



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE  
SAN NICOLAS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

**“CORRELACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN  
ENTRE CILINDROS DE CONCRETO, DE 15 X 30 CM Y 10 X 20  
CM, VARIANDO EL T.M. DEL AGREGADO (1", ¾" Y ½") Y  
CONSERVANDO CONSTANTE EL M.F., UTILIZANDO  
CEMENTO TIPO CPC 30”**

***TESIS PROFESIONAL***

***PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO CIVIL***

***PRESENTA:***

***MARCO ANTONIO MONDRAGÓN ORNELAS***

***ASESOR DE TESIS:***

***M. A. ING. WILFRIDO MARTÍNEZ MOLINA.***

***COASESOR:***

***DR. ANDRÉS A. TORRES ACOSTA***

***MORELIA, MICHOACÁN A NOVIEMBRE DE 2010.***





U.M.S.N.H.  
2010

Correlación de la resistencia a compresión entre cilindros de concreto,  
de 15 x 30 cm y 10 x 20 cm, variando el T.M. del agregado (1", ¾" y ½") y  
conservando constante el M.F., utilizando cemento CPC 30

---

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A mi padre MARCELINO MONDRAGÓN CARDONA.**

Por ayudarme a conseguir esta meta tan anhelada, por su apoyo incondicional, por la educación recibida, por todos sus consejos, por ser mi "PADRE" Y "AMIGO", por ser mi fuente de inspiración. Quien me ha dado su cariño, comprensión y por llenar mi vida de alegría.

### **A mi madre MARÍA ELENA ORNELAS ECHEVERRIA.**

Principalmente por darme la vida, por ser "LA MEJOR MADRE DEL MUNDO", por su apoyo incondicional, ya que sin importar desvelos y sacrificios siempre ha estado a mi lado, por enseñarme el camino correcto y hacerme gente de bien.

### **A MIS HERMANOS.**

Por ser una fuente de inspiración, por apoyarme en todo momento para terminar mi carrera, y por todos los momentos que hemos pasado juntos, muchas gracias hermanos:

**ARMANDO MONDRAGÓN ORNELAS**

**JUAN GABRIEL MONDRAGÓN ORNELAS**

**JOSÉ JAIME MONDRAGÓN ORNELAS**

**MARÍA ELENA MONDRAGÓN ORNELAS**

**MARÍA DE LOS ANGELES MONDRAGÓN ORNELAS**

**ROXANA MONDRAGÓN ORNELAS**

**AGUSTÍN MONDRAGÓN ORNELAS**

GRACIAS POR SER LA FAMILIA QUE SOMOS, GRACIAS POR DARMER LA  
VIDA Y POR TODO LO QUE ME HAN ENSEÑADO.

**A la Dra. Elia Mercedes Alonso Guzmán.**

Por su grandeza como ser humano, por regalarme de sus conocimientos lo mejor, por darme parte de su tiempo y porque siempre me ha brindado su apoyo incondicional además de darme la confianza y motivación para desarrollarme en un ámbito profesional.

**Al M. A. Ing. Wilfrido Martínez Molina.**

Por su apoyo, asesoramiento y estímulo para seguir creciendo en el ámbito profesional, así como por todas las facilidades que me brindó para la elaboración de este trabajo.

Al personal del Laboratorio de Materiales "Ing. Luis Silva Rúelas" de la Facultad de Ingeniería Civil, en especial a **M. en I. Cindy Lara Gómez, al Tec. Jesús Zauno Zamudio, Tec. Jaime G. Chora C. y Tec. Rubén Hernández Guzmán** por su apoyo y comprensión durante el tiempo en el que laboré en el laboratorio, además que gracias a ellos aprendí mucho y siempre se los agradeceré.

A mis compañeros y amigos por la ayuda prestada para la elaboración del presente trabajo:

**Noel Díaz González**

**Marco A. Navarrete Seras**

**Eduardo Álvarez Sánchez**

**Sandra del C. Arguello**

**Nalleli de Jesús Álvarez**

**Daniel luna Ortiz**

**Aribar Vidales García**

**Juan Jesús Maciel M.**

A la Facultad de Ing. Civil y al personal académico que en ella labora por darme sus conocimientos, para lograr mi formación como estudiante y ahora como profesionalista.

## RESUMEN

Se presentan los resultados de la correlación entre especímenes cilíndricos de concreto de 15 x 30 cm respecto a los cilindros de 10 x 20 cm, para lo cual se mantuvo constante el Modulo de Finura de la arena, y se varió en Tamaño Máximo de la grava (1", ¾" y ½") para cada una de las corridas. La mezcla para la experimentación se diseño por el método de las curvas de Abrams, para una resistencia  $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ , usando cemento CPC 30. Se muestran los resultados de la resistencia a la compresión de los cilindros de ambos tamaños, por medio de tablas y graficas. Se pretende cambiar el uso de cilindros grandes por los de menor tamaño. El tamaño de los especímenes de prueba está prescrito en las normas pertinentes, en ocasiones se permite usar más de un tamaño, más aún cuando se han promovido argumentos a favor del empleo de especímenes más pequeños. De acuerdo a sus ventajas: especímenes más pequeños son más fáciles de manejar y tienen menos probabilidad de ser dañados accidentalmente, los moldes son menos costosos, se requiere una máquina de pruebas de menor capacidad mecánica y se utiliza menos concreto, lo que significa en laboratorio menos espacio para almacenado y curado, y también una menor cantidad de agregados a utilizar en las pruebas. Todo lo anterior repercute en un menor costo y tiempo al desarrollar las pruebas.

**Palabras clave:** (Correlación, Módulo de finura, Tamaño máximo, Resistencia, Esfuerzo mecánico)

## SUMMARY

They present the results of the correlation between cylindrical specimens of concrete of 15 x 30 cm with regard to the cylinders of 10 x 20 cm, for which was kept constant the Module of Delicacy of the sand, and different in Maximum Size of the gravel (1", ¾" and ½") for each of the bullfights. The mixture for the experimentation I design for the method of Abrams's curves, for a resistance  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ , using cement CPC 30. The results of the resistance appear to the compression of the cylinders of both sizes, by means of tables and graphs. One tries to change the use of big cylinders into those of minor size. The size of the specimens of test is prescribed in the pertinent norms; occasions it is allowed use more than one size. More even, when arguments have been promoted in favour of the employment of the smallest specimens. In agreement to his advantages: smaller specimens are easier to handle and have less probability of being damaged accidental; the molds They are less costly; there is needed a machine of tests of minor capacity; and it is in use less concrete, which it means in laboratory less I spread for stored and treated, and also an attaché's minor quantity on that it is going to put in process.

Key words: (correlation, module of delicacy, maximum size, resistance, mechanical Effort)

## INDICE

<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>II</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>IV</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>V</b>
<b>INDICE.....</b>	<b>VI</b>
<b>INDICE DE CUADROS.....</b>	<b>IX</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>X</b>
<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
<b>1.- INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.- ANTECEDENTES HISTORICOS.....</b>	<b>4</b>
<b>2.- ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1.- PRUEBA DE CUBOS.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.- PRUEBA DE CILINDROS. ....</b>	<b>9</b>
<b>2.3.- INFLUENCIA DEL TAMAÑO SOBRE LA RESISTENCIA. ....</b>	<b>10</b>
<b>2.4.- TAMAÑO DEL ESPECÍMEN Y TAMAÑO DEL AGREGADO.....</b>	<b>11</b>
<b>2.5.- EMPLEO DEL CONCRETO CICLÓPEO. ....</b>	<b>11</b>
<b>3.- MATERIALES EMPLEADOS.....</b>	<b>12</b>
<b>3.1 CEMENTO .....</b>	<b>13</b>
3.1.1. MATERIAS PRIMAS DEL CEMENTO PORTLAND.....	13
3.1.2 PROCESO PRODUCTIVO.....	14
a). PROCESO HUMEDO .....	17
b). PROCESO SECO .....	19

3.1.3 TIPOS DE CEMENTO.....	19
3.1.4. ESPECIFICACIONES MECÁNICAS Y FÍSICAS DEL CEMENTO .....	20
3.1.5. COMPOSICIÓN DE LOS CEMENTOS (1) .....	21
3.1.6 PROPIEDADES FISICAS DEL CEMENTO .....	21
3.1.7 USOS Y APLICACIONES DEL CEMENTO EN FUNCIÓN DE SU RESISTENCIA. ....	23
<b>3.2 AGUA .....</b>	<b>24</b>
<b>3.3 AGREGADOS PETREOS.....</b>	<b>25</b>
3.3.1 AGREGADO FINO (ARENA). ....	27
3.3.2 AGREGADO GRUESO (GRAVA) .....	29
<b>4.- PRUEBAS A LOS MATERIALES.....</b>	<b>30</b>
<b>4.1 MUESTREO.....</b>	<b>31</b>
<b>4.2 CUARTEO.....</b>	<b>33</b>
<b>4.3 PRUEBAS REALIZADAS A LOS AGREGADOS FINOS .....</b>	<b>34</b>
A).- HUMEDAD ACTUAL EN ARENAS .....	34
B).- HUMEDAD SUPERFICIAL Y HUMEDAD DE ABSORCIÓN EN ARENAS. ....	36
C).- DENSIDAD DE LA ARENA. ....	38
D).- PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELTO DE UNA ARENA (P.V.S.S.). ....	40
E).- PESO VOLUMÉTRICO SECO Y VARILLADO DE UNA ARENA (P.V.S.V.). ....	42
F).- GRANULOMETRÍA O ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN ARENA. ....	44
<b>4.4.- PRUEBAS REALIZADAS A LOS AGREGADOS GRUESOS.....</b>	<b>46</b>
A).- HUMEDAD ACTUAL EN GRAVAS .....	46
B).- HUMEDAD DE ABSORCIÓN EN GRAVAS .....	48
C).- DENSIDAD EN GRAVAS .....	50
D).- PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELTO EN GRAVAS (P.V.S.S.). ....	52
E).- PESO VOLUMÉTRICO SECO Y VARILLADO EN GRAVAS (P.V.S.V.). ....	53
F).- GRANULOMETRÍA O ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN GRAVAS. ....	54

<b>5.- DISEÑO DE MEZCLAS .....</b>	<b>56</b>
<b>5.1 DISEÑO DE MEZCLAS. ....</b>	<b>57</b>
5.1.1. ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS. ....	57
<b>5.2 METODO DE PROPORCIONAMIENTO TRADICIONAL (CURVAS DE     ABRAMS). ....</b>	<b>59</b>
5.2.1 SECUELA DE CÁLCULO: .....	60
<b>6.- EXPERIMENTACION.....</b>	<b>72</b>
<b>6.1.- ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS .....</b>	<b>73</b>
<b>6.2.- ELABORACIÓN DE MEZCLAS.....</b>	<b>73</b>
6.2.1.- APARATOS Y EQUIPO. ....	74
<b>6.3.- MUESTREO DE CONCRETO FRESCO (ESPECIFICACIÓN ASTM C172 – 99)..</b>	<b>75</b>
<b>6.4.- PRUEBA DE REVENIMIENTO (ESPECIFICACIÓN ASTM C143-98).....</b>	<b>76</b>
<b>6.5.- ELABORACION DE CILINDROS DE CONCRETO. ....</b>	<b>78</b>
<b>6.6.- CURADO DE LOS ESPECÍMENES.....</b>	<b>79</b>
<b>6.7.- CABECEO DE CILINDROS.....</b>	<b>80</b>
<b>6.8.- PRUEBA A LA COMPRESIÓN SIMPLE. ....</b>	<b>81</b>
<b>7.- RESULTADOS, DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>82</b>
<b>7.1.- RESUMEN DE RESULTADOS DE CILINDROS A COMPRESIÓN. ....</b>	<b>83</b>
<b>7.2.- RESULTADOS GRAFICOS DE ACUERDO AL % DE RESISTENCIA .....</b>	<b>86</b>
<b>7.3.- RESULTADOS DE ACUERDO A LA CARGA SOPORTADA.....</b>	<b>88</b>
<b>7.4.- RESULTADOS COMPARANDO CON LA NORMA NMX-C-83-ONNCCE.....</b>	<b>90</b>
<b>7.5.- CONCLUSIONES.....</b>	<b>92</b>
<b>7.6.-BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>94</b>

### ÍNDICE DE CUADROS

Tabla	Descripción:	Página:
3.1	Principales componentes del cemento Portland.	14
3.2	Tipos de cementos	19
3.3	Características especiales de los cementos	20
3.4	Especificaciones mecánicas y físicas del cemento	20
3.5	Composición de los cementos	21
3.6	Porcentaje que debe pasar cada malla	28
4.1	Porcentaje de humedad en arenas	35
4.2	Porcentaje de humedad de absorción en arenas	37
4.3	Densidad en arenas	39
4.4	Peso volumétrico seco y suelto en arenas	41
4.5	Peso volumétrico seco y varillado.	43
4.6	Distribución granulométrica de arenas	45
4.7	Porcentaje de humedad actual en gravas.	47
4.8	Especificaciones para absorción en gravas.	49
4.9	Porcentaje de humedad actual en gravas	49
4.10	Densidad en gravas	51
4.11	Peso volumétrico seco y suelto en gravas	52
4.12	Peso volumétrico seco y varillado	53
4.13	Distribución granulométrica en gravas	54
5.1	Revenimientos especificados	58
5.2	Tolerancias del revenimiento del concreto fresco.	58
5.3	Formato para el diseño del proporcionamiento.	62
7.1	Resultados de los cilindros de 15 x 30 cm usando T.M. 1"	83
7.2	Resultados de los cilindros de 10 x 20 cm usando T.M. 1"	83
7.3	Resultados de los cilindros de 15 x 30 cm usando T.M. ¾"	84
7.4	Resultados de los cilindros de 10 x 20 cm usando T.M. ¾"	84
7.5	Resultados de los cilindros de 15 x 30 cm usando T.M. ½"	85
7.6	Resultados de los cilindros de 10 x 20 cm usando T.M. ½"	85

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura.	Descripción:	Página:
3.1	Preparación de las materias primas	15
3.2	Cocción: El Clinker.	15
3.3	Proceso de molienda.	16
3.4	Muestra del agregado fino	28
3.5	Muestra del agregado grueso	29
4.1	Granulometría en arenas.	44
4.2	Grafica de granulometría de arena.	45
4.3	Humedad de absorción en gravas	49
4.4	Densidad en gravas	51
4.5	Grafica de granulometría en gravas.	55
5.1	Nomograma No.1	69
5.2	Nomograma No. 2	70
5.3	Nomograma No. 3	71
6.1	Muestreo de concreto fresco	75
6.2	Pasos para el revenimiento	76
6.3	Verificación del revenimiento	77
6.4	Elaboración de cilindros	78
6.5	Curado de especímenes	79
6.6	Prueba de compresión	81
7.1	Grafica usando Tamaño Máximo de 1"	86
7.2	Grafica usando Tamaño Máximo de ¾"	86
7.3	Grafica usando Tamaño Máximo de ½"	87
7.4	Grafica usando Tamaño Máximo de 1"	88
7.5	Grafica usando Tamaño Máximo de ¾"	88
7.6	Grafica usando Tamaño Máximo de ½"	89
7.7	Grafica usando Tamaño Máximo de 1"	90
7.8	Grafica usando Tamaño Máximo de ¾"	90
7.9	Grafica usando Tamaño Máximo de ½"	91

## OBJETIVO

Comparar la resistencia a compresión entre cilindros de concreto de 15 x 30 cm y 10 x 20 cm, variando el Tamaño Máximo del agregado grueso (grava) en ½", ¾" y 1" y conservando constante el Módulo de Finura de la arena. Las edades de prueba son 1, 2, 3, 7, 14, 21, 28, 45, 60 y 90 días. Se evaluará el comportamiento de los cilindros grandes respecto a los pequeños de acuerdo al Tamaño Máximo de la grava utilizada para elaborarlos, verificándose si afecta en la resistencia a compresión el T.M. de la grava de acuerdo al diámetro del cilindro. Todos los proporcionamientos fueron diseñados para  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ ; la elaboración de las mezclas y especímenes se realizó siguiendo los estándares de las normas internacionales ASTM.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

## 1.- INTRODUCCIÓN

A través del tiempo el hombre siempre ha buscado la forma de realizar sus construcciones cada vez más seguras, económicas y resistentes. A lo largo del tiempo ha realizado las construcciones con diversos materiales, piedra, arena, madera, acero, aglutinantes, etc. En la actualidad uno de los materiales más utilizados es el concreto, ya sea concreto armado o simple.

El concreto es un material pétreo, artificial, obtenido de la mezcla, en proporciones determinadas, de cemento, agua y agregados pétreos; naturales ó artificiales. En la actualidad el concreto se puede componer de cuatro materiales, los ya antes mencionados, adicionándole un aditivo químico, dependiendo la finalidad que se le quiera dar.

Uno como ingeniero civil debe de tener conocimiento sobre los principales materiales estructurales que se usan en la construcción de la obra civil, como es el caso de el cemento y el acero de refuerzo. En ocasiones desempeñan papeles complementarios uno respecto del otro, y a veces compiten entre sí, debido a que algunas estructuras pueden construirse tan solo con alguno de los dos materiales.

El acero se fabrica en condiciones cuidadosamente controladas; sus propiedades se determinan en un laboratorio y se describen en el certificado del fabricante. En obra el acero de refuerzo se debe de especificar con respecto a la norma adecuada, y el ingeniero supervisor solo se limita a verificar que se cumpla.

La función del acero de refuerzo es absorber y resistir esfuerzos provocados por cargas y cambios volumétricos por temperatura y para quedar ahogado dentro de la masa de concreto. El acero de refuerzo es la varilla corrugada o lisa; además de los torones y cables utilizados para pretensados y postensados.

Tanto en acero como el cemento están garantizados por el fabricante de manera similar, si se elige el cemento adecuado, este no podrá ser la causa de fallas en la estructura de concreto. Como el cemento no es el material de construcción, sino el concreto: el cemento es al concreto lo que la harina es al pastel, pero la calidad del pastel dependerá del

pastelero. Los elementos estructurales pueden producirse en la obra, y su calidad depende de la mano de obra en los procesos de elaboración y colocación del concreto.

Por lo tanto resulta evidente la importancia del control de calidad de los materiales y de los trabajos de concreto en la obra. Puesto que los obreros que elaboran el concreto en la obra carecen de la preparación suficiente y de otros oficios de la construcción, es indispensable la supervisión del ingeniero, durante la cual debe de realizar diversas pruebas a los materiales de construcción, por ejemplo; en el caso del concreto se elaboran cilindros de concreto con dimensiones de 15 x 30 cm., a los cuales se le determina la resistencia a la compresión para saber si cumple con las especificaciones del proyecto.

El concreto con cemento **Portland** hidráulico, está presente como el material de la industria de la construcción más utilizado, debido a que tiene la ventaja de adaptarse a cualquier molde o cimbra, esto se debe a que al momento de la preparación posee una determinada viscosidad que lo convierte en un material muy trabajable, así como su adecuada proporción y su curado, creara un concreto durable y de alta resistencia a la compresión simple.

En la actualidad el interés por las propiedades del concreto ha aumentado, por que las especificaciones actuales tienden a estipular requisitos de propiedades particulares del concreto, en lugar de limitarse a indicar la calidad y cantidad de los materiales que lo forman. Por consiguiente, el conocimiento de las propiedades del concreto hace posible la selección de una mezcla más adecuada y económica. El interés por la elaboración del concreto se ha incrementado debido al desarrollo de equipos que conducen a una mayor uniformidad en la elaboración del concreto, lo cual se traduce en ventajas económicas y técnicas. (Ref. 1)

En el presente trabajo se analiza la posibilidad de elaborar cilindros de concretos con dimensiones más pequeñas con respecto a los que se utilizan normalmente, con la finalidad de reducir el desperdicio de concreto y hacer más fácil el manejo de los cilindros al reducirlos en tamaño y en peso. Se usarán diferentes tamaños máximos de grava para

comparar su comportamiento y saber si es factible aplicar el cambio de las dimensiones de los cilindros.

### **1.1.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS**

La historia del concreto es la historia misma del hombre en la búsqueda de un espacio para vivir con la mayor comodidad, seguridad y protección posible. Desde que el ser humano supero la época de las cavernas, ha aplicado sus mayores esfuerzos a delimitar su espacio vital, satisfaciendo primero sus necesidades de vivienda y después levantando construcciones con requerimientos específicos, tales como: templos, palacios, museos, edificios, calles, avenidas, carreteras, presas y canales, fabricas, talleres y casas que son el resultado del esfuerzo que constituye las bases para el progreso de la humanidad.

