

23
2010



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

"ARAGON"

"Aspectos Fundamentales de la Tecnología
del Concreto"

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :

Miguel Jácome Castrejón



Diciembre

1991

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON
DIRECCION


UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

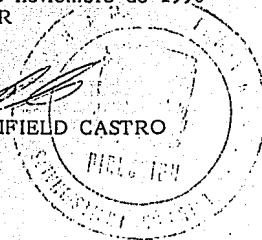
MIGUEL JACOME CASTREJON
P R E S E N T E .


En referencia a su atento escrito de fecha 18 de octubre del año en curso, por el que solicita autorización para cambio de título de su trabajo de tesis, mismo que propone se denomine "ASPECTOS FUNDAMENTALES DE LA TECNOLOGIA DEL CONCRETO", dirigido por el profesor, Ing. JOSE PAULO MEJORADA MOTA, con fundamento en el punto 6 y siguientes del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
San Juan de Aragón, Mex., 8 de noviembre de 1990
EL DIRECTOR


M en I CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO



- 
- c c p Lic. Alberto Ibarra Rosas, Jefe de la Unidad Académica.
 - c c p Ing. Raúl Barrón Vera, Coordinador de Ingeniería.
 - c c p Ing. Manuel Martínez Ortiz, Jefe del Departamento de Servicios Escolares.
 - c c p Ing. José Paulo Mejorada Mota, Asesor de Tesis.

Al Dr. F. Héctor Jácome López:
por el apoyo que ha dado a todos
los momentos de mi vida.

A mis maestros: en especial al
Ing. José Paulo Mejorada Mota
por aceptar dirigirme el traba_
jo de tesis.

I N D I C E

Capitulo	Pág.
I INTRODUCCION.....	1
II ANTECEDENTES HISTORICOS.....	5
III CEMENTO.....	13
IV AGREGADOS PETREOS Y AGUA.....	38
V ADITIVOS.....	57
VI MEZCLADO Y DOSIFICACION.....	64
VII TRANSPORTE Y BOMBEO DEL CONCRETO.....	93
VIII CIMBRAS.....	118
IX COLADO Y COMPACTACION DEL CONCRETO.....	142
X CURADO.....	158
XI CONTROL DE CALIDAD.....	167
XII EJEMPLOS DE APLICACION.....	218
XIII CONCLUSIONES.....	289
BIBLIOGRAFIA.....	I

CAPITULO I

INTRODUCCION

CAPITULO I

INTRODUCCION

I.1. Todo ingeniero civil dedicado al campo de la construcción tiene la imperiosa necesidad de conocer los materiales fabricados que se requieran en las obras. Este conocimiento deberá abarcar desde los diferentes productos y sus correspondientes propiedades y aplicaciones, hasta los factores que puedan alterar los precios en el mercado. Sin embargo esta labor es más difícil cada día, en primer lugar por la gran variedad de productos que continuamente salen a la venta y en segundo lugar, por factores que modifican los precios de los materiales.

Actualmente la construcción requiere materiales que cumplan eficazmente con la calidad especificada por las normas vigentes, indudablemente que esto requiere tiempo, dinero y esfuerzo de mucha gente, tomando siempre como base el desarrollo de materiales de construcción que sean resistentes, durables y económicos.

Uno de los materiales que más demanda tiene en la industria de la construcción, es el concreto, siendo de gran importancia tener un control en su proceso de fabricación y colocación. Así como realizar investigaciones para mejorar sus características y propiedades.

El propósito de ésta tesis es presentar al estudiante de la carrera de Ingeniería Civil lo más fundamental que debe saber acerca del concreto para así poder enfrentarse a la actividad profesional, con el mínimo de conocimientos, necesarios; si su enfoque es la investigación tener los elementos básicos para ello, o bien en el libre ejercicio de la profesión, para tener la convicción de que puede fabricar concreto de calidad. Los capítulos; III, IV y V describen de una manera amplia las condiciones y características que deben reunir los principales componentes del concreto dado el uso tan común de estos. El capítulo VI describe los métodos de dosificación y el mezclado incluyendo la práctica recomendada por ACI.

En el capítulo VII se hace una reseña de los sistemas de transporte y del bombeo del concreto, tanto dentro como fuera de la obra. Aun cuando la cimbra sólo se usa como estructura temporal que tiene un efecto permanente sobre la estructura final de concreto y representa el ingenio de aquellos que intervienen en la construcción con escasa asistencia técnica especializada, en el capítulo VIII se aborda el tema de manera simplificada, dada la extensión del mismo, así como su complejidad y esto nos llevaría fuera del propósito de la presente. El capítulo IX está dedicado a la colocación y compactación como una de las partes más importantes de toda la secuencia que constituye la operación de colado, desde el muestreo, mezclado y transporte, hasta el curado final. El capítulo X se refiere únicamente al proceso que garantiza que el concreto se conservará húmedo durante su vida

temprana, después del colado, dicho proceso se le conoce como curado. El capítulo XI está dedicado al control de la calidad tanto de los componentes como del concreto mismo. El capítulo XII muestra la aplicación de los conocimientos de los capítulos anteriores en una serie de ensayos reales realizados en el LABORATORIO DE CONSTRUCCION, MECANICA DE MATERIALES Y MECANICA DE SUELOS DE LA E.N.E.P. ARAGON U.N.A.M. y en el laboratorio de CONTROL, S.A. y con los resultados obtenidos se realizó el diseño de una mezcla y por último el capítulo XIII dedicado a las conclusiones nos permite tener un panorama de manera resumida de los objetivos alcanzados y las recomendaciones al lector para la ampliación de sus conocimientos.

CAPITULO II

ANTECEDENTES HISTORICOS

CAPITULO II

ANTECEDENTES HISTORICOS

II.1. Los Romanos emplearon por primera vez el concreto a fines del Siglo II A. C. Lo utilizaron en la construcción de muros y bóvedas. En los muros empleaban el concreto como material de relleno, formando una especie de cimbra con dos paramentos de piedra.

El arco y la bóveda son dos elementos de construcción que caracterizan a las construcciones romanas, aunque no fueron los Romanos sus inventores. La técnica del colado era utilizada por los romanos para la construcción de sus bóvedas, aprovechando la economía obtenida en el ahorro del tallado de piedras que les permitió techar grandes superficies. Otra razón para el empleo de las bóvedas "coladas" es la reducción de empujes laterales.

El concreto de los romanos estaba compuesto de piedras ligeras, pedacera de tabique o tobas y, ocasionalmente, se han encontrado recipientes cuyo vacío reducía el peso de la cubierta.

Construían sus bóvedas sobre una cimbra de madera en la que primero formaban arcos de tabique como refuerzo a intervalos regulares y posteriormente, colaban entre esos intervalos la masa pastosa de concreto puzolánico. Esas nervaduras no fueron destinadas en su origen, a dar a la bóveda una especie de estructura, más bien se

utilizaban para mantener el concreto cuando aun estaba fresco, mas tarde aparecieron verdaderas nervaduras en las construcciones romanas, como en el Panteón de Agripa en Roma.

Con la reconstrucción del faro de Eddy Stone, en la Costa sureste de Inglaterra el ingeniero John Smeaton, fue el primero que empleo el concreto después del periodo Romano. Smeaton utilizó en la construcción, un sistema tal que logró un conjunto de gran resistencia. Junto las piedras una con otra y, en cuanto a los cimientos y el material de unión empleo una mezcla de cal viva, arcilla, arena y escoria de hierro en polvo.

El invento del concreto armado se ha atribuido generalmente al Francés J. Monier, que el paracer, hizo sus primeras aplicaciones hacia el año de 1867. Franceses, Ingleses y Americanos se disputan el invento. Mucho tiempo antes que Monier, con el objeto de obtener paredes delgadas y sólidas para fabricar objetos impermeables e incombustibles, ciertos constructores fabricaban mallas de acero recubiertas con mortero cemento.

La expansión del sistema Monier comenzó en el año de 1878, año en que las patentes de invención para Alemania y Austria fueron adquiridas por una casa Alemana: la Sociedad G.A.Wayss et Cie. de Berlín convertida más tarde en "Actien-Gessellschaft For Beton und Monierbau". Aplicando el sistema Monier, esta empresa tuvo experiencias que mostraban las ventajas de la nueva combinación de materiales y al mismo tiempo fijaron los principios a seguir en su

aplicación. Esa fue una base decisiva en la Historia del Concreto Armado y, desde entonces el sistema Monier fue extendiendo de día en día su campo de aplicación y encontró en Alemania gran aceptación. Esa misma sociedad de Berlín estableció muchas sucursales en Ciudades de Europa Central. La patente Monier se extendió por toda Europa y se hizo del dominio público. Hacia 1890 se construyeron los primeros puentes bajo el sistema Monier.

Paralelamente al desarrollo del sistema Monier, Moller en Alemania, Wunsch en Hungría y Melan en Austria crearon sistemas que encontraron su mejor aplicación en la construcción de puentes.

Cabe mencionar las primeras aplicaciones del concreto en Inglaterra y Estados Unidos, partiendo del origen del cemento Portland. En Inglaterra, se empezó a experimentar a principios del siglo pasado, con cementos hechos de barro y piedra caliza como materiales esenciales.

En 1824, Joseph Aspdin produjo en Leeds, Inglaterra, el primer aglomerante hidráulico, el cemento Portland, denominado así por la semejanza de su color con el de las piedras de la cantera de la isla de Portland. Aspdin obtuvo este aglomerante hidráulico calcinando la mezcla de barro-piedra caliza a una temperatura muy alta.

En sus orígenes se consideró al cemento Portland únicamente como un material que llegaría a reemplazar el estuco. Este cemento se usó en pequeñas cantidades en el túnel del Río Thames (Inglaterra), en 1828.

El cemento se uso en la mayoría de los almacenes de siete y ocho pisos construidos por el Ingeniero Manchester Whilliam Fairbain en 1844. Este sistema de construcción que empleaba perfiles de acero sumergidos en el concreto, se aproximaba muchísimo a la verdadera construcción de concreto armado. Sin embargo, tuvieron que transcurrir 50 años para que el análisis científico revelara la naturaleza exacta de la relación entre los elementos que componen el concreto armado.

El primer cemento Portland que se uso en Estados Unidos y Canadá fue importado de Inglaterra en 1870.

La primera fábrica de cemento Portland en Estados Unidos la construyó en 1871 David Saylor, era una pequeña planta de cemento natural que él había construido en Coplay, en Lehigh Valley al Norte de Allentown en 1866. Antes de 1871 todo el cemento hecho en los Estados Unidos era "Natural", es decir, hecho de ingredientes tomados tal y como existen en la tierra. Un tipo de cemento natural fue usado en la construcción de un acueducto en San Diego California, en los primeros tiempos de la conquista Española.

Saylor, el pionero de la industria estadounidense del cemento, uso chimeneas verticales y abovedadas, del tipo que se usaba en Inglaterra en ese entonces, molía la materia prima mojada en grandes tinas revolventoras y la pasta así obtenida se moldeaba en ladrillos y se secaba después; posteriormente los ladrillos se colocaban en el horno en lechos alternados para su cocimiento.

Después de extinguido el fuego se quitaba el clinker del fondo del horno y se molía para hacer polvo fino. El horno rotatorio horizontal fue introducido en los Estados Unidos por José de Navarro, en 1859, los dos primeros hornos rotatorios fueron cilindros horizontales de 7.5 m. de largo y 90 cm. de diámetro; eran de acero laminado revestidos de ladrillo cocido. Tomas A. Edison introdujo el horno largo de 45 m. El más grande en 1909. Actualmente se usan hornos de más de 150 m. de largo.

No puede fijarse fecha para el nacimiento del concreto armado en Estados Unidos ni en Inglaterra. El sistema de Concreto-Acero empezó a usarse sobre todo por sus cualidades incombustibles. A fines del siglo pasado existía en Estados Unidos gran variedad de sistemas, frecuentemente más ingeniosos que racionales, y sin un método común de construcción. En las construcciones que realizó en Inglaterra Sir W. Fairbair, el hierro y el concreto estaban juntos pero ni en sus construcciones ni en otras posteriores ningún constructor tuvo la verdadera intuición de los principios del Concreto Armado tal como en esa época se tenía en Francia. Por el contrario, en los Estados Unidos el atrevimiento de los constructores los llevó muy pronto a interesantes combinaciones. Hacia el año de 1875 W. E. Ward construyó una casa de concreto cuyos pisos estaban contruidos con vigas según un sistema que se aproximaba a los franceses de la época. La importancia de Ward reside en sus observaciones sobre la adherencia perfecta del concreto y del acero cuando, en 1867, vio en Inglaterra con que dificultad los obreros despegaban el cemento que se había

adherido a sus instrumentos de trabajo. En 1906, Tomas A Edison construyó una serie de casas en Nueva Jersey empleando un sistema inventado por él.

En México durante el Porfiriismo se introduce el empleo del fierro y del Concreto Armado en las estructuras de los edificios. En 1881 se hacen techos con rieles de ferrocarril y bóvedas de ladrillo. En 1884 se inician las importaciones de Inglaterra y Bélgica de viguetas de fierro y láminas galvanizadas y acanaladas. Entre los primeros edificios que se construyeron con acero se encuentran; la penitenciaría, la joyería la Esmeralda, el Palacio de Hierro, el Centro Mercantil, la Casa Boker, el Edificio de Correos, el Museo de Historia Natural. En unos edificios el acero queda aparente por que se usa sin perseguir un fin estético. En algunos la razón de su desnudez era: al igual que los almacenes de París, y en otros, como la Casa Boker o el Teatro Nacional. La estructura de hierro se consideró como un sistema útil que debería no solo recubrirse sino engrosar considerablemente la sección por razones de estética.

En el año de 1901, hace su aparición en México el sistema Hennebique. En ese año se estableció en la Ciudad de México la primera empresa constructora de Concreto Armado, formada por el Contraalmirante Angel Ortiz Monasterio, representante de la Casa Hennebique, el Ing. Miguel Rebolledo y el Coronel Fernando González. Gracias principalmente al entusiasmo del segundo y a sus conocimientos del Concreto Armado encontró rápidamente aceptación en nuestro país. La primera aplicación en tuvo lugar en 1901 al construirse el sótano de una

pequeña casa comercial, situada, hasta hace poco en la esquina de las calles de Artes y Paris. La primera obra de importancia se llevó a cabo en 1903 en Mérida Yucatán, y fue el edificio que ocupó la ferretería el Candado, construido a principios de 1904.

La aceptación del Concreto Armado en México a principios de siglo, llamado entonces Cemento Armado o Betón Armado, fue inmediata. A mediados de 1906 ya se habían construido cerca de 60 obras, en todas ellas se siguió el sistema Hennebique, extendiéndose en nuestro país con el mismo éxito con que se venía empleando en todo el mundo.

CAPITULO III

CEMENTO

CAPITULO III

C E M E N T O

III.1. Entre los diversos materiales que se usan con carácter de cementantes, pueden distinguirse cuatro clases principales:

- Cales Aéreas e Hidráulicas.
- Yesos.
- Bitúmenes
- Cementos Hidráulicos.

Para el alcance de éste trabajo, sólo interesan los cementos hidráulicos. En el siguiente cuadro sinóptico se presenta una clasificación de carácter muy general, con el objeto de tener un amplio panorama de los cementos que se fabrican, aún cuando no todos se producen en el país.

CEMENTOS
HIDRAULICOS

CEMENTO
PORTLAND

SIMPLES

TIPO I +
TIPO II +
TIPO III +
TIPO IV +
TIPO V +

COMPUESTOS

ESCORIA +
PUZOLANICO +

ESPECIALES

DE COLOR +
EXPANSIVO +
SIN CONTRACCION
REFRACTARIO
INCLUSOR DE AIRE
ANTIBACTERIAL
HIDROFOTO
REPELENTE A LA
HUMEDAD

CEMENTOS NATURALES

CEMENTOS DE ALTA ALUMINA

CEMENTOS DE ESCORIA

ESCORIA CAL +
SOBRESULFATADO

CEMENTOS DE PUZOLANA

CAL-PUZOLANA +

CEMENTOS DE APLICACIONES
PARTICULARES

MAMPOSTERIA +
FOZO PETROLERO +
MAGNESIANO

MEZCLA DE CEMENTOS

+ SE FABRICAN EN MEXICO.

III.1.1 El Cemento Portland se define como el producto obtenido de la pulverización del clinker, que consta esencialmente de silicatos hidráulicos de calcio, y al cual solo se le adicionan después de la calcinación agua y/o sulfato de calcio natural y otros materiales no perjudiciales, todo ello molido.

El clinker se obtiene de la fusión incipiente de materias primas seleccionadas y combinadas en proporciones convenientes. El producto resultante se compone básicamente de silicatos y aluminatos de calcio. Las materias primas, que se encuentran disponibles en la naturaleza, deben ser ricas en cal y sílice; son de dos clases fundamentalmente: arcillosas (arcilla y pizarras) y calcáreas (calizas, tizas y margas)

Lo anterior se reduce a la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \text{Materiales calcáreos} + \text{Materiales arcillosos} + \text{fuego} = \\ \text{Clinker} + \text{Yeso} = \text{Cemento.} \end{aligned}$$

Existen dos procesos para obtener el cemento Portland

- a) Proceso por vía seca.
- b) Proceso por vía húmeda.

III.1.1.a. A continuación se describen de manera simplificada las etapas del proceso de vía seca:

- Explotación de bancos de material para el suministro de las materias primas (calizas, arcillas y yeso).

- Trituración de los materiales obtenidos en los bancos, por separado, obteniendo tamaños máximos de 15 cms. en el primario y de 4 cms. en el secundario.

- Eliminación de humedad de cada uno de los materiales en los secadores.

- Dosificación de los materiales a emplear, proceso en donde deberá ser bastante rígida la supervisión de los encargados del laboratorio, dado que de esta operación depende del tipo de cemento a producir.

- Mezclado y Molienda en el molino de crudos, en donde al mismo tiempo de estarse mezclando los materiales son reducidos polvo.

- Calcinación en hornos especiales de forma cilíndrica forrados de tabique refractario capaces de soportar altas temperaturas (1,400 °C).

El producto de esta calcinación, de forma aproximadamente esférica de 1 a 5 cm. de diámetro, se le designa con el nombre de CLINKER.

- Enfriamiento del CLINKER en patios de almacenamiento o silos.

- Adición de yeso al clinker.

- Molienda de la mezcla yeso-clinker en el molino de cemento.

III.1.1.b Proceso por vía húmeda, éste difiere en muy pocos pasos con respecto del antes señalado.

En este proceso en lugar de triturar la arcilla, se pasa a un molino de rastrillos que desmenuzan el material, simultáneamente se le adiciona agua hasta formar una lechada muy fluida (formada por un 65% de agua).

Esta lechada se somete a un proceso de decantación y tamizado, para así separar las materias arenosas y extrañas. A continuación se mezcla con las cantidades adecuadas de caliza ya triturada y se somete a molienda fina. Esta pasta se almacena para su posterior calcinación.

A partir de este paso, las etapas de la fabricación del cemento son iguales en ambos procesos.

En la última etapa se obtiene un polvo de color frecuentemente gris, cuyos fragmentos, en su gran mayoría pasan la malla No. 200 (74 micras) y cuyo peso volumétrico suele oscilar entre 1200 y 1700 k/m^3 , según su grado de compactación. Después de la molienda, y antes de envasarlo para despacharlo al consumidor, el cemento se almacena en silos.

El cemento debe someterse a ciertas pruebas que se establecen en una serie de especificaciones como las de la A.S.T.M. (Sociedad Americana para el Ensayo de los Materiales).

Lo que interesa al Ingeniero Civil al considerar el cemento en sí, son los porcentajes que entran en su composición los elementos que lo forman.

Composición química aproximada del Cemento Portland:

Cal (CaO)	de 60% a 64%
Sílice (SiO ₂)	de 19% a 25%
Alúmina (Al ₂ O ₃)	de 5% a 9%
Magnesia (MgO)	5% como máximo
Anhidrido Sulfúrico (SO ₃)	2% como máximo
Oxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	4% como máximo

Con estos datos y los que proporciona el análisis químico de un cemento en particular, podemos determinar la cantidad de éste último para el fin que nos proponemos.

Compuestos químicos que se supone se forman a partir de los anteriores y dan las propiedades específicas de los diferentes tipos de Cemento Portland.

Silicato tricálcico (3CaO·SiO ₂)	= C3S
Silicato dicálcico (2CaO·SiO ₂)	= C2S
Aluminato tricálcico (3CaO·Al ₂ O ₃)	= C3A
Ferroaluminato tetracálcico (4CaO·Al ₂ O ₃ ·Fe ₂ O ₃)	= C4A F

(la notación de los segundos miembros de éstas igualdades, es adoptada solo con fines de abreviación, independientemente de los símbolos de los elementos químicos).

Es importante aclarar que, las diferencias más notables entre las propiedades de los Cementos Portland simples dependen principalmente de las proporciones relativas que guardan entre sí los compuestos y de la finura del producto. De manera amplia, cabe decir que C3S es el componente más activo, puesto que contribuye en alto grado al desarrollo de las primeras resistencias y a la generación inicial de calor. El C2S es, por el contrario, un componente pasivo que aporta resistencias y calor a más largo plazo. El C3A es un componente frecuentemente indeseable, por que produce elevado calor de hidratación y fraguado rápido, y es susceptible al ataque de los sulfatos. Finalmente, el C4AF es un componente prácticamente inactivo. Útil como fundente, pues reduce las temperaturas de cocción y facilita reacciones químicas.

La finura es un propiedad física del cemento que influye de manera importante en su comportamiento, ya que entre más alta sea, se produce mayor rapidez en el fraguado, adquisición de resistencia y generación de calor; sin embargo, a una determinada composición química la finura no debe modificar la resistencia a largo plazo, ni la cantidad total de calor desarrollado, la finura del cemento también influye en algunas propiedades del concreto en su estado fresco, tales como su manejabilidad y aptitud para retener el agua de mezclado.

III.1.2 Las especificaciones standard para Cemento Portland de la A.S.T.M. (designación C150-46), y la Norma D.G.N. C-1-1953 establece 5 tipos de Cemento Portland, pero se dará un bosquejo de los mencionados en el cuadro anteriormente mencionado.

a).- Cemento Portland tipo I.- Es el cemento común u ordinario para construcciones en las que no se requiere un cemento con características especiales.

b).- Cemento Portland tipo II.- Es un cemento con características intermedias entre las del tipo I y las de los tipos IV y V por lo que también se le llama modificado. Se le considera adecuado cuando solo se exige que el calor de hidratación y la resistencia al ataque de los sulfatos sean moderados, se destina en la construcción de obras hidráulicas por su moderado calor de hidratación y su regular resistencia a los sulfatos.

c).- Cemento Portland tipo III.- Se le conoce como cemento de alta resistencia rápida, es muy recomendable cuando se requiere rapidez en la ejecución de la obra. Adquiere una determinada resistencia (aproximadamente el 80%), en la tercera parte del tiempo que el cemento tipo I. No es aconsejable en obras como las de concreto en masa, donde una rápida generación de calor sobreleve la temperatura de la estructura lo cual es indeseable.

d).- Cemento Portland tipo IV.- Es un cemento de fabricación especial cuya particularidad consiste en desarrollar muy bajo calor durante su hidratación. A diferencia del cemento tipo III éste se recomienda principalmente para obras de concreto en masa, como la construcción de presas, donde conviene restringir la elevación de la temperatura y la adquisición lenta de la resistencia no ofrece ningún inconveniente ya que, generalmente, estas obras se ponen en servicio a largo plazo.

e).- Cemento Portland tipo V.- Es un cemento definido como resistente al ataque de los sulfatos. Su empleo está indicado para concretos que tengan contacto con aguas o terrenos que contengan sales agresivas, como en obras marítimas, portuarias y conducción de aguas negras.

f).- Además de los cinco mencionados, en México se fabrica también el Cemento Portland blanco, con características semejantes al tipo I, pero su empleo está enfocado en la mayoría de los casos para fines ornamentales.

g).- Cemento Portland de Escoria.- Se fabrica mediante la molienda conjunta de clinker Portland y escoria de alto horno,

Esta última en proporción de 25 a 65 por ciento en peso del producto. Generalmente presenta moderado desarrollo de calor de hidratación (como el tipo II) y buena resistencia al ataque de los sulfatos (como el tipo V).

h).- Cemento Portland puzolánico.- Este cemento resulta de la molienda simultánea de clinker Portland y un material puzolánico. Como algunas rocas y cenizas volcánicas, o artificiales como determinadas cenizas industriales. Este cemento tiene características comparables a las de un Cemento Portland de escoria, esto es, moderado calor de hidratación y buena resistencia al ataque de los sulfato.

i).- Cementos expansivos o sin contracción.- Usualmente se obtienen por molienda conjunta de clinker Portland, un agente expansor a base de sulfoaluminato, bauxita o tiza y un agente estabilizador consistente en escoria granulada de alto horno.

Actualmente los cementos expansivos se aplican en el llamado presfuerzo químico, y los de volumen estabilizado, en la fabricación de concretos en que es conveniente evitar las contracciones (pavimentos, por ejemplo).

j).- Cementos refractarios.- En aplicaciones que sufran temperaturas elevadas. El concreto de cemento Portland resulta inadecuado, pues al rededor de los 400 9C manifiesta síntomas de destrucción al perder su agua de composición el hidrato de calcio. En estos casos, se emplean cementos refractarios a base de elevados contenidos de alúmina.

Cementos especiales que contienen hasta 70 por ciento de alúmina,

sin sílice ni fierro, pueden resistir temperaturas de 1600°C, aproximadamente.

k).- Cements inclusores de aire.- La inclusión de aire intencionalmente en el concreto tiene aplicaciones definidas como la protección contra los efectos de la congelación. Si bien puede conseguirse con el empleo de productos que se incorporan al concreto en la revolvedora, en algunos países también se opta por el empleo de cements inclusores de aire que se obtienen añadiendo el agente inclusor de aire durante la molienda del clinker.

