tomadas en ángulo -- recto una de otra, aproximadamente a la altura media del espécimen.
- 6.- Antes de probarse deben verse las condiciones de humedad y curado de los especímenes:
  - a).- Si el elemento del cual se extrajo el corazón tiene unas condiciones de servicio de un ambiente superficialmente seco; el corazón debe permanecer durante 7 días, a menos que se acuerde otro lapso, en un ambiente -- cuya temperatura sea de 15 a 26°C y con una humedad relativa no mayor del 60% antes de probarse a la compresión.

- b).- Si el elemento del cual se extrajo el corazón esta sujeto durante su servicio a una completa saturación; el corazón debe sumergirse en agua saturada de cal, cuya temperatura debe ser de  $23 + 2^{\circ}\text{C}$ , por lo menos 40 horas antes de ser probado a la compresión. Durante el periodo entre su retiro del agua de almacenamiento y la prueba, conservese el espécimen húmedo, cubriéndolo con tela mojada.
- 7.- Los especímenes de concreto deben ser probados - de acuerdo a las indicaciones de la N.O.M.C-83 - "Determinación de la Resistencia a la Compresión de Cilíndricos de Concreto".
- 8.- Para especímenes de concreto que deben ser probados a la tensión por compresión diametral:
- a).- No deben ser cabeceados.
- b).- Deben de cumplir con lo indicado en 2.
- c).- La línea de contacto entre el espécimen y - cada faja de apoyo, debe ser recta y libre de cualquier protuberancia mayor de 0.20mm. Cuando la línea de contacto no es recta o tiene protuberancias entre 0.20 mm. y 2.5mm. se alisa o prepara el espécimen, de tal mo-

do que se proporcionen líneas de apoyo que reúnan este requisito. Los especímenes -- que tengan protuberancias mayores de 2.50mm. no deben ser probados. Cuando se preparen las líneas de contacto de los especímenes con una capa, ésta debe ser tan delgada como sea posible y debe estar formada con -- azufre fundido o cualquier otro material - plástico de alta resistencia (la figura muestra el dispositivo para aplicar las capas a especímenes con 15.00cm. de diámetro.

d).- Antes de ser probados los especímenes deben cumplir con lo indicado en 6.

e).- Los especímenes deben ser probados de acuerdo a la N.O.M. C-163 (Determinación de la - resistencia a la tensión por compresión diametral de cilindros de concreto).

f).- Se calcula la resistencia a la tensión se--gún la fórmula indicada en III.6.3.-9.

Se registran los datos de acuerdo al registro indicado en III.6.4.

Cuando se haya requerido pulir o preparar con capas las superficies de apoyo, mídase la distancia entre las superficies terminadas.

- 9.- Se calcula la resistencia a la compresión como se indica en III.5.3-20, usando el área de la sección transversal medida como se indica en III.7.3-5. Se hacen las correcciones de resistencia por la relación altura/diámetro; multiplicando la resistencia de compresión por el factor de corrección de acuerdo a la siguiente tabla:

TABLA

<u>Relación altura/diámetro del corazón</u>	<u>Factor de corrección a la resistencia</u>
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

NOTA: Los valores intermedios deben determinarse por interpolación.

Los factores de corrección dependen de las condiciones en que se encuentre el espécimen, tales como resistencia nominal, contenido de humedad y módulo elástico; en la tabla se anotan los factores de corrección promedio para resistencias nominales comprendidas entre 140 y 420 kg/cm<sup>2</sup> de corazones probados según III.7.3-6.b.

### III.7.4 Registro.

Se deben registrar los siguientes datos:

- 1.- Número de identificación, localización del lugar y dirección de la perforación.
- 2.- Datos relacionados con las características nominales del concreto bajo prueba.
- 3.- Diámetro promedio del espécimen.
- 4.- Longitud del espécimen , antes y después del cabeceo.
- 5.- Resistencia a la compresión, con aproximación de  $1 \text{ kg/cm}^2$ ; resultado de dividir la carga máxima - en kg; entre el área calculada con el diámetro - promedio en  $\text{cm}^2$ ; después de hacer la corrección con el factor de altura/diámetro.
- 6.- Observaciones respecto al tipo de falla, tamaño máximo del agregado, huecos o cualquier defecto en el espécimen, si es que los hay.
- 7.- Condición de humedad aplicada al espécimen.
- 8.- Fecha de la prueba.

## PRUEBA A COMPRESION DE CORAZONES DE CONCRETO

Obra: Contrato IC-81-974-A Mazatlán, Sin.Concepto: Concreto en Estructuras (Sifón).Fecha de la Prueba: 10-IV-84Número de Identificación: VTE-10-IV-84-74-3Localización del Lugar: Transición de Entrada.Dirección de la Perforación: Perpendicular a la Superficie vertical.Diámetro: 15.00 cm. Longitud: 30.00 cm.Area:  $A = \frac{\pi}{4} D^2$ : 176.71 cm<sup>2</sup>.Carga de Ruptura en Kg.: 40,644.35Resistencia a la Compresión en kg/cm<sup>2</sup>: 230.00

$$C = \frac{P}{A}$$

C = Resistencia a la Compresión.

P = Carga de ruptura.

A = Area de la Sección Transversal.

Tamaño Máximo del Agregado: 3/4"Defectos u oquedades: Ninguno.Edad: 28 días (de prueba).Historia del Curado: 40 hrs. en agua satura de cal (antes de la prueba)Tipo de Falla: Normal.Tipo de Espécimen: Estará en su servicio saturado.REALIZO: ANGEL HERNANDEZ QUINTANARREVISO: ING. CESAREO OSUNA.



### III.7.5 Observaciones.

- 1.- Los especímenes de concreto endurecido, no deben ser tomados hasta que el concreto haya endurecido lo suficiente y permita la extracción de las muestras sin alterar su estructura interna.
- 2.- En general, el concreto debe tener un mínimo de 14 días de edad para que se puedan extraer los especímenes, los cuales, deben obtenerse de zonas de concreto no dañadas.
- 3.- Las muestras que presenten defectos o las muestras que hayan sido alteradas o dañadas en el proceso de extracción no deben emplearse.
- 4.- De preferencia, los corazones deben tener una relación altura/diámetro de 2, pudiéndose aceptar, como mínimo, una relación de 1.
- 5.- Los corazones que contengan acero de refuerzo, no deben ser usados para determinar la resistencia.
- 6.- Un espécimen, tomado perpendicularmente a una superficie horizontal, se debe localizar cerca del centro, alejado de las aristas del elemento colado; y debe procurarse, hasta donde sea posible -

que su eje sea paralelo a la dirección del colado.