El empleo de materiales cementantes es muy antiguo. Los egipcios utilizaban yeso calcinado para dar un terminado liso a las estructuras. Los constructores griegos y romanos descubrieron que ciertos depósitos volcánicos, mezclados con caliza y arena producían un mortero de gran fuerza, capaz de resistir la acción del agua, dulce o salada. Un material volcánico muy apropiado para estas aplicaciones lo encontraron los romanos en un lugar llamado Pozzuoli.

Los romanos utilizaron con frecuencia el agregado quebrado del ladrillo embutido en una mezcla de la masilla de la cal con polvo del ladrillo o la ceniza volcánica. Construyeron una variedad amplia de estructuras que incorporaron la piedra y concreto, incluyendo los caminos, los acueductos, los templos y los palacios. Utilizaron losas de concreto en muchas de sus estructuras públicas grandes como el Coliseo y el Partenón. El concreto también fue utilizado en la pared de la defensa que abarca Roma, más muchos caminos y los acueductos que todavía existen hoy.

El nombre del cemento Portland se deriva por la semejanza en apariencia, color y calidad entre el estado endurecido del cemento con la piedra de Portland de Inglaterra, caliza obtenida en una cantera de Dorset que se ha conservado hasta nuestros días para descubrir un cemento que se obtiene de la mezcla minuciosa de materiales calcáreos y

arcillosos u otros materiales que contienen sílice, aluminio u oxido de fierro, quemándolos a una temperatura de formación de **clinker** y mezclando el **clinker** resultante. (Ref. 2)

Templos, palacios, museos son el resultado del esfuerzo que constituye las bases para el progreso de la humanidad. Edificios, calles, avenidas, carreteras, presas y canales, fabricas, talleres y casas, dentro del más alto rango de tamaño y variedades nos dan un mundo nuevo de comodidad, de protección y belleza donde realizar nuestros más ansiados anhelos, un mundo nuevo para trabajar, para crecer, para progresar, para vivir.

Para el control de calidad de los materiales utilizados en las diversas obras de infraestructura civil, se ha buscado la forma de llevar un control de calidad de las obras, por lo cual se la hace pruebas a dichos materiales como es el caso de arenas, gravas, concreto, morteros, aceros, tabiques, tabicones, etc.

En el caso del concreto se elaboran especímenes de concreto para determinar la resistencia a la compresión normal, flexión, cortante y modulo de elasticidad, todo esto para verificar que el concreto que se está empleando en la obra cumpla con las especificaciones de proyecto, debido a que en la actualidad es indispensable llevar un control de la calidad de los materiales en la construcción. Por ejemplo; en algunas obras que no se realizan cilindros de concreto y presentan algún problema respecto a la calidad de los materiales, se le debe de realizar alguna prueba para verificar la calidad del elemento estructural, en alguno de los casos puede ser una prueba no destructiva, usan esclerómetros, pero cuando esto no es suficiente se debe de realizar una extracción de un corazón de concreto, y esto afecta un poco a la estructura, por eso es de vital importancia el llevar un control de calidad de los materiales desde el instante de su aplicación, puesto que un error de esta magnitud podría llevar a la demolición de la estructura

## **CAPÍTULO 2**

### ESTADO DEL ARTE

Se considera que la propiedad más valiosa del concreto es su resistencia, aunque en algunos casos, otras características tales como la durabilidad o la permeabilidad suelen ser más importantes. No obstante, la resistencia suele dar una imagen general de la calidad del concreto y es un elemento vital del diseño estructural. (Ref. 3)

Dentro de la ingeniería, la resistencia del concreto depende de la edad de prueba y la forma correcta del curado y está directamente relacionada con la relación agua/cemento y el grado de compactación.

La resistencia a la compresión se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto a carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ ) a una edad de 28 días se le designe con el símbolo  $f' c$ .

Para determinar la resistencia a la compresión, se realizan pruebas a especímenes de concreto; en los Estados Unidos y América los ensayos a compresión del concreto se efectúan sobre cilindros que miden 15 cm de diámetro y 30 cm de altura.

La resistencia del concreto a la compresión es una propiedad física fundamental, y es frecuentemente empleada en los cálculos para diseño de puente, de edificios y otras estructuras. El concreto de uso generalizado tiene una resistencia a la compresión entre 210 y 350  $\text{kg}/\text{cm}^2$ . La resistencia a la flexión del concreto se utiliza generalmente al diseñar pavimentos y otras losas sobre el terreno.

Pueden hacerse pruebas para diferentes propósitos, pero los dos principales objetivos de una prueba son el control de calidad y el cumplimiento de las especificaciones. Así mismo se efectúan pruebas adicionales para propósitos específicos, por ejemplo pruebas de resistencia a la compresión para determinar tiempos para remover la cimbra.

Las pruebas pueden clasificarse de manera general en pruebas mecánicas destructivas y pruebas no destructivas las cuales permiten pruebas repetidas del mismo espécimen y de esa manera hacen posible un estudio del cambio en las propiedades con el

tiempo. Las pruebas no destructivas también permiten pruebas del concreto en una estructura real.

Los resultados de las pruebas de resistencia pueden ser afectados por variaciones en el tipo del espécimen, tipo de molde, curado, preparación de la superficie del extremo, rigidez de la máquina de pruebas, y rapidez de la aplicación del esfuerzo. Por esta razón las pruebas deben de seguir una norma individual.

Las pruebas de resistencia a la compresión en especímenes tratados de manera normal, las cuales incluyen compactación completa y curado húmedo durante un periodo especificado, arrojan resultados que representa la calidad potencial del concreto. Por supuesto, el concreto en las estructuras puede ser inferior en la realidad, por ejemplo, a causa de una compactación inadecuada, segregación, o un mal curado. Estos efectos tienen importancia cuando se decide poner en servicio la estructura.

La edad en la cual los especímenes se ponen a prueba está regida por la información requerida. Por otro lado, los especímenes estandarizados se prueban a edades prescritas, generalmente a los 28 días, con pruebas adicionales suele hacerse con frecuencia a 3, 7 y 14 días.

Se suele utilizar dos tipos de especímenes de prueba de compresión: cubos y cilindros. Los cubos se emplean en Inglaterra, Alemania y muchos países de Europa. Los cilindros son especímenes normalizados en Estados Unidos, Francia, Canadá, Austria y Nueva Zelanda. En Escandinavia, las pruebas suelen hacerse tanto en cubos como en cilindros.

### **2.1.- PRUEBA DE CUBOS.**

Los especímenes son colados en moldes de acero, generalmente cubos de 15 cm en forma cubica, con dimensiones y superficies planas. El molde y su base deben fijarse uno al otro con abrazaderas durante el colado a fin de prevenir fugas de la pasta del concreto. Se cubren las paredes del molde con aceite, de acuerdo a la norma BS 1881: parte 108:1983, se llena el molde en tres capas. Cada capa de concreto compactado por medio de un martillo

vibratorio, o utilizando una mesa vibratoria, o mediante 35 golpes con una varilla de acero cuadrada de 2.5 cm. El apisonado deberá continuar hasta que el concreto del cubo este completamente compacto. (Ref. 3)

De acuerdo con BS 1881; parte 111: 1983, después que la superficie superior del cubo se ha terminado por medio de una llana, el cubo se almacena en reposo durante 24 horas a una temperatura de 20.5 °C y a una humedad relativa de no menos del 90%. Al final de este periodo se desmolda el cubo y se cura en agua a temperatura de  $20 \pm 2$  °C.

En la prueba de compresión el cubo se coloca en la máquina de pruebas en forma perpendicular con respecto a aquella que se coló. De acuerdo con BS 1881: parte 116:1983, la carga sobre el cubo deberá de aplicarse a una rapidez constante de esfuerzo de 0.2 a 0.4 MPa/segundo.

## **2.2.- PRUEBA DE CILINDROS.**

Los cilindros normales son de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, pero en Francia el diámetro es de 15.96 cm por 32 cm dando un área transversal de 200 cm<sup>2</sup>. Los cilindros son elaborados en moldes de acero, con una base sujeta con abrazaderas; los moldes de los cilindros son especificados por la norma ASTM C 470-94.

La prueba de un cilindro en compresión requiere que la superficie superior del cilindro este en contacto con la platina de la máquina de pruebas. El tratamiento de cabeceo de la parte superior de los cilindros, consiste en una sección posterior, pero incluso cuando los cilindros son cabeceados, las normas ASTM C 192-90a y C31-91 no permiten depresiones o protuberancias mayores de 3.2 mm.

Además de ser planas las superficies extremas de los cilindros deberán ser normales a su eje, y esto también garantiza que los planos extremos sean paralelos entre sí. Se permite una pequeña tolerancia: se ha hallado que una inclinación del eje del espécimen respecto del eje de la máquina de pruebas de 6 mm en 300 mm no causa ninguna pérdida de resistencia.

La resistencia de los cubos y cilindros elaborados del mismo concreto difieren una de otra. La resistencia de un cilindro es igual a 0.8 de la resistencia de un cubo pero, en realidad no hay una relación simple entre las resistencias de los especímenes de las dos formas.

Es difícil decidir qué tipo de espécimen, cilindro o cubo es "mejor", pero, en países donde los cubos son el espécimen normal, parece haber una tendencia a utilizar especímenes cilíndricos para propósitos de investigación. Se cree que los cilindros dan una mayor uniformidad de resultados para especímenes similares, las propiedades del agregado grueso utilizado en la mezcla influyen menos en su resistencia y la distribución de esfuerzos en planos horizontales en un cilindro es más uniforme que en un espécimen de sección transversal cuadrada.

Teniendo en cuenta que los cilindros se prueban en la misma posición en que son elaborados, mientras que en un cubo la línea de acción de la carga está en ángulo recto con el eje del cubo. En miembros estructurales a compresión, la situación es similar a aquella existente en un cilindro de prueba, y se ha sugerido que, por esta razón, las pruebas de cilindros son más realistas.

### **2.3.- INFLUENCIA DEL TAMAÑO SOBRE LA RESISTENCIA.**

El tamaño de los especímenes de prueba para pruebas de resistencia está prescrito en las normas pertinentes, pero en ocasiones se permite usar más de un tamaño. Más aún, cuando se han promovido argumentos a favor del empleo de especímenes más pequeños. Estos señalan sus ventajas: especímenes más pequeños son más fáciles de manejar y tienen menos probabilidad de ser dañados accidentalmente; los moldes son menos costosos; se requiere una máquina de pruebas de menor capacidad; y se utiliza menos concreto, lo que significa en laboratorio menos espacio para almacenado y curado, y también una menor cantidad de agregado que se va a poner en proceso. (Ref. 3)

#### **2.4.- TAMAÑO DEL ESPECÍMEN Y TAMAÑO DEL AGREGADO.**

Si el tamaño máximo del agregado es grande en relación con el tamaño del molde, la compactación del concreto y la uniformidad de distribución de las partículas grandes del agregado resultan afectadas. Esto se conoce como efecto pared, porque la pared influye en el empaquetado del concreto: la cantidad de cemento requerida para llenar un espacio entre las partículas del agregado grueso y la pared es más grande que el interior de la masa, y, por lo tanto, más grande que la cantidad de cemento disponible en una mezcla bien proporcionada.

Para minimizar el efecto pared, varias normas especifican el tamaño mínimo del espécimen de prueba en relación con el tamaño máximo del agregado. Las normas británicas permiten el empleo de cubos de 10 cm y de cilindros de 10 x 20 cm con agregados cuyo tamaño máximo es hasta 20 mm (¾"); cubos de 15 cm. En cilindros de 15 x 30 cm pueden ser utilizados con agregado hasta de un tamaño de 40 mm (1 ½"). El diámetro de los cilindros utilizados debe ser como mínimo 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso que se emplee en la elaboración de concreto.

#### **2.5.- EMPLEO DEL CONCRETO CICLÓPEO.**

El concreto ciclópeo es aquel que está formado por una mezcla cuyos pétreos se componen hasta en un 60% por fragmentos de roca con una masa de hasta 30 Kg/ pieza, que se colocan a mano embebidos en el concreto normal. Se utiliza en sitios donde sea necesario profundizar las excavaciones por debajo de la cota proyectada o con el objeto de obtener una cimentación de soporte de acuerdo a lo solicitado por las estructuras. Las piedras deben ser limpias, durables y libres de fracturas. Tendrán un tamaño entre 15 y 30 cm. Todas y cada una de las piedras deberán quedar totalmente rodeadas de concreto sin que la distancia mínima entre dos piedras adyacentes y la cara del bloque sea menor de 10 cm. El concreto debe vibrarse por métodos manuales al mismo tiempo que se agregan las piedras para obtener una masa uniforme y homogénea. La unidad de medida de los concretos será el metro cúbico (m<sup>3</sup>).

## CAPÍTULO 3

### MATERIALES EMPLEADOS

### 3.1 CEMENTO

Según Adam N. Neville “el cemento puede definirse como un material con propiedades tanto adhesivas como cohesivas, las cuales le dan la capacidad de aglutinar fragmentos minerales para formar un todo compacto”. (Ref. 4)

Según la norma mexicana NMX-C-414-ONNCCE-2004 “el cemento hidráulico es un material inorgánico finamente pulverizado, comúnmente conocido como cemento, que al agregarle agua, ya sea solo o mezclado con arena, grava u otros materiales similares, tiene la propiedad de fraguar y endurecer, incluso bajo el agua, una vez endurecido, conservara su resistencia y estabilidad”.

Dentro del proceso de elaboración de concreto el cemento es uno de los elementos más importantes, debido a que trabaja como aglutinante y por lo regular, alrededor del 10 al 15% del volumen total de un concreto es ocupado por el cemento Portland Hidráulico, a si mismo es el material con menor volumen de todos los ingredientes, sin embargo es el más importante y el más costoso.

#### 3.1.1. MATERIAS PRIMAS DEL CEMENTO PORTLAND

a) de origen arcilloso: obtenidos a partir de arcilla y piedra caliza

b) de origen puzolánico: la puzolana del cemento puede ser de origen orgánico o volcánico.

La materia prima para la fabricación del cemento **Portland** se encuentra en la mayoría de los países.

El proceso de fabricación del cemento consiste en moler finamente materia prima, mezclarla minuciosamente en ciertas proporciones y calcinarla en un horno rotatorio de gran dimensión a una temperatura aproximadamente de 1400°C, donde el material se sintetiza y se funde parcialmente, formando bolas conocidas como **clinker**. El **clinker** se enfría y se tritura hasta obtener un polvo muy fino después se le adiciona un poco de Sulfato de Calcio hidratado (yeso), (para evitar el fraguado rápido) y el producto resultante es el cemento **Portland** que se usa en todo el mundo.

La mezcla y trituración de las materias primas pueden efectuarse tanto en condiciones húmedas como secas; de aquí provienen los nombres de proceso “húmedo” o “seco”. Hoy en día el método de fabricación depende de la materia prima empleada y de su contenido de humedad.

Los cementos Portland hidráulicos están compuestos principalmente por silicatos y aluminatos de cal:

NOMBRE	COMPOSICIÓN	ABREVIATURA
Silicato Tricálcico	3CaO.SiO <sub>2</sub>	C3S
Silicato Dicálcico	2CaO.SiO <sub>2</sub>	C2S
Aluminato Tricálcico	3CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C3A
Aluminoferrito Tetracálcico	4CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C4AF

Tabla 3.1 Principales componentes del cemento Portland.

Además de otras pequeñas cantidades, como es el Óxido de Calcio, Óxido de Aluminio, pequeñas cantidades de MgO, etc. (Ref. 1)

### 3.1.2 PROCESO PRODUCTIVO.

#### *1ª etapa*

Las materias primas básicas (caliza, marga, pizarra o grava) se extraen de canteras a cielo abierto por medio de explosiones controladas. Posteriormente, se cargan y transportan en camiones de gran tonelaje a las trituradoras donde se fragmentan hasta un tamaño aproximado de 50 mm. Luego se almacenan en naves independientes.

Además de estas materias primas básicas, también se utilizan, en proporción minoritaria, otros productos que aportan calcio, silicio, aluminio o hierro, tales como cascarilla, arena, escoria, cenizas, etc., que se adquieren en el exterior, y que se utilizan para ajustar con mayor precisión la composición química del "Crudo".

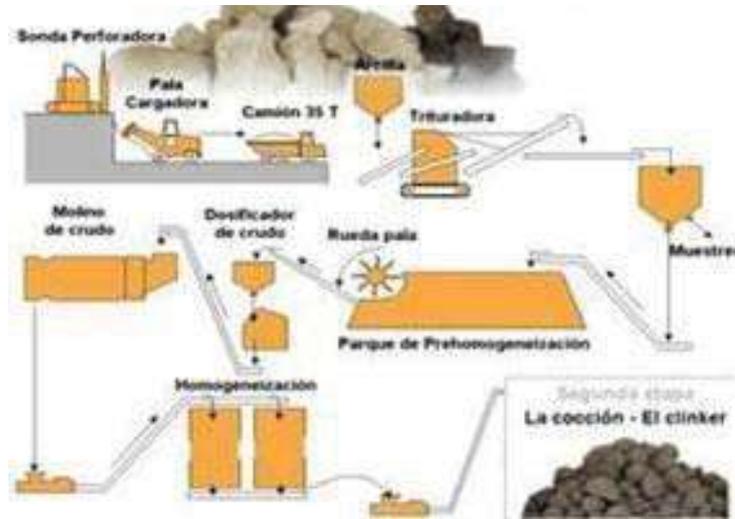


Fig. 3.1 Preparación de las materias primas

Estas materias primas se dosifican de manera controlada con básculas y se introducen de manera conjunta a los molinos. La proporción relativa de cada componente se ajusta de manera automática.

El material que sale del molino, llamado "Harina de Crudo", es muy fino y se almacena en silos cerrados en donde se lleva a cabo un proceso de homogeneización por medio de la introducción de aire a presión a través del fondo del silo.

2ª etapa



Fig. 3.2 Cocción: El Clinker.

La "harina de crudo" se introduce a un intercambiador de calor donde se lleva a cabo un proceso de calentamiento progresivo hasta alcanzar los 1000°C. En este proceso, y en primer lugar, el crudo se seca, luego se deshidrata y finalmente se descarbonata.

A continuación la materia entra en el horno, que es un tubo de dimensiones variables pero que oscila entre 45-60 metros de longitud y 3-5 metros de diámetro, girando a menos de 3 rpm. En el interior del horno se produce la combustión controlada de un combustible hasta alcanzar temperaturas de llama de hasta 2000°C.

El material que sale del horno tiene aspecto de gránulos redondeados y se conoce con el nombre de "**clinker**". Para congelar su estructura cristalina y estabilizar los componentes formados a 1450°C, el **clinker** se enfría con aire por debajo de los 120°C.

Son necesarios 1560 Kg. de crudo para obtener 1000 Kg. de **clinker**.

3ª etapa

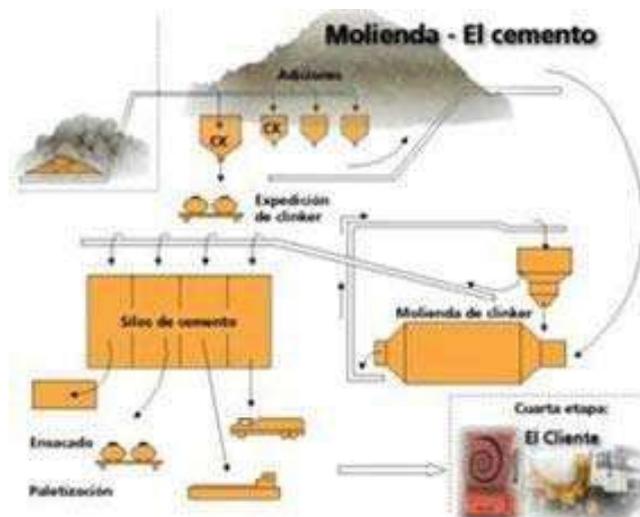


Fig. 3.3 Proceso de molienda.

El Cemento está constituido por:

- Clinker
- Componentes principales, tales como; Escoria de Alto Horno, Humo de Sílice, Puzolana, Cenizas volantes, y Caliza.

La proporción de cada componente depende del tipo concreto de cemento fabricado. Los distintos componentes se almacenan en zonas separadas, se dosifican por medio de básculas y se añaden de manera conjunta y continua al molino de cemento.

Al igual que en el crudo, la proporción relativa de cada componente se ajusta de manera automática en base a los resultados de los análisis efectuados por analizadores de rayos X. En el proceso de molienda, los componentes se muelen, se entremezclan íntimamente y el material se hace pasar por separadores. Si el cemento posee las características físico-químicas necesarias se almacena en silos. En caso contrario, se reenvía al molino para continuar su molienda.

#### **a). PROCESO HUMEDO**

Cuando se emplea margita se tritura finamente y se dispersa en agua en un molino de lavado, el cual es un pozo circular con brazos revolventes radiales, con rastrillos, los cuales rompen los aglomerados de materias sólidas. La arcilla también se tritura y se mezcla en agua, generalmente en un molino de lavado semejante al anterior. Enseguida se bombean las dos mezclas de tal forma que se mezclan en proporciones determinadas y pasan a través de una serie de cribas. La lechada que resulta de este proceso fluye a estanques de almacenamiento.