III.1.3 Cements especiales diversos.- Existen otros cements Portland para usos especiales, cuyas características también se consiguen adicionando determinados ingredientes durante su manufactura.

a) El Cemento antibacterial contiene un agente que impide el desarrollo microbiológico y que tiene aplicaciones en pisos de fábricas, laboratorios, baños, etc.

b) El cemento hidrófobo se obtiene adicionando durante la molienda ácido oleico, ácido esteárico o pentaclorofenol, a fin de formar alrededor de cada partícula una película repelente al agua, que rompe cuando se mezcla en el concreto.

Este cemento es apropiado para resistir, sin hidratarse, mayor

tiempo de almacenamiento en lugares donde la humedad sea muy alta.

c) Cementos Naturales.- Cementos que alcanzaron su mayor uso en el siglo pasado que con la introducción del cemento Portland, fueron desapareciendo hasta quedar fuera del mercado.

Su elaboración consistía en el calentamiento de materia prima con una composición similar a la mezcla de materias primas que ahora se emplea para la fabricación del cemento Portland pero sus características no eran controlables y, como las temperaturas eran relativamente bajas, el contenido del CS resultaba escaso y sus resistencias muy bajas. De acuerdo con su calidad, le correspondería una categoría intermedia entre cal hidráulica y cemento Portland.

d) Cemento de alta alúmina.- Los cementos aluminosos se obtienen por la fusión conjunta de materiales aluminosos y calcáreos, moliendo finamente el clinker resultante. Las materias primas comunes son: bauxita ferruginosa, caliza y tiza.

Las principales características de estos cementos, son:

d.1. Muy rápido desarrollo de su resistencia. En 24 horas puede alcanzar hasta 80 por ciento de su resistencia potencial que además es alta.

d.2. Buena resistencia a aguas y terrenos que contengan sulfatos, y aguas con CO_2 .

d.3. Muy rápida generación de calor, llegando a alcanzar hasta 9 cal/gr/h (comparativamente, un cemento tipo III genera alrededor de 3.5 cal/gr/h).

d.4. Buena resistencia a las temperaturas altas después de hidratado.

e) Cementos de escoria.- Cementos donde prevalece la escoria granulada de alto horno Cemento Escoria-Cal. Cemento que aprovechando las propiedades hidráulicas de la escoria, combinada con la cal hidratada y añadiendo yeso como regulador del fraguado. En este caso, la escoria representa hasta 90 por ciento del peso del producto, de donde se obtiene un cemento cuyas resistencias resultan relativamente bajas. Se pueden mejorar agregando cemento portland en pequeñas cantidades. Se le destina principalmente a trabajos de albañilería.

f) Cemento Sobresulfatado.- Resultado de la molienda de la mezcla escoria granulada de alto horno (mínimo 75 por ciento), sulfato de calcio en forma anhidrita (10 a 20 por ciento) y cal, cemento portland (máximo 5 por ciento). De este modo se obtiene un cemento cuyo contenido SO₃ es superior al especificado para los de otro tipo. Sus principales características son:

f.1. Muy buena resistencia a los efectos del agua de mar y a otros elementos agresivos al concreto.

f.2. Lenta adquisición de resistencia.

f.3. Muy bajo calor de hidratación, que puede ser del orden de 50 cal/gr a 28 días. (comparativamente, cemento tipo IV produce a esta edad 75 cal/gr.).

f.4. Incompatibilidad para estar en contacto con otros cementos.

g) Cementos de Puzolana.- Cementos donde el material puzolánico es la materia prima básica.

h) Cemento Puzolana-Cal.- Como en el caso de escoria, un material puzolánico puede combinarse con cal hidratada para obtener un producto que tenga ciertas propiedades cementantes, las cuales, en este caso, resultan bastante limitadas de ahí que la aplicación de estos cementos sea solo en donde se requieran muy bajas resistencias a un costo reducido. En algunos países como Francia, se fabrican los llamados cementos puzolano-metalúrgicos a base de puzolana (fly-ash), cal y escoria granulada de alto horno.

III.1.4 Cementos de aplicaciones particulares.- En esta clasificación se incluyen cementos que se producen por procedimientos especiales para ser aplicados en trabajos muy definidos.

a) Cemento para mampostería.- Comúnmente se produce moliendo finamente un clinker Portland, una caliza y un agente plastificante. En ocasiones, la caliza se sustituye por cal hidratada, escoria granulada de alto horno, polvos finos inherentes o polvos de recuperación de chimeneas de fábricas de cemento. Otras veces se adiciona, durante la molienda, un impermeabilizante integral, por ejemplo, estearato de calcio.

Con este procedimiento se pretende obtener un cemento que produzca morteros de consistencia muy plástica, aunque su resistencia resulte inferior a la de un cemento Portland.

b) Cemento para pozo petrolero.- Para la perforación de pozos petroleros se requiere de cementos cuyos lodos permanezcan bombeables durante varias horas y sujetos a combinaciones de altas presiones y temperaturas. A fin de lograrlo, se emplean cementos Portland molidos gruesamente a los que se les añaden agentes especiales retardadores del fraguado, o bien mezclas de cemento con puzolana. La industria petrolera ha reglamentado estos cementos a través de una amplia clasificación que comprende tipos especializados para diferentes condiciones de operación.

c) Cemento magnesiano.- También se le conoce como cemento Sorel y se obtiene a partir de una mezcla de materias primas que consisten, principalmente, en un polvo fino de óxido metálico. Su principal característica estriba en producir un material extremadamente duro y resistente a la abrasión, que se aplica, generalmente, al revestimiento de pisos industriales.

III.1.5 Mezcla de cementos.- La mezcla de cementos tiene por objeto tratar de aprovechar las características deseables de los componentes. Sin embargo, no todos los cementos resultan compatibles para su uso común y las mezclas resultantes pueden manifestar expansiones altas, resistencias bajas o fraguados instantáneos. En general, los únicos cementos que invariablemente

presentan problemas de incompatibilidad entre sí o con otro son el aluminoso y el sobresulfatado.

Como antes se mencionó, el Ingeniero debe calcular partiendo de la composición química los porcentajes de los compuestos que se supone se forman, para así saber, por comparación con las tablas de porcentajes de los distintos tipos a que pertenece el cemento propuesto.

III.1.6 Propiedades físicas:

Las propiedades físicas para cemento Portland comprende: finura, sanidad, tiempos de fraguado, resistencia mecánica y calor de hidratación

a) Finura. La finura se da en centímetros cuadrados de superficie por gramo de cemento. Se determina por medio del aparato fotoeléctrico llamado Turbidímetro de Wagner (descrito con detalle en la página 62 de la parte II de las normas A.S.T.M. de 1946), midiendo la concentración de partículas en suspensión en petróleo por medio de un haz luminoso recibido por un calda fotoeléctrica. También se expresa ésta cualidad como el porcentaje residual en la malla N^o. 200 en peso.

La finura del cemento tiene influencia sobre el comportamiento del concreto tanto en su estado fresco como en el endurecido. Un

aumento en la finura puede traer consigo efectos desables e indeseables. Esto es, un aumento significa mayor número de partículas en un peso determinado y, por tanto, mayor superficie de cemento disponible para estar en contacto con el agua. Consecuentemente, mayor finura representa, usualmente más requerimiento de agua y mayor rapidez de hidratación. Sus efectos deseables son: mejor manejabilidad en las mezclas de concreto, mayor poder de retención del agua (menor sangrado) y más rápida obtención de resistencia. Los indeseables: mayores contracciones, desarrollo más rápido de calor, y mayor facilidad para hidratarse cuando se almacena en ambiente húmedo.

b) Sanidad. La sanidad del cemento, es decir, su condición de ser sano, se refiere a la estabilidad dimensional y durabilidad de la pasta endurecida en el curso del tiempo, la cual tiende a experimentar cambios de volumen, por efectos de temperatura y humedad.

Hay ocasiones en que la pasta de cemento manifiesta expansiones importantes que no tiene relación con cambios de humedad o de temperatura, pero que pueden llegar a ocasionar la desintegración del concreto. Estos casos pueden relacionarse con deficiencias originales del cemento, tales como exceso de cal libre, manganesa o sulfatos.

La prueba más usual para calificar la sanidad del cemento consiste en fabricar espécimenes de pasta de cemento (barras) que

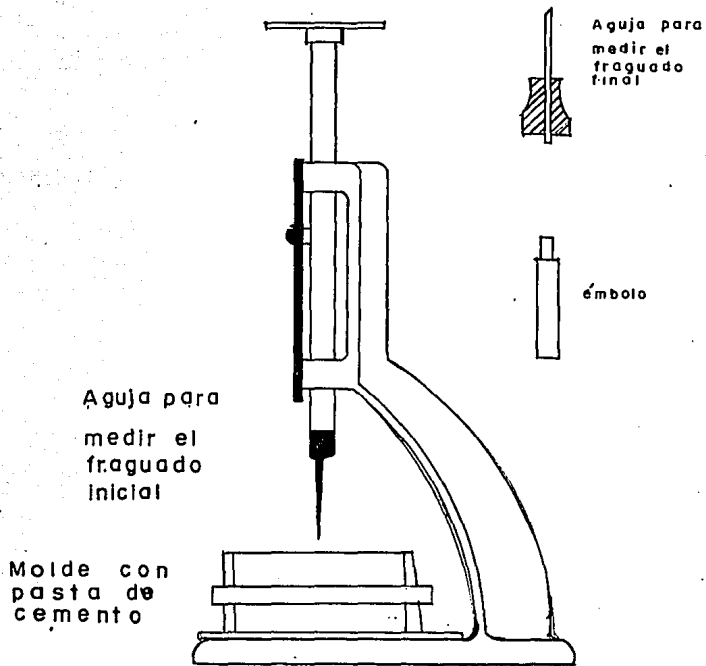
se dejan fraguar y endurecer durante 24 horas a temperatura normal (23°C), sometiéndoles durante unas horas a curado en autoclave bajo la acción de presión y temperaturas elevadas. Cuando el cemento contiene exceso de elementos que lo hacen potencialmente insano, los especímenes acusan expansiones fuera de lo común y en condiciones críticas, llegan a desintegrarse. Las especificaciones para cemento incluyen, entre sus requisitos, valores máximos del 5 por ciento para estas expansiones.

c) Tiempo de fraguado.- El fraguado de la pasta de cemento es un proceso fisicoquímico mediante el cual pasa del estado de plasticidad inicial a un estado de cierta rigidez y firmeza. Aunque la pasta en este último estado puede manifestar una ligera resistencia, usualmente se acostumbra distinguir la etapa de fraguado de la de endurecimiento, propiamente dicho, o de adquisición de resistencia.

Se considera que la etapa de fraguado inicial es en el momento en que el cemento entra en contacto con el agua, y termina cuando la pasta se convierte en un cuerpo rígido capaz de resistir una presión arbitraria. También se considera que la etapa de hidratación del cemento o de reacciones químicas que conducen a la obtención de propiedades, como cuerpo endurecido, comienza una vez que la pasta se ha fraguado. Sin embargo, no existe una delimitación entre ambas etapas, pues se presenta una de transición, difícil de definir. De este modo, la determinación de la duración del fraguado queda sujeta a apreciaciones arbitrarias.

Existen dos procedimientos principales para medir el tiempo de fraguado: el de vicat fig. 1 y el de Gillmore. En el primero se utiliza una aguja que penetra en la pasta y determina su grado de rigidez, por lo cual se obtiene un solo dato de tiempo de fraguado que corresponde al momento en que la aguja deja de penetrar. Las especificaciones dicen que para el fraguado inicial no deben ser menor de 45 minutos y el del fraguado final no mayor de 10 horas (para cementos del tipo standard).

El aparato de Gillmore emplea dos agujas, cuya indentación sobre la superficie de la pasta señala el avance de fraguado: por este medio se obtienen dos datos, el que corresponde al tiempo de fraguado inicial que ocurre cuando la aguja más gruesa y de menor peso deja de producir huella sobre la pasta, y el que corresponde al fraguado final, cuando la aguja de menor sección y mayor peso no deja huella. Para este procedimiento las especificaciones marcan que para el fraguado inicial no será menor de 60 minutos y para el fraguado final no mayor de 10 horas. Durante la fabricación del concreto interesa que el fraguado no ocurra demasiado rápido, del tal suerte que se tenga suficiente tiempo para mezclarlo, transportarlo y acomodarlo en los moldes. Tampoco conviene que el fraguado sea demasiado lento, por que las siguientes operaciones de desmolde y puesta en servicio de la obra sufren retraso. Por estas razones se fijan los tiempos de fraguado por especificaciones como arriba se mencionó. Se puede presentar el caso de que a los pocos minutos de entrar en



(fig. 1) APARATO DE VICAT
para medir tiempo de fraguado

contacto el cemento con el agua, la pasta presente un rigidez semejante a la del fraguado final a esto, se le llama, fraguado falso y no hay más que remezclar sin adicionar agua y la pasta recobrará su consistencia original. Este último aspecto y la ausencia de evolución de calor, es lo que distingue al fraguado falso del instantáneo, que si es un fraguado real.

La presencia del fraguado falso solo representa un incidente molesto durante la aplicación, ya que no influye en sus propiedades. Sin embargo, pueden traer consigo implicaciones inconvenientes, como la tendencia del personal de las obras a añadir agua a una mezcla de concreto que inexplicablemente, haya perdido fluidez en pocos minutos, en cuyo caso si afecta la calidad del concreto.

No existen aditivos para evitar el fraguado falso. Las prácticas recomendables, cuando ocurre, consisten en prolongar la duración del mezclado, o bien remezclarlo, posteriormente sin adición de agua. En otras ocasiones es preferible que el concreto llegue a los moldes con cierta rigidez y, por medio de equipos adecuados de vibración, lograr que ese concreto resulte eficientemente acomodado.

d) Resistencia mecánica.- Conforme evoluciona el proceso mediante el cual se producen las reacciones químicas entre los compuestos minerales del cemento y del agua, la pasta adquiere nuevas propiedades, entre las cuales sobresale su adquisición de

resistencia mecánica, que se puede definir como la aptitud para resistir fuerzas de diversa índole, sin menoscabo de su integridad.

Las fuerzas que en el curso del servicio suele confrontar la pasta, como componente del concreto, genera acciones de muy variada naturaleza que pueden manifestarse como esfuerzos de compresión, tensión, o cortante, graduales o instantáneos, eventuales o sostenidos, sencillos o repetidos.

En el caso del cemento, no obstante que se ha acostumbrado calificar su capacidad para producir resistencia mecánica mediante ensayos a compresión y tensión, estos últimos cada vez es menor su aplicación porque se considera que sus resultados no reflejan, adecuadamente, cambios de calidad en el cemento, ni representan un índice confiable del comportamiento del concreto a tensión. De este modo, la determinación de la resistencia a compresión ocupa un sitio importante en la comprobación de la calidad del cemento al considerarla representativa de su resistencia mecánica.

Se supone que el cemento adquiere resistencia conforme a sus compuestos minerales reaccionan químicamente con el agua, reacciones que, en conjunto se designan como hidratación del cemento Portland es más o menos definido: en la fase inicial las partículas absorben agua con rapidez, en tanto que en las últimas etapas la difusión del agua en el interior de las partículas se

vuelve más lenta y menos uniforme. Este comportamiento se manifiesta de modo parecido en el progreso de la resistencia con la edad, sin embargo, no existe concordancia precisa entre el grado de hidratación y la resistencia, en el momento dado. Por ejemplo, los compuestos del cemento se hidratan a diferente velocidad en el siguiente orden decreciente: C3A1, C4AF, C3S y C2S. Aún cuando, los dos primeros muy poco contribuyen a la resistencia, así, la hidratación del C3S responde por la mayor parte de las resistencias iniciales. El C2S se hidrata en forma lenta y continua, y su contribución a la resistencia también adopta esta característica.

La figura Nº. 2 representa la forma en que usualmente los tipos III y IV de cemento Portland, de acuerdo con su composición química, adquieren resistencia. Además de la composición química influyen otros factores que también pueden influir en las propiedades hidráulicas del cemento, como la temperatura de sinterización, el proceso de calcinación y enfriamiento, finura de molienda, etc.

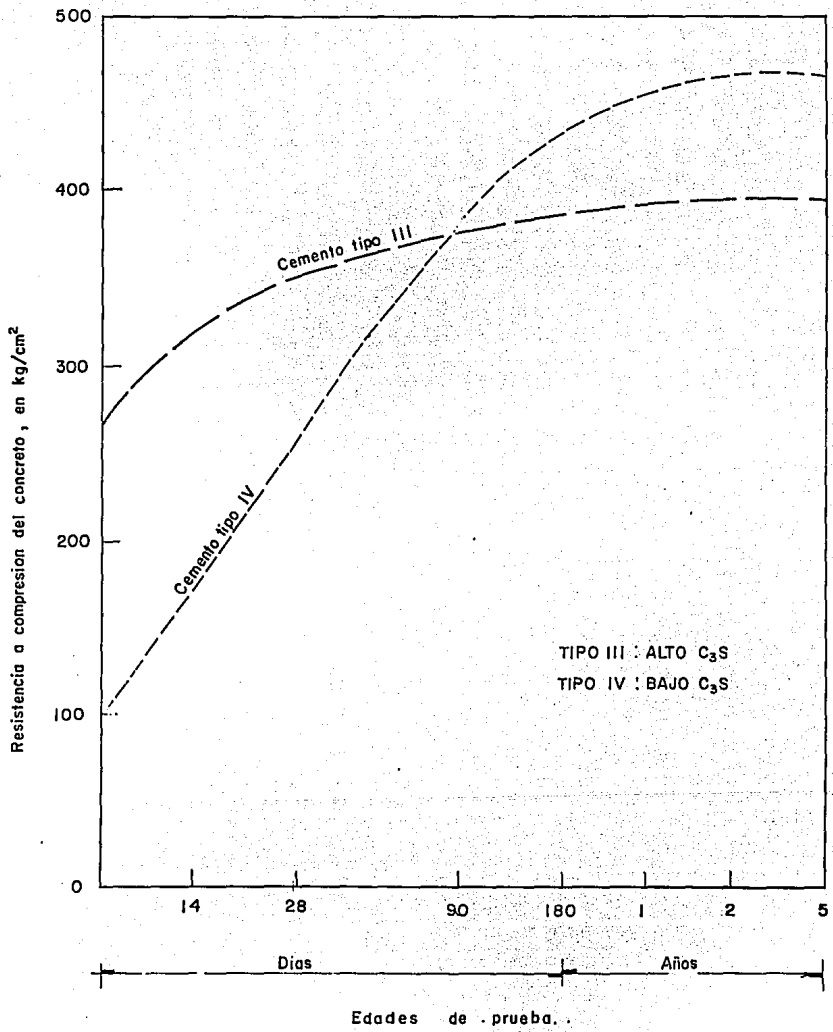
Para comprobar la resistencia a la compresión se fabrican especímenes de mortero usando un agregado standard, que conforme a las normas A.S.T.M., adoptadas a nuestro medio Norma Oficial D.G.N.C. 61 es arena de Ottawa, III. Los especímenes (cubos) se almacenan a temperaturas constantes, ya que las variaciones de temperatura influyen sobre la resistencia de modo parecido que en el tiempo de fraguado.

El ensayo, a las edades de 1, 3, 7 y 28 días, consiste en determinar el esfuerzo máximo (de rotura) que los especímenes alcanzan cuando se les somete a una carga axial de compresión. Las especificaciones de cemento indican el valor mínimo correspondiente al tipo IV (140.6 K/cm²) y el valor máximo correspondiente a los tipos I y II (210.9 K/cm²). El empleo de un cemento, cuya resistencia sea menor a la especificada, puede producir en el concreto resistencias menores a las previstas conforme a las suposiciones hechas.

Aún cuando ya se mencionó que no es muy usual las pruebas de resistencia a la tensión, las especificaciones marcan que para dichos esfuerzos, los valores mínimos para el tipo IV y V son de 21.09 K/cm² y el de mayor valor corresponde al tipo II y es de 22.84 K/cm².

a) El calor de hidratación es de fundamental importancia para los técnicos en cemento, ya que este es proporcional al volumen de concreto colado. Sobre este particular conviene señalar que en grandes masas de concreto, la hidratación puede alcanzar altísimas temperaturas; los efectos se traducirán en serios agrietamientos de la estructura debidos a contracciones térmicas.

Por otro lado, el calor de hidratación es benéfico cuando se utiliza concreto de climas fríos.



Resistencias a compresión comparadas con dos tipos de cemento de diferente composición química.

(fig. 2)

CAPITULO IV

AGREGADOS PETREOS Y AGUA

CAPITULO IV

AGREGADOS PETREOS Y AGUA.

IV.1 Tan importante por su economía, como por su facilidad de obtención, pero también por ser el elemento que da cuerpo (forma la estructura interna) al concreto, teniendo que estar muy bien cuidadas las especificaciones, las proporciones, limpieza, tamaños, lugar de explotación y en general de la calidad de estos. Por sus características físicas, químicas y mecánicas dependerán directamente los resultados buscados en el comportamiento del concreto, desde su fabricación hasta el término de su vida útil.

IV.1.1 Clases de agregados. Los agregados para concreto generalmente consisten en partículas de roca cuyas dimensiones varían desde unas cuantas micras hasta el tamaño máximo especificado o permitido, el cual puede llegar a ser en casos especiales, de hasta 25 o 30 cm.

Con el objeto de controlar la proporción relativa que deben guardar los distintos tamaños de partículas entre sí, se acostumbra dividirlos en fracciones que se manejan por separado. Esto da lugar a la clasificación más común, de acuerdo con su tamaño, en lo que se llama agregado fino (arena) y agregado grueso (grava).

IV.1.2 Agregado fino (arena). Está constituido por granos

sueltos y de estructura cristalina que provienen de la disgregación de las rocas naturales, por procesos mecánicos o químicos que arrastradas por corrientes aéreas o fluviales se acumulan en diferentes lugares. Las artificiales se obtienen mediante trituración y molienda de rocas previamente fragmentadas en dimensiones adecuadas, y conforme a un proceso definido de reducción progresiva.

De acuerdo con su origen, las arenas toman los nombres de:

Sílicas o cuarzosas

Calizas

Graníticas y arcillosas

Con respecto a su dureza y estabilidad química las arenas Sílicas son mejores : las arenas Calizas provienen de rocas calizas muy duras, no aceptando las de tipo blando.

Las arenas de origen granítico, por su alterabilidad y por su poca homogeneidad. No deben usarse salvo en el caso de que contengan bastante cuarzo.

De acuerdo a su procedencia o localización se denominan:

- a). De río
- b). De mina
- c). De playa o duna
- d). Artificiales

a). Las arenas de río, generalmente de partículas redondas por el acarreo que han sufrido, pueden contener arcillas y otras impurezas, o bien pueden ser blandas, dependiendo de su localización.

b). Las arenas de mina son depositadas en el interior de la tierra; están generalmente formadas por granos más angulosos conteniendo arcillas y materias orgánicas. Dependiendo de la calidad de las impurezas que contienen estas arenas, se presentan en color azul, gris, pardo o rosa. En el Distrito Federal se cuenta con grandes depósitos de arenas de distinta coloración, siendo las más puras de color azul (provienen de la desintegración del tipo de las andesitas); las de color gris tienen un alto porcentaje de polvo, y las rosas contienen óxidos, pero mediante un proceso de cribado y lavado se pueden mejorar lo suficiente para aprovecharlas.

c). Las arenas de playa o duna solamente se pueden emplear mediante un proceso de lavado (en agua dulce) siempre y cuando tengan el tamaño adecuado, pues contienen sales alcalinas que absorben y retienen la humedad, dando con el tiempo origen a eflorescencias que son perjudiciales para los acabados interiores (por esta razón no se utilizarán granos muy pequeños).

d). Las arenas artificiales son de granos angulosos y superficie rugosa; no contienen polvo suelto por el proceso de cribado y selección a que son sometidas después de ser trituradas y

molidas. Son aptas para los morteros y concretos, siempre y cuando provengan de rocas duras y no tengan aristas vivas y ángulos muy agudos, pues esto hace que disminuya la resistencia del conjunto.

Cuando se requiere máxima resistencia e impermeabilidad, es necesario que el agregado presente la máxima compactabilidad es decir, que presente un mínimo porcentaje de vacíos y cuando sólo se necesita determinada resistencia basta que la lechada sea lo suficiente para cubrir las superficies de contacto de las partículas del agregado.

Se ha comprobado que la misma forma esférica de los granos, además de proporcionar morteros más manejables y resistentes, proporcionan también economías, ya que los granos de forma alargada o con aristas vivas presentan, con relación al volumen, un área mucho mayor que es preciso cubrir (con la lechada) pero esto implica una menor manejabilidad y plásticidad a la mezcla por el desplazamiento de los granos entre sí.

Las arenas de forma esférica además de presentar una masa más compacta que otra de granos angulosos, proporcionan menor superficie de contacto entre sí y menos superficie a recubrir; por consiguiente, cuanto más aproximada sea la forma de los granos a la esfera, tanto más compactos, resistentes y económicos resultarán los concretos.

El tamaño de los granos es muy importante en la dosificación de concreto y la proporción en que se encuentran los granos de distintos tamaños constituyen la composición granulométrica de la muestra.

Para determinar la granulometría de la arena es necesario separarla en fracciones empleando un juego de mallas estándar.

Dentro del medio nacional es común el empleo de las mallas U.S. Standard, cuyas denominaciones y aberturas libres, en milímetros son:

No. 8	2.380
No. 16	1.190
No. 30	0.595
No. 50	0.297
No. 100	0.149

Los resultados de esta determinación se resumen en el dato Módulo de finura de la arena, que es igual a la suma de los porcentajes acumulados en cada una de las cinco mallas, dividido entre 100.

De acuerdo con su módulo de finura las arenas pueden clasificarse como sigue:

MODULO DE FINURA	CLASIFICACION
2.0	Muy Fina
2.0 — 2.3	Fina
2.3 — 2.6	Medio Fina
2.6 — 2.9	Media
2.9 — 3.2	Medio Gruesa
3.2 — 3.5	Gruesa
3.5	Muy Gruesa

La óptima estructura es aquella que presenta módulo de finura entre 2.3 y 3.2; es decir la combinación de granos que den la máxima compacidad, dicho de otra manera, que unos llenen los vacíos de otros. El empleo de las arenas finas y gruesas es muy escaso y de hacerse, deben ser mediante ensayos previos; por último, las muy finas o muy gruesas siempre resultan objetables para esta aplicación.