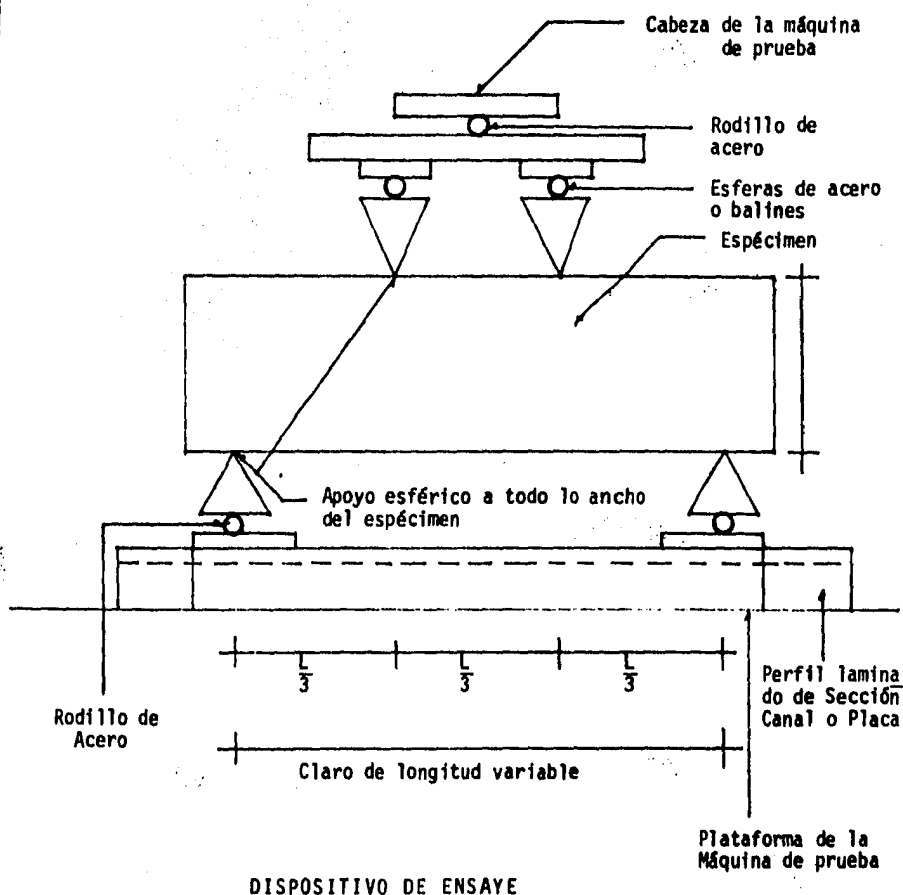
- 7.- De igual forma, los especímenes obtenidos perpendicularmente a superficies verticales a inclinadas deben ser obtenidos cerca del centro y lo más alejado de las aristas o de las juntas de las unidades de colado.
- 8.- La sección extraída de una losa, para obtención posterior de corazones, debe ser lo suficientemente grande para asegurar que los especímenes no tengan fallas del concreto, tales como fisuras, grietas, desconchamientos, fallas internas o cualquier otro tipo de daño.
- 9.- El registro para la resistencia a la tensión por compresión diametral es como el indicado en III.7.4.

III.8 DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO. (Usando una Viga Simple con Cargas en los Tercios del Claro).

III.8.1 Objetivo.

Establecer el método de prueba para la determinación de la resistencia a la flexión del concreto, usando una viga con cargas concentradas en los tercios del claro.

EQUIPO UTILIZADO PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN EL LABORATORIO



### III.8.2 Descripción del Equipo Utilizado.

- 1.- Una maquina de prueba que cumpla con los requisitos indicados en la N.O.M. R-32.
- 2.- Un dispositivo de aplicación de carga (ver observaciones).

NOTA: Esta prueba es según la Norma Oficial Mexicana -- N.Ó.M.-C-191-1978.

Se complementa con las siguientes Normas Oficia-- les Mexicanas en vigor:

N.O.M.-C-159 Elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio.

N.O.M.-C-160 Elaboración y curado en obra de espe-- címenes de concreto.

N.O.M.-R-32 Métodos para la verificación de má-- quinas de prueba.

### III.8.3 Descripción de la Prueba en el Laboratorio.

1.- Todo el equipo a utilizarse debe estar completamente limpio.

2.a Utilizando una sierra con un borde cortante de diamante de carborundo o similar, se obtiene el espécimen de concreto, sin calentamiento excesivo e impacto en el espécimen.

La sierra debe contar con un sistema de enfriamiento para el borde cortante que evite la alteración del concreto.

2b. En el caso de elaborar el espécimen, debe cumplir con lo establecido en las N.O.M.-C-159 y N.O.M.-C-160 vigentes.

3.- La longitud del espécimen debe permitir un claro entre apoyos de tres veces su peralte con una tolerancia de  $\pm 2\%$ .

4.- En el caso de vigas cortadas con sierra, antes de probarse, deben sumergirse en agua saturada con cal, a una temperatura de  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ., mínimo 40 hrs. antes de ser probadas.

Durante el período que transcurre entre el retiro del agua de curado y la prueba debe conservarse los especímenes húmedos cubriéndolos con telas mojadas.

- 5.- Se voltea la probeta sobre un lado con respecto a la posición de moldeado.
- 6.- Se centra la probeta en los bloques de aplicación de carga, y a su vez, éstos deben estar centrados respecto a la fuerza aplicada.
- 7.- Se ponen los bloques de aplicación de carga en -- contacto con la superficie de la probeta en los - puntos tercios entre los apoyos.
- 7.a Si la separación de la línea de contacto entre las superficies del espécimen y los bloques es mayor - de 0.10mm., en una longitud de 25mm.; se deben li jar o cortar las paredes de la probeta, o bien -- usar tiras de cuero.

El lijado de las paredes de la probeta debe ser - lo menos posible, ya que pueden cambiar las carac terísticas físicas y variar los resultados.

Se deben usar tiras de cuero únicamente cuando -- las superficies de las probetas en contacto con - los bloques de aplicación de carga, se aparten de un plano en no más de 0.38mm.,

Las tiras de cuero deben ser de:

espesor uniforme de 6.4 mm.; ancho de 25 a 50mm.

y cubrir todo el ancho de la probeta.

- 8.- La carga se aplica rápidamente hasta aproximadamente el 50% de la carga de ruptura.
- 9.- Se sigue aplicando la carga, continuamente a una velocidad que constantemente aumente el esfuerzo - de las fibras extremas entre 8.5 y 11.8 kg/cm<sup>2</sup>. por minuto (0.861 y 1.207 MPa por minuto), lo cual se calcula de acuerdo al punto 11, hasta que se presenta la ruptura.
- 10.- Se determina el ancho medio y el peralte medio y la localización de la línea de falla, con el promedio de tres medidas una en el centro y dos sobre las aristas de la probeta aproximándolas al milímetro.
- 11.- Cálculo del módulo de ruptura.

a) Si la fractura se inicia en la superficie de tensión dentro del tercio medio del claro:

$$R = \frac{P L}{b d^2}$$

En donde:

R = Es el módulo de ruptura, en kg/cm<sup>2</sup> (M Pa).

P = Es la carga máxima aplicada en kg. (N).

L = Es la distancia entre apoyos, en cm.

b = Es el ancho promedio de la probeta, en cm.

d = Es el peralte promedio de la prueba, en cm.



NOTA: En la fórmula anterior, no se incluyen los pesos del bloque de apoyo superior y del espécimen.

- b) Si la ruptura se presenta en la superficie de tensión fuera del tercio medio del claro, en no más del 5% de su longitud, se calcula el módulo de ruptura como sigue:

$$R = \frac{3 P a.}{b d^2}$$

En donde:

- a = Es la distancia promedio entre la línea de fractura y el apoyo más cercano en la superficie de la viga, en cm.