Si se emplea caliza, debe barrenarse, triturarse, generalmente en dos trituradoras, una más pequeña que la otra y luego depositarse en un molino de bolas, con la arcilla dispersa en agua. Allí se continúa el molido de la caliza (hasta lograr el molido de una harina) y la lechada resultante se bombea a estanques de almacenamiento.

De aquí en adelante el proceso es el mismo, sin tomar en cuenta la naturaleza original de las materias primas.

La lechada es un líquido de consistencia cremosa con un contenido de agua entre un 35 y un 50%, y solo una pequeña porción del material, alrededor del 2%, es mayor que el que pasa el tamiz de 90µm (ASTM); la sedimentación de los sólidos suspendidos se impide mediante agitación mecánica o por burbujeo de aire comprimido. El contenido de Bióxido

de Carbono (cal-CO<sub>2</sub>) de la lechada lo determina la proporción de materiales calcáreos y arcillosos originales, tal como se menciono anteriormente.

Finalmente, la lechada con el contenido de cal deseado pasa a un horno rotatorio, el cual es un cilindro de acero de gran tamaño, recubierto de material refractario, con diámetro interior hasta de 7.5m y una longitud que en ocasiones alcanza hasta 230m. El cual gira lentamente alrededor de su propio eje, levemente inclinado hacia la horizontal. La lechada se deposita en la parte superior del horno, mientras se añade carbón pulverizado mediante la inyección de aire en el extremo inferior, donde la temperatura varía entre 1400 a 1500°C.

El carbón que no debe de tener un contenido alto de ceniza, merece especial mención puesto que se consume de 190 a 350Kg de carbón para fabricar una TONELADA de cemento. Es importante tener en cuenta esto debido a que influye directamente con el precio del cemento.

Cuando la lechada desciende dentro del horno, encuentra progresivamente mayores temperaturas. Primero se elimina el agua y se libera CO<sub>2</sub>; posteriormente, el material seco sufre una serie de reacciones químicas hasta que, finalmente, en la parte más caliente del horno, del 20 al 30% del material se vuelve líquido y la cal, el sílice y la alúmina vuelven a combinarse. Después la masa se funde en bolas de diámetro que varían entre 3 y 5 mm conocidas como **Clinker**. Este cae dentro de enfriadores de diferentes tipos que a menudo favorecen el intercambio de calor con el aire que después se para la combustión del carbón pulverizado.

Un horno de grandes dimensiones en una planta de proceso húmedo puede producir 3600 toneladas de **Clinker** al día.

Una vez que el cemento se ha mezclado de manera satisfactoria, cuando alcanza a tener hasta  $1.1 \cdot 10^{12}$  partículas por Kilogramo, está en condiciones de empacarse en los conocidos sacos, en tambores o para el transporte a granel.

**b). PROCESO SECO**

En el proceso por vía seca, el grano crudo contiene una humedad cercana al 0.2%, se hace pasar a través de un precalentador, generalmente en suspensión. Aquí se calienta alrededor de 800°C antes de introducirlo al horno. Por lo general el tamaño del horno es mucho más pequeño que el utilizado en el proceso húmedo, debido a que prácticamente no tiene que eliminarse la humedad del grano crudo ya que ha sido precalentado.

La planta más grande del mundo produce 6200 ton de **Clinker** diarias con un horno de 6.2mts de diámetro y 105mts de longitud. (Ref. 1)

El proceso por vía seca se utiliza actualmente con el fin de reducir la energía que se requiere para la incineración, excepto cuando la materia prima requiere un proceso por vía húmeda. Tradicionalmente el proceso de incineración representa del 40 al 60% del costo de producción, mientras que la extracción de materias primas para la elaboración de cemento es tan solo el 10% del costo del cemento.

Todos los procesos de producción de cemento requieren una muy buena mezcla de las materias primas, ya que parte de las reacciones en el horno se llevan a cabo por difusión en los materiales sólidos y es muy esencial una distribución uniforme para así asegurar un producto uniforme.

**3.1.3 TIPOS DE CEMENTO**

Los cementos con forme a la norma NMX-C-414-ONNCCE se clasifican en:

TIPO	DENOMINACION
CPO	Cemento Portland Ordinario
CPP	Cemento Portland Puzolánico
CPEG	Cemento Portland con Escoria Granular de alto horno
CPC	Cemento Portland Compuesto
CPS	Cemento Portland con homo de Sílice
CEG	Cemento con Escoria Granulada de alto horno

Tabla 3.2 Tipos de cementos

Los tipos de cementos definidos anteriormente pueden tener además características adicionales como:

NOMENCLATURA	CARACTERISTICA ESPECIAL
<b>RS</b>	Resistente a sulfatos
<b>BRA</b>	Baja reactividad álcali agregado
<b>BCH</b>	Bajo calor de hidratación
<b>B</b>	Blanco

Tabla 3.3 Características especiales de los cementos

### Resistencia Normal

- Es la resistencia mecánica a la compresión a 28 días.
- Valores clase resistente 20, 30 y 40

### Resistencia Rápida (denominada por la letra "R")

- Solo se definen valores de resistencia rápida para clases "30R" y "40R"
- Es la resistencia mecánica a los 3 días.
- Si el cemento posee resistencia rápida se le añade la letra R

### 3.1.4. ESPECIFICACIONES MECÁNICAS Y FÍSICAS DEL CEMENTO

CLASE RESISTENTE	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )			Tiempo de fraguado (min)		Estabilidad de volumen en autoclave (%)	
	3 días	28 días		Inicial	Final	Expansión	Contracción
	Mínimo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Máximo	Máximo
<b>20</b>	--	200	400	45	600	0.80	0.20
<b>30</b>	--	300	500	45	600	0.80	0.20
<b>30 R</b>	200	300	500	45	600	0.80	0.20
<b>40</b>	--	400	--	45	600	0.80	0.20
<b>40 R</b>	300	400	--	45	600	0.80	0.20

Tabla 3.4 Especificaciones mecánicas y físicas del cemento

La composición de los cementos queda definida con la siguiente tabla:

### 3.1.5. COMPOSICIÓN DE LOS CEMENTOS (1)

TIPO	DENOMINACIÓN	COMPONENTES					
		CLINKER	PRINCIPALES				Minoritarios (2)
		Portland + yeso	Escoria granulada de alto horno	Materiales puzolánicos (3)	Humo de sílice	Caliza	
<b>CPO</b>	Cemento Portland Ordinario	95-100	--	--	--	--	0-5
<b>CPP</b>	Cemento Portland Puzolánico	50-94	--	6-50	--	--	0-5
<b>CPEG</b>	Cemento Portland con Escoria Granular de alto horno	40-94	6-60	--	--	--	0-5
<b>CPC</b>	Cemento Portland Compuesto	50-94	6-35	6-35	1-10	6-35	0-5
<b>CPS</b>	Cemento Portland con homo de Sílice	90-99	--	--	1-10	--	0-5
<b>CEG</b>	Cemento con Escoria Granulada de alto horno	20-39	61-80	--	--	--	0-5

Nota 1. Los valores de la tabla representan el % en masa

Nota 2. Los componentes minoritarios deben ser uno o más de los componentes principales.

Nota 3. Los materiales puzolánico incluyen: puzolanas naturales, artificiales o cenizas volantes.

Tabla 3.5 Composición de los cementos

### 3.1.6 PROPIEDADES FÍSICAS DEL CEMENTO

**FINURA:** las partículas del cemento, debido a su pequeño tamaño, no pueden caracterizarse por medio de tamices; de este modo, se necesitan otros métodos para medir el tamaño de la partícula. El método de uso más común señala la superficie específica, considerando las partículas como esferas. El área superficial se expresa en metros cuadrados por kilogramo de cemento.

**RESISTENCIA:** en las especificaciones actuales se usan cubos de mortero de 2" por lado, con una relación contante agua/cemento de 0.485, para las pruebas de resistencia a compresión. El mortero para las pruebas consta de una parte de cemento y 2.75 partes de arena graduada estándar, mezclados con agua.

La razón de endurecimiento del cemento depende de las propiedades químicas y físicas del propio cemento y de las condiciones de curado, como lo son la temperatura y la humedad durante este. La relación agua/cemento influye sobre el valor de la resistencia última, con base en el efecto del agua sobre la porosidad de la pasta. Una relación agua/cemento elevada produce una pasta de alta porosidad y baja resistencia.

Las resistencias a la compresión ( $f'c$ ), o resistencias comerciales comúnmente especificadas son:

- |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ◆ 100 Kg/Cm <sup>2</sup> | ◆ 200 Kg/Cm <sup>2</sup> | ◆ 300 Kg/Cm <sup>2</sup> |
| ◆ 150 Kg/Cm <sup>2</sup> | ◆ 250 Kg/Cm <sup>2</sup> | ◆ 350 Kg/Cm <sup>2</sup> |

**SANIDAD:** el exceso de cal libre o magnesia en el cemento da por resultado una expansión última y la desintegración del concreto hecho con ese cemento. la densidad se determina al probar muestras de cemento puro de 1\*1\*10", en una autoclave con una presión de vapor de 295 psi (libras por pulgada cuadrada) durante tres horas.

**PEGAJOSIDAD:** en ocasiones, los usuarios del material a granel encuentran que el cemento presenta cierta dificultad para fluir o que fluye mal. Esta pegajosidad o "fraguado por compactación", no tiene efecto sobre las propiedades del cemento para producir el concreto. El problema puede ser la humedad o instalaciones de manejo inadecuadamente.

El fraguado por compactación puede presentarse en los vagones de ferrocarril o en los camiones de descarga por debajo, debido a que la vibración ha eliminado la mayor parte de aire que rodea las partículas del cemento.

Se puede tener "fraguado en el almacén" cuando el cemento se almacena por demasiado tiempo, por lo general en bultos, pero rara vez a granel. Este problema se elimina parcialmente en los climas húmedos por medio de un forro de plástico entre las capas de papel de los bultos. Después de 6 a 8 semanas, se puede tener problemas en los climas húmedos. (Ref. 5)

### **3.1.7 USOS Y APLICACIONES DEL CEMENTO EN FUNCIÓN DE SU RESISTENCIA.**

#### **Cemento de resistencia 30R**

**cemento de alta resistencia inicial.**

#### **Aplicaciones:**

Estructuras donde se requiere adquirir resistencias rápidas.

- Descimbrar
- Prefabricados que requieren ser movidos
- Por requerimiento estructural del proceso constructivo
- Estructuras en general.

#### **Cemento de resistencia 40**

**ideal para construcciones que requieren**

**grandes resistencias**

#### **Aplicaciones:**

- Ideal para prefabricados donde una alta resistencia es el factor importante.
- Puentes.
- Pretensados.
- Estructuras de concreto que requieren altas resistencias.

#### **Cemento de resistencia 30R B**

**para todo tipo de construcciones**

**estructurales y ornamentales.**

#### **Aplicaciones**

- Construcciones en general.
- Elementos ornamentales.
- Fabricación de mosaicos.
- Fabricación de pegazulejo.
- Tiroles, pastas, etc.

### 3.2 AGUA

Cuerpo líquido, transparente, inodoro, incoloro e insípido compuesto de un volumen de oxígeno y dos de hidrógeno unidos por enlaces covalentes repetitivos hasta n veces, es el disolvente universal. (Ref. 6)

En el concreto el agua es fundamental ya que provoca el fraguado del cemento mezclado con los agregados pétreos y permitir con ello la realización de las reacciones químicas en el cemento, además de contribuir en la lubricación del concreto para hacerlo manejable. La calidad del agua es muy importante, ya que las impurezas que contenga pueden inferir en el endurecimiento del cemento, afectar la resistencia del concreto u ocasionar el manchado de la superficie, así como llevar a la corrosión el refuerzo. (Ref. 1)

De acuerdo a la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004. El agua empleada en la fabricación y en el curado del concreto debe ser limpia y que no contenga sustancias que puedan ser perjudiciales para el concreto como pueden ser sales, aceites, ácido, materias orgánicas, etc. El límite máximo de la turbidez debe ser de 2000 partes por millón. En general se puede usar, sin necesidad de realizar pruebas, agua clara que no tenga sabor salado, para curado y mezclado del concreto. El agua que aparentemente es dura, o tiene sabor amargo, puede contener elevadas concentraciones de sulfato y debe analizarse; el agua que generalmente se utiliza es el agua potable. (Ref. 1)

La experiencia y las pruebas han demostrado que se puede usar con seguridad agua que contenga concentraciones de sulfato de menos del 1%; no obstante, se puede tener perjuicios en la resistencia; se ha informado que el 0.5% de sulfato reduce la resistencia en un 4% y que el 1% de sulfato reduce un 10%.

La sal común en concentraciones del 3.5% puede reducir la resistencia del concreto de un 8 al 10 %, pero es posible que no produzca otros efectos perjudiciales. El agua mineral intensamente carbonatada puede producir reducciones apreciables en la resistencia. El agua de ciénagas o de lagos estancados puede contener ácido tánico, el cual puede causar retardo en el fraguado y desarrollo de la resistencia. En los casos en que se pueda elegir, debe usarse la fuente más limpia y clara de agua.

### 3.3 AGREGADOS PÉTREOS

Son materiales teóricamente inertes, de volumen prácticamente constante, que al ser usados en conjunto con agua y cemento en proporciones adecuadas, producen concreto de características mecánicas variadas. El término agregado pétreo incluye las arenas, gravas naturales y la piedra triturada utilizadas en la fabricación de concreto.

Los agregados comprenden más o menos tres cuartas partes del volumen de una mezcla de concreto; por lo que es considerado como el "alma" de la mezcla. Los agregados pétreos se utilizan con dos finalidades principales:

1.- Para disminuir el costo del concreto, ya que al incluirse con la pasta cementante, originan un abundamiento de ésta, logrando la economía.

2.- Para reducir al mínimo los cambios volumétricos que se originan al fraguar el cemento, ya que la reacción química exotérmica producida por la combinación del cemento y el agua provoca a la mezcla inicialmente una expansión y al final una contracción; por lo anterior se pueden presentar grietas que se pueden reducir mucho con la integración a la masa de estos agregados pétreos viéndose que funcionan como disipadores del calor de fraguado del cemento. (Ref. 7)

Para generar agregados pétreos se determina por un examen visual además de varias pruebas físicas y químicas. Para conocer las propiedades físicas de los agregados se tendrá que muestrear el banco o la fuente de abastecimiento, con el fin de realizar pruebas y conocer la calidad de los mismos; dichas pruebas son las siguientes: densidad, absorción, granulometría, peso volumétrico (tanto suelto como compacto), equivalente de arena, análisis químico, etc.

Los resultados que arrojen las pruebas nos llevarán al objetivo principal que es el de obtener una buena resistencia del concreto.

Por lo tanto las propiedades que un agregado pétreo que ocupa son siete: forma, graduación, dureza, sanidad, estabilidad, limpieza y aspereza; así como que sean químicamente estables.

Los agregados pétreos en México son controlados por las normas de la ASTM en su especificación C-33, sobre todo para los agregados pétreos naturales utilizados en la elaboración de concretos hidráulicos.

Se sugiere, por lo general, que los agregados sean limpios, duros, sanos y durables, y que los tamaños de las partículas estén comprendidos entre los límites establecidos. Además de que procuraremos seguir las siguientes recomendaciones sobre los agregados:

- No deben contener demasiadas arcillas, limos y materias orgánicas.
- En general los agregados de baja densidad son poco resistentes y porosos.
- La humedad de los agregados tiene gran importancia en la dosificación del concreto, al dosificar el agua de mezclado hay que tener en cuenta la humedad de los agregados.
- No debe usarse un agregado que esté contaminado con materia orgánica hasta que el grado de la contaminación interfiera materialmente con el fraguado del cemento.
- No debe usarse un agregado que no produzca concreto de la resistencia requerida.
- No deben utilizarse agregados reactivos con los álcalis del cemento. (Ref. 8)

La norma de la ASTM C 33-86 enumera las siguientes sustancias nocivas, junto con las razones por las que se restringen las cantidades de ellas que pueden estar presentes en agregado final.

- Terrones y partículas desmenuzables de arcilla: Estos materiales proporcionan partículas nocivas en el cemento y también pueden incrementar la demanda de agua si se parten durante el mezclado.
- Material que pasa por la malla No. 200: Estos materiales también aumentan la demanda de agua de mezclado.
- Partículas blandas: Perjudicial para el comportamiento de pisos de tránsito pesado; donde se requiere dureza superficial.

➤ Pedernal ligero (densidad menor que 2.40): Reduce la durabilidad del cemento; y es el que causa ampollas o burbujas. (Ref. 6)

La forma y tamaño de los agregados influye sobre la resistencia y calidad del concreto, su influencia viene determinada indirectamente por la cantidad de agua que es necesario añadir a la mezcla para obtener la docilidad y compactación necesaria. (Ref. 8)

Generalmente se divide a los agregados en finos y gruesos pero se utilizan los que encontraremos en cada zona, debido a la economía que representa la utilización de los mismos. Los materiales retenidos en la malla No. 4, son los gruesos y los finos, son los que pasan la malla No. 4 pero quedan retenidos en la malla No. 200. (Ref. 7)

Los agregados pétreos utilizados en el presente trabajo de tesis, provienen del banco joyitas; son definidos como basaltos o rocas ígneas extrusivas, que son materiales volcánicos abundantes en la región (Morelia).

### **3.3.1 AGREGADO FINO (ARENA).**

A la arena se le define como el conjunto de granos sueltos de estructura cristalina, que pasan por completo por la malla No. 4 y son retenidos en la malla No. 200, los cuales resultan de la desintegración y abrasión de las rocas naturales por procesos mecánicos o químicos y que, arrastrados por el aire o el agua, se acumulan en lugares determinados. Artificialmente se obtienen por trituración y molienda de las rocas duras. (Ref. 7)

#### **3.3.1.1 CLASIFICACIÓN DE LA ARENA.**

Las arenas de acuerdo con su tamaño de grano se dividen en:

- Arena gruesa.- Los granos que pasan la malla No. 4 y son retenidos en la No. 10.
- Arena media. - Los granos pasan la malla No. 10 y son retenidos en la No. 40.
- Arena fina.- Los granos pasan la malla No. 40 y son retenidos en la No. 200.

También se clasifican por el origen de su procedencia en:

- Arena natural. Es aquella que no ha sufrido un proceso químico industrial para lograr la obtención.
- Arena artificial. Es el producto obtenido de la industrialización de otros materiales que le sirven de materia prima y que al someterse a cambios químicos por calcinación o por tratamientos especiales, producen en ellos una transformación completa que los hace adquirir ciertas propiedades ventajosas para su utilización. (Ref. 9)

El tamaño y la graduación de los agregados finos se determinan mediante cribas de alambre estándar y por especificación de la ASTM 136-84. Análisis granulométrico de agregados fino, norma que deberá cumplir con los siguientes parámetros:

MALLA	% EN PESO QUE PASA
3/8	100
No. 4	95-100
No. 8	80-100
No. 16	50-85
No. 30	25-60
No. 50	10-30
No. 100	2-10

Tabla 3.6 Porcentaje que debe pasar cada malla

La especificación ASTM C 33-86 pide que el Módulo de Finura de la arena, debe estar dentro del rango de 2.3 a 3.1



Fig.3.4 MUESTRA DEL AGREGADO FINO

### 3.3.2 AGREGADO GRUESO (GRAVA)

Agregado retenido de modo predominante por la malla No. 4 (de 4.75 mm); los más comunes son: Grava, Grava triturada, Piedra Triturada, Escoria de alto horno enfriada por aire. (Ref. 7)

La grava se define como el material grueso que es retenido generalmente por la malla No. 4 (de 4.75 mm) y que resulta de la desintegración y abrasión naturales de la roca o al procesar un conglomerado débilmente ligado; la grava se emplea en la fabricación de concretos hidráulicos en combinación con la arena, cemento, agua y en ocasiones aditivos. (Ref. 7)

Las partículas de este agregado deben ser resistentes, densas, durables, limpias y libres de elementos indeseables tales como arcillas, limos o materia orgánica. El tamaño máximo de la grava suele identificarse con la abertura de la malla en la que alcanzan a pasar todas las partículas que la integran; sin embargo, para fines prácticos, es más adecuado considerar como tamaño máximo aquél cuya fracción representativa logra producir efectos significativos en el concreto.

Para el presente trabajo de tesis el tamaño máximo del agregado se consideró el siguiente criterio: si la fracción de partículas más grande representa el 5% retenido o más del agregado total, la abertura de la malla que define el límite superior de esa fracción deberá considerarse como Tamaño Máximo.