No siempre el simple módulo de finura basta para definir suficientemente la aptitud granulométrica de la arena siendo necesario acudir a comparar contra los límites establecidos de acuerdo a la práctica. La figura 3 presenta la forma usual de la representación gráfica de la composición granulométrica de la arena y los límites que establece para cada fracción la especificación ASTM C33.

DENOMINACION DE MALLAS	ABERTURAS EN MILIMETROS	PORCENTAJES RETENIDOS EN PESO	
		PARCIAL	ACUMULADO
No. 4	4.76	3	3
No. 8	2.38	12	15
No. 16	1.19	18	33
No. 30	0.595	21	54
No. 50	0.297	23	77
No. 100	0.149	15	92
CHAROLA	—	8	—
SUMAS		100	274

MÓDULO DE FINURA = 2.74

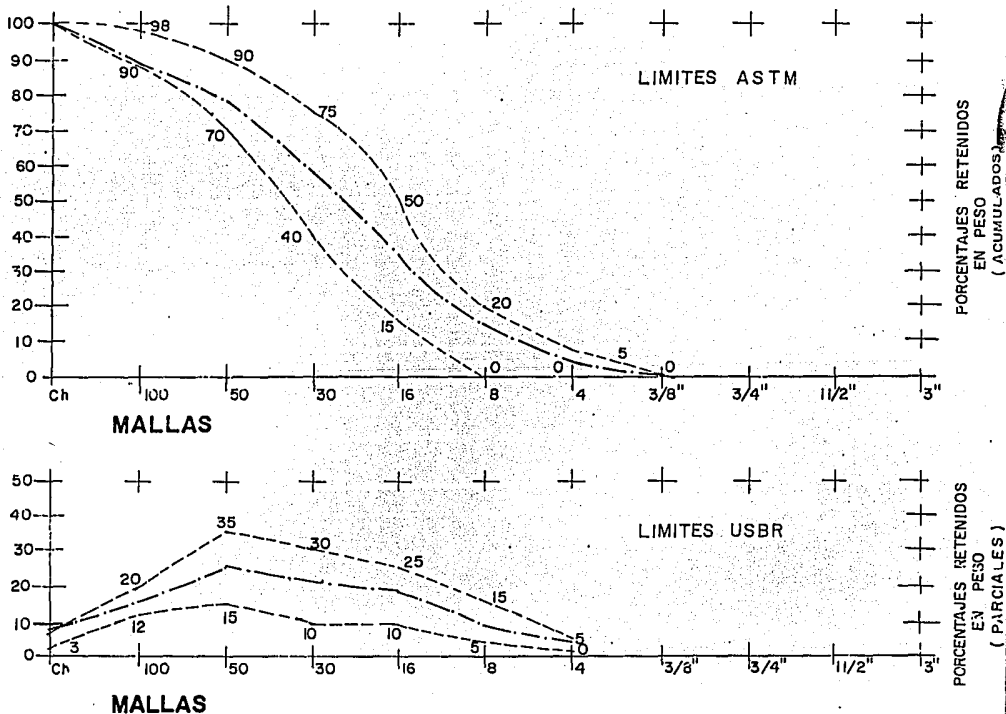


FIG.3 - ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA ARENA.

IV.1.3 Agregado grueso (grava). Los agregados gruesos se utilizan al mismo tiempo (para formar el conjunto) con las arenas para la dosificación del concreto, deberán satisfacer las condiciones de éstas, debiendo estar limpios, ser resistentes y tener una composición química adecuada y estable.

El tamaño de estos agregados varia con la clase o tipo de obra, empleándose desde 30, 50 y 90 mm. para concreto simple o ciclópeo y en el concreto armado el tamaño será dado por la separación del refuerzo.

La granulometría de la grava también se determina separándola en fracciones con el uso de mallas estándar. En este aspecto, no existe en el país un criterio tan unificado como en el caso de la arena. Sin embargo, la tendencia observada en la práctica establecida en el U.S. Bureau of Reclamation, que clasifica las gravas en mallas cuyas aberturas, en milímetros, son:

Nº 4	4.76
3/8"	9.51
3/4"	19.0
1 1/2".....	38.1
3"	76.2
6"	152.4

Al igual que la arena también se puede calcular el módulo de finura que en este caso, es igual a la suma de los porcentajes

acumulados en cada una de las mallas, desde 152 mm (6 pulg.) hasta la N^o 100, divididas entre 100. Como el retenido acumulado en las cinco mallas, desde el N^o 8 al N^o 100, debe de ser 100 por ciento, el cálculo del módulo se simplifica determinándolo por las mallas de la grava y sumándole cinco unidades. No obstante, el dato de módulo de finura de la grava es poco utilizado en la práctica.

En la figura 4 se presenta un ejemplo de análisis granulométrico de grava, con su representación gráfica.

Se ha comprobado que la masa de los agregados gruesos que presenta mayor compacidad, resistencia y plasticidad es la constituida por partículas de forma aproximadamente esféricas.

IV.1.3.1 Los agregados se preparan para su empleo:

- a). Cribándolos, para obtener sus distintos gruesos de acuerdo con el agregado de que se requiera.
- b). Lavándolos para eliminar sales, arcillas y otras sustancias extrañas.
- c). En caso necesario se secarán, para eliminar la humedad.

IV.1.3.2 En la dosificación del concreto el constructor deberá asegurarse de las condiciones de los agregados. De una manera general los agregados deberán prepararse para su empleo debiendo

DENOMINACION DE MALLAS	ABERTURAS EN MILIMETROS	PORCENTAJES RETENIDOS EN PESO	
		PARCIAL	ACUMULADO
2"	50.8	0	0
1 1/2"	38.1	4	4
3/4"	19.1	48	52
3/8"	9.5	27	79
No. 4	4.76	17	96
No. 8	2.38	4	—
SUMAS		100	231

MODULO DE FINURA = 7.31

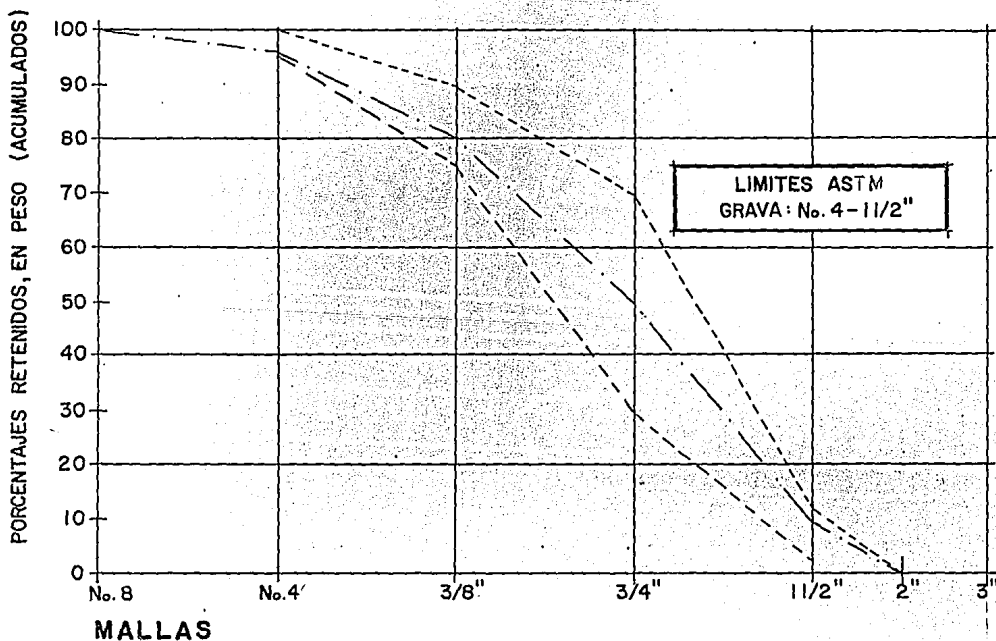


FIG. 4 • ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA GRAVA.

satisfacer las condiciones de dureza, estabilidad y resistencia, pero conviene efectuar pruebas que garanticen los resultados necesarios. Estas pruebas son:

- a. Composición granulométrica.
- b. Peso específico.
- c. Peso volumétrico.
- d. Absorción.
- e. Sanidad
- f. Resistencia
- g. Resistencia a la abrasión.
- h. Reacción alcaliagregado.
- i. Forma y textura superficial de las partículas.

a). La composición granulométrica es la distribución de tamaños de acuerdo como ya se trato en los apartados anteriores.

b). El peso específico es un índice (útil y rápido) de la aptitud del agregado, pues un valor bajo indica que es un material poroso, débil y absorbente y un valor alto indica resistencia y calidad, pero se deberá confirmar más adelante.

El peso específico y el volumétrico tienen importancia directa cuando las condiciones estructurales o las exigencias del proyecto piden un concreto con determinado peso, mínimo o máximo; cuando es necesario un peso ligero se emplean agregados naturales o se preparan artificialmente con bajo peso específico.

Para el diseño de mezclas de concreto y el cálculo de consumos de materiales en el concreto, interesa determinar el volumen de cada uno de los elementos componentes, lo que resulta posible al conocer su peso específico y volumétrico. El peso específico no siempre es un buen índice de calidad; de ahí que no se acostumbra limitarlo en especificaciones, excepto en el caso de estructuras en que el peso del concreto es importante.

A manera de información, se incluyen valores de pesos específicos que son comunes en agregados que se utilizan en concretos para usos diversos:

Clase de roca

Pómez	1.2	1.8	Concreto ligero
Escoria volcánica	1.6	2.2	
Caliza	2.3	2.8	
Arenisca	2.3	2.6	
Cuarzo	2.4	2.6	Concreto normal
Granito	2.4	2.7	
Andesita	2.4	2.7	
Basalto	2.5	2.9	
Lomita	3.0	3.8	
Barita	4.0	4.5	Concreto pesado
Magnetita	4.5	5.0	

d). La absorción es la capacidad de los diferentes agregados para absorber agua que, depende del tamaño, continuidad y cantidad total de vacíos permeables que contengan. Para fines prácticos conviene distinguir lo que es absorción y contenido de humedad en los agregados.

La primera es el agua que un agregado es capaz de absorber por inmersión durante 24 horas eliminándole el agua superficial; es decir, llevándolo a la condición de saturación y superficialmente seco.

El contenido de humedad es la cantidad total de agua contenida en un agregado, en un momento dado; puede ser menor o mayor que la absorción.

e). Sanidad. Se define como la aptitud de los agregados para resistir y permanecer inalterables bajo condiciones de servicio que generan acciones destructivas por cambios de volumen en el concreto de que forman parte tales como: congelamiento y deshielo, cambios térmicos y estados de saturación y secado.

Existen pruebas de laboratorio para determinar la sanidad, el método más usual consiste en someter los agregados a periodos sucesivos de inmersión y secado, empleando una solución sobresaturada de sulfato de sodio o sulfato de magnesio tratando de reproducir el medio ambiente agresivo en condiciones de servicio, esta prueba también se denomina, intemperismo acelerado.

f). Resistencia. Característica esencial dado que de ella dependerá la resistencia del concreto.

Se pueden considerar dos tipos de resistencia: Resistencia a la compresión y resistencia al impacto (tenacidad).

Existen métodos para valuar ambas resistencias y, aunque principalmente se utilizan para los estudios iniciales de aceptación, también se emplean para control de calidad de los agregados ya que es muy factible que se presenten variaciones de estas características, aún en un mismo banco de material.

g). Resistencia a la abrasión. La resistencia a la abrasión de la grava se considera importante cuando el concreto está expuesto a cualquier acción que produzca desgaste o erosión, bien sea de carácter mecánico o hidráulico.

No obstante, como esta resistencia se acostumbra medir con una prueba que somete a la grava a una combinación de fuerzas de impacto y desgaste superficial, sus resultados se amplian para considerarlos como un índice de calidad general y medir la aptitud potencial de las gravas para producir concretos resistentes.

h). Reacción álcaliagregado. Se considera que los agregados tienen estabilidad química cuando no reaccionan químicamente con el cemento en forma peligrosa, ni sufren la influencia química de

otras fuentes externas. En algunas regiones, los agregados que tienen ciertos elementos químicos reaccionan con los álcalis del cemento. Esta reacción álcaliagregado puede producir expansión anormal y agrietamientos irregulares en el concreto.

i). La forma de las partículas y la textura superficial de un agregado influyen en las propiedades del concreto fresco más que en concreto endurecido. Las partículas de superficie rugosa o las planas y alargadas requieren más agua para producir un concreto más manejable que los agregados redondeados o con partículas cuboides.

Por tanto, las partículas del agregado que son angulares requieren más cemento para mantener la misma relación agua-cemento. Sin embargo, cuando la gradación es buena, tanto los agregados triturados como los no triturados generalmente dan la misma resistencia, siempre que la dosificación de cemento sea la misma.

IV.2 AGUA

IV.2.1 El agua de la mezcla tiene dos funciones; hace que el concreto sea lo suficientemente trabajable para ser colocado y compactado y, al combinarse químicamente con el cemento, produce un material duro y resistente. Sin embargo, para la reacción química, únicamente requiere al rededor de la mitad del agua; el resto permanece o se evapora gradualmente, a medida que el concreto endurece, dejando pequeñas cavidades o vacíos, como se

les llama conurmente. Estos vacíos debilitan el concreto por lo que no debe sorprender que cuanto más agua tiene la mezcla más débil es el concreto; además, será menos resistente al intemperismo, especialmente a las heladas, ya que el agua atrapada en los vacíos puede congelarse y finalmente romper al concreto.

IV.2.2 Por sus efectos sobre el concreto la calidad del agua interesa bajo dos aspectos diferentes:

- a). Como agua de mezclado al elaborar el concreto fresco.
- b). Como agua de contacto con el concreto endurecido que forma parte del medio que lo rodea.

Como agua de mezclado, sus impurezas pueden tener efectos principalmente sobre el tiempo de fraguado, resistencia del concreto y corrosión del acero de refuerzo. Al ser aplicada como agua de curado, sus posibles efectos son más bien de apariencia al contener sales que manchen o produzcan eflorescencias sobre la superficie del concreto. Finalmente, como agua que forma parte del medio que rodea al concreto, cuando contiene sustancias agresivas, sus efectos son más decisivos, pudiendo llegar a extremos que se produzca la destrucción del concreto, si no se toman las precauciones convenientes.

Es muy frecuente que se mencione que el agua que pueda beberse y que no tenga sabor u olor notable sirve para hacer concreto; pero esta sentencia no siempre es válida. Algunas aguas con pequeñas

cantidades de azúcares o con ligero sabor cítrico pueden ingerirse, pero no sirve para el concreto; y al revés, hay aguas que sin ser potables pueden ser buenas para hacer concreto, según la cantidad y calidad de impurezas que contengan.

Haciendo a un lado el aspecto bacteriológico, que en el caso del concreto no interesa, el agua puede ser contaminada en dos formas: por materiales en suspensión y por sustancias en dilución. En la primera pueden mencionarse: limo, arcilla y materia orgánica. Entre las segundas, algunos gases, sales solubles y materia orgánica.

Ambas formas de contaminación suelen ser indeseables en el agua de mezclado: por ello es conveniente limitar tanto los materiales en suspensión como las sustancias detrimenales disueltas. No obstante, para juzgar más apropiadamente el agua, deben identificarse las impurezas y establecer sus posibles efectos sobre el concreto. Por ejemplo, el caso del agua de mar, a pesar de contener unos 35 gr/lit de sales disueltas, se ha empleado como elemento de mezclado en concreto simple al tomarse en cuenta que, en su gran mayoría, se trata de cloruro de sodio que sólo aparenta alterar el tiempo de fraguado. Por el contrario, se tiene el caso de los ácidos, el sulfato de magnesio, sales de plomo y otras sustancias altamente nocivas al cemento, cuya presencia en el agua de mezclado no debe ser tolerada en ninguna proporción.

Para comprobar la calidad del agua de mezclado, se acostumbra efectuar su análisis químico y ejecutar pruebas comparativas sobre pasta de cemento, mortero y/o concreto; en estas se compara el agua en estudio con otra calidad reconocida, tal como agua destilada. Por el análisis químico se determinan sulfatos (SO_4), cloruros (Cl), carbonatos (CO_3) y bicarbonatos (CH_3), óxido de magnesio (MgO), sodio (Na^+), dióxido de carbono disuelto (CO_2), el PH, grasa, materia orgánica (azúcares) y turbiedad.

Las pruebas físicas comparadas usuales son: sanidad en autoclave y tiempo de fraguado sobre pasta de cemento de consistencia normal, y resistencia a compresión sobre mortero hecho con arena estándar o sobre concreto hecho con agregados procedentes del lugar donde se requiere emplear el agua.

CAPITULO V

ADITIVOS

C A P I T U L O V

A D I T I V O S

V.1 Un aditivo es: un producto químico "Un material distinto del agua, agregados y cemento hidráulico que se usa como ingrediente en concretos y morteros y se añade a la mezcla inmediatamente antes o durante su mezclado".

En ocasiones, se requiere cierto comportamiento del cemento en sus estados fresco y endurecido; y no se puede conseguir con los materiales disponibles y si se logra es a un costo muy elevado. Esto es cuando los materiales disponibles no son los apropiados o deficientes, cuando las condiciones constructivas son demasiado exigentes o cuando las condiciones ambientales son muy severas.

La solución práctica es la adición al concreto de un material que demuestra ser conveniente para inducir el comportamiento requerido. Dicho material es conocido como aditivo.

Es requisito que los aditivos cumplan con las especificaciones aplicables de ASTM u otras apropiadas, además de cumplir en el uso, con las instrucciones que suministra el fabricante del producto.

V.1.1 Los aditivos pueden usarse para los siguientes fines:

- 1.- Aumentar la trabajabilidad sin aumentar el contenido de agua o para reducir el contenido de agua, logrando la misma trabajabilidad.
- 2.- Acelerar la velocidad de desarrollo de resistencia a edades tempranas.
- 3.- Aumentar la resistencia.
- 4.- Retardar o acelerar el fraguado inicial.
- 5.- Retardar o reducir el desarrollo de calor.
- 6.- Modificar la velocidad o la aptitud de sangrado o ambos.
- 7.- Aumentar la durabilidad o la resistencia a condiciones severas de explosión incluyendo la aplicación de sales para quitar el hielo.
- 8.- Controlar la expansión causada por la reacción de los álcalis con ciertos constituyentes de los agregados.
- 9.- Reducir el flujo capilar del agua.
- 10.- Reducir la permeabilidad de los líquidos.

- 11.- Para producir concreto celular.
- 12.- Mejorar la penetración y el bombeo.
- 13.- Reducir el asentamiento, especialmente en mezclas para rellenos.
- 14.- Reducir o evitar el asentamiento para originar una leve expansión en el concreto o mortero, usados para rellenar huecos y otras aberturas en estructuras de concreto y en rellenos para cimentación de maquinaria, columnas o trabes, o para rellenar ductos de cables de concreto postensionado o vacíos en agregado precolado.
- 15.- Aumentar la adherencia del concreto y el acero.
- 16.- Aumentar la adherencia entre concreto viejo y nuevo.
- 17.- Producir concreto o mortero de color.
- 18.- Obtener concretos o morteros con propiedades fungicidas, germicidas o insecticidas.
- 19.- Inhibir la corrosión de metales sujetos a corrosión amebidos en el concreto.
- 20.- Reducir el costo unitario del concreto.

La anterior lista de 20 razones importantes para las cuales se usan los aditivos es, en efecto una clasificación funcional.

V.1.2 La clasificación más amplia de los aditivos para concreto y de sus fines de aplicación, es la del comité ACI 212, "Aditivos para concreto". Aunque han ocurrido cambios en la tecnología de los aditivos desde que ese informe fue publicado en 1963, contiene información que todavía resulta útil de la cual se elaboró la siguiente relación de aditivos y de los fines que persiguen con su empleo.

a).- Acelerantes.- Aceleración del tiempo de fraguado y/o de la velocidad de adquisición de resistencia en las primeras edades.

b).- Retardantes.- Retardo del tiempo de fraguado.

c).- Fluidizantes.- Reducción del agua de mezclado (aumento de la resistencia, o aumento de la fluidez o reducción en el contenido de cemento).

d).- Inclusores de aire.- Aumento de la durabilidad en condiciones de congelación y deshielo, aumento de la manejabilidad, reducción del agua de sangrado.

e).- Estabilizadores de volumen.- Producción de una expansión ajustada para contrarrestar la contracción y obtener un volumen estabilizado en espacios abiertos.

f).- Expansores.- Producción de una expansión incrementada para favorecer el empaque a presión en espacios confinados o para reducir el peso volumétrico (expansión libre).

g).- Puzolanas.- Fijación de la cal liberada durante la hidratación del cemento, aumento de la manejabilidad, reducción del agua de sangrado y control de la expansión álcali-agregado.

V.1.3 El éxito en el uso de los aditivos depende del empleo de métodos apropiados de preparación y dosificación. Un sistema de dosificación requiere de precisión, reproducibilidad y velocidad. La falla en cualquiera de estas áreas puede afectar significativamente las propiedades y el trabajo del concreto.

Por lo anterior es recomendable el uso de aditivos siempre y cuando las necesidades de la obra lo requieran en sus programas de trabajo.

La preparación de cualquier aditivo previamente a su introducción en la mezcla de concreto debe atenderse a las recomendaciones del fabricante, así como a los procedimientos establecidos y aceptados. Aún cuando no es directamente una parte del proceso de preparación, debe darse atención importante al almacenamiento adecuado de los aditivos. Para el almacenamiento deben seguirse las recomendaciones de los fabricantes.

Con respecto a los sistemas de dosificación, pueden agruparse los aditivos en tres categorías: 1. Aquellos materiales que se dosifican en la mezcla en estado líquido; 2. Aditivos minerales finamente divididos tales como puzolanas naturales "fly ash", sílice en polvo y; 3. Aditivos mezclados con materiales inertes para abultarlos a fin de facilitar un pesado adecuado y la distribución del ingrediente activo en la mezcla del concreto.

CAPITULO VI

MEZCLADO Y DOSIFICACION

CAPITULO VI

DOSIFICACION Y MEZCLADO

VI.1 El Mezclado y la dosificación pueden ser:

- a) Manual.- Hecho en obra, medido a botes y mezclado con pala.
- b) Revolvedoras estacionarias.- Medido a botes y mezclado mecánicamente.
- c) Revolvedoras móviles.- Cargado por medio de tolvas en las plantas de concreto y mezclado en el camino.

VI.1.a) Este tipo de concreto se ejecuta de la manera siguiente:

Sobre un entarimado de duela o tablones (artesa) impermeable o bien sobre una superficie plana preparada (se cubre la superficie con una capa de concreto pobre perfectamente apisonado y a nivel, ya fraguado se podrá mezclar todo tipo de mortero y de concretos) se extiende en primer lugar la arena, a continuación se vacía el

cemento mezclado con una pala (la arena y el cemento) hasta que se obtenga un color uniforme (generalmente con dos o tres vueltas completas es suficiente).

Después de tener la arena y el cemento perfectamente revueltos se extenderá la mezcla obtenida, añadiéndole el agregado grueso hasta que quede una capa uniforme muy bien mezclada, procediéndose a abrir un cráter, añadiendo la cantidad necesaria de agua.

Luego de derrumbar la orillas del cráter se mezcla el conjunto de un lado hacia otro hasta que se observe que la revoltura presenta un color uniforme.

Si la revoltura empieza a fraguar (no deberá pasar de 20 a 30 minutos), la operación del colado, asimismo después de haber depositado el agua necesaria, no se deberá permitir que se le agregue más agua.

La revoltura que por descuido haya endurecido o sobrado, por ningún motivo deberá usarse en elementos estructurales en último caso solo se podrá usar en firmes.

VI.1.b Revolvedoras estacionarias o Elaboración mecánica. Se efectúa mediante mezcladoras rotatorias (o de tambor).- En obras pequeñas o de poca magnitud se carga por medio de botes. En obras

mayores se carga por medio de cucharones móviles de capacidad de $1/3m^3$ ($0.38m^3 = 1/2$ yarda³) y con tolvas si es necesario mayor capacidad: en el tambor de acero se mezclan los materiales en seco. Todos los agregados deben ser mezclados completamente hasta lograr una apariencia uniforme (de color semejante) con todos los ingredientes perfectamente distribuidos.

El mezclador deberá girar a la velocidad recomendada por el fabricante y el mezclado deberá continuarse por lo menos durante 1.5 minutos después de que todos los materiales estén dentro del tambor, a menos que se demuestre que un tiempo menor es satisfactorio, según los criterios de las especificaciones para concretos premezclados (ASTM-C-94). (El concreto premezclado deberá mezclarse y entregarse de acuerdo a esas mismas especificaciones).

En el interior del cilindro se revuelve la mezcla por medio de espas y haciendo que avance hacia la salida en su momento.

Los sistemas motrices pueden ser de gasolina o eléctricos, pudiendo estar montada la revolovedora sobre ruedas o fija.

No hay que cargar las mezcladoras con mayor capacidad de la indicada, ni ponerlas a trabajar a mayor velocidad de la especificada como ya se mencionó. Si se desea aumentar el rendimiento se usará otra mezcladora mayor o una adicional: no se deberá sobrecargar o forzar el equipo, si las paletas de la mezzcladora

se desgantan o impregnan de concreto endurecido, la acción del mezclado resultará menos eficiente.

VI.1.c) Revolvedoras móviles. Hablar de revolvedoras móviles y de plantas de concreto es hablar de concreto premezclado.

Las plantas de concreto pueden instalarse para la producción de concreto de una estructura grande, por ejemplo, una presa, o para vender al público. Estas plantas incluyen equipos para el manejo y almacenamiento de agregados y cemento, dosificadores y revolvedoras en tamaños de 288 a 1125 (28 pies cúbicos a 112 pies cúbicos). Las revolvedoras podrán ser o no del tipo basculante.