- c) Si la fractura ocurre en la superficie de tensión fuera del tercio medio del claro en más del 5%, se desecha el resultado de la prueba.

#### III.8.4 Registro.

Se deben registrar los siguientes datos:

- 1.- Fecha de la prueba.
- 2.- Número de identificación.
- 3.- Ancho promedio, en cm. (aproximado al mm.)
- 4.- Peralte promedio, en cm. (aproximado al mm.)
- 5.- Claro de la probeta, en cm. (aproximado al mm.)
- 6.- Carga máxima aplicada, en kg (N).
- 7.- Módulo de ruptura, aproximado al  $0.10 \text{ kg/cm}^2$  --  
( $0.01 \text{ MPa}$ ).
- 8.- Condiciones de curado y de humedad de la probeta,  
al momento de la prueba.
- 9.- Comentarios, si las probetas se lijaron, se pu--  
lieron, o si se usaron tiras de cuero.
- 10.- Defectos de las probetas.
- 11.- Edad de las probetas.
- 12.- Comentario si es una viga cortada con sierra y ex  
traída de algún elemento estructural o si es mol-  
deada directamente para la prueba.

## RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO

Obra: Contrato IC-81-976-A Mazatlán, Sin.Concepto: Concreto en Estructuras Pte. Carretera (recodo)Fecha de la Prueba: 10-VI-84Número de Identificación: VTE-10-VI-84-76-1.Ancho Promedio: 15.00 cm.Peralte Promedio: 15.00 cm.Claro de la Probeta: 75.00 cm.Carga Máxima Aplicada: 1,170.00 kg.Módulo de Ruptura: 26.00 kg/cm<sup>2</sup>Condiciones de Curado y de Humedad: Inmersión en agua.

Comentarios: SI NO Fue Lijada

SI NO Fue Pulida

SI NO Se Usaron Tiras de Cuero

Defectos de la Probeta: Ninguna aparente.Edad de la Probeta: 28 días.

Comentarios: SI NO Es Viga Extraída de un Elemento Estructural con Sierra.

En caso afirmativo: Localización del lugar: \_\_\_\_\_

Dirección de la Perforación: \_\_\_\_\_

REALIZO: ANGEL HERNANDEZ QUINTANARREVISO: ING. ENRIQUE TORRERO D.

### III.8.5 Observaciones.

- 1.- El dispositivo de carga debe ser capaz de aplicar cargas en los tercios del claro de prueba, de tal modo que las fuerzas se apliquen uniformemente en todo lo ancho, sean perpendiculares a las caras horizontales de la viga y se distribuyan uniformemente en todo lo ancho.

Este dispositivo debe ser capaz de mantener fija la distancia entre los puntos de carga y los puntos de apoyo de la probeta, con una tolerancia de + 2.00 mm.; además las reacciones deben ser paralelas a la dirección de las fuerzas aplicadas durante el tiempo que dure la prueba.

La relación de la distancia del punto de aplicación de cada una de las cargas a la reacción más cercana dividida entre la altura de la viga, no debe ser menor de uno.

El bloque para la aplicación de la carga y el de apoyo de la viga deben ser de acero del mismo ancho o mayor que el de la viga, con una altura que no exceda de 65 mm. medida a partir del centro de giro.

Las secciones de cada uno de los bloques de carga que entran en contacto con la viga, deben ser cilíndricas con las superficies endurecidas, teniendo en cuenta que la línea de contacto de estas superficies no deben variar en más de 0.05 mm., con relación a un plano tangente a las mismas.

El radio de curvatura de estas superficies debe tener como centro el eje del rodillo del apoyo o el centro de la rótula.

La superficie curva de cada bloque de aplicación de carga debe ser la correspondiente a un sector cilíndrico de cuando menos 45°.

Los bloques de aplicación de carga deben mantenerse alineados en posición vertical, por medio de mecanismos de presión que pueden ser tornillos -- con resorte que los mantenga en contacto con los rodillos o rótulos de acero.

Pueden suprimirse el rodillo y la rótula de acero de los bloques de apoyo, cuando el bloque de apoyo de la máquina de prueba sea de asiento esférico, siempre que en los bloques de aplicación de la carga se usen un rodillo de acero y una rótula de acero pivotadas.

### III.9 PRUEBA DEL INDICE DE REBOTE.

#### III.9.1 Objetivo.

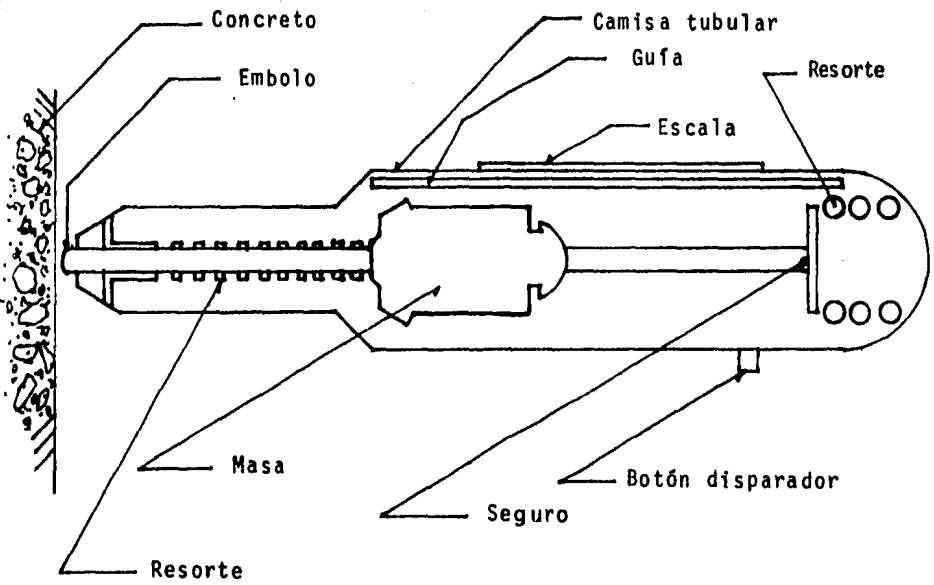
Esta prueba tiene por objeto determinar el índice de rebote en el concreto endurecido, usando un dispositivo de acero impulsado por un resorte.

La determinación del índice de rebote sirve para:

- Evaluar la uniformidad del concreto en el sitio.
- Delimitar la zona o áreas de diferente resistencia.
- Localizar la zona o áreas de concreto deteriorado - en la estructura.
- Indicar cambios de las características del concreto a través del tiempo (como los causados por la hidratación del cemento).
- Determinar cuando pueden ser retirados la cimbra y los puntales.

Este método no constituye una base firme para determinar la resistencia del concreto y dentro de sus limitaciones es confiable para la evaluación comparativa de resistencias.

EQUIPO UTILIZADO EN LA PRUEBA DEL INDICE DE REBOTE EN EL LABORA  
TORIO



MARTILLO DE REBOTE

## II.9.2 Descripción del Equipo Utilizado en la Prueba.

- 1.- Un dispositivo de rebote; consistente en una barra de acero la cual recibe el impacto de una masa de acero impulsada por un resorte.