Así mismo se trabajo con diferentes tamaños máximos, con la finalidad de verificar el comportamiento de las resistencias de los cilindros pequeños y grandes, variando la granulometría, usando como tamaño máximo 1", ¾" y ½".



Fig. 3.5 MUETRA DEL AGREGADO GRUESO

## **CAPITULO 4**

### **PRUEBAS A LOS MATERIALES**

## **4.- PRUEBAS REALIZADAS A LOS AGREGADOS PÉTREOS.**

### **4.1 MUESTREO.**

La finalidad del muestreo, es lograr obtener una muestra representativa del yacimiento de los agregados pétreos (arena y grava); es decir obtener una muestra que reúna la totalidad de las características y que sea del tamaño adecuado para realizar todos los estudios necesarios. (Ref. 10)

#### **Muestreo de agregados directamente del banco:**

- La muestra deberá extraerse del frente de ataque ya abierto o de zanjas previamente construidas, teniendo especial cuidado de evitar la contaminación del material.
- Las muestras se tomarán por secciones que cubran desde la parte superior hasta la parte inferior del frente, procurando obtener material de todos los cambios del estrato (tamaño y apariencia) descubierto, para que las muestras sean realmente representativas.
- Finalmente, las muestras parciales deberán mezclarse en partes más o menos iguales para formar la compuesta, de la cual por medio del método de cuarteo se sacará la muestra por ensayar.

Cuando el frente de ataque no se tenga bien definido, se procederá a realizar pozos de cata o prueba, en los cuales serán cuidadosamente identificados y localizados estos muestreos.

#### **Muestreo de agregados almacenados en montículos:**

- Los materiales almacenados en los bancos de explotación de agregados pétreos o en las obras, se presenta por lo general en forma de cono, por lo que el muestreo se realizará seleccionando muestras de volumen semejante, que se tomarán mediante la ayuda de una pala o cucharón grande. El orden en que dichas muestras se tomen, será siguiendo una trayectoria helicoidal que se iniciará en el vértice del cono o parte superior del montículo y desarrollando el movimiento hasta terminar en la parte inferior, para así lograr cubrir toda la parte lateral del montículo.

### **Muestreo de agregados en camiones que suministren el material a la obra:**

➤ El muestreo en camiones se realiza tomando muestras pequeñas de material de la parte superior, la cual deberá ser representativa del total. Este estudio se realiza para verificar la calidad de los materiales.

La cantidad **mínima** de materia al realizar el muestreo debe ser de **50 Kilogramos**.

En el caso que la muestra sea enviada al laboratorio, se deberá incluir los siguientes datos:

- Localización del yacimiento o banco.
- Cantidad aproximada de material.
- Clasificación del material.
- Fecha de muestreo.
- Obra de destino a utilizarse.
- Nombre y datos del interesado de los resultados de las pruebas.
- Tipo de pruebas requeridas.

Para el envío de la muestra del material se recomienda que se haga en el menor tiempo posible; considerando que las pruebas físicas necesarias para dosificar la mezclas de concreto tarde de 24 horas a 7 días o más.

## 4.2 CUARTEO

Es el procedimiento manual o mecánico que se realiza para reducir el volumen de un material pétreo a otro menor que le sea representativo.

### CUARTEO POR MEDIO DE PALAS.

En una superficie plana y limpia se colocará el material pétreo del muestreo, con una pala se traspalea el material varias veces para mezclar las piedras de diferentes tamaños. A continuación se forma un montículo, este se aplana con movimientos de la pala del centro del montículo hacia la periferia. Finalmente se divide el material en cuatro partes iguales. Se seleccionan dos muestras diametralmente opuestas separándolas del resto y se combinan, se repite el proceso, volviendo a seleccionar otras dos muestras diametralmente opuestas, hasta que quede una muestra apropiada para efectuar los ensayos que se deseen.

### CUARTEO MECANICO POR MEDIO DEL DIVISOR DE MUESTRAS.

Este aparato es un recipiente de lámina galvanizada, dividido en dos series de tolvas cuya descarga es alternada hacia dos lados opuestos entre sí. Bajo las tolvas se colocan dos charolas para recoger el material cuarteado, que se ha dejado caer verticalmente sobre la parte superior del aparato.

El cuarteo de un material pétreo, es el procedimiento mecánico y manual que se realiza con él, para reducir su volumen a otro menor que le sea representativo.

#### **4.3 PRUEBAS REALIZADAS A LOS AGREGADOS FINOS**

##### **a).- HUMEDAD ACTUAL EN ARENAS**

OBJETIVO: Determinar el porcentaje de humedad que contiene una arena en el momento que se va a utilizar para elaborar una mezcla, para así poder realizar la corrección correspondiente por humedad.

##### EQUIPO:

- Muestra representativa de arena de un kilogramo
- Balanza con aproximación al décimo de gramo
- Parrilla eléctrica
- Charolas metálicas
- Espátulas
- Crista

##### PROCEDIMIENTO:

1. De la muestra representativa se pesan como mínimo 300 gramos, registrando este valor como peso inicial de la muestra o peso húmedo actual (Ph) posteriormente, esta muestra se coloca en una charola metálica sobre la parrilla eléctrica para hacer el secado del material, moviéndolo este con la espátula en forma constante para que el secado sea homogéneo hasta eliminar completamente la humedad del material.

2. Para saber que el material ya está seco, se coloca el cristal sobre el material y en el momento que ya no se empañe significa que el material ya está seco. Procediendo a dejar enfriar el material y pesarlo y este peso se registrará como peso seco (Ps).

CÁLCULOS:

$$\% \text{ DE H. ACTUAL} = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

DONDE:

Ph = Peso húmedo de la muestra en gramos.

Ps = Peso seco del material en gramos.

REGISTRO DE DATOS:

No DE NUESTRA	Ph (g)	Ps (g)	% DE H. ACTUAL
1	325.0	318.8	1.9
2	305.3	297.6	2.6
		<b>PROMEDIO</b>	<b>2.25</b>

Tabla 4.1 Porcentaje de humedad en arenas

### **b).- HUMEDAD SUPERFICIAL Y HUMEDAD DE ABSORCIÓN EN ARENAS.**

**OBJETIVO:** Determinar la capacidad máxima de absorción que tiene una arena expresada en porcentaje.

#### **EQUIPO.**

- Una muestra representativa de aproximadamente de 2 kilogramos.
- Una balanza con aproximación al décimo de gramo.
- Una parrilla eléctrica.
- Charolas metálicas.
- Molde troncocónico.

#### **PROCEDIMIENTO.**

1. La muestra de 2 kg. Se pone a saturar durante 24 horas, como mínimo.
2. Al término de este tiempo se seca superficialmente, la arena por medio del molde troncocónico como se describe a continuación.
  - Se coloca la arena en la charola y se coloca en la parrilla eléctrica para realizar la eliminación de agua que tiene exceso, esto es, hacer el secado de la arena en forma superficial.
  - Para saber cuando la arena está seca superficialmente se coloca el molde troncocónico dentro de la charola con el diámetro mayor hacia abajo, se llena el molde con la arena en tres capas distribuyendo 25 golpes dados con el pisón, dando 12 golpes a la primera, 8 a la segunda y 5 a la tercera. Inmediatamente después se retira el cono y si la arena trata de disgregarse, quiere decir que ya está seca superficialmente; y si la arena mantiene la forma del cono significa que todavía tiene exceso de agua, por lo que hay que seguir secando el material hasta que se

obtenga el secado superficial. Conforme vaya perdiendo la humedad la muestra hay que realizar más continuamente el procedimiento con el cono para evitar que se seque en exceso.

3. Cuando la arena está seca superficialmente hay que pesar una muestra de 300 gramos registrando este peso como peso saturado y superficialmente seco (Ph).

4. La muestra de 300 gramos, se coloca en una charola para secarla hasta su peso constante, es decir, hasta eliminar completamente el agua.

5. Para saber cuando el material está seco se coloca el cristal sobre el material, si no lo empañamos retiramos el material y se deja enfriar un poco, procediendo a pesarlo y registrar como peso seco del material (Ps); si todavía se empaña el cristal hay que seguir secando el material para secarlo completamente.

CÁLCULOS:

$$\% \text{ HUMEDAD DE ABSORCIÓN} = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

DONDE:

Ph = Peso húmedo de la muestra en gramos.

Ps = Peso seco del material en gramos.

REGISTRO DE DATOS:

No DE NUESTRA	Ph (g)	Ps (g)	% DE H. DE ABSORCION
1	247.3	239.5	3.26
2	262.9	254.9	3.14
		PROMEDIO	3.20

Tabla 4.2 Porcentaje de humedad de absorción en arenas

**c).- DENSIDAD DE LA ARENA.**

OBJETIVO: Determinar el volumen efectivo excluyendo los vacíos que se forman entre las partículas de arena cuando se acomodan una sobre otra.

EQUIPO.

- Muestra representativa de arena de aproximadamente 1,000 gramos.
- Charolas.
- Espátulas.
- Parrilla eléctrica.
- Molde troncocónico.
- Pisón.
- Probeta.
- Frasco.
- Vidrio.
- Balanza con aproximación al décimo de gramo.

PROCEDIMIENTO.

1. Se pone a saturar la arena en una charola durante 24 horas. Al término de este tiempo se seca superficialmente, utilizando el procedimiento descrito en la prueba de humedad de absorción con el molde tronco cónico.

2. En la probeta se coloca un volumen de agua conocido, registrándolo como volumen inicial ( $V_i$ ) en  $\text{cm}^3$ . Enseguida se pesa una muestra de arena superficialmente seca anotando este valor como peso de la arena ( $P_a$ ) que aproximadamente sea entre 200 y 300 gramos.

3. Posteriormente se coloca la arena dentro de la probeta, procurando que no salpique agua porque esto no ocasionaría un error en la prueba, agitando un poco la probeta para

expulsar el aire atrapado; esta operación va a provocar un aumento en el volumen de agua y se registra el valor como volumen final (Vf).

CÁLCULOS:

$$DA = \frac{Pa}{Vf - Vi}$$

DONDE:

DA = densidad de la arena en gr/cm<sup>3</sup>.

Pa = peso de la arena saturada y superficialmente seca en gramos.

V = volumen colocado dentro de la probeta en cm<sup>3</sup>.

No DE NUESTRA	Pa (g)	V (cm <sup>3</sup> )	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )
1	300	130	2.31
2	300	128	2.34
		PROMEDIO	2.33

Tabla 4.3 Densidad en arenas

**d).-PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELTO DE UNA ARENA (P.V.S.S.).**

OBJETIVO: Obtener el peso por unidad de volumen de una arena, cuando el material tiene una determinada compactación.

EQUIPO:

- Una muestra de arena completamente seca.
- Un recipiente de peso y volumen conocido.
- Una varilla lisa punta de bala de 5/8" de diámetro.
- Una balanza o báscula.
- Un cucharón
- Una pala.

PROCEDIMIENTO:

1. Se procede a llenar el recipiente con arena a volteo dejándola caer a una altura aproximada de 5 centímetros, el llenado del recipiente debe de hacerse en tres capas dando a cada capa de arena 25 golpes con la varilla punta de bala distribuyéndolos en toda la superficie del material.

2. Debe cuidarse que la varilla no penetre en la capa anterior al dar los golpes. Se enrasa el recipiente con la varilla punta de bala y se limpian todas las partículas que hayan quedado adheridas a las paredes exteriores.

3. Después de haber realizado los pasos anteriores se pesa el recipiente con el material y se le resta el peso del recipiente para así obtener el peso neto del material.

CÁLCULOS:

$$P.V.S.S. = \frac{P}{V}$$

DONDE:

P.V.S.S. =Peso volumétrico seco y suelto (kg/cm<sup>3</sup>).

P =Peso de la arena (gr).

V =Volumen del recipiente (cm<sup>3</sup>).

No DE NUESTRA	Peso Neto (g)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	P.V.S.S. (Kg/m <sup>3</sup> )
1	3840.0	2759.0	1391.81
2	3870.0	2759.0	1402.68
		PROMEDIO	1397.25

Tabla 4.4 Peso volumétrico seco y suelto en arenas

**e).- PESO VOLUMÉTRICO SECO Y VARILLADO DE UNA ARENA (P.V.S.V.).**

OBJETIVO: Obtener el peso por unidad de volumen de una arena, cuando el material tiene una determinada compactación.

EQUIPO:

- Una muestra de arena completamente seca.
- Un recipiente de peso y volumen conocido.
- Una varilla lisa punta de bala de 5/8" de diámetro.
- Una balanza o báscula.
- Un cucharón.
- una pala.

PROCEDIMIENTO:

1. Se procede a llenar el recipiente con arena a volteo, dejándola caer a una altura aproximada de 5 centímetros; el llenado del recipiente debe de hacerse en tres capas dando a cada capa de arena 25 golpes con la varilla punta de bala, distribuyéndolos en toda la superficie del material.

2. Debe cuidarse que la varilla no penetre en la capa anterior al dar los golpes. Se enrasa el recipiente con la varilla punta de bala y se limpian todas las partículas que hayan quedado adheridas a las paredes exteriores.

3. Después de haber realizado los pasos anteriores se pesa el recipiente con el material y se le resta el peso del recipiente para así obtener el peso neto del material.

CÁLCULOS:

$$P.V.S.V. = \frac{P}{V}$$

Donde:

P.V.S.V. =Peso volumétrico seco y varillado (Kg/cm<sup>3</sup>).

P =Peso de la arena (g).

V =Volumen del recipiente (cm<sup>3</sup>).

No DE NUESTRA	Peso Neto (g)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	P.V.S.V. (Kg/m <sup>3</sup> )
1	4230.0	2759.0	1533.16
2	4170.0	2759.0	1511.42
		PROMEDIO	1522.29

Tabla 4.5 Peso volumétrico seco y varillado.

**f).-GRANULOMETRÍA O ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN ARENA.**

**OBJETIVO:** Pasar por una serie de mallas o tamices la muestra representativa de arena, para conocer la distribución de los diámetros de las partículas y el módulo de finura.

**EQUIPO:**

Un juego de mallas del N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y charola con su respectiva tapa.

Una balanza con capacidad de 2,160 gramos y aproximación al décimo de gramo.

Charolas, espátulas y parrillas eléctricas.

Cepillos de cerdas y alambre.

Hojas de papel.

**PROCEDIMIENTO:**

Se toma una muestra representativa de arena, de aproximadamente 600 gramos.

Se seca la muestra hasta peso constante, a una temperatura de no mayor de 110°C.

Cuando el material este seco y frío, se pesan 500 gramos de arena.

Se colocan las mallas en orden decreciente (4, 8, 16, 30, 50, 100 y charola), se coloca la muestra de 500 gramos y se tapa.

Se agita el juego de mallas durante un tiempo de 10 minutos como mínimo.

En una superficie horizontal y limpia se colocan siete hojas de papel y sobre ellas se coloca el material retenido en cada una de las mallas, para lo cual se invertirá la malla.

Se procede a pesar cada uno de los materiales retenidos en las mallas hasta el décimo de gramo anotando los pesos en el registro correspondiente.

**CÁLCULO:**

$$M.F. = \frac{\text{suma del \% acumulativo de la malla 8 hasta la 100}}{100}$$



Fig. 4.1 Granulometría en arenas.

<b>MUESTRA DE ARENA</b>			
<b>PESO DE LA MUESTRA:</b>			<b>402.55 g</b>
<b>MALLA</b>	<b>PESO RETENIDO PARCIAL (g)</b>	<b>%RETENIDO PARCIAL %</b>	<b>% RETENIDO ACUMULADO %</b>
<b>8</b>	<b>73.60</b>	<b>18.28</b>	<b>18.28</b>
<b>16</b>	<b>122.30</b>	<b>30.38</b>	<b>48.66</b>
<b>30</b>	<b>93.50</b>	<b>23.23</b>	<b>71.89</b>
<b>50</b>	<b>46.20</b>	<b>11.48</b>	<b>83.37</b>
<b>100</b>	<b>26.10</b>	<b>6.48</b>	<b>89.85</b>
<b>200</b>	<b>25.60</b>	<b>6.36</b>	<b>96.21</b>
<b>CHAROLA</b>	<b>15.25</b>	<b>3.79</b>	<b>100</b>
<b>SUMAS</b>	<b>402.55</b>	<b>100</b>	<b>---</b>

Tabla 4.6 Distribución granulométrica de arenas

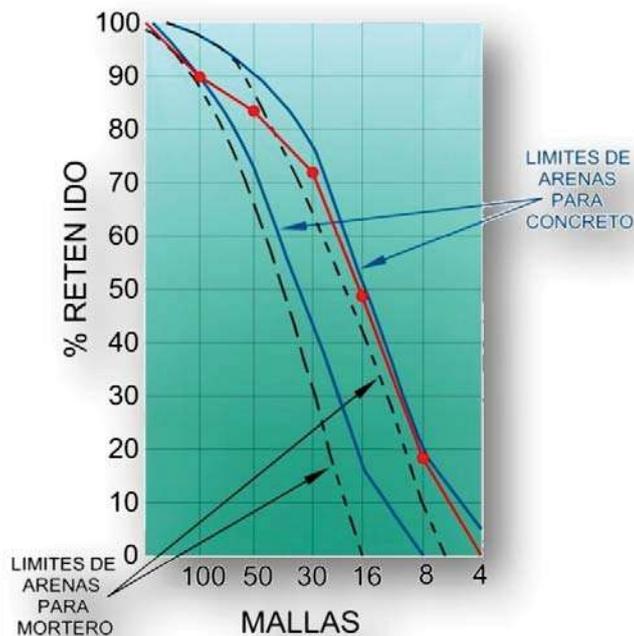


Fig. 4.2 Grafica de granulometría de arena.

Como se puede observar en la grafica anterior la arena se encuentra dentro de los límites para concretos por lo que es adecuada para usarla como agregado fino en la elaboración de concretos.

El módulo de finura obtenido de la muestra representativa de arena es de 3.12.

#### **4.4.- PRUEBAS REALIZADAS A LOS AGREGADOS GRUESOS**

##### **a).- HUMEDAD ACTUAL EN GRAVAS**

OBJETIVO: Determinar el porcentaje de humedad que contiene una grava en el momento que se va a utilizar para elaborar una mezcla, para así poder realizar la corrección correspondiente por humedad.

##### EQUIPO:

- Muestra representativa de un kilogramo
- Balanza con aproximación al décimo de gramo
- Parrilla eléctrica
- Charolas metálicas
- Espátulas
- Crista

##### PROCEDIMIENTO:

1. De la muestra se pesan como mínimo 300 gramos, registrando este valor como peso húmedo de la muestra (Ph).
  
2. Enseguida se coloca en una charola metálica sobre la parrilla eléctrica para hacer el secado del material, moviéndolo este con la espátula en forma constante para que el secado sea homogéneo hasta eliminar completamente la humedad del material.
  
3. Para saber que el material ya está seco, se coloca el cristal sobre el material y en el momento que ya no se empañe significa que el material ya está seco. Procediendo a dejar enfriar el material y pesarlo y este peso se registrará como peso seco (Ps).

CÁLCULOS:

$$\% \text{ DE H. ACTUAL} = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

DONDE:

Ph = Peso húmedo de la muestra en gramos.

Ps = Peso seco del material en gramos.

REGISTRO DE DATOS:

No DE NUESTRA	Ph (g)	Ps (g)	% DE H. ACTUAL
1	308.8	304.2	1.5
2	302.5	299.2	1.1
		PROMEDIO	1.3

Tabla 4.7 Porcentaje de humedad actual en gravas.

### **b).- HUMEDAD DE ABSORCIÓN EN GRAVAS**

**OBJETIVO:** Determinar la capacidad máxima de absorción de una grava expresándola en porcentaje respecto a su peso seco.

#### **EQUIPO.**

- Muestra de grava, de aproximadamente un kilogramo.
- Franela.
- Charolas metálicas.
- Parrilla eléctrica.
- Espátula.
- Vidrio.
- Mallas ¾" y 3/8".
- Balanza con aproximación al décimo de gramo.

#### **PROCEDIMIENTO.**

1. De la muestra que se trae de campo se criba a través de las mallas ¾" y 3/8"; del material Enseguida con una franela que pasa la malla ¾" y se retiene en 3/8" se pone a saturar en una charola un muestra de 0.5 a 1.0 kg durante 24 horas.

2. se seca la muestra superficialmente de la grava de aproximadamente 300 gramos anotando este valor como (Ph) peso saturado y superficialmente seco.

3. Se procede a colocar este material en una charola para secarlo en la parrilla eléctrica; para saber cuándo se ha eliminado completamente la humedad, se coloca el vidrio sobre el material y si no empaña o se forman gotas de agua se retira, se deja enfriar un poco y se procede a pesarlo registrando este peso como (Ps) peso seco del material.

CÁLCULOS: 
$$\% H. ABSORCIÓN = \frac{Ph - Ps}{Ps} * 100$$

Donde:

Ph = peso saturado y superficialmente seco de la grava en gramos.