Hay equipos con sistemas especiales para pesar con exactitud y rapidez los ingredientes del concreto: constan por lo general de dos balanzas para pesar dos tamaños de agregados. Hay 5 palancas para el tipo de mezclas; se tienen pesas deslizantes en cada balanza. Con esta distribución para cada uno de los ingredientes del concreto se hace posible disponer las balanzas de forma que los diversos tipos de agregados, para cualquiera de las 5 mezclas diferentes, puedan pesarse al mismo tiempo usándose para ello un selector.

En los controles de cada balanza se tienen dos contactos: uno para interrumpir la rápida alimentación inicial y otro para cortar totalmente dicha alimentación, siendo accionados estos por

interruptores de mercurio mediante un brazo de compensación.

Como precaución cada tamaño de los agregados debe pesarse por separado. La disposición de las tolvas de pesado será tal que se permita tomar muestras de cada tipo de material y tenga un dispositivo (esferas indicadores) que marque la carga de cada balanza en cualquier momento, desde cero a su total capacidad, indicando además que estén cargadas convenientemente, o si se descargan totalmente y otras anomalías dentro de las tolvas. Este tipo de instalación de tolvas separando cada tipo de material (por su tamaño principalmente) es completamente automático, pudiendo dosificarse cualquiera de los 12 tipos de mezclas deseados mediante un selector.

Con el fin de aprovechar todas las ventajas de la dosificación en peso, hecho con exactitud, los materiales pesados deben manejarse convenientemente para que las dosis que lleguen al sistema de mezclado sean tan uniformes y completas como cuando salieron del equipo de medición. Esto es especialmente importante cuando la mezcla se transporta por camión u otro procedimiento a mezcladoras portátiles próximas a la obra.

El equipo de pesar puede ser de dos tipos:

- a) Tolva dosificadora, que suele alimentarse de los silos

de almacenamiento.

- b) Balanza de plataforma para pesar los materiales en carros o carretillas, empleándose para ello agregados procedentes de apilamientos para mezclas de concreto que contienen uno a más sacos de cemento, cuando los equipos de mezclado están provistos de tolvas o cucharas mecánicas de carga.

Dosificación de líquidos, agua y productos de adición con cloruro de calcio y agentes aireantes, siendo requisito previo, importante de este equipo, la exactitud, seguridad y la facilidad para la reparación, ajuste y corrección.

Este equipo puede ser un tanque vertical provisto de un tubo de nivel, una escala graduada para ver el peso y un rebosadero adecuado para regular el llenado del tanque. Con este dispositivo se tiene la flexibilidad necesaria para que el operario de la revoltura controle la consistencia de concreto y permitir la lectura directa de la cantidad de agua requerida para la misma.

En este caso no se permitirá el empleo de tanques de agua horizontales en equipos portátiles (ó montados en la obra) por que por el mismo movimiento o mala colocación se desnivelan, teniendo problemas en la medición.

En general los equipos basculantes son más eficaces que los otros

tipos, debido a que pueden descargarse rápidamente con el mínimo de separación, teniendo también la ventaja de que puedan limpiarse fácilmente.

Para evitarse que las mezclas transportadas en camiones se sobremezclen (partiéndose el agregado grueso o sedimentándose); se emplearán tabiques (compuertas) de separación más altos y teniendo cuidado en la carga y descarga.

La pérdida de materiales, al pasar los agregados de los camiones a las tolvas de mezclado, no se producirá si los recipientes son bastante amplios y los camiones se colocan en posición adecuada para vaciar el producto en forma conveniente.

La descarga incompleta de la mezcla desde una tolva o de un camión, hace que la misma quede deficiente y en el caso del transporte, este se sobrecargará, debiendo así hacerse un manejo adecuado y cuidadoso.

La pérdida de cemento debido al levantamiento de polvo o a la dispersión, cuando se le deja caer libremente desde la tolva de pesado, se debe evitar, empleándose tubos para conducirlo, o bien conductos de lona.

La pérdida de cemento durante el transporte en camión no ocurrirá si se le provee de una sección o compartimiento separado en cada tipo de mezcla, o si se carga junto con los agregados, de forma

que quede totalmente cubierto.

En el caso de que el cemento se mezcle con los agregados y estos estén húmedos y transcurran de 3 a 6 horas entre el llenado y el vaciado de los compartimientos, habrá que añadir más cemento, dependiendo de la cantidad necesaria con respecto al tiempo.

Se tratará de tener compartimientos separados para no tener que añadir cemento para contrarrestar el efecto de la prehidratación y desechar mezclas que lleven más de 6 horas.

Los camiones revolventoras constan de un equipo montado en el vehículo capaz de mezclar el concreto en el camino, desde la instalación de la dosificación hasta la obra misma. Estos camiones-revolventoras tienen máquinas portátiles diseñadas para impedir la sedimentación del concreto mediante un ligero mezclado en el camino a la obra.

Según el tipo que prevalezca y la composición de la mezcla el concreto puede conservarse plástico y fácil de manejar mediante el agitador que lo revuelve paulatinamente, durante un máximo de hora y media.

El agitador, por lo general, es la misma revolventora haciéndola girar a una velocidad mínima que la empleada para hacer la mezcla.

Precauciones que deben tomarse para las revolvedoras:

a) La revolvedora deberá estar provista de un contador de agua de precisión en el tanque de abastecimiento (tendrá esferas indicadoras y totalizador).

b) Cada camión deberá estar provisto de un contador de revoluciones que indiquen el grado de mezclado.

c) Los camiones deberán alimentarse por cinta con una mezcla de agregados, cemento y agua, mientras el tambor gire.

A falta de dispositivos de cinta, se seguirá la alimentación de la siguiente forma:

Se colocará en el tambor un tercio del agua

Un medio del agregado

Todo el cemento.

La segunda mitad del agregado

Y el resto del agua requerida

d) El agua del mezclado inicial deberá limitarse de forma que esté seguro que nunca se sobrepasará el asiento (segregación) aceptable.

e) Sólo deberá mezclarse el 75% del número necesario de revoluciones, a la velocidad requerida antes de ver si la consistencia está adecuada; después se mezclará con las revoluciones restantes, agregando agua si fuere necesario, pero no se

sobrepasará la relación agua-cemento especificada.

f) Cada camión revolvedor (olla) tendrá un registro que permita una fácil determinación de la consistencia del concreto antes de descargar la mezcla.

g) Al descargar la revolvedora hay que asegurarse de que conserven las mismas proporciones de cemento y agregados.

En el concreto premezclado en revolvedoras se produce a menudo una pérdida de asiento considerable, principalmente en tiempo caluroso. Esta pérdida puede reducirse al mínimo deteniendo el mezclado (2 a 5 rpm) para evitar asentamiento, y de 6 a 9 rpm en el camino en proceso de mezclado.

Precauciones a tomar en clima cálido:

- 1.- Los tambores de la revolvedora deben pintarse de blanco y conservarse brillantes, para tratar de reflejar los rayos solares.
- 2.- Los materiales deben conservarse tan frescos como se pueda, poniéndolos a la sombra y regándolos ligeramente para promover la refrigeración por evaporación.
- 3.- Se evitarán retrasos previos a la descarga y colocación del concreto, organizando los trabajos para un pronto manejo.

Ventajas del Concreto Premezclado.

Se obtiene en la obra un ahorro por que no hay gastos en instala-

ciones y de mano de obra en:

Selección (en tamices o tolvas)

Trituración

Tipos de dosificación (según tamaño y forma).

Equipos de pesado y mezclado

Tipo de tolvas para el mezclado.

Control de calidad (agregados y cemento)

Prueba de laboratorio

Se tiene un ahorro en espacio de almacenamiento de los agregados y de una bodega bajo cubierto para guardar cemento. En caso de ocupar un gran volumen de concreto, o por poco que éste sea, el tener que realizar una obra se economiza grandemente en tiempo, por lo que el personal sólo se ocupará de cimbrar y armar, teniendo la facilidad de colar sin tener que hacer selección, dosificación y mezclado.

La compañía elaboradora de concreto premezclado garantiza la existencia de concreto, por lo que los consumidores podrán calcular sus coeficientes de seguridad y tasas de trabajo, que establecerán el reglamento, exigencias del diseño y el cálculo de una construcción específica.

El laboratorio de la Asociación Nacional de Concreto Premezclado A.C., ofrece al consumidor un medio seguro de comprobar la calidad de cada colado que son independientes de la industria de premezclados y completamente imparciales.

VI.2 El procedimiento para la dosificación de mezclas que se expone en este inciso es el recomendado por A.C.I. en su "PRACTICA RECOMENDADA PARA DOSIFICAR CONCRETO NORMAL, CONCRETO PESADO Y CONCRETO MASIVO (A.C.I. 211.1.81) (REVISADA EN 1984)".

VI.2.1 En esta práctica recomendada se presenta el proporcionamiento de concreto incluyendo mezclas con aire incluido. Se dan tablas que suministren rápidamente información para obtener el proporcionamiento de concreto, con la ayuda de pruebas de laboratorio sobre las propiedades físicas de los agregados gruesos y finos. Se incluye un ejemplo del diseño de mezcla con el uso de las tablas. Se ilustra la corrección al proporcionamiento debida al contenido de humedad en los agregados.

VI.2.2 Las proporciones del concreto deben seleccionarse para lograr el uso más económico de los materiales disponibles para la producción del concreto con la manejabilidad, durabilidad y resistencias requeridas. Se han establecido relaciones fundamentales que proporcionan guías para aproximarse a las combinaciones óptimas, pero las proporciones finales deben establecerse por medio de pruebas directas y ajustes en la obra.

El concreto se compone esencialmente de agua, cemento, agregados y eventualmente aditivos. Tanto las propiedades de los agregados como del cemento tienen un efecto importante sobre la resistencia y durabilidad del concreto y sobre la cantidad de agua requerida para su colocación. Cuando permanecen constantes las

fuentes de origen de los ingredientes, el tipo de cemento y la cantidad de aditivo, es posible variar dentro de un intervalo amplio la cantidad de cemento, la granulometría y tamaño máximo de los agregados y la consistencia del concreto, sin afectar materialmente la resistencia, siempre que la calidad de la pasta de cemento, determinada por la relación agua-cemento, se mantenga constante.

Cuando varían las fuentes de origen de los ingredientes, como en el caso de agregados de diferentes plantas o cementos de diferentes molinos, las resistencias del concreto pueden diferir apreciablemente aún cuando se mantenga constante la relación agua-cemento. Por lo tanto cuando se trate de construcciones de concreto de alguna importancia es conveniente efectuar por anticipado pruebas de laboratorio para establecer las proporciones requeridas.

VI.2.3 En la medida de lo posible, la selección de las proporciones del concreto debe estar basada en la información obtenida de las pruebas o en la experiencia con los materiales que van a usarse. Para los casos donde no se cuenta con esa información previa o sea muy limitada, pueden emplearse las estimaciones que se expondrán en esta práctica recomendable.

El procedimiento para la selección de las proporciones de la mezcla tratada en esta sección, es aplicable para el concreto normal. Aunque podrá utilizarse la misma información básica y

procedimiento para obtener el proporcionamiento del concreto pesado.

La estimación de los pesos requeridos para las mezclas de concreto comprende una secuencia de pasos lógicos y directos que, en efecto concuerdan con las características de los materiales disponibles para obtener una mezcla apropiada para la obra. Frecuentemente el problema de la adaptabilidad no siempre permite al individuo que seleccione las proporciones. Las especificaciones de la obra pueden contener todas o algunas de las siguientes recomendaciones.

- 1.- Relación agua-cemento máxima
- 2.- Contenido mínimo de cemento
- 3.- Contenido de aire
- 4.- Revenimiento
- 5.- Tamaño máximo del agregado
- 6.- Resistencia
- 7.- Otros requerimientos que se relacionan con temas tales como resistencia de sobrediseño, aditivos y tipos especiales de cemento o agregado.

Independientemente de que las características del concreto se señalen en las especificaciones o se dejen al individuo que selecciona las proporciones, el establecimiento de los pesos de la mezcla por metro cúbico de concreto pueden obtenerse mediante la siguiente secuencia:

Paso 1 Elección del revenimiento. Si el revenimiento no está especificado, se puede elegir un valor apropiado para la obra de acuerdo a la Tabla 1 los valores de revenimiento mostrados son aplicables cuando se utiliza la vibración para compactar el concreto.

Deben usarse mezclas de consistencia más densa, que puedan colocarse eficientemente.

Tabla 1.- Revenimientos recomendables para diversos tipos de construcción.

CLASE DE CONSTRUCCION	REVENIMIENTO DE CENTIMETROS	
	MAXIMO*	MINIMO
CIMIENTOS DE MUROS Y ZAPATAS REFORZADOS.	8	2
ZAPATAS SIN REFUERZO, CAJONES Y MUROS DE SUB-ESTRUCTURAS.	8	2
LOSAS REFORZADAS, VIGAS Y MUROS.	10	2
COLUMNAS DE EDIFICIOS.	10	2
CUBIERTAS DE PUERTAS.	8	5
PAVIMENTOS.	5	2
ACERAS, ENTRADAS PARA VEHICULOS Y LOSAS EN EL SUELO.	10	5
CONSTRUCCIONES DE GRAN MASA	5	2

*Pueden incrementarse en 2.5 cm. cuando los métodos de compactación no sean mediante vibrado.

Paso 2.- Elección del tamaño máximo del agregado. Los agregados bien graduados de tamaño más grande tienen menos vacíos que los de tamaño menor.

De aquí que los concretos con agregado de mayor tamaño requieren menos mortero por unidad de volumen de concreto. Generalmente el tamaño máximo del agregado debe ser el mayor que se encuentra disponible económicamente y el que resulta compatible con las dimensiones de la estructura. Bajo ninguna circunstancia el tamaño máximo debe exceder de una quinta parte de la menor dimensión entre los lados de las cimbras, de una tercera parte del peralte de las losas, ni de tres cuartas partes del espaciamiento mínimo libre entre las varillas individuales de refuerzo, haces de varilla o cables pretensados. En algunas ocasiones estas limitaciones se descartan si la trabajabilidad y los métodos de compactación son tales que el concreto pueda ser colocado sin que se formen cavidades o vacíos. Para obtener los mejores resultados cuando se desea obtener un concreto de alta resistencia, deben reducirse los tamaños máximos de los agregados, ya que estos producen mayores resistencias con una relación agua-cemento dada.

Paso 3.- Estimación del agua de mezclado y del contenido de aire. La cantidad de agua por unidad de volumen de concreto requerida para producir un revenimiento dado, depende del tamaño máximo, de la forma de la partícula y de la granulometría de los agregados, así como de la cantidad de aire incluido. La cantidad de cemento no la afecta en mayor grado. En la tabla 2 se propor-

cionan estimaciones con respecto a la cantidad de agua de mezclado requerida para concretos elaborados con varios tamaños máximos de agregado con y sin aire incluido. Dependiendo de la textura y de la forma del agregado, los requerimientos de agua de mezclado pueden estar un tanto por encima o por debajo de los valores tabulados, pero son suficientemente precisos para una primera estimación. Tales diferencias en los requerimientos de agua no se reflejan necesariamente en la resistencia ya que existen otros factores compensatorios que pueden estar incluidos. Por ejemplo, con un agregado grueso redondo y uno angular, ambos graduados similarmente y de buena calidad, puede producirse concreto de aproximadamente igual resistencia a la compresión, utilizada la misma cantidad de cemento, a pesar de las diferencias en la relación agua-cemento resultante de los distintos requerimientos de agua de mezclado. La forma de la partícula en sí no constituye un indicio de que un agregado esté por encima o por debajo del promedio en su capacidad de producción de resistencia.

Tabla 2.- Requerimientos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de agregado.

REVENIMIENTO CM.			AGUA, LITROS POR METRO CUBICO DE CONCRETO PARA EL TAMAÑO MAXIMO DE AGREGADO EN MILIMETROS						
			10	12.5	20	25	40	50	75
CONCRETO SIN AIRE INCLUIDO									
3	A	5.0	205	200	185	180	160	155	145
8	A	10.0	225	215	200	195	175	170	160
15	A	18.0	240	230	210	205	185	180	170
CANTIDAD DE AIRE RETENIDO EN EL CONCRETO SIN INCLUSION DE AIRE, EN POR CIENTO			3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3
CONCRETO CON AIRE INCLUIDO									
3	A	5.0	180	175	165	160	145	140	135
8	A	10.0	200	190	180	175	160	155	150
15	A	18.0	215	205	190	185	170	165	160
PROMEDIO TOTAL RECOMENDADO DE CONTENIDO DE AIRE, EN POR CIENTO			8	7	6	5	4.5	4	3.5

Estas cantidades de agua mezclado, se usan en el cálculo de los factores de cemento para las revolturas de tanteo. Son máximas para el agregado grueso angular razonablemente bien formado y graduado dentro de los límites de las especificaciones aceptadas.

Los valores de revenimiento para concreto con agregado mayor de 40 mm están basados en pruebas de revenimiento de concreto cribado, a fin de quitar las partículas mayores de 40 mm.

La tabla 2 indica la cantidad aproximada de aire atrapado que puede esperarse en un concreto sin aire incluido y también muestra los niveles recomendables de contenido de aire promedio para concreto en el que se ha incluido aire para efectos de

durabilidad. El concreto con aire incluido debe usarse siempre en estructuras que están expuestas a los fenómenos de congelación y deshielo; y generalmente en estructuras expuestas al agua de mar o al efecto de sulfatos. Cuando no se prevea una exposición severa del concreto, la inclusión de aire puede acarrear efectos benéficos en la trabajabilidad y en la cohesión del concreto, con mezclas de contenido de aire de aproximadamente la mitad de aquellos indicados para el concreto con aire incluido.

Cuando se usan mezclas de prueba para establecer relaciones de resistencia o para verificar la capacidad de producción de resistencia de una mezcla, debe usarse la combinación menos favorable de agua de mezclado y contenido de aire. Esto es, el contenido de aire deberá ser el máximo permitido o el que probablemente ocurra y el concreto debe calcularse hasta el revenimiento más alto permisible. Lo anterior evitará que se haga una estimación demasiado optimista de la resistencia, bajo la suposición de que las condiciones promedio más que las extremas, serán las que prevalezcan en el campo.

Paso 4.- Elección de la resistencia agua-cemento. Los requerimientos de la relación agua-cemento se determinan no sólo por las necesidades de resistencia sino también por factores tales como la durabilidad y propiedades del acabado. Ya que los diferentes agregados y cementos generalmente producen resistencias distintas con la misma relación agua-cemento, es altamente recomendable conocer o desarrollar la correspondencia entre la

resistencia y la relación agua-cemento para los materiales a usarse. En ausencia de tal información pueden tomarse los valores aproximados y relativamente conservadores para concreto conteniendo cemento Portland tipo I que se indican en la tabla 3. Con materiales típicos, las relaciones agua-cemento tabuladas deben producir las resistencias mostradas, que están basadas en pruebas a los 28 días de muestras curadas bajo condiciones estándar de laboratorio. La resistencia se selecciona con un margen suficiente, para mantener el número de pruebas de resistencia bajas dentro de los límites especificados.

Tabla 3.- Correspondencia entre la relación agua-cemento y la resistencia a la compresión del concreto.

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS KG/CM	RELACION AGUA-CEMENTO, POR PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCLUIDO	CONCRETO CON AIRE INCLUIDO
450	0.38	-
400	0.43	-
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Los valores indican las resistencias promedio estimadas para concreto con un porcentaje de aire no mayor que el indicado en la Tabla 2. Para una relación agua-cemento constante, la resistencia del concreto se reduce conforme el contenido de aire aumenta.

Tabla 4.- Relaciones agua-cemento máximas permisible para concreto expuesto a condiciones severas.*

TIPO DE ESTRUCTURA	ESTRUCTURA CONTINUA O FRECUENTEMENTE HUMEDA Y EXPUESTA A CONGELACION Y DESHIELO. **	ESTRUCTURA EXPUESTA AL AGUA DE MAR O A SULFATOS.
SECCIONES ESBELTAS (BARANDALES) GUARNICIONES, UMBRALES, MENSULAS TRABAJOS ORNAMENTALES Y SECCIONES CON MENOS DE 3 CM. DE RECUBRIMIENTO SOBRE EL ACERO DE REFUERZO.	0.45	0.45 ***
TODAS LAS DEMAS ESTRUCTURAS.	0.50	0.45 ***

* Basada en el reporte del comité ACI. 201 "Durabilidad del concreto.

** El concreto también debe ser del tipo de aire incluido.

*** Si se utiliza cemento resistente a los sulfatos (tipo II o tipo V de la norma ASTM C-150), la relación agua-cemento permisible podrá aumentarse en 0.05.

Para condiciones de exposición severas, la relación agua-cemento debe mantenerse baja, aun cuando los requerimientos de resistencia puedan cumplirse con un valor mayor. En la tabla 4 se proporcionan los valores límite.

Paso 5.- Cálculo del contenido de cemento. La cantidad de cemento por unidad de volumen de concreto se obtiene de las determinaciones efectuadas en los pasos 3 y 4. El cemento requerido es igual al contenido estimado de agua mezclado (Paso 3), dividido entre la relación agua-cemento (Paso 4). Si no

obstante la especificación incluye por separado un límite mínimo de cemento además de los requerimientos de resistencia, y durabilidad, la mezcla debe basarse en aquel criterio que conduzca a la mayor cantidad de cemento.

El uso de puzolanas o de aditivos químicos afectará las propiedades tanto del concreto fresco como del endurecido.

Paso 6.- Estimación del contenido del agregado grueso, los agregados esencialmente similares en granulometría y en tamaño máximo, producirán un concreto de trabajabilidad satisfactoria cuando se emplee un volumen determinado de agregado grueso seco, compactado con varilla, por volumen unitario de concreto. En la tabla 5 se proporcionan los valores adecuados para este volumen de agregado. Se puede observar que, para obtener una trabajabilidad similar el volumen de agregado grueso para un volumen unitario de concreto sólo depende de su tamaño máximo y del módulo de finura del agregado fino. Las diferencias en la cantidad de mortero necesario para obtener la trabajabilidad con agregados distintos, debidas a la forma y granulometría de las partículas, quedan automáticamente compensadas con las diferencias en el contenido de vacíos en el agregado seco y compactado con varilla.

El volumen del agregado, seco y compactado con varilla, por metro cúbico de concreto, se muestra en la tabla 5. Este volumen se convierte en peso seco del agregado grueso requerido por metro

cúbico de concreto multiplicando por el peso volumétrico del agregado grueso, seco y compactado con varilla.

Para obtener un concreto más manejable, como el que se requiere en algunas ocasiones cuando se usa una bomba para la colocación o cuando se coloca el concreto en zonas congestionadas con acero de refuerzo, es recomendable reducir hasta en un 10% el contenido estimado de agregado grueso que se ha determinado en la tabla 5. Sin embargo, se debe tener cuidado en asegurar que el revenimiento resultante, la relación agua-cemento y las propiedades de resistencia del concreto sean compatibles con las recomendaciones proporcionadas en las secciones, paso 1 y paso 4, y que satisfagan los requerimientos aplicables de las especificaciones del proyecto.

Tabla 5.- Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto.

TAMANO MÁXIMO DEL AGREGADO.	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO, SECO Y COMPACTADO CON VARI-LLA *, POR VOLUMEN UNITARIO DE CONCRETO PARA DIFERENTES MODULOS DE FINURA DE ARENA			
	2.40	2.60	2.80	3.00
10 (3/8")	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5 (1/2")	0.59	0.57	0.55	0.53
20 (3/4")	0.66	0.64	0.62	0.60
25 (1")	0.71	0.69	0.67	0.65
40 (1 1/2")	0.76	0.74	0.72	0.70
50 (2")	0.78	0.76	0.74	0.72
70 (3")	0.81	0.79	0.77	0.75
150 (6")	0.87	0.85	0.83	0.81

* Los volúmenes están basados en agregados secos y compactados con varilla como se describe en la norma ASTM-29, "Peso unitario de los agregados". Estos volúmenes se han seleccionado de relaciones empíricas para producir un concreto con un grado de trabajabilidad apropiada para la construcción reforzada usual. Para obtener un concreto con menos trabajabilidad como el que se utiliza en la construcción de pavimentos, estos valores se pueden aumentar en un 10%. Para un concreto con más trabajabilidad como el que algunas veces se requiere para el bombeo estos valores se pueden reducir hasta en un 10%.

Paso 7.- Estimación del contenido de agregado fino. Al concluir el paso 6, se habrán calculado todos los ingredientes del concreto a excepción del agregado fino. Su cantidad se determina por las diferencias. Se puede emplear cualquiera de los dos siguientes procedimientos: El método por peso o el método por volumen absoluto.

7.1 Si el peso del volumen unitario del concreto se presupone o se estima de acuerdo a la experiencia, el peso requerido de agregado fino es simplemente la diferencia entre el peso del concreto fresco y el peso total de los otros ingredientes. Por lo general se conoce el peso unitario del concreto con una precisión razonable. Si no se cuenta con esta información, se utilizará la tabla 6, para hacer una primera estimación. Aún cuando el peso estimado por metro cúbico de concreto sea aproximado, las proporciones de la mezcla serán lo suficientemente exactas para permitir ajustes sencillos basados en las mezclas de prueba, si se desea obtener un cálculo teóricamente exacto del peso del

concreto fresco por metro cúbico, se utilizará la siguiente fórmula:

$$U_m = 10 G_a (100-A) + C_m (1-G_a / G_c) - W_m (G_a - 1)$$

En donde:

U_m = Peso volumétrico del concreto fresco en Kg/m³

G_a = Promedio obtenido de los pesos específicos de los agregados finos y gruesos combinados, superficialmente secos y sueltos.

G_c = Peso específico del cemento (por lo general 3.15)

A = Contenido de aire, por ciento.

W_m = Requerimiento de agua de mezclado en Kg/m³

C_m = Requerimiento de cemento en Kg/m³

7.2 Un procedimiento más exacto para calcular la cantidad requerida de agregado fino se basa en el uso de los volúmenes de los ingredientes. En este caso el volumen total de los ingredientes conocidos -agua, aire, cemento y agregado grueso- se resta del volumen unitario de concreto para obtener el volumen requerido de agregado fino. El volumen que cualquier ingrediente ocupa en el concreto es igual a su peso dividido entre el peso específico de ese material.