Al chocar la barra de acero con la superficie del concreto ésta rebota, y se registra su desplazamiento máximo de rebote, en una escala lineal fijada en el cuerpo del dispositivo.

- 2.- Una piedra abrasiva, constituida por granos de -- carborundo de tamaño medio.

NOTA: Esta prueba es según la Norma Oficial Mexicana N.O.M.-C-192-1979.



### III.9.3 Descripción de la Prueba.

1.- Seleccionar y/o preparar la superficie de prueba:

a).- Si se selecciona la superficie de prueba y ésta no requiere de preparación, debe ser por lo menos de 15 cm. de diámetro y 10 cm. de espesor.

b).- Si se selecciona la superficie de prueba y ésta si requiere de preparación debe ser pulida con la piedra abrasiva hasta eliminar las rugosidades, superficies suaves ó con mortero mal adherido.

Se debe mojar la superficie pulida durante 24 hrs. antes de la prueba; para evitar -- los efectos de secado y carbonatación producidos por el pulido.

2.- El dispositivo se sostiene firmemente en una posición que permita el émbolo golpear perpendicularmente sobre la superficie a probar.

3.- Se aumenta lentamente la presión del émbolo hasta que el dispositivo golpee.

- 4.- Después del impacto se registra el índice de rebote con dos cifras significativas.
- 5.- Se examina la impresión hecha por el impacto sobre la superficie y si ésta presenta estrellamiento por causa de oquedades superficiales se debe descartar la prueba y repetir el impacto.
- 6.- Se deben tomar 16 lecturas para cada una de las superficies de prueba. La separación mínima en tre dos impactos debe ser de 25 mm.
- 7.- Se calcula el promedio de las 16 lecturas.
- 8.- Las lecturas que difieran en más de 5 unidades con respecto al promedio deben ser eliminadas.
- 9.- Con las lecturas sobrantes se calcula el promedio final.

NOTA: Si más de cuatro lecturas difieren en 6 -- unidades del promedio, se deben descartar todas las lecturas.

#### III.9.4 Registro.

Para cada superficie de prueba se deben registrar los

Los siguientes datos:

- 1.- Identificación de la estructura.
- 2.- Localización de la superficie de prueba, por ejemplo a 1 m. de la base de la columna 5-B.
- 3.- Descripción de las características de la superficie de prueba, por ejemplo: superficie acabada - con llana, seca y pulida con piedra abrasiva.
- 4.- Descripción del concreto:
  - 4.a Composición del concreto, si se conoce: agregados, factor del cemento, relación agua-cemento, contenido de aire, aditivos empleados, etc.
  - 4.b Resistencia de diseño.
  - 4.c Edad del concreto en el momento de realizar la prueba.
  - 4.d Condiciones de curado y cualquier otra condición no usual relacionada con la superficie de prueba.
  - 4.e Tipo de cimbras usadas para el moldeo de la superficie de prueba, si se conocen o si son apreciables.
- 5.- Índice de rebote promedio para cada superficie de prueba.

6.- Valores y localización de índices de rebote descartados.

7.- Tipo de dispositivo y número de serie.

## PRUEBA DEL INDICE DE REBOTE

Obra: Contrato IC-81-974-A Mazatlán, Sin.Concepto: Concreto en Estructuras (Alcantarilla).Fecha de la Prueba: 3-V-84

Localización de la Superficie de Prueba: \_\_\_\_\_

Muro Vertical de Transición de Salida.Características de la Superficie de Prueba: Rugosa, fué necesario pulirla, con la piedra de carborundo.Tamaño Máximo del Agregado: 3/4"Contenido de Agua: \_\_\_\_\_  $w = 8.33\%$ Relación Agua-Cemento: \_\_\_\_\_ 0.70Contenido de Aire: \_\_\_\_\_ 2%Aditivos Empleados: \_\_\_\_\_ NingunoResistencia de Diseño: \_\_\_\_\_  $f'c = 200.00 \text{ kg/cm}^2$ Edad del Concreto: \_\_\_\_\_ 28 díasCondiciones del Curado: \_\_\_\_\_ Inmersión en AguaTipo de Cimbra Usada: \_\_\_\_\_ Tarimas de madera.Índice de Rebote Promedio: \_\_\_\_\_ 24.00

Valores y Localización de Índices de Rebote Descartados: \_\_\_\_\_

20 y 21 (indicadas en muro).Tipo de Dispositivo: Martillo de Rebote No. Serie: 42346-2REALIZO: ANGEL HERNANDEZ QUINTANARREVISO: ING. CESAREO OSUNA.

### III.9.5 Observaciones.

- 1.- Cuando el espécimen a probar sea menor de 150 mm. de diámetro y 100mm. de espesor, se deben fijar-rfigidamente.
- 2.- Se deben evitar las superficies que muestren: oque-dades, desconchamiento, alta porosidad, textura -rugosa.
- 3.- Al realizarse esta prueba en diversos concretos, éstos deben ser aproximadamente de la misma edad y condición de humedad para que puedan ser compa-rados.
- 4.- Los concretos secos dan un índice de rebote más alto que los concretos húmedos.
- 5.- Si la capa superficial de un concreto se ha car-bonatado, arrojará índices de rebote más altos.
- 6.- Las superficies aplanadas con llana generalmente manifiestan un índice de rebote más alto que las superficies ásperas o con un acabado poroso.
- 7.- Las losas estructurales deben ser probadas de --abajo hacia arriba, para evitar superficies aca-badas con figuras.

- 8.- Las superficies de textura gruesa, suave o con mortero mal adherido, deben ser pulidas con la piedra abrasiva hasta dejarlas lisas.
- 9.- Las superficies lisas o pulidas con llana se deben probar sin pulir.
- 10.- Los efectos de secado y carbonatación pueden ser disminuidos mojando completamente la superficie durante 24 horas antes de la prueba.
- 11.- Los concretos con más de 6 meses de edad si van a ser comparados con concretos de menor edad, deben ser pulidos a una profundidad de 5 mm.; el pulido a ésta profundidad requiere el uso de un equipo mecánico.
- 12.- Las superficies pulidas no deben compararse con las superficies no pulidas.
- 13.- El concreto a una temperatura de 0°C o menor, puede presentar índices de rebote muy alto.  
  
El concreto debe probarse solamente después de que ha sido descongelado.
- 14.- Las temperaturas del dispositivo de rebote por sí mismas pueden afectar el índice de rebote.

- 14.a Los dispositivos del rebote a una temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$ , pueden originar una reducción de 2 a 3 unidades en el índice de rebote.
- 15.- Las lecturas que van a ser comparadas deben corresponder a pruebas efectuadas en la misma dirección de impacto; horizontal, vertical, hacia arriba, - hacia abajo, o inclinadas con el mismo ángulo.
- 16.- Las pruebas deben de efectuarse con el mismo dispositivo, con el fin de comparar resultados, ya que diferentes dispositivos del mismo diseño nominal - pueden dar índices de rebote diferentes.
- 17.- Si se emplea más de un dispositivo debe efectuarse un número suficiente de pruebas, sobre la superficie de un concreto patrón, de modo que se determine la magnitud de las diferencias que se pueden esperar.
- 18.- Los dispositivos de rebote deben ser revisados y - verificados periódicamente o cuando exista una razón para dudar de su funcionamiento adecuado.
- 19.- Existen piezas metálicas para la verificación y se recomiendan, aunque la verificación sobre éstas, - no garantiza que diferentes dispositivos den el -- mismo resultado en otros puntos sobre la escala de rebote.