Ps = peso seco de la grava en gramos.



Fig. 4.3 Humedad de absorción en gravas.

ESPECIFICACIONES.

TIPO DE ABSORCIÓN	% H. ABSORCIÓN
BAJA	MENOS DEL 2%
MEDIA	ENTRE EL 2% Y EL 4%
ALTA	MÁS DEL 4%

Tabla 4.8. Especificaciones para absorción en gravas.

No DE NUESTRA	Ph (g)	Ps (g)	% DE H. ACTUAL
1	305.90	296.7	3.10
2	303.10	294.40	3.10
		PROMEDIO	3.10

Tabla 4.2 Porcentaje de humedad de absorción en arenas

De acuerdo con los resultados obtenidos podemos decir que la absorción en la grava es media.

**c).- DENSIDAD EN GRAVAS**

OBJETIVO: Determinar el volumen absoluto de las partículas de grava en peso por unidad de volumen.

EQUIPO:

- Muestra representativa de grava.
- Probeta graduada.
- Picnómetro.
- Franela.
- Charola.

PROCEDIMIENTO:

1. Se toma una muestra de grava saturada y superficialmente seca de 300 gramos, para obtenerlo se deja saturando la grava retenida en la malla 3/8" y que pasa la 3/4" durante 24 horas, secándola superficialmente con una franela; este peso se registra como el peso de la muestra (P).

2. Se llena el picnómetro hasta el nivel del orificio con agua, se coloca en una superficie plana y se procede a colocar la muestra de grava dentro, recibiendo el agua desalojada con una probeta graduada. Cuando se haya terminado de colocar la grava dentro del picnómetro esperamos a que escurra el agua desalojada y tendremos en la probeta el volumen del agua que corresponde al volumen (V) de las partículas de grava.

CÁLCULOS:

$$D = \frac{P}{V}$$

Donde:

D=densidad en gr/cm<sup>3</sup>.

P= peso de la grava en gr.

V= volumen de la grava cm<sup>3</sup>.



Fig. 4.4 Densidad en gravas.

No DE NUESTRA	P (g)	V (cm <sup>3</sup> )	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )
1	231.9	108	2.15
2	231.9	110	2.11
		PROMEDIO	2.13

Tabla 4.10 Densidad en gravas

**d).- PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELTO EN GRAVAS (P.V.S.S.).**

OBJETIVO: Determinar el peso por unidad de volumen cuando la grava se encuentra en estado natural seco y suelto.

## EQUIPO:

- Muestra representativa de grava de aproximadamente 15 kilogramos.
- Recipiente con un volumen de 10 litros.
- Balanza con aproximación al gramo.
- Cucharón.
- Pala.
- Rastrillo.

## PROCEDIMIENTO:

1. Se seca la muestra hasta peso constante, esto se puede realizar extendiendo el material con el rastrillo al sol para lograr el secado.
2. Se comprueba que el material esté seco.
3. Se determina el peso y el volumen del recipiente a utilizar. Enseguida con el cucharón se va llenado el recipiente dejando caer la grava, a la altura de 5 cm, cuidando el acomodo de las partículas sea por caída libre, esto es sin que el recipiente se someta a vibraciones hasta que quede completamente lleno y se forme un cono.
4. Enseguida se procede a enrasarlo con la varilla punta de bala o con la mano, que es más práctico; ya enrasado se pesa, obteniendo así el peso del recipiente más el peso del material.

## CÁLCULOS:

$$P.V.S.S. = \frac{\text{Peso de la grava}}{\text{Volumen de la grava}}$$

No DE NUESTRA	Peso Neto (g)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	P.V.S.S. (Kg/m <sup>3</sup> )
1	12,180.00	10,605.00	1,148.51
2	12,180.00	10,605.00	1,148.51
		PROMEDIO	1,148.51

Tabla 4.11 Peso volumétrico seco y suelto en gravas

**e).- PESO VOLUMÉTRICO SECO Y VARILLADO EN GRAVAS (P.V.S.V.).**

OBJETIVO: Obtener el peso de la grava por unidad de volumen cuando es sometida a cierto grado de compactación.

## EQUIPO:

- Muestra representativa de grava de aproximadamente 15 kilogramos.
- Recipiente de 10 litros de volumen.
- Balanza con aproximación al gramo.
- Cucharón.
- Pala.
- Varilla punta de bala.

## PROCEDIMIENTO:

1. Se seca la grava donde quede expuesta a los rayos del sol, se obtiene el peso y el volumen exacto del recipiente que se va utilizar.
2. Enseguida con el cucharón se llena el recipiente en tres capas, cada capa deberá ser aproximadamente una tercera parte del volumen del recipiente.
3. Con la varilla punta de bala se le da a cada capa 25 golpes distribuyéndolo en toda la superficie, al termino se enrasa el recipiente y se pesa, registrando los datos siguiente.

## CÁLCULOS:

$$P.V.S.V. = \frac{\text{Peso de la grava}}{\text{Volumen de la grava}}$$

No DE NUESTRA	Peso Neto (g)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	P.V.S.V. (Kg/m <sup>3</sup> )
<b>1</b>	13,280.00	10,605.00	1,252.24
<b>2</b>	13,280.00	10,605.00	1,252.24
		PROMEDIO	<b>1,252.24</b>

Tabla 4.12 Peso volumétrico seco y varillado

**f).- GRANULOMETRÍA O ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN GRAVAS.**

OBJETIVO: Obtener la distribución de los tamaños de las partículas de la grava así, como el tamaño máximo (T.M.) de la grava.

**EQUIPO:**

- Muestra aproximadamente 15 kilogramos en estado suelto.
- Juego de mallas: 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2 ", 3/8", 1/4", y N° 4.
- Juego de charolas para recibir el material que se retiene en cada una de la mallas.
- Balanza con aproximación al gramo.
- Recipiente de 10 litros.

**PROCEDIMIENTO:**

1. Se seca previamente la muestra de grava, enseguida se llena el recipiente de 10 litros, previamente destarado; la grava que se utilizó para llenar el recipiente se pesa y se registra como peso de la muestra a realizarse el cribado o granulometría (Pm).

2. Enseguida se pasa la grava a través de las mallas colocándolas de la mayor a la menor, agitándolas ya sea de forma manual o con la ayuda de alguna máquina para que las partículas de menor tamaño pasen a la malla siguiente. Cuando se haya terminado con la muestra de grava, al realizarle este procedimiento se elabora una tabla de resultados.

<b>MUESTRA DE GRAVA</b>			
<b>PESO DE LA MUESTRA:</b>			<b>12,290.00 g</b>
<b>MALLA</b>	<b>PESO RETENIDO PARCIAL (g)</b>	<b>%RETENIDO PARCIAL %</b>	<b>% RETENIDO ACUMULADO %</b>
<b>2"</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>1 1/2"</b>	<b>30.00</b>	<b>0.24</b>	<b>0.24</b>
<b>1"</b>	<b>505.00</b>	<b>4.11</b>	<b>4.35</b>
<b>¾"</b>	<b>1,650.00</b>	<b>13.43</b>	<b>17.78</b>
<b>½"</b>	<b>2,680.00</b>	<b>21.81</b>	<b>39.59</b>
<b>3/8"</b>	<b>2,615.00</b>	<b>21.28</b>	<b>60.86</b>
<b>No. 4</b>	<b>4,195.00</b>	<b>34.13</b>	<b>95.00</b>
<b>PASA No. 4</b>	<b>615.00</b>	<b>5.00</b>	<b>100</b>
<b>SUMAS</b>	<b>12,290.00</b>	<b>100</b>	<b>---</b>

Tabla 4.13 Distribución granulométrica en gravas

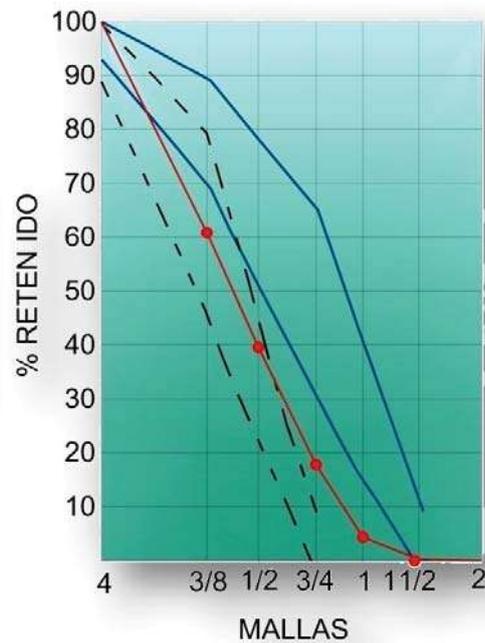


Fig. 4.5 Grafica de granulometría en gravas.

El tamaño máximo de una grava se obtiene observando la columna de los % retenidos y el tamaño máximo será el tamaño de la malla que retenga el 5% o más del peso de la muestra.

## CAPÍTULO 5

### DISEÑO DE MEZCLAS

## 5.1 DISEÑO DE MEZCLAS.

Lo que se pretende con del diseño de mezclas, es obtener la producción de un concreto uniforme, económico, que contenga las proporciones requeridas de los materiales y que produzca resultados satisfactorios tanto en resistencia como en durabilidad.

Por lo tanto, en el proporcionamiento de mezclas es necesario considerar varias características; pero como en la producción del concreto hay muchas variaciones, debemos encontrar la dosificación ideal para lograr la mezcla que mejor se adapte a los criterios antes mencionados, tomando en cuenta que utilidad se le va a dar a dicho concreto. Solamente con una selección adecuada de los materiales y de las características de la mezcla así como un proporcionamiento adecuado se pueden obtener las propiedades ideales.

Generalmente, las especificaciones requieren que el concreto desarrolle cierta resistencia a una edad determinada (28 días), por la facilidad con que se determina, la resistencia a la compresión es la medida para la calidad del concreto empleada universalmente. (Ref. 9)

### 5.1.1. ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS.

➤ ESPECIFICACIÓN DE RESISTENCIA.- A causa de la variabilidad en el concreto, lo mismo que a lo correspondiente en los especímenes de prueba y en los resultados de los ensayos, es necesario dosificar el concreto de manera que se obtenga una resistencia promedio muy por encima de la especificada  $f'c$ , para que así casi toda la producción de concreto iguale o exceda del  $f'c$ .

➤ ESPECIFICACIÓN DE LA RELACIÓN AGUA / CEMENTO. Esta relación es el peso del agua, dividido entre el peso del cemento; la relación Agua / Cemento que se elija para el diseño de la mezcla, debe ser el menor valor requerido para cubrir las condiciones de exposición de diseño. Cuando la durabilidad no sea el factor que rija en el diseño, la relación Agua / Cemento deberá elegirse con base en la resistencia a compresión del concreto.

➤ **ESPECIFICACIÓN DE AGREGADOS.**

a) Agregado Grueso.- Se debe utilizar el de mayor tamaño que pueda transportarse y colarse económicamente en cimbras, sin segregación excesiva y considerando las limitaciones usuales establecidas por el ancho de la sección y espaciamiento del acero de refuerzo generalmente diámetros menores de 2.5 Cm.

b) Agregado Fino.- La granulometría más deseada para el agregado fino dependerá del tipo de obra, de la riqueza de la mezcla y del tamaño del agregado grueso. En el caso de una mezcla pobre se recomienda una granulometría más fina, y en la situación de una mezcla rica se adoptará una granulometría más gruesa.

➤ **ESPECIFICACIÓN DE REVENIMIENTO.-** Se considera el revenimiento como la medida de la trabajabilidad, consistencia y plasticidad adecuadas del concreto para cierta condición de trabajo.

En las siguientes tablas se muestran algunas características del revenimiento.

<b>REVENIMIENTO (cm)</b>	<b>CARACTERISTICAS DEL CONCRETO</b>
<b>10</b>	<b>POCO TRABAJABLE Y NO BOMBEABLE</b>
<b>12</b>	<b>TABAJABLE PERO NO BOMBEABLE</b>
<b>14</b>	<b>TABAJABLE Y NO BOMBEABLE</b>
<b>14 BOMBEABLE</b>	<b>TRABAJABLE Y BOMBEABLE</b>
<b>18 BOMBEABLE</b>	<b>MUY TRABAJABLE Y BOMBEABLE</b>

Tabla 5.1 Revenimientos especificados

<b>REVENIMIENTO ESPECIFICADO</b>	<b>TOLERANCIA (cm)</b>
<b>MENOR DE 5</b>	<b>+/- 1.5</b>
<b>DE 5 A 10</b>	<b>+/- 2.5</b>
<b>MAYOR DE 10</b>	<b>+/- 3.5</b>

Tabla 5.2 Tolerancias del revenimiento del concreto fresco.

## **5.2 METODO DE PROPORCIONAMIENTO TRADICIONAL (CURVAS DE ABRAMS).**

En el año de 1915, los fabricantes de cemento Portland en los Estados Unidos, establecieron a través de la Asociación del Cemento Portland, un laboratorio de investigación para estudiar los problemas relacionados al cemento y al concreto. Dicho laboratorio estaba a cargo del Dr. Duff A. Abrams, quien realizó varios estudios para determinar la relación existente entre el agua de mezcla del concreto, la granulometría de los agregados pétreos y la cantidad de cemento que interviene en la mezcla. Otras características como la calidad del cemento y los agregados, método de curado del concreto, temperatura y duración.

El más importante de los resultados obtenidos a través de los estudios efectuados, fue el que se conoce como "Ley de la relación agua/cemento", la cual se expresa como sigue: "para mezclas plásticas (ni demasiado fluidas para no perder su forma rápidamente, ni demasiado secas para no dificultarse su manejo), y cuando se emplean agregados pétreos sanos, limpios, resistentes y duraderos, la resistencia del concreto depende directamente de la relación que se utilice de agua con respecto al cemento.

Con fechas posteriores al establecimiento de la Ley de Abrams, se observó que resultaba más práctico y conveniente para tener uniformidad en la cantidad de cemento y agua empleados en las mezclas de concreto, el que se consideran estos en relación a sus pesos, ya que el volumen del concreto varían mucho de acuerdo con el grado de compactación que tenga. (Ref. 11)

La secuela de cálculo para el diseño de mezcla de concreto por el método tradicional es el siguiente:

### 5.2.1 SECUELA DE CÁLCULO:

➤ **Primer paso.**

Se determina del nomograma No. 1, la relación Agua/Cemento en peso. Para lo cual se entra al nomograma con el  $f'c$  de diseño en el eje de las ordenadas, y proyectando al eje de las abscisas el punto de intersección con la curva B (para condiciones comunes de trabajo).

➤ **Segundo paso.**

Se determina mediante el nomograma No.2, la relación Grava/Arena en peso, para ello se entra con el Modulo de Finura (M.F.) del agregado fino en el eje de las ordenadas, se proyecta sobre la curva correspondiente al tamaño máximo (T.M.) del agregado grueso y el punto de intersección se proyecta sobre las abscisas.

➤ **Tercer paso.**

Se determinan las relaciones A/C y G/A en volumen, usando las densidades de los materiales, como se muestra a continuación:

$$\text{Rel. A/C (volumen)} = \frac{\text{Rel. A/C peso} \times \text{Densidad cemento}}{\text{Densidad del agua}}$$

$$\text{Rel. G/A (volumen)} = \frac{\text{Rel. G/A peso} \times \text{Densidad cemento}}{\text{Densidad del agua}}$$

➤ **Cuarto paso.**

Se determina mediante el nomograma No.3, el contenido neto de agua por m<sup>3</sup> de concreto, para lo cual se entra con el valor de la relación G/A en peso sobre el eje de las abscisas, y el punto de intersección con la curva correspondiente al tamaño máximo del agregado grueso y se proyecta horizontalmente sobre el eje de las ordenadas.

Este contenido de agua se considera para un revenimiento de 4". Por lo que para revenimientos diferentes se corrige el agua un 3% por cada pulgada de diferencia en el revenimiento.

➤ **Quinto paso.**

Se determina el contenido neto de cemento por m<sup>3</sup> de concreto en volumen, aplicando la expresión siguiente:

$$\text{Cemento en peso} = \frac{\text{Litros de agua}}{\text{Rel. A/C peso}}$$

$$\text{Cemento en volumen} = \frac{\text{Cemento en peso}}{\text{Densidad del cemento}}$$

➤ **Sexto paso**

Se determina el volumen de lechada del cemento (L.C.), con la expresión siguiente:

$$\text{L.C.} = \text{Agua} + \text{Cemento en volumen}$$

➤ **Séptimo paso.**

Determinación del volumen de agregados.

$$\text{Volumen de agregados} = 1000 - \text{Lechada de cemento.}$$

➤ **Octavo paso**

Determinación del volumen de cada uno (G y A)

$$\text{Volumen de agregados} = G + A$$

Relación G/A volumen (dato del paso No. 3)

Despejando G

Vol. Arena = (Resultado de resolver la ecuación anterior)

$$\text{Arena en peso} = \text{Arena en volumen} \times \text{Densidad arena}$$

➤ **Noveno paso**

Determinación del volumen de la grava.

$$\text{Grava en volumen} = \text{Vol. Agregado} - \text{Vol. Arena}$$

$$\text{Grava en peso} = \text{Grava en volumen} \times \text{Densidad grava}$$

➤ **Decimo paso**

Se calculan las cantidades de cada material por m<sup>3</sup>

➤ **Onceavo paso**

Se calculan las cantidades para un saco de cemento de 50 kg

	1	2	3	4	5	6
<b>Materiales</b>	<b>Relación En peso</b>	<b>Peso/saco Kg.</b>	<b>Vol./saco Lts</b>	<b>Relación en volumen</b>	<b>Volumen absoluto Lts</b>	<b>Peso total (Kg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>Cemento</b>						
<b>Arena</b>						
<b>Grava</b>						
<b>Agua</b>						
<b>Sumas</b>						

Tabla 5.3 Formato para el diseño del proporcionamiento

- La columna No. 6 se llena con los datos que se obtienen de la secuela de cálculo.
- Columna No. 1.- Se determina al dividir las porciones de los materiales en peso de la columna No.6 entre el peso del cemento.
- Columna No. 2.- Se determina al multiplicar las cantidades de la columna No. 1 por 50 kg que es el peso de un saco de cemento.
- Columna No. 3.- Se determina dividiendo el peso de los materiales de la Columna No. 2 entre el peso volumétrico seco suelto correspondiente y multiplicado por 1000
- Columna No.4.- Se determina dividiendo los volúmenes de la columna No.3 entre 33 Lts que es el volumen del cemento, correspondiente a un saco de cemento de 50 kg.
- Columna No. 5.- Se determina dividiendo las cantidades de los materiales indicados en la Columna No. 2 entre su densidad correspondiente.

A continuación se muestran los ejemplos prácticos para el diseño del concreto.

Proporcionamiento usando tamaño máximo de 1 pulgada

MATERIAL	P.V.S.S	P.V.S.V.	DENSIDAD	ABSORCION	M.F.	T. Max.
Arena	1398	1522	2.33	3.2	3.12	
Grava	1149	1252	2.13	3.42		1
Cemento	<u>1490</u>		<u>3.10</u>			

revenimiento	10	de la tabla
relación A/C	<b>0.620</b>	
relación G/A	0.638	de la tabla
Agua	195	

relación A/C	1.922
relación G/A	0.698

Aire atrapado	15
cemento en peso	314.516
cemento en volumen	101.457
lechada del cemento	296.457
volumen de agregados	688.543

#### Volumen de Agregados

Arena en Vol.	313.531
Arena en peso	730.527
Grava en Vol.	375.012
Grava en peso	798.776

#### CANTIDADES POR m<sup>3</sup>

Materiales	Volumen	Peso
Cemento	101.457	314.516
Arena	313.531	730.527
Grava	375.012	798.776
Agua	195	195.000
Aire	15	0.000

**1000.000      2038.819**

#### CANTIDADES POR m<sup>3</sup>. Corregidas por humedad

Materiales	Volumen	Peso
Cemento	101.457	314.516
Arena	303.498	707.150
Grava	362.187	771.458
Agua	217.858	245.545
Aire	15	0.000

**1000.000      2038.669**

#### MATERIALES PARA UN BULTO DE CEMENTO

	2	1	3	4	5	6
MATERIAL	PESO/SECO	REL.EN PESO	VOL/SACO	REL. VOL.	VOL. ABS.	PESO TOTAL
Cemento	50.000	1.000	33.000	1.00	16.129	314.516
Arena	116.135	2.323	83.072	2.52	49.843	730.527
Grava	126.985	2.540	110.518	3.35	59.617	798.776
Agua	31.000	0.620	31.000		31.000	195.000
Sumas	<b>324.120</b>		<b>257.590</b>		<b>156.590</b>	<b>2038.819</b>

vol. de un cilindro      N° cilindros      35

Grande	<b>0.0053</b>	volumen total para 35 cilindros de 15*30	0.2041
Chico	<b>0.0016</b>		de 10*20

**Vol. total= 0.26458**

SIN CORREGIR		corrección por absorción	CORREGIDAS
cemento	83.215		83.215
arena	193.284	6.185	187.099
grava	211.341	7.228	204.114
agua	51.593		65.006
	<b>539.434</b>		539.434

Con el estudio de los materiales pétreos, y al determinar sus características se procede a calcular el proporcionamiento para elaborar cilindros de concreto, teniendo en consideración que el modulo de finura se considerara constante y se variara el Tamaño Máximo de la grava.