Tabla 6.- Primera estimación del peso del concreto fresco.

PRIMERA ESTIMACION DEL PESO DEL CONCRETO EN KG/m ³ *		
TAMANO MAXIMO DEL AGREGADO EN mm	CONCRETO SIN AIRE INCLUIDO	CONCRETO CON AIRE INCLUIDO
10 (3/8")	2285	2190
12.5 (1/2")	2315	2235
20 (3/4")	2355	2280
25 (1")	2375	2315
40 (1 1/2")	2420	2355
50 (2")	2445	2375
70 (3")	2465	2400
150 (6")	2505	2435

* Valores calculados con la ecuación de 7.1, para concretos medianamente ricos (300 kg de cemento por metro cúbico) y revenimiento medio, con un agregado cuyo peso específico es de 2.7. Los requerimientos de agua están basados en los valores de revenimiento de 8 a 10 cm., de la tabla 2. Si se desea, se puede precisar más la estimación del peso, como se indica a continuación, siempre que se posea la información necesaria; por cada 5 kg de diferencia en el agua de mezclado de la tabla 2 para valores de 8 a 10 cm. de revenimiento, se corregirá el peso por metro cúbico en 8 kg en la dirección opuesta; por cada 20 kg de diferencia en el contenido de cemento de 330 kg se corregirá el peso por m³ en 3 kg en la misma dirección; por cada 0.1 de desviación de 2.7 en el peso específico del agregado, se corregirá en 70 kilogramos el peso del concreto en la misma dirección.

Paso 8.- Ajustes por el contenido de humedad del agregado.

Debe considerarse la humedad de los agregados para pesarlos correctamente. Por lo general, están húmedos por lo que al peso seco hay que aumentarle el porcentaje de agua que contengan, tanto la de absorción como la superficial. El agua de mezclado que se agrega debe reducirse en una cantidad igual a la de la humedad libre que contiene el agregado, es decir humedad total menos absorción.

Paso 9.- Ajustes en las mezclas de prueba. Las proporciones calculadas de la mezcla deben verificarse mediante mezclas de prueba en el laboratorio o por medio de mezclas reales en campo. Sólo debe usarse el agua suficiente para producir el revenimiento requerido, independientemente de la cantidad supuesta al dosificar los componentes de la prueba. Deben verificarse el peso unitario y la fluencia, así como el contenido de aire del concreto. También debe tenerse cuidado de lograr la trabajabilidad apropiada, ausencia de segregación y las propiedades de acabado. Deberán efectuarse los ajustes necesarios en las proporciones de las mezclas subsecuentes, de acuerdo con los siguientes procedimientos:

a) La cantidad de agua de mezclado para producir el mismo revenimiento que el de la mezcla de prueba, sería igual a la cantidad neta de agua de mezclado empleada, dividida por la fluencia de la mezcla de prueba en m³. Si el revenimiento de la prueba no es el correcto, increméntese o redúzcase el contenido nuevamente estimado de agua a 2 Kg. por metro cúbico de concreto para cada centímetro de incremento o reducción del revenimiento.

b) Si no se obtiene el contenido de aire deseado (para concreto con aire incluido), debe estimarse de nuevo el contenido requerido de aditivo para lograr el contenido de aire apropiado, y reducirse o incrementarse el contenido de agua de mezclado que se indica en el inciso anterior, en 3 kilogramos por cada 1% en que debe reducirse o incrementarse el contenido de aire

respecto al de la mezcla de prueba previa.

c) El peso unitario de concreto fresco estimado nuevamente para el ajuste de las proporciones de la mezcla de prueba, es igual al peso unitario en Kg/m³ medido en la mezcla de prueba, reducido o incrementado por el porcentaje de incremento o reducción del contenido de aire de la mezcla ajustada respecto a la primera mezcla de prueba.

d) Deben calcularse nuevos pesos de mezcla, comenzando con el paso 4, si es necesario, se modificará el volumen de agregado grueso de la tabla 6 para obtener una trabajabilidad adecuada.

Posteriormente en el capítulo XII se aplicará este método a un caso real.

CAPITULO VII

TRANSPORTE Y BOMBEO DEL CONCRETO

CAPITULO VII

TRANSPORTE Y BOMBEO DEL CONCRETO

VII.1 Transporte del concreto. Esta etapa incluye las operaciones necesarias para llevar el concreto desde el lugar de fabricación hasta el de su colocación, incluyendo el vaciado. Durante todo este proceso deberán extremarse las precauciones para mantener la homogeneidad en el armado, ejecutando todas las manipulaciones de manera que no se de la segregación de sus componentes.

Su ejecución requiere de elementos especialmente adaptados para cumplir ésta función, existiendo una gran variedad cada uno de distintas capacidades, dimensiones y rendimientos, que dependerá su naturaleza del tipo de obra o del elemento por colar. A continuación se describe brevemente a las principales, señalando sus características y rango de capacidad y los rendimientos que es posible obtener.

a) Carretillas.- Consisten en una tolva metálica con rueda, accionada en forma manual por un operario. Su capacidad de transporte está normalmente comprendida entre unos 50 a 70 litros de concreto, con rendimiento aproximado de 0.5 m³/h su empleo está además limitado a obras en superficie o con poca elevación sobre el terreno, pues para su tránsito requiere pendientes no mayores al 15%.

Por estas razones, sus uso está restringido a obras de pequeña magnitud y poca altura (fig. 5).

b) Capachos.- Los capachos consisten en tolvas metálicas de gran dimensión, equipadas con una compuerta de fondo cuya apertura puede ser accionada con un dispositivo manual, hidráulico o con aire comprimido, su capacidad es variable entre 0.2 y 6m³, empleándose generalmente, accionados por una grúa.

Debido a las características señaladas, se presta para la colocación en sitios elevados y de acceso difícil, pudiendo alcanzarse rendimientos que, de acuerdo a la capacidad del capacho empleado, oscilan entre 5 y 50 m³/h.

En obras de gran magnitud, como son por ejemplo los muros de embalse, se les acciona mediante cables-rieles o derricks de gran magnitud, los que permiten lograr rendimientos cercanos a los 100 m³/h.

Los capachos, si cuentan con un diseño adecuado del embudo inferior y de la boca de descarga, pueden transportar concretos de cualquier revenimiento (fig. 6).

c) Camión-revolvedora.- Tal como su nombre lo indica, consiste en un camión equipado con una revolvedora:

La revolvedora posee una capacidad que oscila normalmente entre 3 y 8 m³, siendo más frecuentes en la actualidad valores cercanos a éste último. La revolvedora posee dos velocidades una rápida para el "amasado" y una más lenta para la agitación del concreto. Mediante el giro en reversa de la revolvedora ésta vacía el



FIG. (5). Colado Mediante Carretilla.

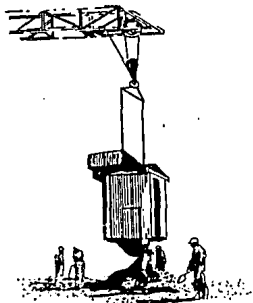


FIG. (6) Colado Mediante Capacho.

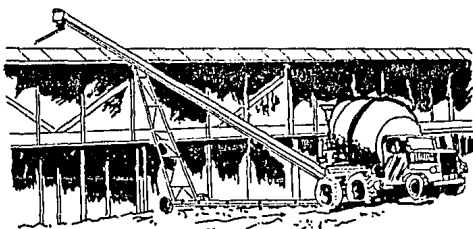


FIG. (7) Colado Mediante Revolvedora.

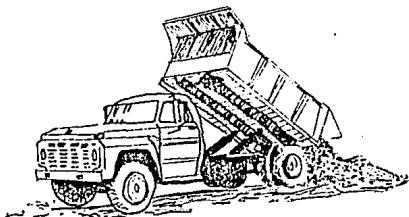


FIG. (8) Colado Mediante Camión - Tolva.

concreto contenido en su interior.

Por estas características múltiples, el camión revoladora no es totalmente efectivo como equipo de "amasado" debiendo examinarse con cuidado este aspecto si se desea emplearlo como tal, en particular si la revoladora presenta desgastes en sus paletas interiores.

El camión-revoladora es un excelente medio de transporte en obras constituidas por volúmenes significativos de concreto, siendo además ampliamente utilizado por las plantas productoras de concreto premezclado. En algunos casos no puede llegar hasta el punto mismo de la colocación para lo cual deberá combinarse con otros elementos de transporte.

Además debe considerarse que es más apropiado para el transporte de concretos de asentamiento que tengan un igual o superior revenimiento a unos 6 cm. ya que de lo contrario se dificulta la operación de vaciado (fig. 7).

d) Camión tolva.- El camión de volteo es también empleado para el transporte de concreto, representando un medio que algunas ocasiones, puede significar una solución práctica y accesible.

La capacidad de transporte quedará en este caso limitada por la capacidad de carga del camión, valor normalmente comprendido entre 3 y 7 m³.

El camión tolva debe ser exclusivamente utilizado con concretos de bajo revenimiento, no superior a 5 cm. para evitar la segrega-

ción y compactación que se produce por efecto de trepidación causada por las irregularidades del camino por el que transite. Al igual que el camión revolvedora necesita de elementos adicionales para el traslado del concreto hasta el punto de destino (fig. 8).

e) Cinta transportadora.- La cinta transportadora, tal como se ve en la figura 9 consiste en una banda de hule reforzado, que se desplaza mediante motores eléctricos, sobre la cual se deposita el concreto en una capa delgada.

La cinta es apropiada en distancias cortas combinadas con otros elementos que pudieran requerirla como complemento.

En su empleo debe ponerse atención en que la pendiente sea la adecuada a la fluidez del concreto. El revenimiento no es conveniente que exceda los 7 cm., y evitar la segregación que produce en su extremo de vaciado, deberá contar con un respaldo apropiado para quitar el mortero adherido.

f) Canoas.- Las canoas consisten en canaletas de sección rectangular o semicircular, generalmente metálicas o de madera con o sin forro de lámina (hojalata). El concreto escurre en ellas gravitacionalmente, si se le da la pendiente adecuada para este objeto la cual normalmente debe estar comprendida entre 15 y 30% según la fluidez del concreto.

Para su empleo, el concreto debe tener una fluidez mediana a alta no inferior a unos 6 cms. de revenimiento.

Al igual que con las cintas debe cuidarse la segregación del

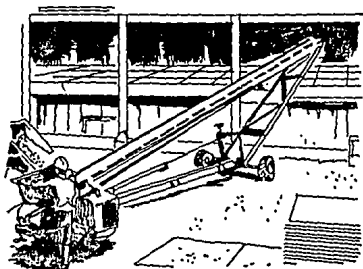


FIGURA (9). CINTA TRANSPORTADORA.

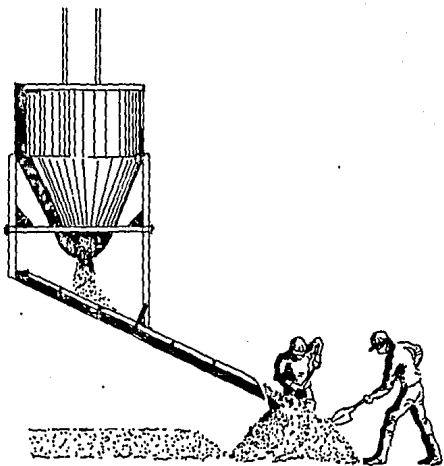


FIGURA (10) CANOAS.

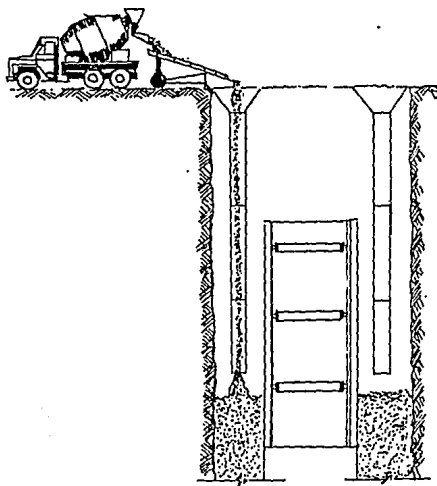


FIGURA (11) TUBOS

concreto en su extremo de vaciado, causado por la diferente trayectoria de las partículas de mayor tamaño con respecto a las más finas, en su caída.

Por sus características, las canoas son adecuadas como elemento complementario para distribución del concreto en la zona adyacente al punto de colocación (fig. 10).

g) Tubos.- El empleo de tubos para el transporte del concreto resulta de gran utilidad en dos circunstancias principalmente:

1).- Cuando existe una fuerte pendiente y un desnivel importante entre el punto de abastecimiento y el de colocación, en sitios estrechos y de gran altura, como muros y columnas esbeltas.

Para su empleo debe preverse el cumplimiento de las siguientes condiciones:

a).- La fluidez del concreto debe ser alta aumentando conforme sea más largo el recorrido.

b).- El diámetro del tubo debe estar, comprendido entre ocho veces el tamaño máximo del agregado más grueso en sus dos metros superiores y seis veces en la parte inferior.

c).- El trazado del tubo debe ser vertical y continuo, sin cambios de dirección.

d).- El extremo inferior de descarga debe estar continuamente embebido en el concreto, para disipar la energía producida en la caída del concreto y evitar su segregación (fig. 11).

VII.2 BOMBEO DE CONCRETO

El concreto bombeado puede definirse como un concreto conducido por presión a través de un tubo rígido o de una manguera flexible y vaciado directamente en el área de trabajo. La presión se aplica con bombas de pistón, aire comprimido o presión comprimida.

En general, su uso ha tenido éxito, especialmente en el revestimiento de túneles y para vaciados en áreas inaccesibles a las grúas, camiones, etc.

Desde 1950 se ha progresado mucho en el campo del bombeo, incluyendo nuevas y más perfeccionadas bombas, así como la introducción de las mangueras de metal flexible o plástico. Con estas innovaciones, la colocación del concreto por bombeo ha sido una de las prácticas más rápidamente extendidas en la industria de la construcción.

El sistema de bombeo puede ser utilizado en la mayor parte de las construcciones de concreto, pero es útil especialmente en las áreas donde el espacio para el equipo de construcción es muy reducido.

Para obtener un bombeo satisfactorio se requiere una dotación constante de concreto bombeable, el cual, como las mezclas convencionales, requiere un buen control de calidad esto es, agregados uniformes debidamente graduados y materiales en cantidades consistentes bien mezclados.

VII.2.1 EQUIPO.

A).- Bombas de pistón. Todas estas bombas se componen de una tolva de recepción para el concreto mezclado, una válvula de salida está situada en la línea de descarga. Cuando el pistón inicia su retroarranque, la válvula de entrada se abre y la válvula de salida se cierra. En tal punto el pistón empuja el concreto del cilindro hasta la manguera o tubería, y al final de la línea se descarga sobre el área de colocación una cantidad correspondiente de concreto.

Hoy en día la mayor parte de las bombas constan de dos pistones: Uno que retro-acciona cuando el otro su impulsa hacia adelante, para darle un flujo más uniforme al concreto.

En algunos modelos, los pistones pueden funcionar independientemente. La válvula de entrada y salida varían de acuerdo con los fabricantes; existen los siguientes tipos de válvula: de guillotina, de obturador, de émbolo y válvula de tapón.

Los pistones son accionados mecánicamente por medio de una biela o hidráulicamente con aceite o agua, la energía básica proviene de motores de gasolina, diesel o eléctricos. Las tolvas de recepción varían en tamaño de 0.1 a 1.5 m³. y generalmente están equipadas con aspas remezcladoras para obtener la consistencia y la uniformidad. La toma de fuerza y el equipo de bombeo pueden ser proporcionados por un solo camión o bien por separado, en un camión y su remolque montado sobre un chasis especial.

B).- Bombas neumáticas. Estos sistemas constan básicamente de un tanque de presión y un abastecimiento de aire comprimido. El concreto es enviado al tanque de presión y luego éste sella herméticamente; el aire comprimido se inyecta por la parte superior del tanque e impulsa al concreto a través de un tubo conectado en el fondo. Al final del ducto de halla una caja mezcladora que sirve para expulsar el aire y evitar la segregación.

Quando el tanque de presión se vacía, el aire es expulsado, el tanque se llena otra vez de concreto y la operación se repite. En obras mayores, se emplean varios tanques de presión a fin de proporcionar una dotación más uniforme de concreto. El aire es

suministrado por medio de compresores cuya capacidad mínima es de 3.5. m³ por minuto. Con mucha frecuencia se emplea un tanque receptor de aire para estabilizar el suministro de aire comprimido y asegurar así la fluidez constante del concreto.

C).- Bombas de retacado. Esta clase de equipo se compone de una tolva de recepción con tres espas re-mezcladoras. Se conecta una manguera flexible en el fondo de la tolva receptora, de forma que llegue hasta el fondo de un tambor metálico que se mantiene al alto vacío. La manguera corre alrededor de la periferia interior del tambor y sale hasta la parte superior. Rodillos accionados hidráulicamente giran sobre la manguera flexible dentro del tambor y expelen el concreto fuera para enviarlo a la parte superior, el vacío mantiene en el tubo un abastecimiento uniforme del concreto, procedente de la tolva.

VII.2.2 TUBERIAS Y ACCESORIOS.

a) Tuberías rígidas.- La mayoría del concreto que se transporta a las áreas de colocación por el sistema de bombeo, se conduce a través de tubos rígidos o de una combinación de tubos rígidos y mangueras flexibles para trabajo pesado.

El tubo rígido llamado también "Línea pulida" es de acero, aluminio o plástico y se consigue en tamaños que van de 8 a 20 cm. de diámetro, siendo de 9 cm. los más usuales.

El tubo rígido generalmente es de 3 m. de longitud, ya que es la longitud máxima normal que puede manejar un operario. El peso de una unión y una sección de tubo de 3 m. llena de concreto aumenta rápidamente de acuerdo con el diámetro. Una sección de tubo de 13 cm. y de 3 m. de longitud lleno de concreto pesará aproximadamente 124 kg. en el caso de concreto de peso normal, suele considerarse el tubo de 13 cm. como el más práctico para el manejo por un solo hombre. Un tubo de mayor calibre o de secciones más largas, requerirá un mayor número de hombres o más energía para su manejo.

La capacidad de un sistema de tubos, depende de varios factores: la mezcla de concreto, la longitud de la línea, la altura a la que el concreto es bombeado, la tersura y diámetro interior del mismo.

b) Conducto flexible.- El conducto flexible está hecho de hule, metal flexible, estriado plástico. El rendimiento del conducto flexible no es el mismo que el del tubo rígido; generalmente aquel presenta una mayor resistencia al movimiento del concreto. Los de mayor diámetro de 10 a 13 cm. tienen la tendencia a torcerse más que los de menor dimensión (5 a 8 cm.). El conducto flexible es sustituible por sección de tubo rígido, lo que permite su uso en curvas, en áreas de difícil colocación y como conexiones con grúas móviles o con líneas para agua, en general el conducto flexible de mayor dimensión que puede manejarse manualmente es de 10 cm.

c) Accesorios.- Existe una gran variedad de accesorios para tubería; a continuación se enlistan los más comunes:

- 1.- Secciones rígidas y flexibles de longitudes variables.
- 2.- Secciones curvas de tubos rígidos.
- 3.- Uniones giratorias y distribuidores rotatorios.
- 4.- Válvulas de seguridad para evitar el retroceso de flujo en las tuberías.
- 5.- Válvulas de cambio para enviar el caudal a otra tubería.
- 6.- Dispositivos con conexiones para llenar cimbras del fondo hacia arriba.
- 7.- Tablillas, rodillos y otros dispositivos para proteger el ducto al pasar sobre roca, concreto, acero reforzado y cimbras, también para proporcionar puntos de ligaduras y elevaciones.
- 8.- Equipo de limpieza.

Algunos fabricantes de bombas ofrecen plumas eléctricas o grúas especiales, este equipo proporciona la fuerza de maniobra rápida y apropiada del tubo conductor de concreto, generalmente por medio de una manguera colgante. Estas unidades son especialmente útiles para columnas, muros y pequeños vaciados aislados.

VII.2.3 RESISTENCIA DE LA LINEA.

Cuando el concreto se bombea a través de una sección de tubo o manguera recta, ésta se mueve como si fuera un cilindro sobre una delgada capa lubricante de mortero o lechada. En los cambios de dirección o en las secciones de cruce, siempre ocurre cierto remezclado. En todos los casos se requiere un mortero lubricante el cual se obtiene iniciando el bombeo con la introducción de un mortero bien proporcionado o de una mezcla de concreto normal, sin agregado grueso, este mortero se desperdicia con excepción de la pequeña cantidad usada en el relleno de las juntas de construcción, y de ningún modo se emplea en el colado. Para las grandes líneas horizontales de 15 a 20 cm. 0.4 m de mortero lubricará aproximadamente 305 m. de la línea y la lubricación se mantendrá todo el tiempo que continúe el bombeo. En las líneas verticales o en las más pequeñas, se requerirá menos cantidad de mortero. Cuando ocurre un cambio de dirección en la línea, se origina un aumento de resistencia al movimiento en la línea. Por ejemplo, una disminución en una bomba de pistón de 18 cm. a una línea de conducción de 13 cm., implica una reducción del 30% en el área de la sección transversal con los inherentes aumentos de resistencia y velocidad.

La cara cortante del concreto en movimiento que eructa el concreto estacionario en una unión gemela en forma de "Y", aumentará la resistencia en la línea, la distribución del sistema de tubos debe tener un número mínimo de codos sin alteraciones en

el diámetro del tubo.

Si es necesario usar dos dimensiones distintas de tubos, el de diámetro más pequeño debe emplearse al final de la bomba y el más grande al final de la descarga. Un manejo cuidadoso de la tubería durante su instalación, limpieza y desmontaje, ayudará a disminuir la resistencia de la línea al evitar la formación de superficies ásperas, abolladuras en las secciones de los tubos y hendiduras en las uniones.

VII.2.4 PROPORCIONAMIENTO DEL CONCRETO BOMBEABLE.

Consideraciones básicas. Aun cuando los ingredientes son los mismos, tanto en el caso del bombeado como en el del que se ha colocado por otros métodos, es esencial poner más atención en el control de calidad para el proporcionamiento y uso de una mezcla bombeable.

La seguridad no sólo depende del equipo, sino que también está definitivamente asociada de principio a fin al control de todos los ingredientes de la mezcla, las operaciones de mezclado y colado, y al conocimiento y la experiencia de todo el personal.

La mezcla de concreto para bombear debe ser plástica.

Las mezclas ásperas no se bombean bien, se debe prestar especial atención al mortero y a las cantidades y tamaños de los agregados gruesos.

VII.2.5 AGREGADOS GRUESOS PARA CONCRETO DE PESO NORMAL

El tamaño máximo del agregado grueso anguloso es limitado a una tercera parte del diámetro interior más pequeño de la manguera o tubo de acuerdo con la geometría simple de los agregados en forma cúbica. Para agregados bien redondeados, el tamaño máximo debe estar limitado al 40% del diámetro del tubo o la manguera. Se debe prevenir la eliminación de partículas de tamaño excesivo en el concreto, mediante la colocación de mallas o con una selección cuidadosa de agregados. La granulometría de los tamaños de agregados gruesos deben satisfacer los requisitos de A.S.T.M. C33 y ser lo más aproximada al régimen promedio, puede ser necesario combinar y mezclar tamaños intermedios para producir una granulometría apropiada.

La forma del agregado grueso, ya sea angulosa o redondeada, ejerce influencia sobre las proporciones de la mezcla, aún cuando ambas formas pueden bombarse satisfactoriamente, las partículas angulares tienen un área de superficie más grande por unidad de volumen en comparación con las partículas redondeadas; ello hace que se requiera relativamente más mortero para cubrir la superficie.

VII.2.6 AGREGADOS FINOS DE PESO NORMAL.

Las propiedades de los agregados finos o arenas juegan un papel mucho más importante en el proporcionamiento de mezclas bombea-

bles que las de los agregados gruesos. Los agregados finos junto con el cemento y el agua proporcionan el mortero o fluido que conduce los sólidos o agregados gruesos en suspensión y de esta forma se logra que una mezcla sea bombeable.

En sistemas de tubos pequeños, menores de 150 mm. del 15 al 30% deben atravesar la malla No.50, y del 5 al 10% la malla No. 100. Las arenas que son deficientes en cualquiera de esos dos tamaños de partículas deben mezclarse con arenas más finas y seleccionadas a fin de obtener esos porcentajes deseados.

Sin embargo, el uso de una cantidad mayor que la señalada de partículas más finas requiere el uso de agua adicional. Lo cual puede causar una contracción excesiva en el detrimento de la resistencia.

Las arenas cuyo módulo de finura oscila entre 2.4 y 3.00 son generalmente satisfactorias, con tal de que los porcentajes que atraviesen las mallas No. 50 y No. 100, cumplan con los requisitos previamente mencionados. Puede suceder que los valores del módulo de finura, por si solos, sin estipulaciones de tamaño más finos, no produzcan resultados satisfactorios.

Con arenas más finas, se pueden utilizar mayores cantidades de agregados gruesos, tal como se indicó anteriormente; debe hacerse hincapié de que para mantener la uniformidad, el módulo de finura de la arena no debe variar más de 0.20 valor promedio empleado en el proporcionamiento.

Las características del bombeo de estas arenas pueden variar, pero parece ser que el módulo de finura es un buen indicador de la aceptabilidad de cualquiera de ellas. En algunas ocasiones puede resultar más conveniente cambiar las fuentes de abastecimientos que recurrir al mezclado para corregir la deficiencia.

VII.2.7 AGREGADOS LIGEROS.

El agregado para concretos ligeros estructurales tiene muchas aplicaciones económicas así como ventajas en la construcción de edificios.

Este material es particularmente adecuado en las construcciones de muchos pisos.

Los agregados ligeros generalmente poseen características de porosidad, que los vuelve más ligeros y les permite absorber mayores cantidades de agua. La absorción bajo presiones atmosféricas puede variar en los distintos agregados porosos, del 5 al 15% pero esta absorción puede ser considerablemente mayor bajo las presiones ejercidas por el bombeo, razón por la que la pérdida de agua de mortero perjudica sus propiedades de fluido así como la bombeabilidad del concreto. En consecuencia para bombear concreto ligero es necesario presaturar suficientemente esos agregados.