- 20.- Las pruebas efectuadas por un mismo operador, con un mismo dispositivos y en el mismo espécimen dan una precisión de 2.5 unidades.

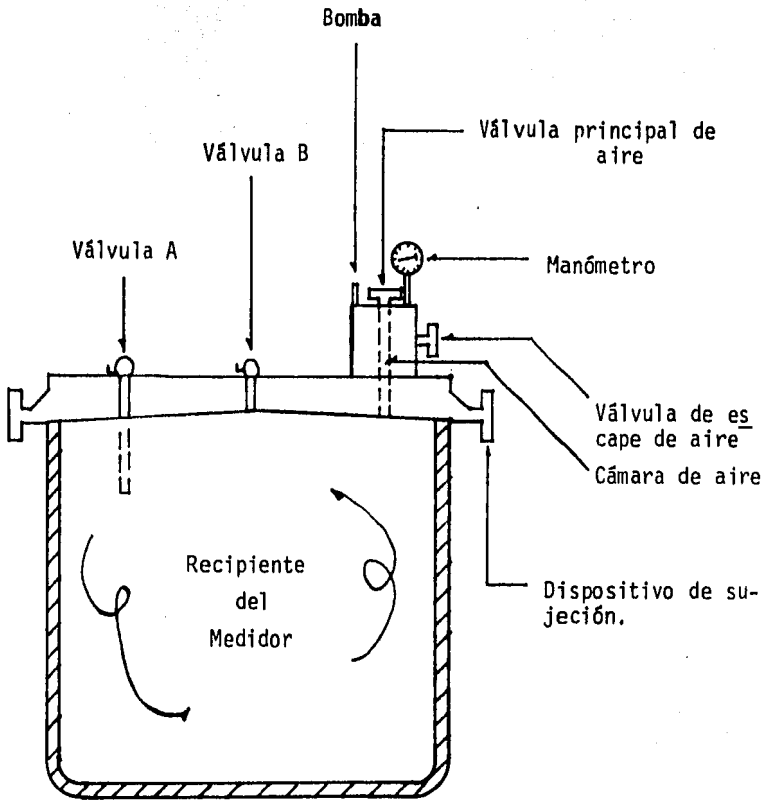
III.10 DETERMINACION DE LA CANTIDAD DE AIRE INCLUIDO, POR EL METODO DE PRESION.

III.10.1 Objetivo.

La prueba por presión tiene por objeto determinar - la cantidad de aire incluido en un concreto.

El conocimiento y uso de esta prueba es importante debido al gran auge que se ha venido dando a la inclusión de aire en los concretos que estarán sujetos a temperaturas de congelación.

EQUIPO UTILIZADO PARA DETERMINAR LA CANTIDAD DE AIRE INCLUIDO  
POR EL METODO DE PRESION EN EL LABORATORIO



### III.10.2 Descripción del Equipo Utilizado.

#### a).- Recipiente del medidor.

Es un recipiente de forma cilíndrica, de acero o de otro metal similar, que no sea susceptible al ataque de la combinación cemento y agua; con un diámetro mínimo de 0.75 a 1.25 veces su altura y con una capacidad mínima de 5,500.00m<sup>3</sup>. Debe tener una pestaña que permita una sujeción adecuada, al aplicar la presión entre el recipiente y la cubierta. Las superficies interiores del recipiente deben ser totalmente lisas. El recipiente medidor y la cubierta deben ser lo suficientemente rígidos para limitar el factor de expansión del aparato, a no más de 0.10% del contenido de aire en la escala del indicador, cuando se opera bajo presión normal.

#### b).- Cubierta del medidor.

Debe ser de acero o de otro material similar, que no sea susceptible al ataque de la pasta de cemento. Debe poder resistir y conservar la presión entre el recipiente y la cubierta y tener en el interior una pequeña cámara de aire arriba del nivel superior del recipiente. Debe ser-

lo suficientemente rígida para limitar el factor de expansión del recipiente descrito anteriormente.

La cubierta debe ser ajustada para poder tener una lectura directa del contenido de aire. El dispositivo medidor de presión debe ser calibrado para indicar el porcentaje de aire con precisión. Las graduaciones para lecturas deben tener, por lo menos 8% del contenido de aire, en el que fácilmente se pueda leer hasta un 0.1% según se determine en la prueba de calibración.

La cubierta debe tener válvulas para expulsar al aire, mientras se coloca el agua suficiente para llevar a cabo la prueba en cualquiera de los medidores. Debe tener dispositivos que permitan sujetarla en forma adecuada al recipiente, de manera que no haya pérdida de presión, ni tampoco se quede aire atrapado entre ella y el recipiente.

Debe tener una bomba de mano para inyección de aire.

### III.10.3 Descripción de la Prueba en el Laboratorio.

1.- Todos los utensilios deben estar completamente limpios.

2.- Se coloca una muestra representativa del concreto preparado en el recipiente de medición, en tres capas iguales. Se compacta cada capa de concreto por medio de 25 golpes con la varilla, distribuidos en la superficie. A continuación se golpean los lados del recipiente de 10 a 15 veces con el martillo, hasta que no haya oquedades ni aparezcan grandes burbujas de aire en la superficie. La capa inferior debe ser picada en toda su profundidad pero evitando golpear el fondo del recipiente. Al picar la segunda y la última capa, se hace de modo que la varilla penetre en la capa anterior alrededor de 25mm.

Se debe llenar la última capa evitando que el concreto, sobresalga excesivamente del recipiente.

4.- Después de la compactación del concreto se enrasa el recipiente deslizando la varilla a --

través de la superficie, con un movimiento oscilatorio. El recipiente no debe tener un exceso o una deficiencia de concreto. Lo óptimo es remover hasta 3mm. del espesor del concreto al enrasarlo. Se puede añadir una pequeña cantidad de concreto para corregir una deficiencia. Si el recipiente tiene exceso de concreto, con una cuchara se quita una parte que sea representativa antes del enrasado.

- 4.- Se limpian cuidadosamente las orillas y las esquinas del recipiente y de la cubierta, para asegurarse de que no haya pérdidas de presión cuando se encuentre trabajando. Se arma el aparato, se cierra la válvula de aire entre la cámara y el recipiente de medición.
- 5.- Se abren las válvulas que van a través de la cubierta. Usando una perilla de hule se inyecta agua a través de una de las válvulas, hasta que el agua salga por la válvula opuesta en forma continua sin que salga aire. Se sacude suavemente el medidor hasta que todo el aire sea expulsado.