Para el caso del proporcionamiento para 1", se determinan diversos porcentajes de grava en peso, para así tener una granulometría que cumpla con los porcentajes. En la página anterior se muestra el cálculo para determinar las cantidades necesarias de arena, grava, cemento y agua para elaborar 1 M<sup>3</sup> de concreto y posteriormente se calcula para 35 cilindros de 15\*30 cm y 35 cilindros de 10\*20 cm.

A continuación se muestran las cantidades de grava retenida en cada una de las mallas para el caso del Tamaño Máximo de 1".

No. De malla	% Retenido	Grava total	Grava en peso	Material	Proporcionamiento
1"	10%	204.114	<b>20.41</b>	cemento	83.22
¾"	20%	204.114	<b>40.82</b>	arena	187.10
½"	20%	204.114	<b>40.82</b>	grava	204.11
3/8"	25%	204.114	<b>51.03</b>	agua	65.01
No 4	25%	204.114	<b>51.03</b>		539.43
			204.11		

Proporcionamiento usando tamaño máximo de ¾ de pulgada

MATERIAL	P.V.S.S	P.V.S.V.	DENSIDAD	ABSORCION	M.F.	T. Max.
Arena	1398	1522	2.33	3.2	3.12	
Grava	1149	1252	2.13	3.42		¾"
Cemento	1490		3.10			

revenimiento	10
relación A/C	0.620
relación G/A	0.578
agua	200

de la tabla  
de la tabla  
corregida

relación A/C 1.922  
relación G/A 0.632

Aire atrapado	20
cemento en peso	322.581
cemento en volumen	104.058
lechada del cemento	304.058
volumen de agregados	675.942

**Volumen de Agregados**

Arena en Vol.	336.197
Arena en peso	783.339
Grava en Vol.	339.745
Grava en peso	723.656

**CANTIDADES POR m<sup>3</sup>**

Materiales	Volumen	Peso
Cemento	104.058	322.581
Arena	336.197	783.339
Grava	339.745	723.656
Agua	200	200.000
Aire	20	0.000
	1000.000	2029.576

**CANTIDADES POR m<sup>3</sup>. Corregidas por humedad**

Materiales	Volumen	Peso
Cemento	104.058	322.581
Arena	325.439	758.272
Grava	328.125	698.907
Agua	222.378	249.947
Aire	20	0.000
	1000.000	2029.707

**MATERIALES PARA UN BULTO DE CEMENTO**

	2	1	3	4	5	6
MATERIAL	PESO/SECO	REL.EN PESO	VOL/SACO	REL. VOL.	VOL. ABS.	PESO TOTAL
Cemento	50.000	1.000	33.000	1.00	16.129	322.581
Arena	121.418	2.428	86.851	2.63	52.111	783.339
Grava	112.167	2.243	97.621	2.96	52.660	723.656
Agua	31.000	0.620	31.000		31.000	200.000
Sumas	314.584		248.472		151.900	2029.576

vol. de un cilindro	Nº cilindros	35	
Grande	0.0053	volumen total para 35 cilindros de 15*30	0.20411
Chico	0.0016	“ “ De 10*20	0.06048

Vol. Total= 0.26458

SIN CORREGIR		corrección por absorción	CORREGIDO
cemento	85.349		85.349
arena	207.257	6.632	200.625
grava	191.466	6.548	184.918
agua	52.916		66.097
	536.989		536.989

A continuación se muestran las cantidades de grava retenida en cada una de las mallas para el caso del Tamaño Máximo de ¾".

No. De malla	% Retenido	Grava total	Grava en peso	Material	Proporcionamiento
1"	0%	184.918	0	cemento	85.35
¾"	22%	184.918	40.68	arena	200.62
½"	28%	184.918	51.78	grava	184.92
3/8"	25%	184.918	46.23	agua	66.10
No 4	25%	184.918	46.23		536.99
			184.918		

Proporcionamiento usando tamaño máximo de 1/2 pulgada

MATERIAL	P.V.S.S	P.V.S.V.	DENSIDAD	ABSORCION	M.F.	T. Max
Arena	1398	1522	2.33	3.2	3.12	
Grava	1149	1252	2.13	3.42		1 /2"
Cemento	1490		3.10			

revenimiento	10
relación A/C	0.620
relación G/A	0.518
agua	215

de la tabla  
de la tabla  
corregida

relación A/C	1.922
relación G/A	0.567

Aire atrapado	25
cemento en peso	346.774
cemento en volumen	111.863
lechada del cemento	326.863
volumen de agregados	648.137

**Volumen de Agregados**

Arena en Vol.	343.660
Arena en peso	800.729
Grava en Vol.	304.477
Grava en peso	648.536

**CANTIDADES POR m3**

Materiales	Volumen	Peso
Cemento	111.863	346.774
Arena	343.660	800.729
Grava	304.477	648.536
Agua	215	215.000
Aire	25	0.000
	1000.000	2011.039

**CANTIDADES POR m3. Corregidas por humedad**

Materiales	Volumen	Peso
Cemento	111.863	346.774
Arena	332.663	775.105
Grava	294.064	626.356
Agua	236.410	263.138
Aire	25	0.000
	1000.000	2011.374

**MATERIALES PARA UN BULTO DE CEMENTO**

	2	1	3	4	5	6
MATERIAL	PESO/SECO	REL.EN PESO	VOL/SACO	REL. VOL.	VOL. ABS.	PESO TOTAL
Cemento	50.000	1.000	33.000	1.00	16.129	346.774
Arena	115.454	2.309	82.585	2.50	49.551	800.729
Grava	93.510	1.870	81.384	2.47	43.901	648.536
Agua	31.000	0.620	31.000		31.000	215.000
Sumas	289.964		227.969		140.581	2011.039

U.M.S.N.H. 2010 | Correlación de la resistencia a compresión entre cilindros de concreto, de 15 x 30 cm y 10 x 20 cm, variando el T.M. del agregado (1", ¾" y ½") y conservando constante el M.F., utilizando cemento CPC 30

vol. de un cilindro      N° cilindros      35

Grande	0.0053	volumen total para 35 cilindros de 15*30	0.20411
Chico	0.0016		De 10*20

Vol. Total= 0.26458

SIN CORREGIR		corrección por absorción	CORREGIDAS
cemento	91.750		91.750
arena	211.858	6.779	205.079
grava	171.591	5.868	165.722
agua	56.885		69.533
	532.084		532.084

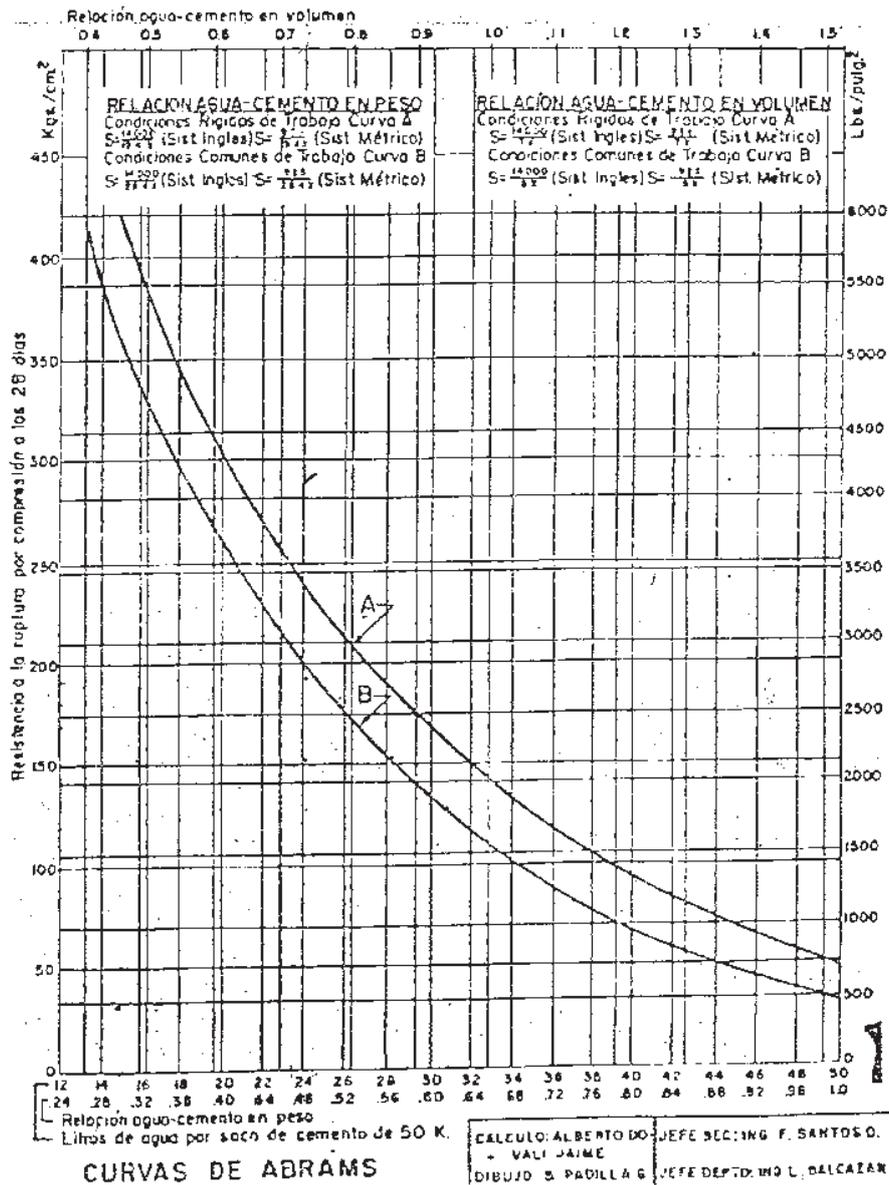
A continuación se muestran las cantidades de grava retenida en cada una de las mallas para el caso del Tamaño Máximo de 1/2".

No. De malla	% Retenido	Grava total	Grava en peso	Material	Proporcionamiento
1"	0%	165.722	0.00	cemento	91.75
3/4"	0%	165.722	0.00	arena	205.08
1/2"	45%	165.722	74.58	grava	165.72
3/8"	25%	165.722	49.72	agua	69.53
No 4	30%	165.722	41.43		532.08
			165.72		

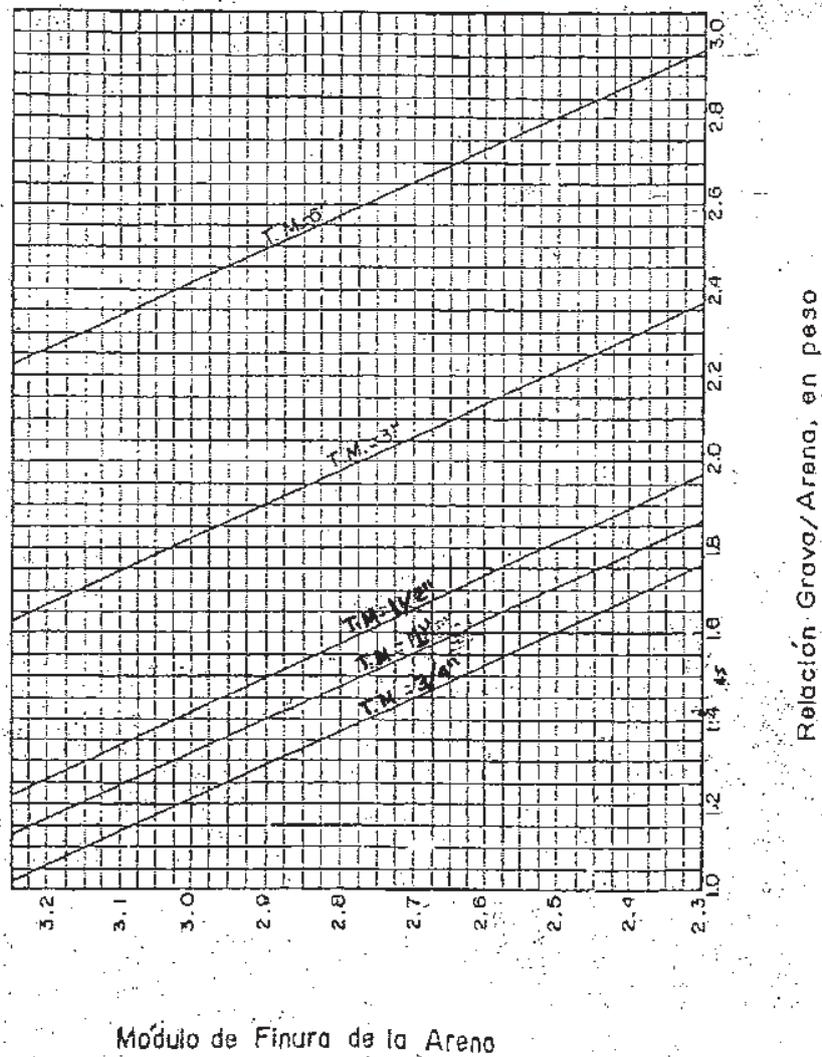
Una vez realizado el diseño de la mezcla de concreto se procedió a elaborar cilindros.

Nomograma No. 1, para determinar la relación Agua/Cemento en peso

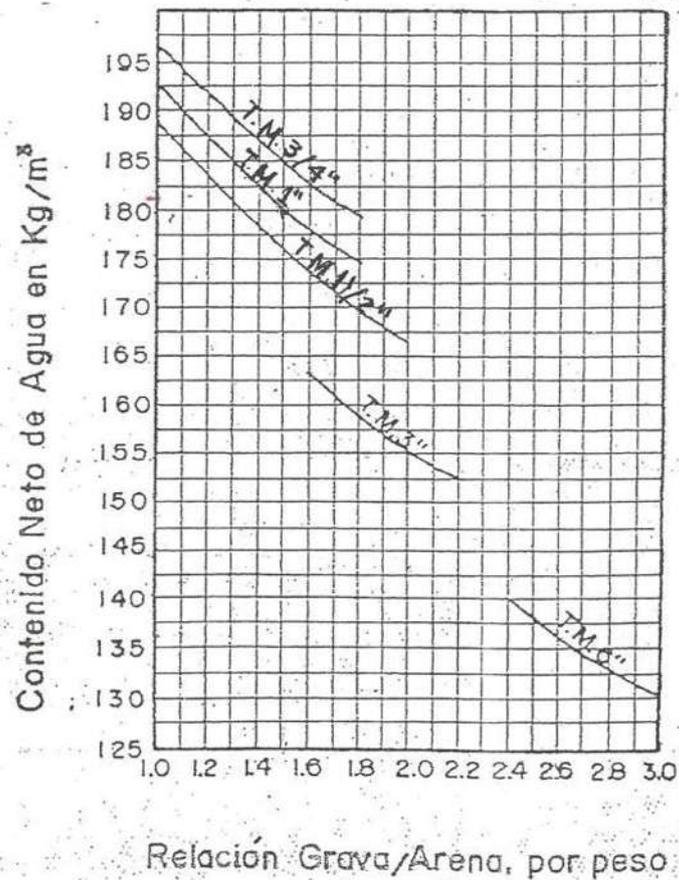
S. C. O. P.  
DIRECCION GENERAL DE PROYECTOS Y LABORATORIOS  
DEPTO. DE ENSAYE DE MATERIALES Y DE ESTRUCTURAS  
SECCION DE CONCRETO.



**Nomograma No. 2 Para determinar la relación Grava/Arena en peso**



Nomograma No.3, para determinar el contenido neto de agua por m<sup>3</sup>



## CAPÍTULO 6

### EXPERIMENTACION

## **6.1.- ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS**

### **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.**

La compresión es la propiedad mecánica fundamental del concreto. La mayor parte del concreto se dosifica para obtener una resistencia dada a la compresión para un tiempo determinado (generalmente 28 días), y como consecuencia, lo que se aplica con más frecuencia es una prueba a la compresión a los cilindros ya mencionados varias veces.

## **6.2.- ELABORACIÓN DE MEZCLAS**

El concreto se elaboró en una revolvedora mecánica con capacidad de 1 bulto de cemento que se encuentra en el interior del Laboratorio de Materiales "Ing. Luis Silva Ruelas" en la Sección de Resistencia de Materiales. La dosificación del concreto fue en peso. La dosificación es el proceso de pesar o medir volumétricamente e introducir al mezclador los ingredientes para una mezcla de concreto. Para producir concretos de calidad, los ingredientes deberán cuantificarse con precisión. Las especificaciones recomiendan que la dosificación se realice por peso en vez de hacerlo por volumen debido a las imprecisiones al medir por volumen al agregado. El empleo de un sistema de dosificación por peso es mejor y evita los problemas creados por el abundamiento de la arena húmeda.

Primeramente se pesaron los materiales necesarios, se midió el agua en botes marcados de 19 litros, el cemento se adquirió en sacos de 50 kilogramos.

Para la elaboración de la mezcla, primero se introducía el agua en la revolvedora, posteriormente la mitad de los agregados pétreos y el cemento, comenzando con la grava, el cemento, y finalmente la arena. Una vez observada la consistencia de mezcla se decidía si se le agregaba más agua o no. Posteriormente se dejaba que se mezclara durante un lapso de 3 minutos aproximadamente, para finalmente vaciarlo en una charola de lámina inoxidable, para proceder a realizar la prueba del revenimiento o fluidez del concreto y posteriormente el llenado de los moldes (cilíndricos de 15 cm x 30 cm y de 10cm x 20cm).

Se elaboraron seis producciones, de 35 cilindros grandes y 35 pequeños, para someter a compresión 5 cilindros de cada tamaño a su edad correspondiente (1, 2, 3, 7, 14, 21, 28, 35,45 y 60 días).

### 6.2.1.- APARATOS Y EQUIPO.

➤ **Carretilla de recipiente metálico.** Con capacidad para contener 30 litros como mínimo, equipada con llanta neumática.

➤ **Cucharón metálico de tipo rectangular.** Con capacidad de 1.5 litros aproximadamente.

➤ **Lámina inoxidable rectangular.** Para el vaciado de la mezcla, de aproximadamente 1.50 x 2.0 metros.

➤ **Varilla de acero punta de bala.** Varilla lisa, que tiene un diámetro de 16 mm (5/8 " ) y un largo aproximado de 60 centímetros.

➤ **Cono de revenimiento.** Tiene forma tronco cónica, de 20 cm de diámetro en la parte inferior, 10 cm en la parte superior y 30 cm de altura, provisto de 2 estribos para apoyar los pies y 2 asas para levantarlo.

➤ **Palas de albañil.** Para estar revolviendo la mezcla.

➤ **Moldes metálicos para cilindros.** De lámina gruesa, el plano de la orilla del molde forma un ángulo recto con el eje del mismo, con medidas de 15 cm de diámetro interior y 30 cm de altura. Las bases deben ser lisas y cuentan con dispositivos para sujeción al molde, así como el cilindro cuenta con otros dispositivos para abrirlos.

➤ **Báscula.** Con capacidad de 125 Kg. con doble barra y aproximación de 10 grs. en su escala más baja.

### 6.3.- MUESTREO DE CONCRETO FRESCO (Especificación ASTM C172 - 99)

Este es uno de los procedimientos más importante dentro de todo el proceso de preparación de especímenes, y en general de todo tipo de prueba del concreto, ya que si la muestra no es representativa y confiable, todos los pasos que siguen al muestreo se verán seriamente afectados, ya que se considera como el factor único más importante en las pruebas del concreto. Algunas recomendaciones para llevar a cabo el muestreo de concreto son las siguientes:

- Tómese una porción de la mezcla en dos intervalos regularmente espaciados, teniendo la precaución de no tomarla antes de 15% ni después del 85% de la misma.
- El período entre tomar la muestra y usarla no debe exceder de 15 minutos y además no debe exponerse a los rayos solares ni al viento.
- Las pruebas de revenimiento deben iniciarse dentro de los cinco minutos después de que el muestreo haya concluido. (Ref. 12)



Fig. 6.1: Muestreo de concreto fresco

#### 6.4.- PRUEBA DE REVENIMIENTO (Especificación ASTM C143-98)

PROCEDIMIENTO: Una vez homogeneizada la muestra, se selecciona una superficie plana, horizontal, lisa, firme y no absorbente.

➤ Se humedece la parte interior del cono con agua y se coloca sobre la placa metálica (también húmeda) y se colocan los pies del operador sobre los estribos del molde hasta concluir la prueba.