VII.2.8 PRE-SATURACION DE AGREGADOS PARA CONCRETO LIGERO.

a) Agregados gruesos.- Antes de utilizarlo en el concreto bombeado, el agregado de peso ligero debe ser humedecido mediante un riego apropiado de los montones o depósitos hasta las partes más profundas. Pueden necesitarse de dos a tres días de riego, pero el tiempo real en cada caso debe basarse en pruebas apropiadas o en la experiencia con el agregado particular que se está empleando. un contenido de humedad mínima práctica, después del humedecimiento, debe ser igual o mayor que el promedio de absorción en 24 hrs., tal como se determina en las pruebas normales de la ASTM.

b) Agregado fino.- El humedecimiento de la arena de peso ligero, ayuda a impedir que las fracciones finas se segreguen de las gruesas, pero debe evitarse un humedecimiento excesivo, porque entonces las partículas finas desaparecerán con el lavado. Debe permitir que el agua libre drene de los montones de los agregados humedecidos, durante 24 hrs. antes de emplearlos en el concreto, para permitir un control de reverimiento uniforme. El humedecimiento de la arena de peso ligero en ocasiones se logra en el tambor de la mezcladora con dos terceras partes del agua total de mezclado, antes de agregar los demás ingredientes.

VII.2.9 AGUA Y REVENIMIENTO.

Los requisitos de agua y control del revenimiento para las mezclas bombeables de concreto, estarán interrelacionados, y sin consideraciones sumamente importantes. La cantidad de agua empleada en una mezcla ejerce gran influencia en la resistencia y durabilidad y también aumenta el revenimiento o la trabajabilidad.

Los requisitos del agua de mezclado varían para los tamaños máximos de agregados, así como en los diferentes revenimientos.

El total de agua que se requiere en el concreto ligero será diferente al de las mezclas de peso normal, debido a las diferencias en las propiedades absorbentes de los agregados. Si el total de agua en una mezcla de peso ligero se divide en dos segmentos (esto es, el agua "activa" y agua "absorbida") se simplifican todas estas consideraciones. El agua "activa" establecerá el revenimiento y tendrá una influencia directa sobre la relación agua-cemento. El agua "absorbida", sin embargo, será retenida dentro de las partículas en la mezcla. Así pues, el agua absorbida variará. Para reducir el mínimo estas variaciones, se ha hecho hincapié en la necesidad del humedecimiento previo (pre-saturación).

VII.2.10 CONTENIDO DE CEMENTO.

Para determinar el contenido de cemento para una mezcla de bombeo de peso normal deben seguirse las mismas especificaciones básicas que se emplean en el concreto colocado por métodos convencionales. La relación específica agua-cemento puede establecerse en base a las condiciones de exposición, a los requisitos de resistencia, o factor mínimo de cemento cualquiera que rija. Debido a los índices ligeramente más altos en el revenimiento y a las relaciones ya mencionadas de los agregados finos y agregados gruesos, las mezclas de bombeo pueden requerir un aumento en la cantidad de cemento, por encima de los usados en el concreto colocado por métodos convencionales.

Al determinar el contenido de cemento para mezclas de prueba de peso ligero o de peso normal, vale la pena recordar la necesidad de obtener un proporcionamiento de sobre-resistencia en el laboratorio, de tal forma que se pueden salvar las variaciones de campo que originan resistencia muy reducidas.

VII.2.11 PRACTICAS DE CAMPO.

La bomba debe instalarse lo más cerca posible del área de colocación y el área de entrega, no se debe impedir el suministro continuó del concreto, las líneas del bombeo deben trazarse con un mínimo de curvas, estar sostenidas firmemente, utilizando alternativamente tubos rígidos y tuberías o mangueras flexibles

que permitan la colocación del concreto directo en áreas extensas de la obra sin necesidad de manejo adicional. Para colocaciones importantes del concreto y para trabajos grandes debe tenerse disponible un equipo de suministro de energía y de bombeo en reserva para remplazar el equipo en caso de falla.

Cuando se bombea hacia abajo por 15 m. o más, es necesario proveerse de una válvula de alivio de aire. Cuando se bombea hacia arriba es deseable tener una válvula de retroceso del concreto durante el ajuste del equipo por limpieza, o cuando se está trabajando en la bomba.

Debe mantenerse una comunicación directa entre el operador de la bomba y la cuadrilla que coloca el concreto. Es también deseable que exista una buena comunicación entre el operador de la bomba y la planta dosificadora. Como comprobación final, la bomba debe echarse a andar y operarse sin concreto para asegurar que todas las partes móviles estén funcionando en forma debida. Tan pronto como se recibe el concreto, la bomba debe operarse lentamente, hasta que las líneas se llenen por completo y el concreto avance uniformemente. El bombeo debe ser continuo ya que si la bomba se detiene, el movimiento del concreto en la línea difícilmente puede reanudarse, o imposible de iniciar nuevamente el movimiento del concreto.

Cuando ocurra alguna demora debida a tardanzas en el entrega del concreto, reparaciones en las cimbras o a otros factores, debe

disminuirse la velocidad de la bomba, pero manteniendo algo del movimiento del concreto para evitar obstrucciones. Si después de una demora no se puede mover el concreto en la línea, será necesario vaciar una o más secciones de la entreda y volver a empezar.

Quando la cimbra está casi llena y hay suficiente concreto en la línea para complementar el vaciado, se suspende el vaciado y se introduce un "diablo", forzándose el concreto a través de toda la línea para limpiarla. Para empujar el diablo ("Go-Devil") se puede emplear agua o aire.

El diablo debe detenerse varios metros antes de llegar al final de la línea, de manera que el agua no derrame dentro del área de colocación del concreto. Si se utiliza aire, debe tenerse mucho más cuidado en regular el suministro y la presión del aire, e instalarse un tubo en "U" al final de la línea para evitar que el diablo salga disparado como un proyectil peligroso.

También debe instalarse en la línea una válvula de escape del aire para evitar la acumulación de presión. Después de que todo el concreto haya sido sacado de la línea, éstas y el equipo deben limpiarse cuidadosamente.

VII.2.12. BOMBEO EN REVISTIMIENTO DE TUNELES.

Los costados del revestimiento deben levantarse suave y llanamente bombeando por las aberturas practicadas en la cimbra. La corona del revestimiento se rellena mediante tubos de caída previstos a través de la cimbra o utilizando una línea que corra por la cima de la cimbra, comunmente conocida como línea resbaladiza. Esta línea se mantiene en todo momento intruducida profundamente dentro del concreto, ejerciendo así altas presiones de compactación que fuerzan el concreto, hacia arriba hasta dentro de las irregularidades de las rocas, para lograr que se llene bien la corona del revestimiento. La línea de bombeo se va sacando paulatinamente de la cimbra, al paso que se va completando el vaciado. Cuando se emplean sondas neumáticas, debe usarse una caja de descarga o cubierta en o cerca de la extremidad de descarga de la línea de bombeo para impedir que haya una descarga del concreto a alta velocidad; hasta que la extremidad esté bien enterrada dentro de la masa de concreto.

CAPITULO VIII

CIMBRAS

CAPITULO VIII

C I M B R A S

VIII.1 Se llaman "formas" o "cimbras a la madera de contacto y a las obras falsas dentro de las cuales, o contra las que se cuela el concreto para obtener la configuración de diseño requerido moldeada o con relieve, masiva o esbelta, expuesta o escondida dentro de la estructura. Aún cuando la cimbra solo se usa como estructura temporal (entanto el concreto adquiere resistencia), tiene un efecto permanente la estructura final del concreto y representa el ingenio de aquellos que intervienen en su construcción.

Independientemente de la importancia del aspecto, por lo general la cimbra debe utilizarse muchas veces, por lo que se debe manejar, limpiar y almacenar cuidadosamente y adecuadamente, ya sea de madera, acero o cualquier otro material, pues de lo contrario ocasionará pérdida de tiempo y dinero y la obra no progresará uniformemente.

El responsable del diseño de una cimbra ya sea que se realice en la oficina del contratista o en el sitio de la obra, debe trabajar sistemáticamente a través de una serie de etapas lógicas para lograr que el sistema de cimbrado, como conjunto sea adecuado, llamando "sistema" al conjunto completo: apoyos, subestructura o cuerpo de la cimbra y revestimiento, que consti-

tuye propiamente la cimbra usada en la construcción de concreto reforzado. El sistema de cimbrado implica un conjunto de elementos perfectamente compatibles entre sí que al ser ensamblados, deben reunir los siguientes requisitos:

a) Debe ser; construida y montada de manera que se logre la forma, el tamaño, la posición y el acabado requeridos para el concreto.

b) Debe ser; lo suficientemente resistente para poder soportar la presión o peso del concreto fresco y de cualquier otra carga, sin distorsión, fugas, fallas o peligro de accidente para los trabajadores.

c) Debe ser; diseñada y construida de manera que pueda montarse y retirarse fácilmente, ahorrando tiempo y dinero.

d) Debe ser; susceptible de manejarse ya sea con el equipo disponible o manualmente si fuera necesario.

e) La distribución de la cimbra debe permitir acceso para el manejo y colado del concreto y, de igual importancia, deben tomarse todas las precauciones necesarias que brinden absoluta seguridad en las áreas y plataformas de trabajo.

f) Las juntas entre los elementos deben estar lo suficientemente ajustadas para evitar fugas de lechada.

VIII.2 MATERIALES PARA CIMBRA.

VIII.2.1 MADERA

Los materiales empleados con más frecuencia para cimbras son la madera y el triplay, por la facilidad con que se pueden cortar y ensamblar en la obra.

Cuando se emplean tablas de madera o triplay, normalmente se cimbran en tableros del mayor tamaño que sea posible manejar con el equipo disponible en la obra, o de la medida conveniente para su manejo manual.

Cuando se trata de áreas grandes y uniformes, como muros y pisos, así como para lograr formas complicadas, es más económico emplear marcos de madera con caras de triplay, especialmente si se desea utilizar muchas veces.

Es preciso tener cuidado de no dañar las caras y bordes relativamente suaves durante el ensamblado, montaje y colado, y debe tenerse especial cuidado al descimbrar y durante el almacenamiento.

Los bordes cortados del triplay y los orificios de los pernos deben sellarse con pintura de aluminio o pintura clorinada de hule; cualquiera de ellas prolongará la vida del triplay y aumentará el número de usos de la cimbra.

VIII.2.2 ACERO

El acero se emplea de diversas maneras, siendo las siguientes las principales:

- a) En sistemas patentados y
- b) En cimbras especiales hechas sobre medida.

Los sistemas patentados consisten por lo general en tableros de marcos de acero con caras de triplay o también de acero, centros telescópicos, puntales ajustables, respaldados resistentes y una diversidad de tirantes y herrajas para colocar la cimbra en su posición. Estos sistemas pueden emplearse en pisos, muros, columnas y vigas, ya que proporcionan los medios más sencillos para llevar a cabo trabajos, que se repetirán gran número de veces, pues pueden reinstalarse rápidamente.

Este tipo de cimbras pueden comprarse o rentarse ya listas para su uso, dependiendo del tipo de obra y de la continuidad de los trabajos que se contraten.

En su caso extremo, el equipo disponible puede emplearse para el colado de elevadores profundos, grandes voladizos, entre pisos de gran altura, etc., con gastos mínimos en equipo especial. Los tableros grandes para muros hechos de tableros más pequeños de madera o acero, a menudo se refuerzan empleando secciones de

acero como madrinas y largeros.

Las cimbras hechas sobre medida, tienen generalmente, un solo uso y estan diseñadas y hechas para una determinada sección de la obra, como tuneles colados en obra, alcantarillas, cimbras de mesa o formas raras. Este tipo de cimbra puede incluir sus propios medios de transporte y montaje, y frecuentemente cuentan con un equipo mecánico, hidráulico o neumático para hacer funcionar sus partes móviles.

Las cimbras de acero pueden utilizarse cien veces o más, lo que depende de que se les prodiguen los cuidados necesarios. Debe adiestrarse al personal respecto al empleo correcto del equipo, y efectuar regularmente la limpieza, lubricado y mantenimiento de éste.

VIII.2.3. OTROS MATERIALES

Los moldes de cimbras de plástico reforzado con fibra de vidrio y las de plástico moldeado al vacío, se emplean cuando las formas complicadas y los detalles en las superficies tienen que repetirse muchas veces. Aún cuando estas molduras ofrecen muchas posibilidades de uso, también exigen especial atención en el colado y vibración para evitarles fricción y otros daños. No deben emplearse rayadores ya que estos pueden dañar la superficie de la cimbra. La limpieza debe hacerse inmediatamente después del discimbrado, y con frecuencia es necesario el empleo de un paño

húmedo para eliminar el polvo y la pasta de cemento endurecida.

En ocasiones se emplea cartón para cimbrar columnas circulares, huecos y vacíos en la construcción de puentes y losas. Estas cimbras se utilizan una sola vez y deben estar adecuadamente sujetas y apuntaladas para evitar distorsiones y desplazamientos durante el colado.

Las cajas para agujeros de pernos, que anteriormente se hacían mediante complicadas distribuciones de madera y triplay, ahora pueden cimbrarse con metal desplegado, poliestireno expandido o espuma de poliuretano. El poliestireno expandido y la espuma de poliuretano también se emplea frecuentemente para miras y recesos en la cara de concreto, puesto que pueden conformarse y fijarse fácilmente en las cimbras.

Son muchas las piezas del equipo que se utiliza para cimbrar el concreto o para sostenerlo durante su manejo. El montaje de andamios tubulares, de sistemas especiales de tirantes y el equipo que incluye tableros de puente para cargas pesadas, son tareas que requieren de manera especial los conocimientos de un experto.

Antes de iniciar un colado, toda la cimbra debe ser revisada en cuanto a seguridad se refiere, por alguien que tenga suficiente experiencia.

VIII.3 CANTIDAD DE MATERIAL PARA LA CIMBRA

Una de las decisiones más importantes que tiene que tomar el diseñador es la de definir la cantidad de material requerido para un proyecto determinado. En esta decisión influyen los factores económicos, aunque el aspecto técnico básico de la construcción interviene en forma preponderante, sin descuidar lo referente a la seguridad, tiempo de descimbrado, localización de las juntas de construcción, accesos, tipo de obra y continuidad del trabajo.

Por lo general es el contratista quien debe decidir la cantidad de cimbra a utilizar. Las especificaciones indican la localización y características de las juntas de construcción, en tanto que los planos de diseño proporcionan detalles tales como la continuidad del acero de refuerzo. En las especificaciones también indican los tiempos de descimbrado que deben observarse; sin embargo, éstas pueden ser modificadas como resultado de las condiciones prevalecientes en la obra, por ejemplo, el desarrollo de la resistencia del concreto cuando es necesario aplicar una carga inmediatamente sobre algún elemento estructural recién construido.

El diseñador de la cimbra deberá prever que el trabajo sea continuo y, siempre que sea posible, proporcionar suficiente material con el fin de satisfacer las demandas técnicas de las instalaciones mecánicas y eléctricas, calefacción, ventilación y aire acondicionado. Por ejemplo se desea tener colados dos

tableros de losa por día; para lograr este objetivo quizá sea necesario proveer material suficiente para ocho tableros, además del apuntalamiento suficiente para dieciseis tableros, antes de poder descimbrar, el concreto más recientemente colado.

El material de cimbra para piso asegura el trabajo de los carpinteros durante el proceso de montaje además de mantener ocupados a los electricistas que tienden los ductos eléctricos, a los encargados de fijar el acero de refuerzo, a los que formán las juntas para cada día de colado y a los que elaboran aberturas o huecos en la cimbra, los cuales deberán quedar marcados en la estructura de concreto. El material para soporte y reapuntalamiento debe cumplir con las especificaciones establecidas en función de la resistencia que vaya adquiriendo el concreto y su capacidad para soportar las cargas (vivas y muertas) consideradas como aceptables por el ingeniero.

Hay sistemas de cimbrado para losas y vigas que permiten remover el forro interior sin quitar los soportes o puntales importantes del sistema, facilitando que el material se pueda usar repetidas veces. De esta manera se logran grandes economías tanto de material como de equipo para este tipo de colados.

Los costos de los materiales deben ser comparados con los de la mano de obra requerida para su recuperación, descimbrado y uso posterior, con objeto de lograr un equilibrio entre ambos. Algunas veces es posible hacer colados en secciones, por ejemplo,

colar solo la parte inferior de las vigas junto con la losa (cuando ésta es del tipo de entrepiso) moviendo la cimbra de tablero en tablero, para después completar el resto con una mínima cantidad de material para cimbra. Esta es relativamente frecuente en la construcción de puentes.

Cabe mencionar la importancia de los beneficios que se obtienen al utilizar los recursos (materiales y equipos patentados disponibles para renta) que regularmente existe en el mercado en gran cantidad. Cuando el descimbrado se retrasa excesivamente, este equipo suplementario puede ayudar a mantener el avance de obra requerido.

Como ejemplo de un suministro económico sobre que cimbra se necesita podemos citar la construcción de una cubierta de almacén a base de vigas y losas de claros grandes. Si el ingeniero está de acuerdo es conveniente colocar los lechos inferiores de las vigas entre columnas ensamblando sobre éstas los armados ya habilitados. De esta manera la cimbra para viga puede entonces moverse de uno a otro lecho. El ciclo diario de colado garantiza que cada día se vuelen una o dos vigas, lo que proporciona trabajo continuo para una pequeña cuadrilla de carpinteros. Otro equipo de operarios puede encargarse del montaje del lecho de la losa, incluyendo la colocación de maderas y largueros adicionales para soportar el lecho inferior.

Además de proporcionar trabajo continuo a los empleados, esta técnica de trabajo reduce el costo de cimbra y evita la demanda de una gran cantidad de mano de obra y equipo en determinado momento. Otra de sus ventajas consiste en la estabilidad que va adquiriendo el sistema a través de los elementos que se van colocando previamente.

A continuación se indican las cantidades de cimbra que se requiere cuando se utilizan diversas técnicas de construcción cíclica.

VIII.3.1 CIMBRAS PARA COLUMNAS

Moldes suficientes para proveer continuidad de trabajo para dos o mas equipos de carpinteros. Las columnas pueden y deben ser coladas diariamente para generar trabajo a las actividades subsiguientes. El número previsto de moldes simples para columnas debe estar coordinado con el método de construcción de vigas y losas, ya que no tiene objeto colar por anticipado una cantidad excesiva de columnas.

Cuando se requieren columnas especiales para puentes elevados o grandes plataformas de concreto con estructuras reforzadas, es posible que un solo molde especialmente fabricado o cuando mucho dos, sea suficiente para asegurar el uso repetido de ese molde de acuerdo con el programa de trabajo en el caso de columnas inclinadas o sección variable, tal vez se requiera que parte de

la cimbra superficial permanezca en la posición de colado como miembro del sistema de soporte.

Cuando se trata de cimbras para columnas circulares, el diseñador puede lograr un ahorro efectivo utilizando moldes soportante y que permanecen en su posición como protección durante el curado. Cuando en una obra se encuentran grupos de cuatro o cinco columnas iguales, pueden agruparse los moldes, lo que facilita el manejo de dichos grupos de cimbras aunque incrementando el costo de un ensamblado rápido.

VIII.3.2 CIMBRAS PARA ESCALERAS Y CUBOS DE ELEVADORES

Los moldes para cimbras de escaleras tienen una importancia mayor de lo que comunmente se piensa. Durante la construcción normal de un edificio de muchos pisos, las escaleras proveen los medios de acceso para los trabajadores y facilitan las actividades de carga de los elevadores temporales, ya que gran parte del tráfico que sube y baja por las escaleras corresponde al personal del constructor, electricista, ingenieros, etc.

Una buena facilidad de acceso al nivel de trabajo es muy importante para el progreso satisfactorio de la obra. Sería ideal que dentro del conjunto de la cimbra para losas y trabes, se tuviera prevista la cimbra para las escaleras, de modo que el colado se efectúe sin demora. Así, eliminan tanto las improvisaciones y

ajustes apresurados de las formas, como los gastos de último momento para la construcción de escaleras.

La preparación de la cimbra para el cubo de escaleras y elevadores a menudo es la que regula el avance de la construcción. El sistema de cimbra deslizante puede ser empleado para acelerar la construcción del núcleo central de elevadores y servicios en un edificio de pisos múltiples, aunque también es posible concebir un sistema de cimbra para muro, cuidadosamente diseñado, que incluya el colado de un entrepiso completo en cada etapa. Actualmente y en el caso de la construcción de estructuras tipo torre, se acostumbra hacer uso de dos juegos de cimbra de manera que se va moviendo uno sobre otro mientras fragúa el primer colado.

Para construcción normal, lo usual es proveer una cimbra completa para cada colado y el diseñador puede estar seguro de que el tiempo utilizado en el refinamiento y simplificación de la cimbra será ampliamente compensado por el ahorro de tiempo de la construcción.

VIII.3.3 CIBRA PARA MUROS DE CARGA PARA LOSAS PERIMETRALES

La cantidad de cimbra requerida para este tipo de construcción está basada en el módulo tipo, ya sea para oficinas o vivienda y depende de la forma final de la estructura. Por lo general, los

muros se construyen en ciclos diarios y la cantidad de cimbra necesaria tiene que cumplir con este requisito.

La mayoría de las estructuras se programan sobre la base de un piso por semana y algunas veces se necesita construir de 6 a 12 formas por muro con objeto de mantener la continuidad de la construcción. Algunos contratistas prevén una gran cantidad de formas para muros de manera que esta actividad no se vuelva crítica respecto al ciclo de construcción.

VIII.3.4 CIMBRAS PARA PISOS Y LOSAS ESTRUCTURALES DE CONCRETO REFORZADO

Es práctica común colocar un tablero completo para el colado de una losa de piso o asignar una superficie suficiente para el lecho del elemento, lo que permite dar continuidad al montaje mediante la utilización del material de cimbra que se va retirando del concreto previamente colado.

Como es obvio, el proceso de montaje toma más tiempo que las operaciones de descimbrado.

La colocación del acero de refuerzo debe estar coordinada con las actividades del montaje y los ciclos de colado. Siempre que sea posible, el tiempo entre cada ciclo puede ser reducido usando

tanto mezclas de fraguado rápido y concreto de resistencia temprana como sistemas de fácil cimbrado y técnicas de curado acelerado. Ultimamente los constructores se han esforzado por efectuar un descimbrado temprano con base en los resultados comparativos de probetas curadas en condiciones similares a las existentes cuando se efectuó el colado de la losa. En el caso de losas aligeradas con moldes removibles, cuyo alquiler es bastante caro, se debe tratar de descimbrar lo más pronto posible.

VIII.3.5 FORMAS PARA ABERTURAS Y DUCTOS

Estas pueden ser extremadamente caras porque con frecuencia se les considera cimbras perdidas, ya que generalmente quedan ahogadas dentro del concreto. Sin embargo, el diseñador puede lograr algunos ahorros si diseña estas formas como parte integral de la cimbra porque pueden hacerse en cuanto se ha determinado la plomada y el trazo. Puede lograrse un cierto ahorro en materiales adhiriendo estas formas a las cimbras principales, siempre y cuando esto no afecte la calidad de la estructura.

VIII.3.6 CIMBRA PARA MUROS DE CONTENCIÓN

Es difícil determinar la cantidad de cimbra que debe preverse para los muros de contención de los sótanos de estructuras de

muchos pisos. Como es natural, los carpinteros no pueden empezar a trabajar hasta que halla espacio disponible y como la construcción de la cimbra y del apuntalamiento con actividades particularmente interdependientes, el montaje debe coordinarse con las operaciones de remoción e inserción de apuntalamientos. Cuando se requieren muros de contención muy largos para diques u obras portuarias, por ejemplo, cuando se necesitan muros continuos como estructuras de contención y obras de defensa contra crecidas de río u oleaje marino, las operaciones de cimbrado son mucho más predecibles y se pueden planear, programar y diseñar con anticipación.

Cuando se usan cimbras de madera o formas compuestas, es normal emplear dos o tres moldes típicos para mantener el ciclo diario de trabajo, el cual también puede cumplirse usando formas patentadas y de gruas viajeras para su manejo.

VIII.4 MONTAJE

Aún cuando la cimbra es una estructura temporal fácilmente desmantelable y transportable, esta diseñada para soportar las presiones y las cargas probables que ocurren durante el colado.

Es responsabilidad del encargado del montaje revisar que todos los dispositivos, herrajes y seguros estén en la posición correcta y que se mantengan firmes y rígidos durante el colado.

Cada obra es diferente y tiene sus problemas particulares, sin embargo, las siguientes observaciones pueden ser de ayuda para evitar problemas serios.

a) Cada tablero debe utilizarse en la posición correcta y claramente numerado para evitar equivocaciones.

b) Es necesario verificar que los puntales, madrinas, apoyos, cierres y amarres de muros tengan el espaciamiento requerido.

c) Los puntales y soportes deben estar bien contraventeados y tener un apoyo firme.

d) En su caso es preciso apretar bien todas las tuercas de los pernos o amarres de muros y quitar las piezas separadoras temporales. Se debe verificar también que nada haya caído dentro de la cimbra.

e) En colados elevados es necesario verificar que el borde inferior del tablero quede bien apoyado contra el concreto endurecido del colado anterior. Para concreto aparente es preciso utilizar tiras de espuma plástica en las juntas, en los topes de tableros y en las juntas de construcción para evitar escurrimientos de lechada.

f) Cualquier pieza de relleno o tablero de cierre debe coincidir con la cimbra principal, para lo cual se distribuyen de manera que los tableros principales no sufran daños al fijarse o descimbrarse. Hay que evitar barrenar agujeros y cortar tableros estándar.

g) Los agujeros que se hallan en las cimbras deben ser nitidos para facilitar el remiendo o el relleno. Las cimbras de madera se barrenan por la cara para evitar astilladuras en la superficie.

h) Todas las tablas y cierres se deben clavar ligeramente para que permanezcan en el concreto al descimbrar.

i) Los insertos y cajas que puedan colocarse en posición antes del colado, deben estar firmemente sujetos.

j) Se dará instrucciones claras y precisas respecto a cualquier pieza que deba colocarse durante el colado.

k) Se deben eliminar la suciedad, las rebabas, los cortes de alambre y los clavos dado que estos manchan tanto la cimbra como el concreto.

l) Se verificará que halla accesos adecuados y que las plataformas de trabajo estén en su sitio para seguridad de las cuadrillas de trabajadores, así como la colocación de los

barandales y zoclos necesarios.

m) Las cimbras en pendiente y las de tapa horizontal están sujetas a presiones ascendentes del concreto fresco y es necesario sujetarlas firmemente.