- 6.- Se cierran las válvulas de la cámara de aire y se bombea aire hacia dicha cámara, hasta que el manómetro indique la línea de presión\* inicial. Se deben permitir algunos segundos para que el aire comprimido se estabilice. Se obtiene la presión inicial, por medio de un bombeo adicional o dejando escapar algo de aire, según se necesite, golpeando ligeramente el manómetro. Se cierran ambas válvulas de la cubierta.
- 7.- Se abre la válvula que comunica la cámara de aire y el recipiente. Se golpean los lados del recipiente para lograr un acomodo. Se golpea ligeramente el manómetro, hasta que se estabilice y se lee el porcentaje de aire.
- 8.- Se alivia la presión abriendo las dos válvulas de la cubierta antes de quitarla.
- 9.- La válvula principal de aire debe estar cerrada antes de aliviar la presión del recipiente o de la cámara de aire.

\* Nota: en el caso de la Cd. de México:

$$P = 2,200.00 \text{ kg/cm}^2.$$



Sino se hace lo anterior, puede suceder que algo de agua pase a la cámara de aire, e introducir un error en las siguientes mediciones.

En el caso de que entrara el agua se debe sacar de la cámara de aire por medio de las válvulas que se tienen para ese propósito, abriéndolas y bombeando varias veces, con el objeto de expulsar toda el agua que allí se encuentre.

#### III.10.4 Registro.

Después de efectuar la prueba, deben registrarse los siguientes datos:

- 1.- Fecha de la prueba.
- 2.- Procedencia de la muestra.
- 3.- Presión utilizada.
- 4.- Porcentaje de aire incluido en la muestra.

PRUEBA PARA LA DETERMINACION DE LA CANTIDAD DE  
AIRE INCLUIDO, POR PRESION

Obra: Contrato IC-81-976-A Mazatlán, Sin.

Concepto: Concreto en Estructuras Vado 4 + 300 km.

Cemento Tipo: Normal. Resistencia:  $f'c = 200.00 \text{ kg/cm}^2$

Tamaño Máximo del Agregado:  $3/4''$

Contenido de Agua:  $\omega = 8.33\%$

FECHA	PRUEBA No.	P (PRESION)	% DE AIRE INCLUIDO
6-VI-84	VTE-6-VI-84-76-1	2,200kg/cm <sup>2</sup>	2.00

REALIZO: ANGEL HERNANDEZ QUINTANAR

REVISO: ING. ENRIQUE TORRERO D.

### III.10.5 Observaciones.

- 1.- Esta prueba es de laboratorio exclusivamente.
- 2.- Esta prueba es muy importante para concretos - que están sometidos a temperaturas de congelación.
- 3.- Esta prueba no se recomienda para concretos hechos con agregados ligeros, escoria de alto -- horno enfriada con aire, o agregados de alta - porosidad.
- 4.- En el diseño de mezclas; la pérdida de resistencia debido a los huecos de aire es del orden de 5.5% por cada porcentaje de aire incluido, pero como la adición de aire permite disminuir el consumo de agua, no es necesario aumentar la resistencia tanto como los porcentajes de aire lo indicaran. El valor del exceso de resistencia con que se debe diseñar varía con la riqueza de la mezcla, pero generalmente es del orden del 10%.

## C A P I T U L O I V

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

Observando la importancia que tiene el concreto y las -- pruebas del mismo en las obras de ingeniería civil, es importante clasificar las pruebas de la siguiente manera:

CONCRETO FRESCO	{	PRUEBAS DE CAMPO: Revenimiento, Esfera de Kelly, Factor de Compactación.	{	PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS
		PRUEBAS DE LABORATORIO: Fluidez, Remoldeo, VeBe, Aire Incluido.		

CONCRETO FRAGUADO	{ PRUEBAS DE CAMPO: Índice de Rebote.  PRUEBAS DE LABORATORIO: Cubo, Cilindro, Tensión Diagonal, Corazones, Flexión.         }	} PRUEBA NO DESTRUCTIVA
		} PRUEBAS DESTRUCTIVAS

La Prueba de Revenimiento debido a su sencillez es la más utilizada en las obras, sin embargo la utilización de la Esfera de Kelly presenta los mismos resultados en una forma más rápida y sencilla; ya que ésta se puede aplicar en el sitio mismo del colado. Desde luego observando las características pertinentes de la misma.

Dada la importancia que tiene el vibrado en el concreto en las obras, es importante implementar en forma estándar el desarrollo de la Prueba del Factor de Compactación.

La Prueba de VeBe proporciona información respecto a la --trabajabilidad, manejabilidad y fluidez del concreto en la obra, además de ser más completa y objetiva que las Pruebas de Remoldeo y Fluidez.

En los concretos que estén durante su vida útil sometidos a temperaturas de congelación, debe practicarse la Prueba del Porcentaje de Aire Incluido.

La Prueba del Índice de Rebote proporciona resultados muy objetivos; ya que realizándose un ensaye en un mismo sitio y con dos dispositivos semejantes, los resultados obtenidos pueden variar considerablemente. Debido a lo anterior esta prueba debe considerarse de comparación y estimación de resistencias, pero nunca tomarla como base objetiva de un juicio único.

Las Pruebas Destructivas, como son: la del Cubo, del Cilindro, de Tensión Diagonal, de Corazones, de Flexión (entre otras), son objetivas y los resultados que proporcionan son bastante confiables; desde luego considerando que han sido elaboradas en forma correcta.

Las variaciones en las características y propiedades del concreto se deben a dos fuentes principales de error:

- a).- Errores en la elaboración de la mezcla.
- b).- Errores en la elaboración de las pruebas.

Con el fin de evitar las consecuencias de este tipo de errores, se lleva a cabo el control de calidad del concreto, el cual utiliza los resultados de las pruebas para generar una serie de datos que constituyen las bases sólidas de una decisión o responsabilidad. Por lo cual es de suma importancia que el ingeniero domine perfectamente los procedimientos de elaboración y --

prueba del concreto, para poder garantizar la calidad del mismo ya que de no ser así se pueden presentar problemas de diferente grado e índole.

## C A P I T U L O V

### A U D I O V I S U A L

#### "PRUEBAS DEL CONCRETO"

Desde la antigüedad, la preocupación del hombre por construir obras duraderas, lo ha llevado a la utilización de diferentes materiales cementantes, hasta llegar a lo que hoy en día se emplea "El Cemento".

El Cemento combinado con agregados pétreos y agua constituyen "El Concreto".

Una vez elaborado el concreto, es necesario conocer sus características tanto en su estado fresco como fraguado o duro.



El Ingeniero al enfrentarse a esta interrogante decidió buscar algunas formas de verificación, "creó las pruebas". Sin embargo, fué necesario diseñarlas y desarrollarlas para cada una de sus etapas.

Las pruebas del concreto pueden efectuarse tanto en el campo como en el laboratorio y su finalidad principal es tener un conjunto de datos en que apoyarse para tomar una decisión.

Las pruebas del concreto fraguado pueden efectuarse tanto en campo como en laboratorio y su principal finalidad es verificar y comprobar las características requeridas en la obra.

Las pruebas de campo para el concreto fresco son:

- 1.- La Esfera de Kelly.
- 2.- La del Factor de Compactación.
- 3.- La de Revenimiento.