➤ Se llena el cono hasta un tercio de su capacidad y se varilla el concreto exactamente 25 veces con la varilla punta de bala, distribuyendo las penetraciones en forma helicoidal sobre toda el área. Después se llena la segunda capa hasta dos tercios de capacidad y se vuelve a varillar como en la primera pero tratando que las penetraciones pasen 2 cm de la primera capa; la tercera capa se llena a que quede copeteado.



Fig. 6.2. Pasos para el revenimiento

➤ Con la varilla se elimina el exceso de concreto de la parte superior del cono y se limpia el concreto derramado alrededor del fondo del cono.

➤ Se levanta el cono verticalmente y con lentitud, evitando giros o inclinación del cono que podrían arrastrar el concreto, el lapso para levantar el cono es de 5 a 10 seg.

➤ Inmediatamente después se gira el cono de revenimiento y se coloca sobre la superficie cercana al concreto revenido, tendiendo la varilla sobre la parte superior del cono en dirección del concreto receñado. Se mide verticalmente con la cinta métrica, la diferencia que exista entre la altura del cono de metal y la porción central de la superficie del concreto asentado. Esta es la medida del revenimiento y se reporta con aproximación al centímetro.



**Fig.6.3 Verificación del revenimiento**

- Se desecha este concreto una vez que se ha medido el revenimiento.
- Toda la operación, a partir del momento en que se inicia el llenado, se debe realizar en un lapso de 2 ½ minutos. (Ref. 7)

### 6.5.- ELABORACION DE CILINDROS DE CONCRETO.

Después de que se realiza la prueba del revenimiento, se procede a realizar los cilindros como se indica a continuación.

Se verifica que los moldes estén bien apretados y se engrasan.

Se llenan los moldes en tres capas iguales, cada capa debe llenar una tercera parte del volumen del cilindro.

La primera capa se compacta con 25 penetraciones, siguiendo el trazo en forma helicoidal de la orilla hacia el centro, si es necesario se deben golpear ligeramente los costados de los moldes, después de varillar cada capa, para cerrar todos los vacíos.

La segunda capa se compacta con 25 penetraciones, pero procurando que en cada golpe la varilla penetre alrededor de 2 cm la primera capa, siguiendo el mismo procedimiento de la capa anterior.

En la tercera capa el concreto debe rebasar ligeramente el borde superior del molde y hacer la compactación, también con 25 golpes que deben penetrar 2 cm la segunda capa, y golpear ligeramente los costados para cerrar todos los vacíos.

Al terminar la compactación se debe eliminar el exceso de concreto, efectuando el enrasado, pasando la varilla con un movimiento de vaivén sobre el borde superior del molde, para tener una superficie plana y uniforme, que estén a nivel con el borde del molde no presentando depresiones o promontorios de más de 3 mm, es importante evitar hacer pasadas en exceso que haga sangrar el concreto.



Fig. 6.4 Elaboración de cilindros

Para evitar la evaporación del agua de los cilindros recién elaborados, se deben cubrir con una tapa de material no absorbente (bolsas de plástico) resistente e impermeable, sujeta con una liga, o simplemente en un lugar donde no se deshidrate rápido.

### 6.6.- CURADO DE LOS ESPECÍMENES

El que las muestras de concreto almacenen la máxima resistencia que pueden desarrollar, depende en gran parte del curado inicial en sus muestras. Por lo que se deben evitar las pérdidas bruscas de humedad.

Todos los especímenes deben ser curados a temperatura de  $23 \pm 3$  ° C con una humedad relativa de 95% mínima, hasta el momento de la prueba.

El almacenaje durante las primeras 48 horas debe ser en un sitio libre de vibraciones, y no deben ser expuestos a corrientes de agua ni goteo directo. (Ref. 7)

En esta Tesis los especímenes fueron curados inmediatamente después de que fueron descimbrados (24 hrs.), sumergiéndolos en una pila con agua donde permanecieron hasta el día de ser ensayados.



Fig. 6.5 Curado de especímenes

### 6.7.- CABECEO DE CILINDROS.

El cabeceo es la preparación de las bases de los especímenes de concreto para su prueba. Las capas de cabeceo deben tener alrededor de 3 mm de espesor y ninguna parte de las mismas debe tener un espesor mayor de 5 mm.

El cabeceo se realizó con mortero de azufre calentándolo a  $140 \pm 10$  ° C para poder licuarlo, se utilizó un recipiente de metal adaptado con un mango de madera para poder sujetarlo y una parrilla de gas L.P.

Los cabeceos deben adecuarse a los requisitos de la norma ASTM C 617-85.

- Las cabezas deben de ser tan delgadas como resulte práctico (de 3 a 5 mm) y fabricarse con un material que tenga una resistencia a la compresión mayor que la del concreto.
- Los materiales para cabecear pueden ser compuestos de azufre.
- La resistencia del material para cabecear debe adquirir una resistencia a la compresión de por lo menos  $350 \text{ Kg/cm}^2$ .

Para el cabeceo con mortero de azufre se emplean platos metálicos, cuyo diámetro es por lo menos 5.0 mm mayor que el del espécimen por cabecear. Estos moldes tienen unas guías que permiten que las caras exteriores de cada placa queden perfectamente perpendiculares al eje del cilindro y por lo tanto al colocarse en la máquina de pruebas, las cargas aplicadas son axiales. El molde para el cabeceo debe aceitarse un poco antes de colocar el azufre licuado para el cabeceo del espécimen. (Ref. 7)

### 6.8.- PRUEBA A LA COMPRESIÓN SIMPLE.

Este método de prueba consiste en aplicar una carga axial a los cilindros y calcular la resistencia a la compresión mediante la división de la carga máxima obtenida entre el área real de la sección transversal del espécimen.

La máquina utilizada para la aplicación de compresión, fue la Máquina Universal de Pruebas que es del tipo Forney LT 1150 con capacidad de 150 toneladas.

Los cilindros se deben probar tan pronto como resulte práctico, después de sacarlos del curado, y mientras todavía se encuentren húmedos.

El informe de la prueba de compresión debe dar la carga máxima y la resistencia calculada con aproximaciones de 1 a 5 Kg/cm<sup>2</sup>. También debe incluir la edad en días de la muestra, resistencia especificada y cualquier anomalía observada.

Finalmente el cálculo de la resistencia a la compresión mediante la siguiente ecuación:

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Donde:

$f'c$  = Resistencia a la compresión en Kg/cm<sup>2</sup>

P = Carga Máxima en Kg.

A = Área de sección transversal en Cm<sup>2</sup>



Fig. 6.6 Prueba de compresión

## **CAPÍTULO 7**

### **RESULTADOS, DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

## 7.1.- RESUMEN DE RESULTADOS DE CILINDROS A COMPRESIÓN.

Para cada una de las edades de prueba se elaboraron 5 especímenes, a continuación se presenta un resumen de cargas, resistencias a la compresión y el % de resistencia que soportaron a cada edad (los valores representan el promedio de las 5 muestras).

Altura cilindro: 30 cm; diámetro cilindro: 15 cm; T. Max 1"; Área= 176.7 cm<sup>2</sup>.

EDAD EN DIAS	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	% DE RESISTENCIA
1	10490	59	250	24
2	19320	109	250	44
3	22430	127	250	51
7	29600	168	250	67
14	34575	196	250	78
21	39100	221	250	89
28	44700	253	250	101
45	53115	301	250	120
60	53565	303	250	121
90	54550	309	250	123

Tabla 7.1 Resultados de los cilindros de 15 x 30 cm usando T.M. 1"

Altura cilindro: 20 cm; diámetro cilindro: 10 cm; T. Max 1"; Área= 78.54 cm<sup>2</sup>.

EDAD EN DIAS	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	% DE RESISTENCIA
1	3695	47	250	19
2	7340	94	250	37
3	8660	110	250	44
7	11200	143	250	57
14	13270	169	250	68
21	14630	186	250	75
28	14925	190	250	76
45	15045	204	250	82
60	15700	213	250	85
90	18310	233	250	93

Tabla 7.2 Resultados de los cilindros de 10 x 20 cm usando T.M. 1"

Altura cilindro: 30 cm; diámetro cilindro: 15 cm; T. Max ¾"; Área= 176.7 cm<sup>2</sup>.

EDAD EN DIAS	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	% DE RESISTENCIA
1	8260	47	250	19
2	18460	104	250	42
3	22375	127	250	51
7	31300	177	250	71
14	35225	199	250	80
21	40825	231	250	92
28	44525	252	250	101
45	45200	256	250	102
60	47100	267	250	107
90	47875	271	250	108

Tabla 7.3 Resultados de los cilindros de 15 x 30 cm usando T.M. ¾"

Altura cilindro: 20 cm; diámetro cilindro: 10 cm; T. Max ¾"; Área= 78.54 cm<sup>2</sup>.

EDAD EN DIAS	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	% DE RESISTENCIA
1	3595	46	250	18
2	7115	91	250	36
3	9940	127	250	51
7	13310	170	250	68
14	16080	205	250	82
21	17980	229	250	92
28	18850	240	250	96
45	19310	246	250	98
60	19700	251	250	100
90	19890	253	250	101

Tabla 7.4 Resultados de los cilindros de 10 x 20 cm usando T.M. ¾"

Altura cilindro: 30 cm; diámetro cilindro: 15 cm; T. Max ½"; Área= 176.7 cm<sup>2</sup>.

EDAD EN DIAS	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	% DE RESISTENCIA
1	11755	67	250	27
2	19180	109	250	43
3	24650	140	250	56
7	31950	181	250	72
14	35150	199	250	80
21	39125	221	250	89
28	44525	252	250	101
45	45175	256	250	102
60	47125	267	250	107
90	50500	286	250	114

Tabla 7.5 Resultados de los cilindros de 15 x 30 cm usando T.M. ½"

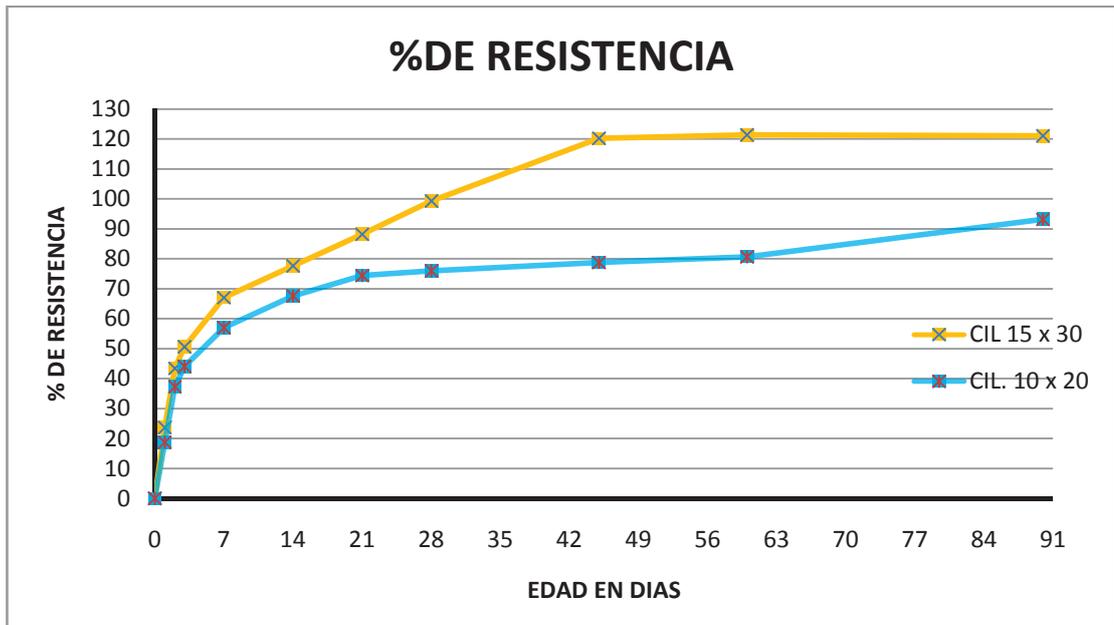
Altura cilindro: 20 cm; diámetro cilindro: 10 cm; T. Max ½"; Área= 78.54 cm<sup>2</sup>.

EN	EDAD DIAS	CARGA A (kg)	RESIST ENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	% DE RESISTENCIA
	1	4299	55	250	22
	2	8530	109	250	43
	3	11210	143	250	57
	7	15380	196	250	78
	14	16230	207	250	83
	21	17200	219	250	88
	28	19760	252	250	101
	45	19945	254	250	102
	60	23380	298	250	119
	90	23930	305	250	122

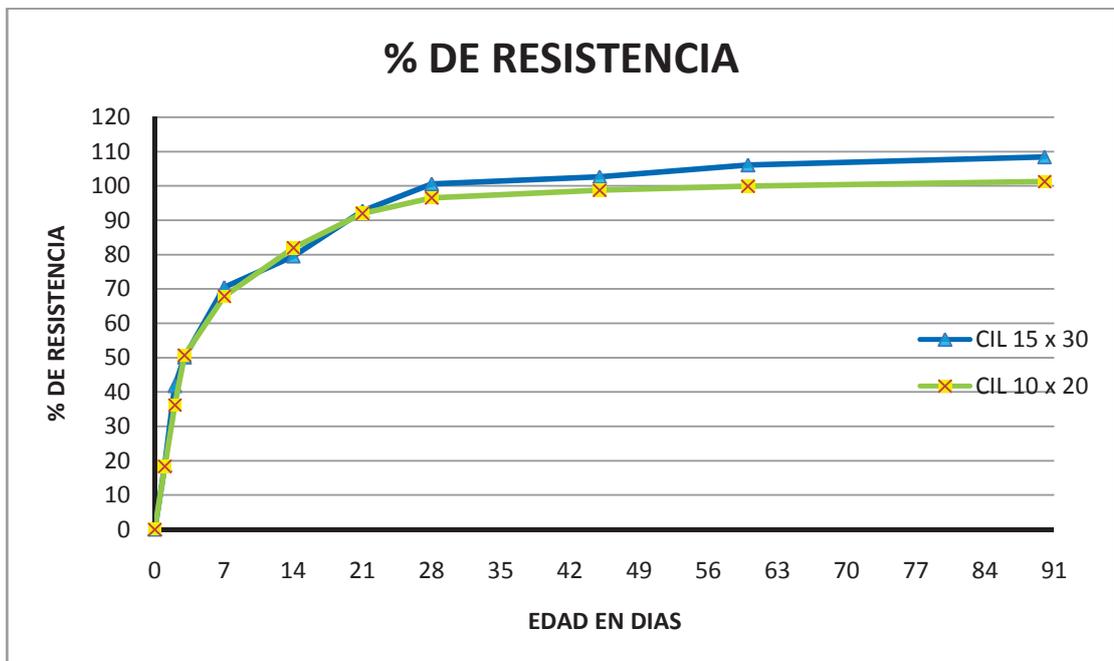
Tabla 7.6 Resultados de los cilindros de 10 x 20 cm usando T.M. ½"

**7.2.- RESULTADOS GRAFICOS DE ACUERDO AL % DE RESISTENCIA**

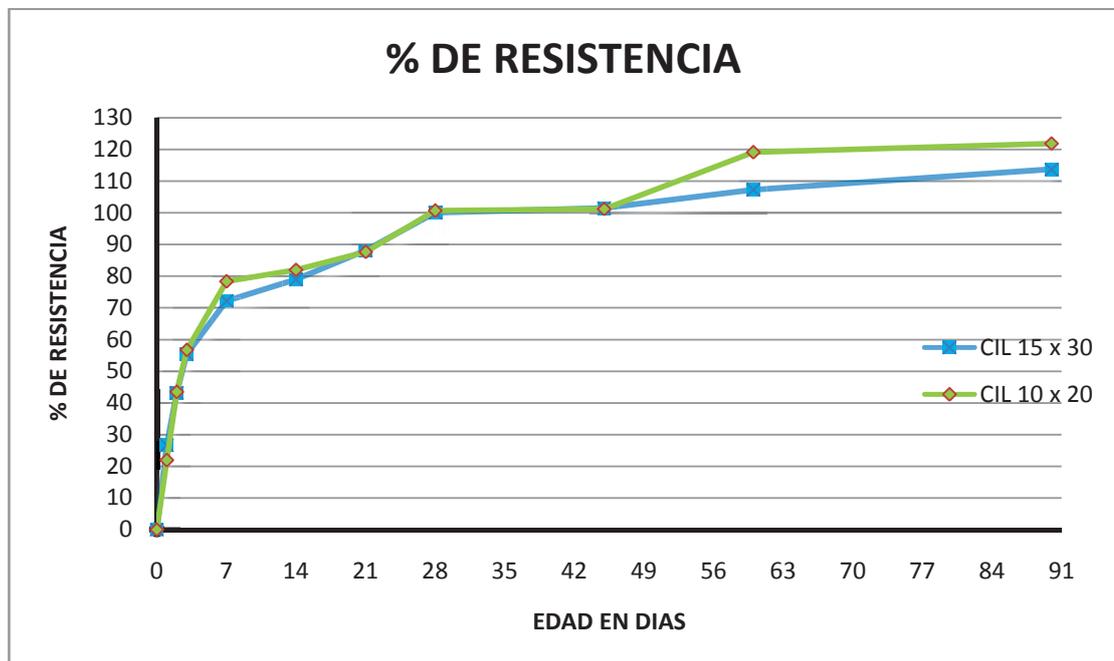
A continuación se presentan los resultados por medio de gráficas, en las cuales se puede comparar el comportamiento de los cilindros de acuerdo al % de resistencia.



**Fig. 7.1 Grafica usando Tamaño Máximo de 1"**



**Fig. 7.2 Grafica usando Tamaño Máximo de ¾"**



**Fig. 7.3 Grafica usando Tamaño Máximo de 1/2"**

De acuerdo con los resultados obtenidos, se observa que el comportamiento de los cilindros de 10 x 20 cm es inferior un 25% a la edad de 28 días y a los 90 días la diferencia es del 30% en el caso del T.M. de 1", para el caso de T.M. de 3/4" a los 28 días el comportamiento no es significativo debido a que varia solo el 5%, y conforme se reduce el T.M. de la grava el comportamiento es casi similar y es mucho más claro en la grafica de 1/2", en la cual los cilindros más pequeños logran una resistencia igual a los 28 días y a los 90 días la resistencia es poco mayor que los cilindros de 15 x 30 cm.