Cuando se emplean sistemas patentados, deben interpretarse bien las instrucciones del fabricante, y contar con la herramienta especial necesaria antes de iniciar el trabajo.

VIII.5 APUNTALAMIENTO

Las fallas que presenta el cimbrado no implican necesariamente una ruptura o un colapso en su sistema; sin embargo, los resultados producidos por estas fallas pueden ser igualmente drásticas, tomando en cuenta los daños y las pérdidas sufridas.

Cabe destacar que la mayor parte de las fallas en el cimbrado, son consecuencia de un diseño erróneo o de una construcción y un descimbrado en los que no se tuvo especial cuidado. Otras fallas se originan por los defectos inherentes a los materiales, los que primera vista parecían llenar los requisitos satisfactoriamente. Es importante que todas las fallas que se produzcan en el cimbrado se examinen, a fin de poder determinar como ocurrieron y cual es la mejor manera de prevenir cualquier falla similar en trabajos futuros. Ahora bien, se han dado casos de derrumbes de cimbras debido al empleo de puntales defectuosos, o al uso

incorrecto de puntales de acero ajustables; Por razones obvias de seguridad, la colocación correcta de los puntales es vital.

La capacidad de carga de los puntales de acero, ajustables, se reduce considerablemente si éstos se colocan fuera de plomada, o si la carga se aplica fuera de centro. Los largeros sostenidos por puntales no deben estar más de 25 milímetros fuera del centro de la cabeza de puntal. En cuarenta puntales no debe haber más de uno fuera de plomada. La verticalidad de los puntales se verificará aplicando la plomada a los puntales de los extremos de cada fila, con un nivel de 1 m., y observando los restantes desde esos puntos.

No debe emplearse el puntal que tenga cualquiera de los siguientes defectos:

- a) Un dobléz o una arruga en el tubo.
- b) Corrosión que pase de la superficie.
- c) La cabeza o la placa de base dobladas.
- d) El pasador defectuoso o dañado.

Se verificará, sobre todo, que los puntales tengan apoyo firme y que se empleen separadores, excepto cuando se apoyen directamente sobre una base de concreto (de preferencia).

VIII.6 COLADO

En el momento de colar el concreto, alguien con experiencia en la elaboración de cimbras, de preferencia el maestro de obra, debe estar al tanto de cualquier situación peligrosa que pudiera surgir y aprestarse a remediar la situación por todos los medios. Para lo cual debe contar con una dotación de los materiales necesarios, como cuñas, puntales, pernos, etc., a fin de resolver cualquier emergencia.

En lugares estratégicos deben fijarse testigos y cuerdas de aviso para tener siempre bajo control el alineamiento, el pandeo y la plomada, mientras se esta colando el concreto.

Una de las principales fallas en el cimbrado, es el escurrimiento. La pasta del cemento que se encuentra sujeta a presión, puede desplazar completamente cimbras de gran tamaño y al endurecerse durante el proceso de fraguado, daña el perfil y la superficie de contacto del concreto. Cualquier parte de la cimbra que muestre manchas de agua o de obscurecimiento local del concreto, indica que existe algún tipo de escurrimiento.

Hay que destacar que las técnicas de junteo, ranurado y uniones machihembradas, así como la inserción de cuñas, deberán prevenir el escurrimiento. Por otra parte, el fraguado de la pasta del concreto en las juntas, puede causar problemas debido a que se hace uso de métodos tradicionales para limpiar las cimbras.

Cuando no se ha hecho la limpieza, la pasta de concreto fraguado puede provocar imprecisiones de vastas proporciones.

Los separadores de madera para mantener la cimbra a cierta distancia, como los que se emplean en muros, deben quitarse conforme procede el colado.

Cuando se emplean varillas corrugadas para hacer agujeros, deben aflojarse antes de que fragüe el concreto y sacarse lo más pronto posible; si la varilla permanece en su sitio durante la noche, será más difícil descimbrar sin dañar la cimbra.

VIII.7 DESCIMBRADO

Una de las actividades más importantes en el proceso de las operaciones del cimbrado, es el descimbrado del concreto. A pesar de que el diseñador de la cimbra y el supervisor del cimbrado, conocen bien los problemas involucrados en el diseño y el método, desafortunadamente, en muchas ocasiones, el supervisor y los operadores de la obra no toman en cuenta la importancia que representa el utilizar técnicas organizadas de descimbrado.

El descimbrado puede efectuarse una vez que el concreto ha adquirido la resistencia suficiente para autosostenerse y soportar otras cargas que se le apliquen. El momento preciso para el descimbrado ha sido un tema controvertible durante muchos años, se han hecho varios intentos para especificar un método estricto y rápido para el tiempo de descimbrado; sin embargo, los

ingenieros y contratistas no llegan a un acuerdo respecto a este asunto. Por lo anterior y dado que el objeto de este trabajo no es la solución al sistema de descimbrado se recomienda lo siguiente:

Los muros, columnas y costados de vigas pueden descimbrarse por regla general dentro de las 12 o 18 horas siguientes al colado del concreto, pero, puesto que el concreto aún estará fresco puede dañarse fácilmente, debe tenerse mucho cuidado; esto es particularmente importante a bajas temperaturas, cuando puede ser necesario dejar puestas las cimbras más tiempo de lo normal.

Al llegar el momento de descimbrar, los amarres y abrazaderas deben aflojarse gradualmente, para evitar que el último amarre se empaste. Al quitar los pernos, amarres y tornillos, deben colocarse en cajas; no deben tirarse al suelo con la intención de recogerlos más tarde.

Si la cimbra no se desprende fácilmente, debe aflojarse cuidadosamente y mediante cuñas de madera. El empleo de barretas para desprender la cimbra del concreto, invariablemente daña tanto al concreto como a la cimbra.

Al descimbrar plafones, los puntales deben aflojarse uniformemente, poco a poco, comenzando por el centro del claro y hacia los apoyos. Si se hace en el sentido inverso se sobrecargan los puntales del centro del claro.

Nunca deberá permitirse el descimbrado instantáneo, en el que se quiten de un tirón grandes áreas de cimbra, pues puede provocar accidentes de lamentar; además, no sólo causa daño a la cimbra, sino a la misma estructura debido a la carga súbita.

Cabe señalar que es preciso mantener un orden y limpieza en toda la operación de descimbrado ya que esto redundará en una mayor eficiencia, productividad y economía.

VIII.7.1 ADITIVOS DESMOLDANTES

En el mercado existen editivos desmoldantes cuyo principal propósito es facilitar el descimbrado. Sólo algunas cimbras, cuyas caras están ya tratadas con ciertos materiales como el poliestireno expandido, no requieren la aplicación de un aditivo desmoldante.

Así como existen distintos materiales con que se hacen caras de cimbras, como madera, acero y fibras de vidrio también hay diversos tipos de aditivos desmoldantes para cada uno de los materiales.

CAPITULO IX

COLADO Y COMPACTACION DEL CONCRETO

CAPITULO IX

COLADO Y COMPACTACION DEL CONCRETO

IX.1 "El colado". La ejecución del colado comprende una serie de operaciones sucesivas que deben ser ejecutadas en el elemento a "colar", tanto previas, durante o posteriores a la colocación del concreto, las cuales pueden desglosarse como se indica:

a) Preparación previa:

- a.1. Tratamiento de la superficie a recubrir.
- a.2. Cimbrado, armado y colocación de insertos.
- a.3. Limpieza final.

b) Colocación del concreto.

c) Compactación del concreto.

d) Tratamiento de la superficie final.

IX.1.a Preparación previa. Aquí se considera la preparación de la superficie que va quedar cubierta o en contacto con el concreto fresco, lo cual depende de la naturaleza de esa superficie; terreno natural o concreto colocado anteriormente.

En el caso del terreno natural, el procedimiento dependerá si está formado por suelo o roca. El suelo deberá compactarse de tal

suerte que el concreto se apoye sobre suelo denso, que no experimente asentamientos perjudiciales a la estructura.

Las superficies rocosas, se someterán a un tratamiento que elimine las zonas demasiado fracturadas o alteradas hasta el límite que indiquen las especificaciones técnicas o el responsable de la obra.

Debe considerarse, además, la captación y drenaje del agua que aflore o fluya hacia la zona donde se colocará el concreto fresco.

Si el concreto va ser colocado en contacto con concreto endurecido, la superficie de contacto deberá recibir el tratamiento adecuado.

A continuación debe procederse a la colocación de la cimbra, el armado y los elementos insertados en el concreto, según corresponda de acuerdo a los planos del proyecto de la obra.

Para la colocación de estos elementos deben cuidarse los siguientes aspectos:

- Resistencia, estanqueidad y posicionamiento de los moldajes.
- Recubrimientos y disposición del armado.
- Ubicación y afianzamiento de los elementos de insertos.

Terminadas las operaciones mencionadas e inmediatamente antes del inicio de la colocación del concreto, es necesario proceder a efectuar la limpieza final del elemento a colar. Esta limpieza debe permitir eliminar todos los restos de suciedad acumulados en el sitio, para lo cual debe contarse con implementos que permitan efectuarla en forma enérgica y accesible a todos los puntos del elemento.

Para éste objeto, el método más adecuado es recurrir al empleo de una mezcla de agua aire comprimido.

Sin embargo, dado que estos recursos no existen en todas las obras, particularmente en las de tamaño mediano o pequeño, en sustitución puede emplearse exclusivamente agua a la máxima presión disponible (fig. 12).

IX.1.b COLOCACION DEL CONCRETO.

Colocación en condiciones normales. "El colado" de toda obra de ingeniería y de cada uno de los elementos que la constituyen, necesita de un cierto grado de planificación previa a su ejecución, tanto más compleja cuanto más irregular sea su forma geométrica. Esta planificación debe considerar, con mayor o menor detalle, como mínimo los siguientes puntos:

- Etapas de "colado"
- Acceso a cada elemento
- Distribución del concreto

en la forma que se señala a continuación.

Etapas de colado. De preferencia antes de iniciar el colado de la obra, debe efectuarse un estudio de las etapas en que se subdividirá para su construcción. Estas etapas quedarán definidas por alguna de las superficies que limitan la obra por condiciones de su diseño, terreno natural o superficies finales de la obra y por juntas de construcción elegidas voluntariamente.

Para la ubicación de las juntas de construcción deben considerarse principalmente dos aspectos:

- Que el volumen que definan para cada etapa sea adecuado a la capacidad de colado disponible en la obra, de manera que alcance a ser colocado en un turno de trabajo como máximo.

- Que se dispongan de acuerdo a las especificaciones del proyecto o a buenas prácticas estructurales. Para éste último objeto, es conveniente tener en consideración que las juntas de construcción por muy buen tratamiento que reciban, constituyen puntos débiles para la transmisión de esfuerzos, principalmente de corte y de tensión, motivo por el cual su ubicación debe ser de preferencia donde dichos esfuerzos sean mínimos para las obras de concreto armado y simple, respectivamente.

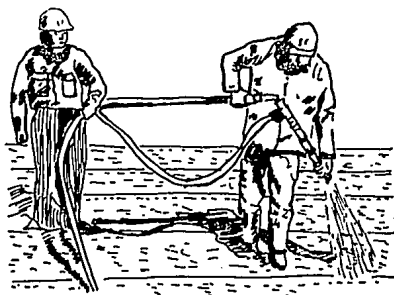


fig.(12). Preparación previa

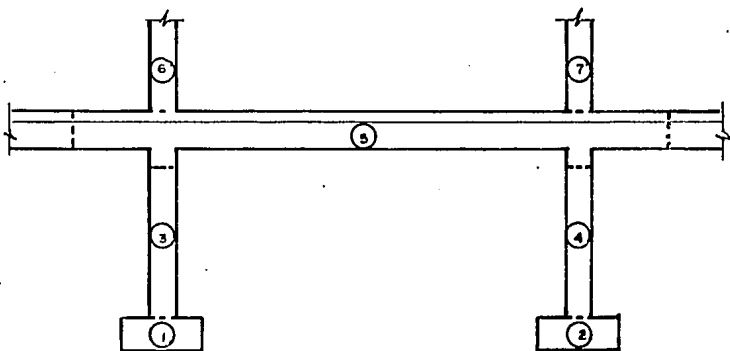


fig.(13). Etapas de colado



Capas completas



fig.(14). Avance en escalones

En la figura 13 se indica un ejemplo de definición de etapas de colado correspondiente a una obra de edificación.

Acceso a cada elemento. Los equipos previstos para el transporte de concreto deben tener acceso a todas las etapas consideradas para la construcción de la obra. Estos accesos deben planearse de acuerdo al alcance de dichos equipos y a la forma en que se ha previsto distribuir el concreto en el interior de la etapa.

Distribución del concreto. El Concreto debe ser distribuido en todo el volumen de la etapa, de manera que se cumplan las siguientes condiciones:

- Que en ningún punto se produzca el endurecimiento del concreto ya colocado, antes de quedar cubierto por concreto fresco, es decir deben evitarse las así denominadas "Juntas frías" pues éstas atentan contra el monolitismo y por ende, la seguridad estructural del elemento.

- Que la distribución se efectúe en forma ordenada y avanzando en capas de un espesor compatible con el equipo de compactación utilizado, en la forma que se indica más adelante, de manera que no halla puntos en que el concreto no reciba una adecuada compactación.

El cumplimiento de estas condiciones puede hacer necesario disponer en el interior de la etapa de elementos adicionales para la distribución de concreto, tales como canoas cortas, tubos o

mangas o, en su defecto, efectuarlo mediante paleo.

Adicionalmente, debe planificarse la forma de efectuar el avance de cada capa de "colado", que se ejecuta principalmente de dos maneras:

- Mediante capas que abarquen toda la superficie de la etapa.

- Mediante capas colocadas en forma escalonada como se representa en la figura 14.

La elección de la modalidad queda condicionada por la forma del elemento y capacidad de colado.

Colocación en condiciones especiales. Cuando las condiciones de temperatura de colocación del concreto se apartan de los valores medios normales es necesario prever las medidas que se describen a continuación.

Para el objeto de definir los valores medios normales deben considerarse las temperaturas que las normas definen para la ejecución de ensayos, principalmente los relacionados con los procesos de fraguado y resistencia del concreto, que en el caso de las normas ACI está entre los 15 y 30 grados centígrados. En consecuencia, los mencionados efectos adquirirán importancia cuando la temperatura ambiente se aleje de los valores dados.

- Colocación en tiempo frío. Las bajas temperaturas afectan las propiedades en estado fresco, así como el fraguado y endurecimiento posterior del concreto.

Estos efectos empiezan a ser significativos en obra cuando se registran temperaturas promedio diarias inferiores a 10°C, períodos en los cuales se hace necesario tomar medidas preventivas, que dependerán del valor previsible para dichas temperaturas y de la importancia estructural de los elementos, los cuales pueden resumirse en la forma que se describe adelante.

- Efectos sobre concreto fresco. El principal efecto ejercido por las bajas temperaturas sobre el concreto en su estado fresco consiste en un aumento significativo del proceso de exudación. Este debe ser tenido especialmente en consideración en las superficies no moldeadas que deban ser sometidas a un proceso de terminación.

Para disminuir estos efectos, los concretos utilizados en tiempo frío deben ser dosificados con las menores dosis de agua compatibles con su manipulación en obra, o con el uso de un aditivo inclusor de aire. Por otra parte, el retardo ejercido sobre la pasta de cemento permite disponer de mayores tiempos para la ejecución de los procesos de colocación y compactación, evitando la producción de "juntas frías".

En esta etapa, además es necesario considerar una protección inicial que impida el congelamiento del agua del concreto, para

lo cual debe preverse un aumento de la temperatura de fabricación, el que puede conseguirse mediante la adición de agua caliente, siempre y cuando la temperatura no sobrepase los 60 °C.

- Efectos sobre concreto endurecido. Las bajas temperaturas inducen también un efecto retardador sobre la resistencia del concreto. Este efecto debe considerarse particularmente en los elementos estructurales. Para este objeto se recomienda ampliar los periodos de protección designados, adicionales de curado, durante los cuales el concreto debe ser mantenido a temperaturas no inferiores a valores mínimos especificados en las normas.

- Colocación en tiempo caluroso. Los efectos sobre el concreto en periodos de alta temperatura son inversos a los arriba mencionados, alcanzando significación cuando la temperatura del concreto excede de 30 °C.

Dichos efectos inciden básicamente en la rápida pérdida de fluidez que se produce en el concreto por efecto de evaporación del agua de mezclado y el inicio prematuro del fraguado de la pasta de cemento. La recuperación de fluidez perdida, hace necesario el empleo de una dosis de agua adicional que sobrepasa la inicialmente prevista al estudiar la dosificación del concreto, induciendo una baja resistencia.

Estos efectos pueden ser disminuidos parcialmente mediante el uso de aditivos retardantes en la forma que lo indique el fabricante

y deben ser complementados con medidas que permitan mantener la temperatura del concreto bajo los 30 °C.

Para éste objeto es necesario disminuir la temperatura de los agregados, protegiendolos del calor del sol y empleando agua y cemento a la menor temperatura posible al incorporarlos a la mezcladora.

Y si a la alta temperatura se le agrega la acción del viento se tendrá un resecamiento superficial que se traduce en agrietamiento, por lo que se recomienda cubrir la superficie expuesta o humedecerse superficialmente mediante neblina de agua, evitando los escurrimientos.

La alta temperatura debe ser además considerada en la planificación del colado, dado que la disminución de tiempo de fraguado acorta los tiempos disponibles para el avance de las capas de colocación.

IX.2 COMPACTACIÓN DEL CONCRETO

El concreto al ser colocado posee un alto contenido de aire, el cual debe ser disminuido al máximo posible, puesto que de lo contrario se verían afectadas la resistencia, la durabilidad, y en general sus principales propiedades.

Para llevar a cabo dicha disminución de contenido de aire se someterá al concreto a un proceso de compactación que consiste en exponer a las partículas sólidas a un movimiento que permita la ascensión del aire y su eliminación por la superficie superior del elemento.

Para la compactación se utilizan dos métodos principales:

El varillado y la vibración

El primero consiste en introducir en la masa del concreto una barra o varilla, moviéndola alternativamente hacia arriba y abajo (fig. 15).

Para lograr una buena compactación con este sistema, el concreto debe tener una alta fluidez y, además, la introducción de las varillas debe efectuarse en puntos situados a corta distancia entre sí (10 cm. aproximadamente), condición que lo hace de bajo rendimiento. Razón por la cual solo se utiliza en obras pequeñas.

La vibración se efectúa mediante el empleo de un equipo mecánico que permite transmitir una vibración de alta frecuencia (sobre 5000 revoluciones por minuto) y baja amplitud (inferior a 1.5 milímetros) los vibradores más utilizados son:

- De inmersión o de chicote con cabeza (fig. 16). Consiste en una botella cilíndrica de acero, que recibe la vibración

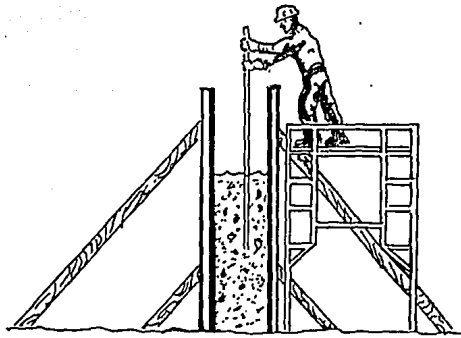


fig. (15).

varillado

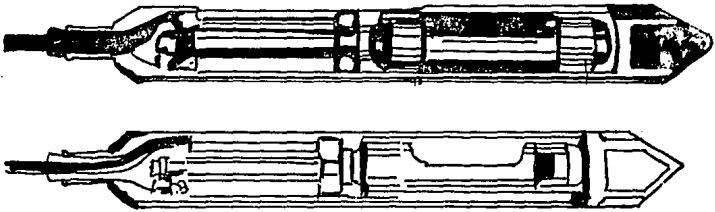


fig.(16)

vibradores de inmersión

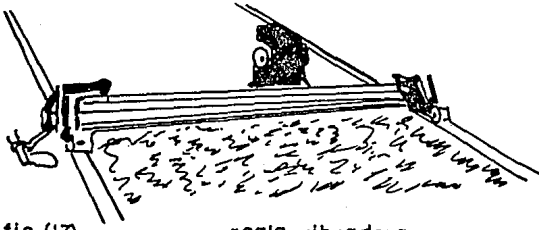


fig.(17).

regla vibradora

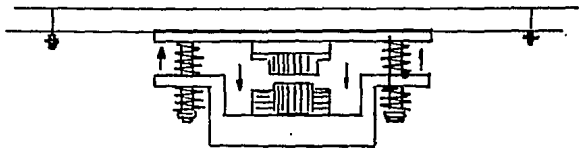


fig.(18).

vibradores de molde

producida por una excéntrica rotatoria. La botella se sumerge en el concreto fresco, al cual comunica la vibración, compactando una cierta zona, que se denomina "radio de acción del vibrador". Existen vibradores de inmersión de diversas características. (tabla 8)

Tabla 8.- Características de vibradores de inmersión.

DIAMETRO DE LA BOTELLA (cm)	FRECUENCIA (rpm)	AMPLITUD (mm)	RADIO DE ACCION (cm)
2 - 4	10 - 15,000	0.4 - 0.8	7 - 15
3 - 5	9 - 13,000	0.5 - 1.0	12 - 25
6 - 9	8 - 12,000	0.6 - 1.3	18 - 35

- De superficie. Los vibradores de superficie consisten en una placa que recibe la vibración de un motor equipado con una excéntrica. La placa se aplica directamente a la superficie del concreto que se va a compactar, se recomienda para espesores no mayores de 30 cm.

Existen dos tipos de vibradores de superficie:

- La regla o cercha vibradora (fig. 17). Consistente en una lámina angosta y larga, equipada con uno o varios vibradores sobre ella. La regla se aplica a la superficie, deslizando la adherida a ella en forma progresiva, a una velocidad apropiada como para permitir la compactación.

- Los vibradores de molde (fig. 18). Consisten en la aplicación del motor vibratorio sobre el molde, que recibe así

directamente la acción vibratoria y la transmite al concreto.

Son utilizados principalmente para la compactación de revestimientos confinados con espesores no mayores de 30 cm. en los cuales, por dificultades de acceso, no es posible aplicar la vibración de inmersión.

Cualquiera que sea el procedimiento utilizado para compactar el concreto, su ejecución debe cumplir ciertas condiciones que aseguren su eficacia, como:

- El espesor de la capa que se está compactando debe ser adecuado al tipo de vibrador utilizado;

El largo de la botella menos 10 cm. para los de inmersión.

30 cm. para los de superficie.

- La vibración debe efectuarse en forma ordenada y sistemática;

Introduciendo el vibrador de inmersión a distancias similares a su radio de acción.

Regulando la velocidad de avance de las reglas vibratorias a manera de obtener la compactación del concreto.

Distanciado los vibradores de molde a una distancia similar a su radio de acción.

- El tiempo de vibrado debe ser estrictamente necesario para lograr el afloramiento de pasta de cemento a la superficie del concreto. Se recomienda que, las varillas del lecho superior de dalas y cerramiento estén en contacto con la cabeza del vibrador durante un minuto de 15 segundos a cada 50 cm. de longitud de dichas varillas; este paso tendrá lugar inmediatamente después de haber introducido lentamente el vibrador hasta el fondo del miembro permaneciendo ahí durante 5 segundos y haberlo extraído lentamente. Lo anterior asegura la máxima compactación, evitando se produzca segregación, por descenso de partículas gruesas y ascenso del agua y partículas finas en el interior del concreto. La cabeza del vibrador se introducirá verticalmente sin remover con ello el concreto. No se permitirá aplicarlo horizontalmente. En todo momento se conservará en la obra por cada frente de colado un vibrador de repuesto en buenas condiciones de operación.

C A P I T U L O X

C U R A D O

CAPITULO X

CURADO

X.1 Durante la hidratación, el cemento toma agua de la mezcla en un porcentaje que va del 20 al 25 por ciento de su peso y la retiene en forma no evaporable, formandose el gel de cemento que tiende a ocupar los poros capilares. En relación con el volumen original del cemento el del gel es un poco mayor, por lo que el agua que se combina con el primero solo contribuye al aumento de volumen del gel con una porción de su volumen original. De esta manera, si no hay contribución de agua adicional hacia los poros capilares, pueden formarse vacíos equivalentes a la diferencia entre el volumen del agua tomada por el cemento y el del gel producido. De ahí la necesidad de contar con un exceso de agua en dichos poros, respecto al liquido estrictamente combinable con el cemento, pues de lo contrario, la hidratación puede volverse sumamente lenta, y aún detenerse, en otras palabras en una pasta con una relación agua-cemento de 0.20 a 0.25, este no puede alcanzar su completa hidratación, en un plazo razonablemente corto, si no obtiene agua adicional desde el exterior.

En el caso de las mezclas de concreto, el peligro de que esto ocurra es menor, pues en la práctica es necesario emplear contenidos de agua suficientes para llevar a cabo el moldeo, dichos contenidos representan valores mayores de 0.25 en la relación agua-cemento. No obstante, cuando el medio ambiente que

rodea el concreto recién elaborado propicia la evaporación de su contenido de agua, requiere tomar medidas con el fin de evitar la evaporación o suministrarle agua desde el exterior. Estos recursos constituyen lo que en terminología usual se conocen como curado del concreto. La importancia del curado radica en desarrollar una buena resistencia y durabilidad, menos probable que lo dañen las heladas y los golpes accidentales.