La Prueba de la Esfera de Kelly tiene por objeto determinar la consistencia del concreto, su procedimiento es el siguiente:

Se toma la Esfera de Kelly y se coloca sobre el concreto fresco no importando que este en una artesa o en el sitio mismo de colado. Observándose la longitud de penetración

de la Esfera en una regla graduada propia del aparato.

La Prueba del Factor de Compactación tiene por objeto determinar el grado de compactación que posee el concreto por sí solo, se procede de la siguiente manera:

La tolva superior se llena de concreto, cuidando no dejarla caer bruscamente, para no influir en su compactación. Se abre la tapa inferior de dicha tolva y el concreto cae por sí solo en la tolva inferior; enseguida se abre la tapa inferior de dicha tolva y el concreto cae en un cilindro normal, el cual se enrasa y se pesa.

Posteriormente se llena el mismo cilindro en la forma estándar y se pesa.

Se divide el peso del cilindro no compactado entre el peso del cilindro compactado y al cociente encontrado se le multiplica por cien.

La Prueba de Revenimiento tiene como objeto determinar la consistencia e intrínsecamente la fluidez y manejabilidad del concreto.

El dispositivo principal utilizado es el Cono de Abrams.

El procedimiento de la prueba es el siguiente:

Se coloca el Cono de Abrams con su superficie interna húmeda sobre una superficie lisa y húmeda.

Se llena en tres capas, cada capa deberá picarse veinticinco veces.

Una vez llenado se enrasa el cono y se extrae lentamente hacia arriba.

Posteriormente se coloca al lado del concreto revenido y se mide la diferencia de alturas entre el concreto y el cono.

Las observaciones pertinentes, en esta prueba son las siguientes:

No es aplicable a concretos no plásticos ni a concretos ligeros.

Esta prueba no fué diseñada para concretos cuyo agregado grueso exceda de dos pulgadas.

Existen tres tipos de revenimiento:

Normal

Por Corte y

Desplomado

Esta prueba efectuada en la obra ofrece una manera práctica de estimar las variaciones de la humedad de la mezcla, la -

de la granulometría y del tiempo de mezclado.

La Prueba de campo para el concreto fraguado es: La Prueba del Índice de Rebote.

La Prueba del Martillo de Rebote, proporciona el índice de rebote en el concreto endurecido.

El procedimiento de la prueba es el siguiente:

Se selecciona o prepara la superficie de prueba.

Si se prepara la superficie de prueba ésta debe mojarse durante veinticuatro horas antes de probarse.

Se sostiene firmemente el dispositivo y haciendo presión contra la pared hasta que se dispere.

Se registra el índice de rebote con dos cifras significativas.

Se toman dieciséis lecturas para cada una de las superficies de prueba.

El promedio de dieciséis lecturas es el índice de rebote.

Se recomienda que el martillo de rebote se calibre periódicamente.

Las Pruebas de laboratorio del concreto son:

Prueba de Fluidéz.

Prueba de Remoldeo.

Prueba de VeBe.

Prueba del Cubo.

Prueba del Cilindro.

Prueba de Tensión por Compresión Diametral.

Prueba de Corazones.

Prueba de Flexión, y la

Prueba para la Determinación de la Cantidad de Aire Incluido.

La Prueba de Fluidéz tiene por objeto determinar la fluidéz del concreto fresco y en consecuencia la consistencia y la segregación del mismo.

El dispositivo principal en esta prueba es la mesa de fluidéz. El procedimiento de esta prueba es el siguiente:

Se coloca un cono truncado sobre la mesa de fluidéz y es -- llenado con el concreto en dos capas; cada una debe picarse veinticinco veces.

Acto seguido se levanta el cono y se sacude la mesa quince veces en quince segundos, posteriormente se mide el diámetro esparcido de concreto, con lo que se calcula la fluidéz.

En esta prueba se pueden obtener valores desde 0 hasta - 50%.

La Prueba de Remoldeo tiene por objeto determinar el esfuerzo necesario requerido para cambiar de forma una muestra de concreto.

Esta prueba fué desarrollada por T.C. Powers.

El procedimiento de esta prueba es el siguiente:

Se monta el cilindro principal sobre una mesa de fluidez. Posteriormente se pone un cono estándar de revenimiento - dentro del cilindro y se llena de concreto en la forma -- usual.

Se levanta el cono y se coloca un pisón en forma de disco sobre la mezcla de concreto.

Acto seguido se sacude la mesa a razón de una caída por - segundo, hasta que el fondo del pisón se encuentre a 8.10 centímetros de la base.

Se efectúa 3 veces ésto y el promedio valora la trabajabi- lidad sobre la base del esfuerzo realizado al cambiar de forma una muestra de concreto.

La Prueba de VeBe tiene por objeto determinar la cantidad de energía requerida para lograr la compactación de una mezcla de concreto.

El procedimiento de esta prueba es el siguiente:

Se monta un cilindro de 30,5 centímetros de altura sobre una mesa vibratoria.

Se coloca un cono estándar de revenimiento dentro del cilindro y se llena en forma usual, auxiliándose de un embudo para no desparramar concreto.

Posteriormente se quita el embudo y se coloca sobre la mezcla revenida un pisón de placa de vidrio.

Acto seguido, se hace vibrar la mesa hasta que la placa de vidrio del pisón esté completamente cubierta por el concreto y que no se observen cavidades.

Esta cantidad de energía es una medida de la trabajabilidad de la mezcla.

La Prueba del Cubo tiene por objeto determinar la resistencia del concreto sujeto a esfuerzos de compresión.

El procedimiento de esta prueba es el siguiente:

El molde del cubo se llena en tres capas iguales, cada una

debe picarse treinta y cinco veces.

Una vez llenado el cubo se enrasa la capa superior con una llana.

Posteriormente debe almacenarse en un lugar a una temperatura entre 15° y 25°C durante veinticuatro horas, cubierto con una membrana impermeable para conservar la humedad.

Después de veinticuatro horas el cubo debe retirarse del molde.

Posteriormente se marcan los números de referencia y se sumerge el cubo en un estanque con agua limpia a una temperatura de  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  hasta el tiempo de curado requerido de -- tres, siete o veintiocho días.

Una vez concluido el curado se lleva a efecto la prueba de compresión, en la cual se aplica una carga, hasta la falla del elemento.

Dicha carga dividida entre la sección transversal nos dá el esfuerzo a compresión de cubos; los resultados obtenidos sirven para verificar las características de diseño.

La Prueba del Cilindro tiene por objeto determinar la resistencia a la compresión del concreto.

El procedimiento de la prueba es el siguiente:

El molde cilíndrico se llena en tres capas iguales, cada -



una debe picarse veinticinco veces en forma espiral, (de la orilla al centro).

Una vez llenado el cilindro se enrasa con una regla metálica y se le pone una clave de identificación.

Posteriormente es cubierto el cilindro por un material im permeable para su traslado.

Durante veinticuatro horas debe almacenarse a una temperatura entre 16 y 27°C, con su protección.

Después de veinticuatro horas y antes de cuarenta y ocho, se retira el concreto del molde.

Posteriormente se sumerge el cilindro en agua con has ta el tiempo de curado requerido a una temperatura de 23° ± 2°C, ya sea tres, siete o veintiocho días.

Se cabecean las bases del cilindro con azufre.