### 7.3.- RESULTADOS DE ACUERDO A LA CARGA SOPORTADA

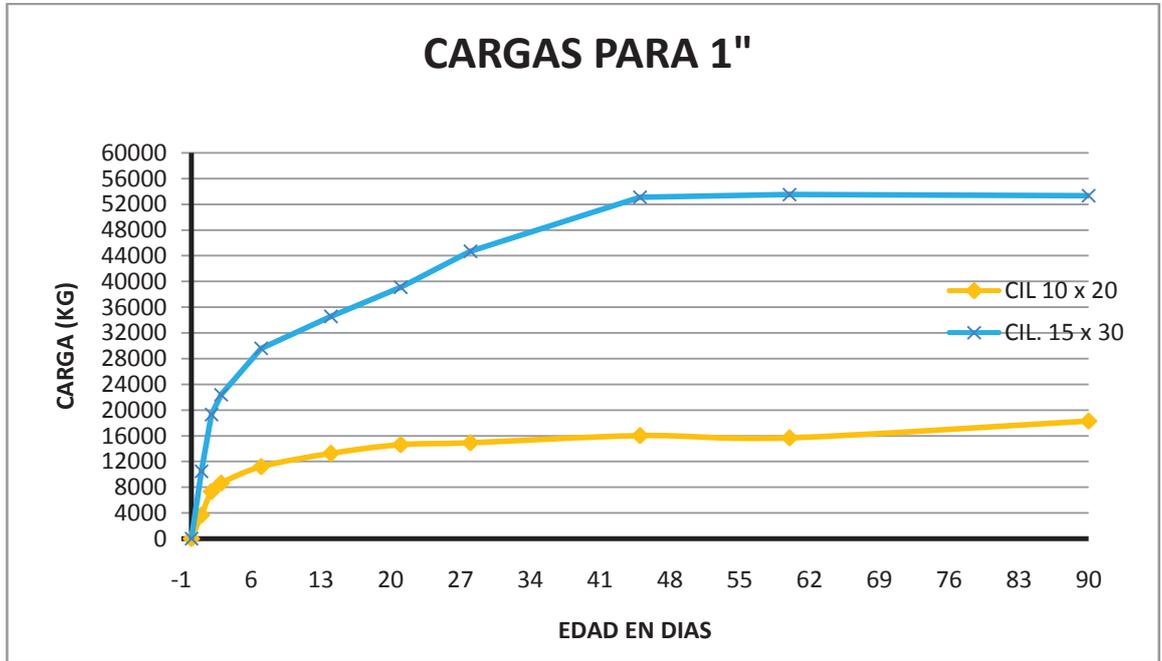


Fig. 7.4 Grafica usando Tamaño Máximo de 1"

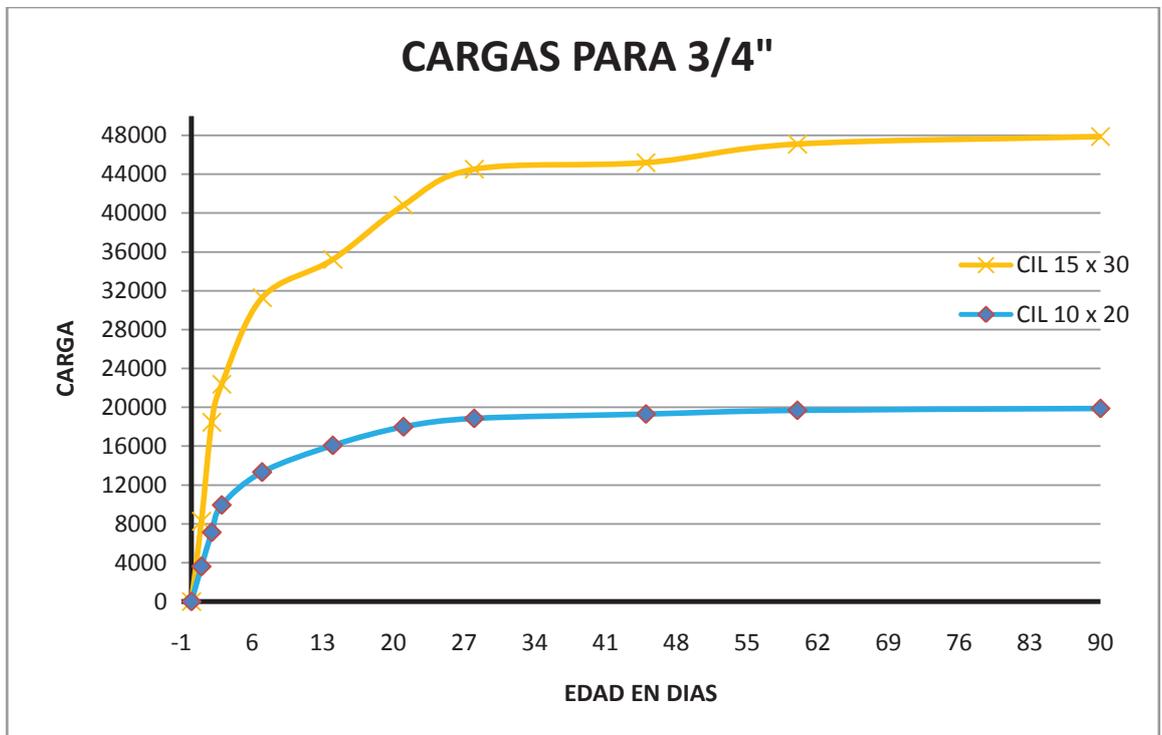


Fig. 7.5 Grafica usando Tamaño Máximo de 3/4"

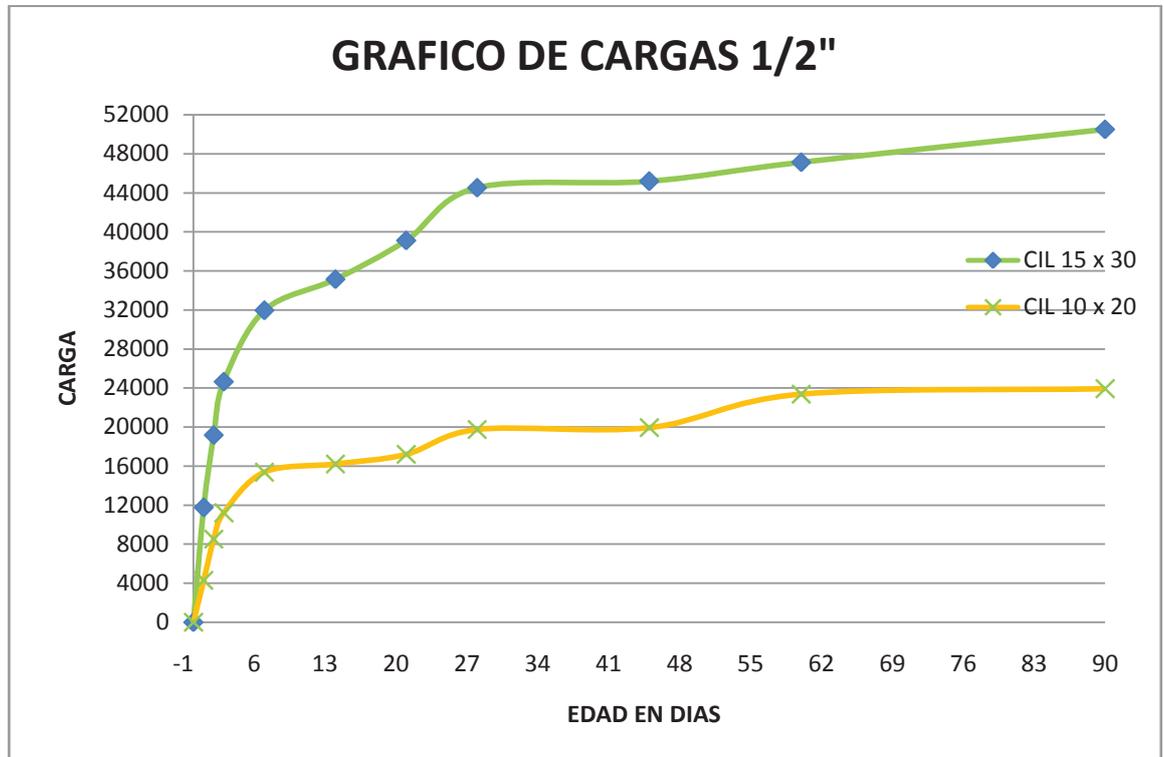
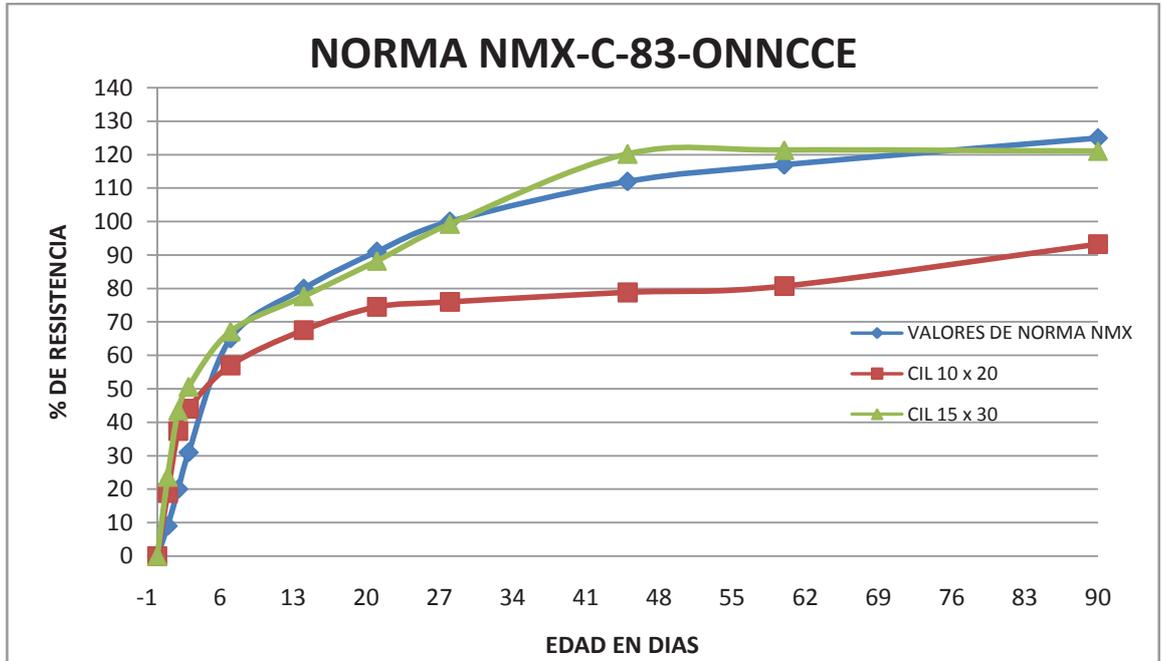


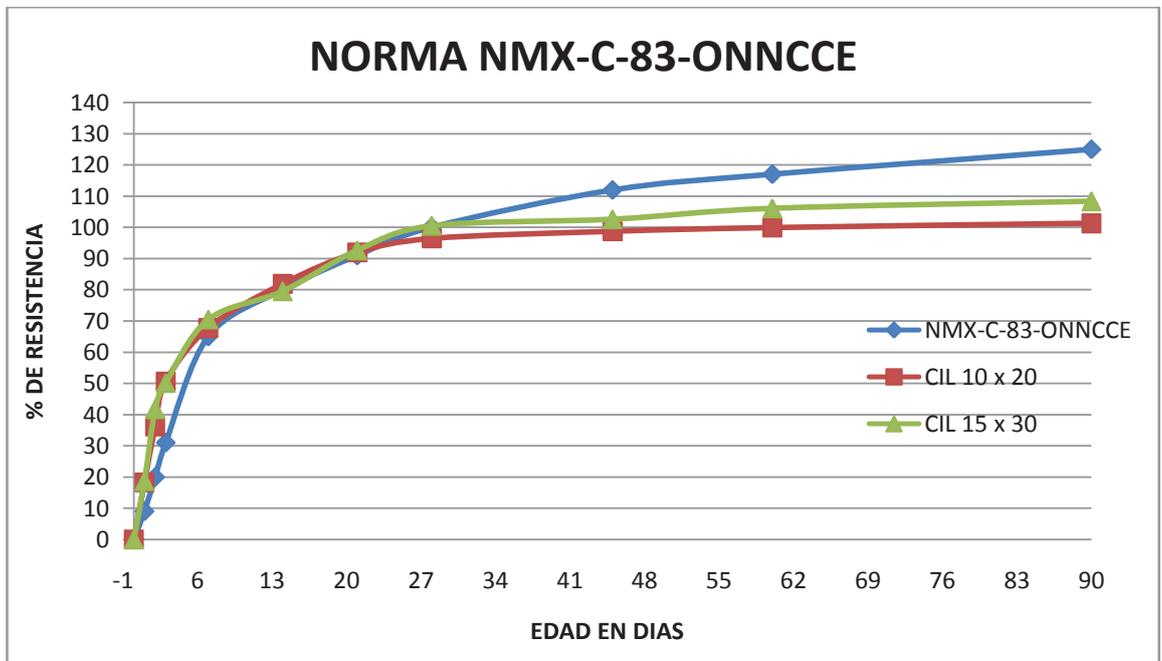
Fig. 7.6 Grafica usando Tamaño Máximo de 1/2"

En las graficas anteriores se puede observar claramente que los cilindros de 15 x 30 cm resisten más del doble de la carga que logran soportar los cilindros de 10 x 20 cm, con lo que nos podemos dar cuenta que para probar los cilindros grandes ocupamos una maquina con capacidad de más de 50 toneladas y para el caso de los cilindros chicos nos basta con una maquina de 30 toneladas. De acuerdo con los resultados la capacidad de las maquinas es una ventaja, debido a que entre menor sea la capacidad de la maquina menor será el costo de ella y del mantenimiento que se le debe de dar.

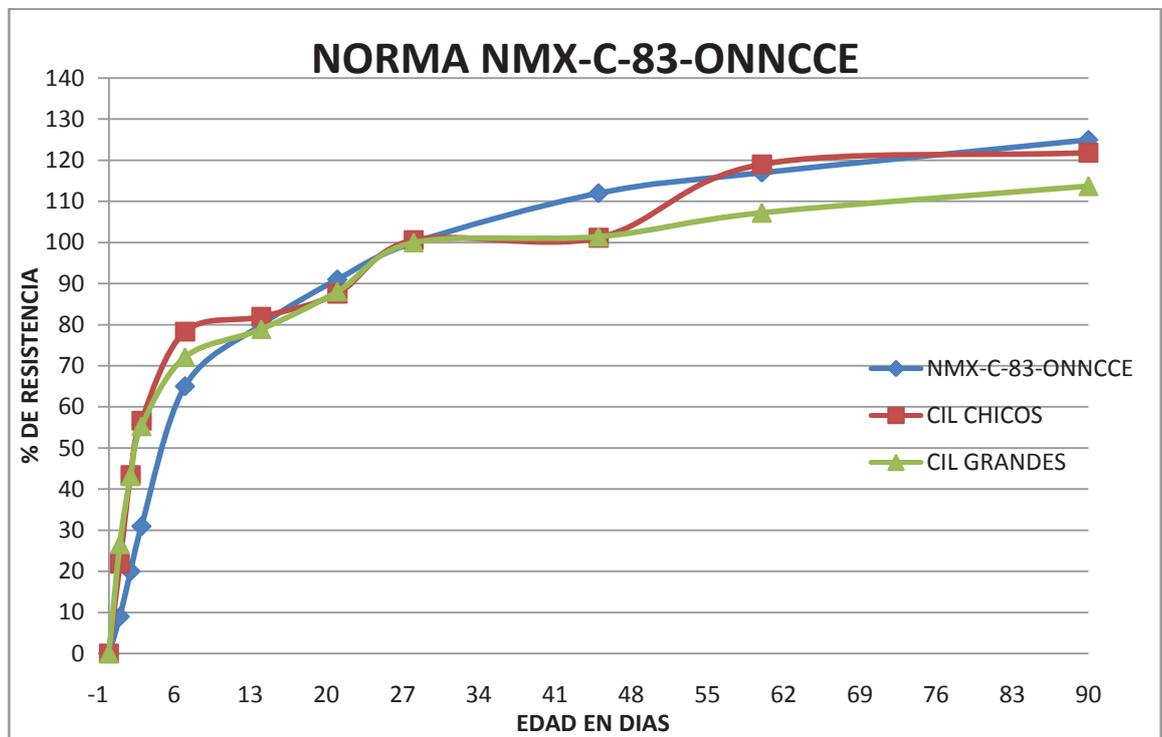
**7.4.- RESULTADOS COMPARANDO CON LA NORMA NMX-C-83-ONNCCE**



**Fig. 7.7 Grafica usando Tamaño Máximo de 1"**



**Fig. 7.8 Grafica usando Tamaño Máximo de ¾"**



**Fig. 7.9 Grafica usando Tamaño Máximo de 1/2"**

Finalmente se compararon las resistencias de ambos cilindros con respecto a la Norma NMX-C-83-ONNCCE, dicha norma nos indica el % de resistencia que debe de cumplir el concreto a determinadas edades, como lo son 1, 2, 3, 7, 14, 21, 28 días.

Así mismo con los resultados obtenidos se corrobora que para usar especímenes de 10 x 20 cm el tamaño máximo de 3/4", debido a que el diámetro del cilindro no debe ser mayor a 5 veces que el T.M. usado. Para el caso del T.M. de 1" se propone una correlación al 80% de la resistencia, con lo cual podemos definir que el 80% de la resistencia de los cilindros de 10 x 20 cm representa el 100% que debe de soportar, esto se debe a que el T.M. se excedió.

### 7.5.- CONCLUSIONES.

De acuerdo con los resultados obtenidos, en las primeras gráficas, se observa que el comportamiento de los cilindros de 10 x 20 cm es inferior un 25% a la edad de 28 días y a los 90 días la diferencia es del 30% en el caso del T.M. de 1", para el caso de T.M. de ¾" a los 28 días el comportamiento no es significativo debido a que varía solo el 5%, y conforme se reduce el T.M. de la grava el comportamiento es casi similar y es mucho más claro en la gráfica de ½", en la cual los cilindros más pequeños logran una resistencia igual a los 28 días y a los 90 días la resistencia es poco mayor que los cilindros de 15 x 30 cm.

Finalmente, según se observa en las últimas gráficas, se compararon las resistencias de ambos tipos de cilindros con respecto a la Norma NMX-C-83-ONNCCE, dicha norma nos indica el % de resistencia que debe de cumplir el concreto a determinadas edades, como lo son 1, 2, 3, 7, 14, 21, 28 días.

Así mismo con los resultados obtenidos se corrobora que para usar especímenes de 10 x 20 cm el tamaño máximo de ¾", debido a que el diámetro del cilindro no debe ser mayor a 5 veces que el T.M. usado. Para el caso del T.M. de 1" se propone una correlación al 80% de la resistencia, con lo cual podemos definir que el 80% de la resistencia de los cilindros de 10 x 20 cm representa el 100% que debe de soportar, esto se debe a que el T.M. se excedió.

Aún y cuando las especificaciones se sigan cuidadosamente y el proceso se realice por operadores experimentados, los resultados no serán uniformes. Siempre existirá variación en los datos. Estas variaciones pueden ser por errores accidentales al elaborar el concreto o porque no hubo uniformidad en el material ensayado, tales como variación en la época y horario de las mediciones, cambio de operador, variación en la elección de rango de cuantificación, forma de cabeceo, material nuevo para cabeceo, tipo de aceite, moldes, tiempo de secado de los especímenes después de extraídos de la pila, la temperatura del agua de curado, la forma de curado, que se hayan golpeado los especímenes, pequeña hidratación del cemento que no sea percibida a simple vista, el tiempo y forma de llenado

de los especímenes, la extracción del aire atrapado en forma accidental, velocidad de la carga, etc.

Se recomienda realizar estudios periódicos de los agregados, para saber si existen o no cambios en sus características, dependiendo del frente que se esté atacando, como pueden ser la humedad, el contenido de finos, la granulometría, la mineralogía, etc., es decir llevar un control de calidad que aparentemente, es un costo que los constructores quieren evitar, pero que es de los recursos, el mejor empleado ya que redundará en una obra de excelente calidad que requerirá el mínimo de reparaciones, demoliciones o mantenimiento.

La calidad del concreto depende de la forma en que éste sea elaborado, por lo que difícilmente la producción de un concreto MALO se debe al tipo de cemento empleado. México exporta cemento por su excelente calidad, el control de calidad de los cementos mexicanos es muy estricto y cumple con todas y cada una de las especificaciones internacionales, pero después de envasado y antes de ser consumido puede ser descuidado y por su gran higroscopia, hidratarse y finalmente no cumplir con la resistencia esperada.

El laboratorio juega un papel importante en las obras civiles, ya que nos permite analizar, controlar y encontrar los materiales más idóneos, para producir estructuras económicas y buen control de calidad de obra. La elección del laboratorio de control de calidad nos podrá llevar al éxito en obras de ingeniería o al fracaso total en las mismas.

## 7.6.-BIBLIOGRAFIA

- 1.- "Tecnología del concreto"  
De Adam M. Neville, Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto.  
Editorial IMCYC, 1992, pp 15-24.
- 2.- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, Proporciónamiento de Mezclas  
Editorial IMCYC
- 3.- "TECNOLOGÍA DEL CONCRETO"  
De Adam M. Neville, Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto.  
Editorial IMCYC, 1999, p.p 405,440
- 4.- Manual Técnico de Construcción Holcim Apasco.  
José Luis García Rivero
- 5.- CRITERIOS DE MUESTREOS DE MATERIALES PARA REALIZAR PRUEBAS FÍSICAS Y MÉCÁNICAS EN LA SECCIÓN DE RESISTENCIA DE MATERIALES".  
Tesis de Elvia Ivonne Rangel P. 1998, pp 1,8.
- 6.- "DICCIONARIO ENCICLOPÉDICO"  
Grijalbo, pp 408.
- 7.- "MANUAL DE LA CONSTRUCCIÓN CON CONCRETO" TOMO I  
De Joseph J. Waddel y Joseph A. Dobrowolski, Tercera Edición.  
Mc Graw-Hill/Interamericana Editores S.A. de C. V. 1997
- 8.-"MANUAL DE NORMAS OFICIALES MEXICANAS"  
De Cementos Mexicanos (CEMEX), 1987, pp 7.
- 9.- "MANUAL PARA SUPERVISAR OBRAS DE CONCRETO"  
Del ACI (American Concrete Institute). 311.92  
Editorial IMCYC, 1992, pp 27,47.
- 10.- "MANUAL DE RESISTENCIA DE MATERIALES. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo". Navarro Sánchez Luis Manuel, Martínez Molina Wilfrido, Espinoza Mandujano José Antonio. Análisis de materiales, Primera edición, julio de 2000. Páginas: 99-147.
- 11.-"THE DESIGNED OF CONCRETE MIXTURES.  
Abrams Duff. Primera Edición, pp 25
- 12.-"MANUAL PARA MUESTREO DE CONCRETO"  
Del AMIC Y el ANALISEC; Parte I, pp 6