Una vez cabeceados los cilindros se lleva a cabo la prueba de compresión en una maquina para tal efecto, y se observa la carga máxima soportada dividiendo ésta entre el área de la sección transversal para obtener la resistencia a la compresión.

La Prueba de Compresión Diametral de Cilindros de Concreto tiene por objeto determinar la resistencia a la tensión de los mismos.

El procedimiento de prueba es el siguiente:

Se marca el espécimen con líneas diametrales en la base, las cuales auxilian para medir el diámetro y la longitud del mismo.

Posteriormente se centra en la maquina de prueba utilizando como gufa las líneas diametralmente marcadas.

Acto seguido se coloca la carga en forma contfua y a velocidad constante hasta la falla para obtener la resistencia a la tensión del cilindro.

La resistencia a la tensión del cilindro se obtiene dividiendo el producto de la carga de falla por dos y entre el producto de  $\pi$  por la longitud y por el diámetro del mismo.

La Prueba de Corazones Extrafidos tiene por objeto establecer el procedimiento para la obtención, preparación y prueba del concreto endurecido.

El procedimiento de prueba es el siguiente:

Se extrae un corazón de concreto utilizando una broca cilíndrica.

Posteriormente se preparan sus bases recortando de cada extremo del espécimen por lo menos un centfmetro, luego se cabecean las bases con azufre fundido.

Se mide la longitud del espécimen y el diametro del espécimen ya preparado.

Antes de probarse deben observarse las condiciones de humedad y curado de los especímenes.

Si el elemento del cual se extrajo el corazón estará expuesto a condiciones de ambiente seco; el corazón debe permanecer siete días en un ambiente cuya temperatura sea de 16° a 26°C y con una humedad relativa del 60% antes de ser probado.

Si el elemento del cual se extrajo el corazón estará expuesto a condiciones de ambiente saturado; el corazón debe sumergirse en agua con cal a una temperatura de  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  por lo menos cuarenta horas antes de ser sometido a la prueba.

Posteriormente se aplica una carga hasta llegar a la falla la cual dividiéndola entre la sección transversal nos proporciona la resistencia a la compresión.

La Prueba de Resistencia a la Flexión del concreto tiene por objeto establecer un método de prueba usando una viga simple con cargas en los tercios del claro.

El procedimiento de prueba es el siguiente:

La probeta puede producirse en el laboratorio o extraerse de un elemento estructural, mediante el uso de una sierra de diamante de carborundo.

La longitud del espécimen debe permitir un claro entre apoyos de tres veces su peralte.

En el caso de vigas cortadas deben sumergirse en agua saturada con cal a una temperatura de  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$  mínimo cuarenta horas antes de ser sometidas a carga.

Se centra la probeta en los bloques de aplicación de carga, las cuales deberán quedar en los tercios del claro.

Posteriormente se aplica la carga hasta llegar a la falla y se calcula el módulo de ruptura.

El Método por Presión tiene por objeto determinar la cantidad de aire incluido en el concreto.

El procedimiento de prueba es el siguiente:

Se llena el recipiente de medición en tres capas iguales, compactando cada una con veinticinco golpes de la varilla.

Posteriormente se enrasa el recipiente con la varilla.

Se limpian bien las orillas y se coloca la tapa.

Enseguida abriendo las válvulas se introduce agua con la perilla de plástico hasta que salga por la válvula opuesta.

Se cierran las válvulas y se bombea aire a la cámara de presión hasta llegar a la presión de prueba; acto seguido se abre la válvula que comunica a la cámara con el recipiente y se mide directamente en el manómetro el porcentaje

je de aire incluido.

Los procedimientos descritos en estas pruebas están tomados de normas diseñadas por asociaciones dedicadas al control de calidad del concreto.

El Control de Calidad utiliza como herramienta principal a la probabilidad y estadística. Para ser más explícitos en ésto se presenta a continuación un ejemplo utilizando el método gráfico para hallar la media y la desviación estándar en una serie de resultados. Considérense los siguientes resultados -- producto de pruebas.

Con estos datos se elabora una tabla de pruebas a intervalos de  $14 \text{ kg/cm}^2$ , iniciando del intervalo inferior hacia el intervalo superior.

Posteriormente se construye una tabla de distribución de frecuencias relativa acumulativa.

Se grafica en una hoja de papel probabilístico, el intervalo escogido contra el porcentaje acumulado.

Se traza una recta que se aproxime a dichos puntos. Se determina el promedio de la intersección del 50%.

La desviación estándar se determina encontrando la diferencia en los valores del 50% de las pruebas y en el 15.9% de las mismas.

Ya que el concreto en la actualidad se produce en grandes cantidades son de suma importancia las pruebas del mismo en -- sus diferentes etapas, así como también el estudio y análisis de las mismas, auxiliándose del control de calidad.

En el futuro las exigencias de la época requerirán de construcciones más sofisticadas y se hará cada vez más notorio y necesario el uso de las pruebas para el concreto.

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

- 1.- "TECNOLOGIA DEL CONCRETO" TOMOS I y II.  
A.M. Neville,  
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (IMCYC).
- 2.- "CARTILLA DEL CONCRETO" NS-4  
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
- 3.- "CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO" NS-8  
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
- 4.- "PRACTICA RECOMENDABLE PARA LA EVALUACION DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO".  
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
- 5.- "CONCRETO EN LA OBRA" Tomos I, II y III, CO-1, CO-2, CO-3  
Asociación del Cemento y del Concreto  
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
- 6.- "MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION" Tomo I  
Escuela Mexicana de Arquitectura  
Unviersidad Lasalle  
Editorial Diana.
- 7.- "CONCRETO DE LA JEFATURA DE IRRIGACION Y CONTROL DE RIOS"  
Plan Nacional de Pequeña Irrigación.  
Srfa. de Recursos Hidráulicos.
- 8.- "INSTRUCTIVO PARA CONCRETO"  
Dirección de Estudios y Proyectos,  
Departamento de Ingeniería Experimental,  
Srfa. de Recursos Hidráulicos.

- 9.- "NORMAS OFICIALES COMPLEMENTARIAS II" No. 5  
Asociación Mexicana de la Industria del Concreto  
Premezclado, A.C.
- 10.- "NORMAS OFICIALES COMPLEMENTARIAS I" No. 4  
Asociación Mexicana de la Industria del Concreto  
Premezclado, A.C.
- 11.- "CONCRETO PREMEZCLADO"  
Asociación Mexicana de la Industria del Concreto  
Premezclado, A.C.
- 12.- "CONCRETO, PRACTICAS DE CONSTRUCCION" CPC-1  
J. G. Richardson  
Asociación Mexicana de la Industria del Concreto  
Premezclado, A.C.



"NUNCA HAY TIEMPO PARA HACERLO BIEN, PERO SIEMPRE  
LO HAY PARA REPETIRLO"

Ley de Meskimen

"LOS HECHOS NO DEJAN DE EXISTIR PORQUE SE IGNOREN"

Aldous Huxley

"DONDE TE PARES DEPENDE DE DONDE ESTABAS SENTADO"

Anónimo

"SI ALGO PUEDE FALLAR, FALLARA"

Ley de Murphy