Además de asegurar la resistencia en el cuerpo del concreto, el curado adecuado proporciona a la délgada capa expuesta de éste una propiedad de "cubierta endurecida", que aumenta considerablemente su resistencia al desgaste y su buen aspecto durante mucho tiempo, cuando está a la intemperie.

Existen diversos métodos y materiales para efectuar el curado para lo cual se consideran dos grupos:

1.- Los que mantienen el agua o humedad en contacto estrecho con la superficie del concreto: tales como inmersión, inundación, aspersion, rociado, tierra o arena húmeda, mantas de estopa, algodón y yute mojado.

2.- Los que evitan la pérdida de humedad del concreto: tales como hojas de polietileno, papel de sacos de cemento, conservación de la cimbra en posición y aspersion de membranas de curado.

Se recomienda el uso de los métodos del primer grupo dada su eficacia con la inconveniencia de ser más costosos tanto en materiales como en mano de obra y, lo que es más importante, la inseguridad que ofrecen los operarios en su aplicación adecuada.

Los métodos del segundo grupo, aunque no tan eficaces son, en general suficientes para todo tipo de trabajo, excepto los muy especiales, y tienen la ventaja de que pueden aplicarse con mayor facilidad.

A continuación se describen algunos de los métodos de cada grupo:

Curado de agua (primer grupo).-

Inmersión.- Este método es el menos utilizable ya que consiste en la inmersión total del elemento en agua. el caso más favorecido por éste método es el de los cilindros de prueba.

Inundación.- Se usa en ocasiones para losas tales como; pisos de puentes, alcantarillas, techos planos, pavimento o en lugar donde se pueda crear un estanque de agua a base de un dique o borde de tierra impermeable o de otro material en el borde de la losa. También se puede usar en los lugares donde exista una corriente de agua, como en una alcantarilla. Debe evitarse que el agua anegada sea liberada repentinamente o fuera de tiempo, pues esto podría dañar al concreto. Por ejemplo, si el agua anegada se fuga, la losa no tendrá el curado apropiado; por otra parte,

el agua podría dañar el suelo sustentante o dañar otra construcción u objetos. El agua de curado no deberá estar a más de 11 °C abajo de la temperatura del concreto, debido a los esfuerzos o cambios de temperatura que se originan con el agrietamiento consiguiente.

Rocio de agua.- Por medio de boquillas o dispositivos de riego, proporcionan excelente curado cuando la temperatura se encuentra bastante arriba del grado de congelación.

En donde las temperaturas superiores a las atmosféricas normales son permisibles, como en el curado de productos elaborados en una planta, se usa vapor a presión atmosférica el cual, si es controlado en forma adecuada, mantiene una película de humedad sobre las superficies del concreto durante el curado.

La desventaja del riego es el costo del agua; a menos que exista un suministro disponible tan amplio que justifique el bombeo.

Mantas de estopa, algodón o yute.- Estas al igual que cualquier otro material absorbente, conservan el agua en la superficie, ya sea horizontal o verticalmente. Las mantas de estopa no deben tener ningún recubrimiento o cualquier otra sustancia que pudiera resultar perjudicial para el cemento o que cause decoloración. Las mantas de estopa nueva deben enjuagarse con agua para remover las sustancias solubles y hacerlas más absorbentes. Existen mantas de estopa tratadas para resistir la putrefacción y el

fuego (ambas propiedades importantes cuando las mantas secas o húmedas deban almacenarse entre diferentes trabajos).

Entre más pesada sea la manta de estopa, mayor será la cantidad de agua que retendrá y menor la frecuencia con que se tendrá que humedecer. Puede ser ventajoso usarla de doble grueso. Si las tiras se doblan a lo ancho o por mitad al colocarlas, se logra una mayor retención de humedad y se ayudará a evitar que las mantas de estopa se muevan de su lugar, debido al viento fuerte o aguaceros.

Las mantas de algodón o yute retienen el agua durante más tiempo que las de estopa y con menor riesgo de que el curado resulte inadecuado.

Curado con tierra o arena.- El curado con tierra húmeda ha sido usado en forma efectiva, tanto en trabajos comparativamente pequeños de losas o pisos como en la pavimentación de carreteras. La tierra debe estar libre de partículas mayores de 1 pulgada y no debe contener materia orgánica u otra sustancia que puedan dañar el cemento, retardando o destruyendo sus propiedades de fraguado. Este método consiste en extender tierra húmeda en capas iguales, procurando que no queden fisuras en las uniones para evitar que la humedad se pierda por transpiración.

También se pueden utilizar otros métodos como son el de la arena, aserrín, paja o heno, los cuales viene a funcionar bajo el mismo

principio de la tierra o las mantas que es el de mantener las condiciones óptimas de humedad.

Curado con materiales selladores (segundo grupo):

Película plástica.- Es ligera y puede aplicarse tanto pronto como el agua libre haya desaparecido de la superficie existe disponible en espesores de 13 micras y más, y en hojas transparentes, blancas o negras. Sin embargo para el curado de concreto, la película plástica debe satisfacer la norma ASTM - C-171, la cual especifica un espesor de 104 micras. Esta norma no menciona las hojas negras aunque éste color resulta satisfactorio bajo algunas condiciones. Las blancas son más caras, pero ofrecen un considerable reflejo de los rayos solares, mientras que las transparentes tienen poco efecto sobre la absorción de calor. Debe tenerse cuidado en no rasgar la película plástica o interrumpir la continuidad del curado. Existe otro tipo de película plástica que viene reforzada con fibra de vidrio, la cual la hace más resistente y durable.

Se puede hacer la combinación de la película plástica con mantas de algodón lo cual mejora la retención de la humedad liberada por el concreto que se encuentra condensada en la cubierta de curado.

La película plástica debe ser colocada sobre la superficie húmeda del concreto fresco tan pronto sea posible, teniendo cuidado de que no dañe la superficie y de que sobre todo cubra en su

totalidad el concreto fresco.

Papel impermeable.- Consiste en dos pliegos de papel kraft unidos entre si por medio de un adhesivo bituminoso y reforzado con fibras. La mayoría de los pliegos de papel han sido tratados para reducir su expansión y contracción al humedecerse o secarse. Los pliegos pueden unirse según los requerimientos de espesor determinado. Se dispone de pliego de papel con una cara blanca, para reflejar y reducir la absorción de calor, el papel impermeable se aplica de la misma manera que la película plástica y puede usarse varias veces mientras retenga la humedad eficientemente.

Compuestos líquidos para formar membranas de curado.- Consisten esencialmente en ceras, resinas, hule clorado y solventes muy volátiles a temperaturas atmosféricas se utilizan en gran medida para el curado del concreto. Su fórmula debe ser tal que proporcione un sellado total poco después de la aplicación y no debe ser perjudicial para la pasta de cemento. Algunas veces se agregan pigmentos blancos o grises al compuesto para que refleje los rayos del sol y para poder hacer que dicho compuesto sea visible en la estructura y pueda inspeccionarse.

Los compuestos de curado no deberán usarse en donde se vaya a recibir concreto adicional, pintura o mosaico que requiera de una unión efectiva, a menos que se halla demostrado que la membrana puede removerse satisfactoriamente antes de efectuar la

aplicación subsecuente, que dicha membrana pueda servir en forma eficiente y como base para la aplicación.

Los factores económicos deben considerarse al decidir cuando terminar el curado; los beneficios del curado se comparan contra factores tales como el costo, disponibilidad de los medios, necesidad de pronto acceso o protección de una superficie durante la operación constructiva subsecuente y el comportamiento deseado.

Normalmente se utiliza la resistencia para medir la calidad relativa de un concreto ésta se logra en un menor tiempo posible con un curado continuo. Cuando el curado se interrumpe antes de tener la resistencia deseada, el curado siguiente ya sea por fuentes naturales como la lluvia o por aplicaciones artificiales de humedad, permitirá obtener mayores ganancias de resistencia pero con mayor lentitud que tratándose de curado continuo.

La resistencia del concreto mencionada arriba se juzgará de acuerdo al laboratorio.

CAPITULO X I

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

CAPITULO XI

CONTROL DE CALIDAD

XI.1 Calidad es lo que se quiere de un producto o servicio. Algunas veces sucede que existen "economías" mal entendidas, o se compra lo mejor al costo que sea; o se confunde el precio con la calidad. En la construcción el control de calidad tiene como objeto garantizar la seguridad de las estructuras en donde se utilice el concreto.

Al igual que en toda clase de proyectos industriales, los peritos marcan las necesidades que debe cumplir un producto. Una vez definidas las necesidades, se le asignan al producto requisitos significativos. Estos requisitos constituyen las especificaciones. La calidad de ésta forma, se convierte para el productor en el cumplimiento de estos requisitos, es decir, las especificaciones son un compromiso para el productor y una necesidad para el consumidor.

Con la finalidad de tener un conocimiento más amplio y tener bases más firmes para la interpretación de los resultados de ensayos de resistencia a la compresión se hará una revisión de las características principales del concreto tanto fresco como endurecido.

XI.2 CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL CONCRETO FRESCO.

Entre la principales características del concreto fresco se pueden considerar las siguientes:

XI.2.1 Uniformidad. Haciendo la consideración de que el concreto es un material heterogéneo que se produce mezclando diversos componentes en cantidades establecidas, es necesario que esta mezcla sea uniforme de buena cohesión y no segregable. Para que esto ocurra se requiere conjugar dos condiciones indispensables:

- Que la mezcla este correctamente diseñada y con la consistencia adecuada a las condiciones de ejecución de la obra, y:

- Que se utilicen equipos y procedimientos de elaboración y colocación adecuados.

XI.2.2 Manejabilidad y consistencia de las mezclas. En la terminología del concreto no existe un criterio unificado en cuanto a la aceptación correcta de los vocablos consistencia y manejabilidad que, al referirse a mezclas de concreto fresco, suelen aplicarse indistintamente.

Según A.S.T.M. la consistencia, en términos generales, puede definirse como "la resistencia que un material no newtoniano

ofrece a la deformación", y la manejabilidad, aplicada específicamente al concreto, como la propiedad que determina el esfuerzo requerido para manipular una cantidad de concreto recién mezclado con la mínima pérdida de homogeneidad.

Un procedimiento práctico para conocer un concreto consistente (llamado antes concreto con consistencia de tierra húmeda), tomarlo con la mano y apretarlo o amasarlo y al soltarlo, dejará visibles huellas de humedad en los dedos o bien cuando aparece un brillo húmedo sobre el concreto acabado de repasar varias veces con la cuchara.

Cuando se menciona que una mezcla de concreto es manejable, generalmente se habla de la capacidad de:

a) Suficiente deformabilidad bajo la acción de las fuerzas de moldeo.

b) Conservación de la homogeneidad después de ser sometida a esas fuerzas.

c) Obtención de máxima compactación al cabo de las operaciones de moldeo.

La mayoría de los procedimientos con que se pretende medir la manejabilidad, proporcionan información sobre la deformabilidad y, en ocasiones sobre las facilidades de moldeo, es decir, tratan

de medir la consistencia principalmente. En cuanto a la conservación de la homogeneidad, es necesario complementar la información obtenida con observaciones de campo.

El grado de compactación que una mezcla de concreto puede alcanzar durante el moldeo depende, fundamentalmente, de la cantidad de trabajo que se le comunique, es decir, que si la fuerza de moldeo y su desplazamiento son constantes depende del tiempo de aplicación de dicha fuerza y si, por el contrario, el tiempo es constante, depende entonces de la magnitud de la fuerza de desplazamiento.

Entre estas variables, las que resultan más fácil de medir son el grado de compactación y el tiempo de moldeo. Por esta razón en los dispositivos que aplican esta observación como medio para juzgar la manejabilidad del concreto, se trata de mantener constantes la intensidad de la fuerza y su desplazamiento, a fin que la cantidad de trabajo comunicado por unidad de tiempo sea también el grado de compactación en un tiempo dado, o bien el tiempo necesario para alcanzar cierto grado de compactación.

MI.2.2.1 DISPOSITIVOS PARA MEDIR CONSISTENCIA Y MANEJABILIDAD.

Existen dispositivos que miden directamente la deformabilidad y dispositivos que miden directamente o indirectamente la compactación.

a) Dispositivos que miden la deformabilidad. Comúnmente se comparan los resultados obtenidos con diversos dispositivos, con el objeto de calificar su sensibilidad sobre mezclas de diversas consistencias y así tratar de establecer el intervalo de la consistencia en que cada dispositivo produce resultados más confiables. Por lo que es necesario contar con una escala de consistencia que pueda aplicarse de modo generalizado.

Usualmente la consistencia del concreto fresco se califica, de menor a mayor fluidez, como sigue;

seca
plástica
fluida

y de una manera más estricta:

extremadamente seca
seca
semiplástica
plástica
fluida
extremadamente fluida

indudablemente que la primera es la más usual.

Cono de revenimiento. El ensaye que con mayor frecuencia se realiza en las obras, es la determinación rutinaria de la consistencia del concreto mediante la prueba de revenimiento, esto es debido principalmente a su facilidad y al hecho de que se obtienen resultados inmediatos. Se puede considerar al valor del revenimiento como indicativo de la uniformidad en la relación agua-cemento, para una relación grava-arena determinada. La variación en el revenimiento es con frecuencia un medio para detectar variaciones en la relación agua-cemento, por lo que es posible utilizar esta prueba como un criterio para la aceptación o rechazo del concreto fresco desde el punto de vista de las variaciones que esto podría ocasionar en los procesos de transporte, colocación, compactación y acabado del concreto en la estructura.

La norma Mexicana NOM-C-156-1980, da la definición de revenimiento como sigue;

"Revenimiento es la medida de consistencia del concreto fresco en términos de la disminución de altura, en un tiempo determinado, de un cono truncado de concreto fresco de dimensiones específicas, cuyas medidas son 30 cm. de altura, 10 cm. en su base de apoyo (llamado cono de Abrams)" (fig. 19).

La prueba se lleva a cabo colocando el cono sobre un superficie horizontal y se vacia en el hasta llenarlo, tres capas del mismo

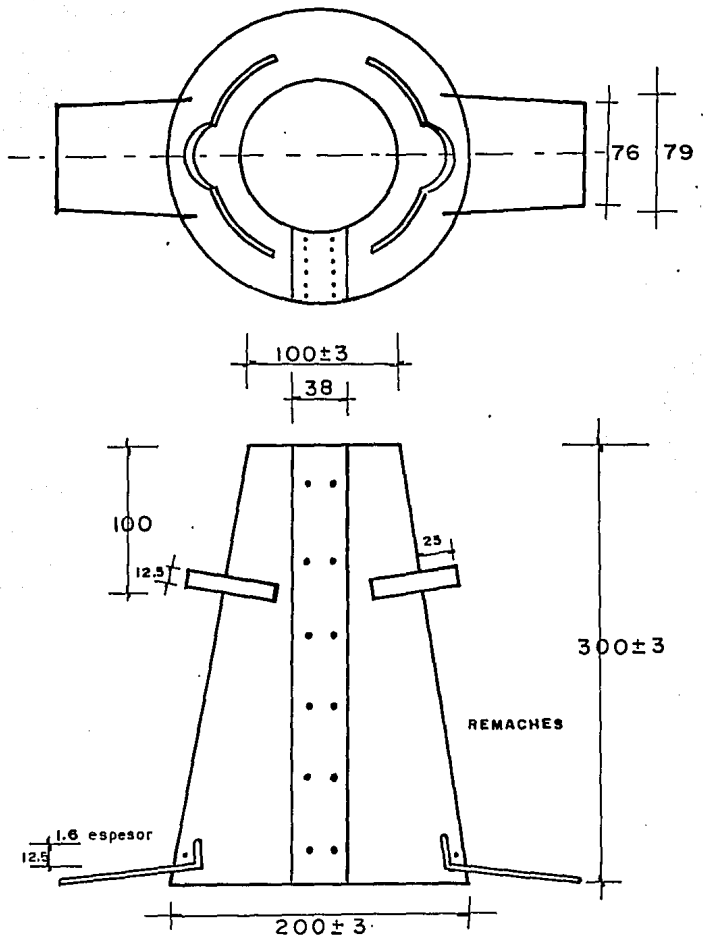


fig. (19).

CONO METALICO

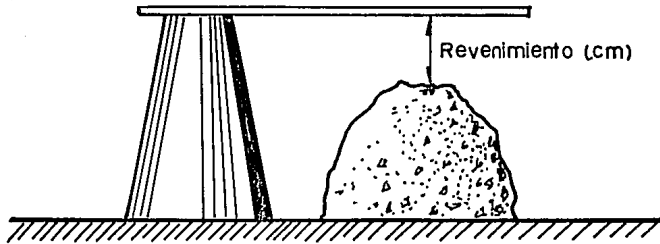
Acot. mm

espesor con la revoltura cuya plásticidad se desea clasificar, picando cada una de las capas 25 veces mínimo con una varilla lisa de 5/8" para apisonar el material. Se enrasa el concreto a nivel de la base superior del molde, el cual se saca cuidadosamente hacia arriba. Sobre la superficie horizontal donde descansa el cono queda la revoltura, que por falta de apoyo en las paredes laterales se reventará más o menos, según su fluidez. La diferencia en centímetros entre la altura del molde y la final de la parte seca, se denomina "revenimiento" y es tanto mayor cuanto más fluida es la revoltura. (fig. 20 (a)).

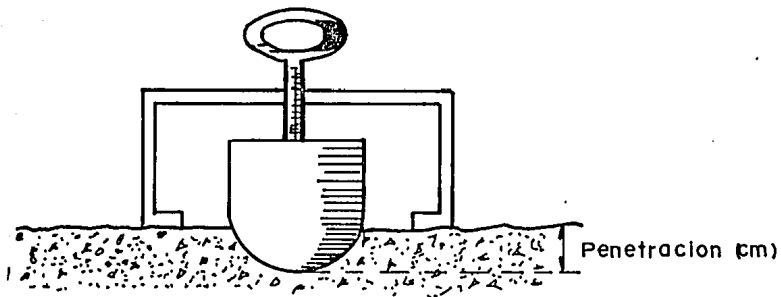
Los revenimientos más usuales según la clase de obra a que se destin el concreto son:

TIPO DE ESTRUCTURA	FLUIDEZ DE LA MEZCLA	REVENIMIENTO (cm.)		
		MIN.	MAX.	PROM.
Presas, puentes, cimentaciones, muros de contención, pavimentos, etc.	Mezcla seca.	0	8	4
Losas, trabes, muros de gran sección.	Mezcla plástica	8	12	10
Piezas pequeñas, con bastante armado.	Mezcla fluida	10	20	15

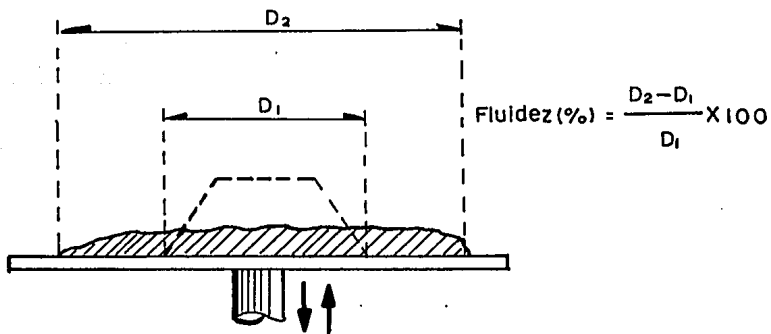
Esta magnitud se aplica como medida de la consistencia del concreto. Debe aclararse que es un procedimiento estático poco sensible, de mediana y a veces de mala reproducción, que solamente es aplicable a mezclas de concreto cuya consistencia esta



a) Cono de revenimiento



b) Bola Kelly



c) Mesa de fluidez

fig.(20)

DISPOSITIVOS PARA MEDIR LA DEFORMABILIDAD
DEL CONCRETO FRESCO

comprendida en el intervalo de semiplástica a fluida, es decir, no suministra información para mezclas muy secas o muy fluidas, su información tampoco es confiable cuando la masa del concreto no se mantiene unida durante el asentamiento, por lo que solo es aplicable a mezclas que tienen deformación plástica y cohesión.

Con mezclas de éste tipo, la prueba es útil como medio de control en la obra para tratar de conservar la consistencia del concreto, de revoltura a revoltura, dentro de una uniformidad razonable.

Bola de Kelly. Es una prueba indirecta de deformabilidad estática, en la que se mide la profundidad a la que una semiesfera metálica de peso constante es capaz de penetrar en el concreto fresco (fig. 20(b)). Por fundarse en un principio semejante al de la prueba de revenimiento sus aplicaciones y limitaciones son semejantes.

Esta es una prueba más sencilla y rápida de realizar que la de revenimiento, sin embargo en nuestro medio no se ha generalizado su uso.

Mesa de fluidez. Consiste en colocar un volumen constante de concreto (de forma troncónica) sobre una placa metálica redonda lisa, que se somete a 15 golpes durante 15 segundos. Cada golpe se produce por la caída brusca de la placa desde una altura constante. Como resultado de los impactos, la masa de concreto se extiende incrementando su diámetro el cual, expresado en función

de su diámetro inicial, representa el porcentaje de fluidez. (fig. 20 (c)).

Esta prueba aún cuando introduce el concepto de fuerza dinámica, en el modelo tiene limitaciones semejantes a las anteriores, y además presenta el inconveniente de la aplicación en el campo dado que el equipo no es portable.

XI.2.2.2 DISPOSITIVOS QUE MIDEN LA APTITUD DE COMPACTACION

Aquí se incluyen los equipos que miden la aptitud de una mezcla para ser compactada, es decir, reducir a un mínimo su contenido de aire no intencional. En algunos casos se determina el grado de compactación alcanzado mediante un trabajo de moldeo aplicado durante un determinado tiempo, o bien determinar la energía que se requiere para alcanzar cierto grado de compactación.

En cualquiera de los casos, estos procedimientos suministran información bastante aproximada de la manejabilidad del concreto en comparación con los de la categoría anterior, ya que toman en cuenta dos aspectos fundamentales:

Su capacidad para deformarse plásticamente y su aptitud para ser compactado.

Aparato del factor de compactación. Con este procedimiento se intenta medir la compactación relativa que alcanza un determinado

volumen de concreto fresco después de recibir una cantidad fija de trabajo. La base de comparación es la máxima compactación que puede alcanzar el concreto cuando se le aplica suficiente energía. El aparato se compone de un bastidor con dos embudos a diferente altura, uno directamente encima del otro, y un recipiente cilíndrico en la parte inferior (fig. 21 (a)). El procedimiento de prueba consiste en llenar de concreto el embudo superior y dejar caer el contenido al embudo intermedio, que lo recibe y se llena; a su vez se abre el fondo de éste embudo y se deja caer el concreto al recipiente cilíndrico inferior, el cual se llena al ras para determinar su peso volumétrico en esas condiciones de compactación. A continuación se determina el peso volumétrico del mismo concreto en condiciones óptimas.

La relación entre ambos pasos volumétricos se conoce como factor de compactación, cuyo valor debe ser tanto mayor cuanto más fácilmente moldeable sea el concreto, siendo el máximo teóricamente posible igual a la unidad.

El método es particularmente aplicable a mezclas cuya consistencia fluctúa en el intervalo que va de seca a semiplástica, es decir, en las que los métodos precedentes no producen resultados confiables. El aparato se utiliza principalmente en el laboratorio para el diseño de mezclas, aun cuando también se aplica eventualmente en obra como medio de control.

Aparato de remoldeo. A la inversa del método anterior (en que la cantidad de trabajo de moldeo fue constante), en este caso se

busca medir la cantidad de trabajo que es necesario comunicar a un volumen determinado de concreto fresco para lograr su completa compactación a través de remoldeo, en otras palabras, haciendolo cambiar entre dos formas geométricas bien definidas. El equipo consta de un molde troncocónico, semejante al de la prueba de revenimiento, que se instala en el centro de un recipiente cilindrico de mayor diametro, que cuenta con un anillo concéntrico interior de menor altura que el recipiente, el cual deja un espacio libre para el paso del concreto entre el fondo de éste y el borde inferior del anillo. Todo va montado sobre el plato de una mesa de fluidez (fig. 21 (b)).

La prueba se realiza llenando de concreto el molde troncocónico, retirandolo después para que la masa se asiente, como en la prueba de revenimiento. A continuación mediante el mecanismo de la mesa de fluidez, se incrementa el diámetro de la masa de concreto mediante sacudidas, hasta ocupar todo el espacio limitado por el recipiente cilindrico. De este modo, la masa se remoldea desde la forma troncocónica hasta la cilíndrica, y la cantidad de trabajo que se le comunica para cambiar de forma se mide por el número de sacudidas en la mesa, al cual se le llama número de remoldeo. El procedimiento es aplicable en el intervalo de consistencias en que se aplica el revenimiento, aunque su sensibilidad es mayor. Dado que el equipo no es sencillo, se le utiliza principalmente en el laboratorio para el diseño y comprobación de mezclas.

Aparato de Vebe. Este procedimiento aplica el mismo principio de la prueba de remoldeo, con la diferencia de que el trabajo de compactación no lo suministran las sacudidas de la mesa de fluidez, sino el movimiento ondulatorio producido por su equipo de vibración (fig. 21 c).

En éste caso, la cantidad de trabajo requerido para transformar la masa de concreto (de cono a cilindro), se mide por el tiempo que opera el tiempo de vibrado. Debido al efecto fluidizante de las vibraciones sobre la masa de concreto, éste método permite calificar la aptitud de compactación de mezclas cuya consistencia es aun extremadamente seca, lo cual no resulta posible por ninguno de los métodos precedentes, de ahí que su empleo sea más recomendable para el intervalo de consistencia entre extremadamente seca y semiplástica.

El aparato Vebe, como el de remoldeo, es básicamente un equipo de laboratorio para el diseño y comprobación de mezclas.

XI.2.3 SEGREGACION Y SANGRADO

Se conoce como segregación a la separación de los elementos que forman una mezcla heterogénea de modo que su distribución deja de ser uniforme. En el concreto se presenta debido a la diferencia de tamaño de las partículas y a la densidad de los componentes.

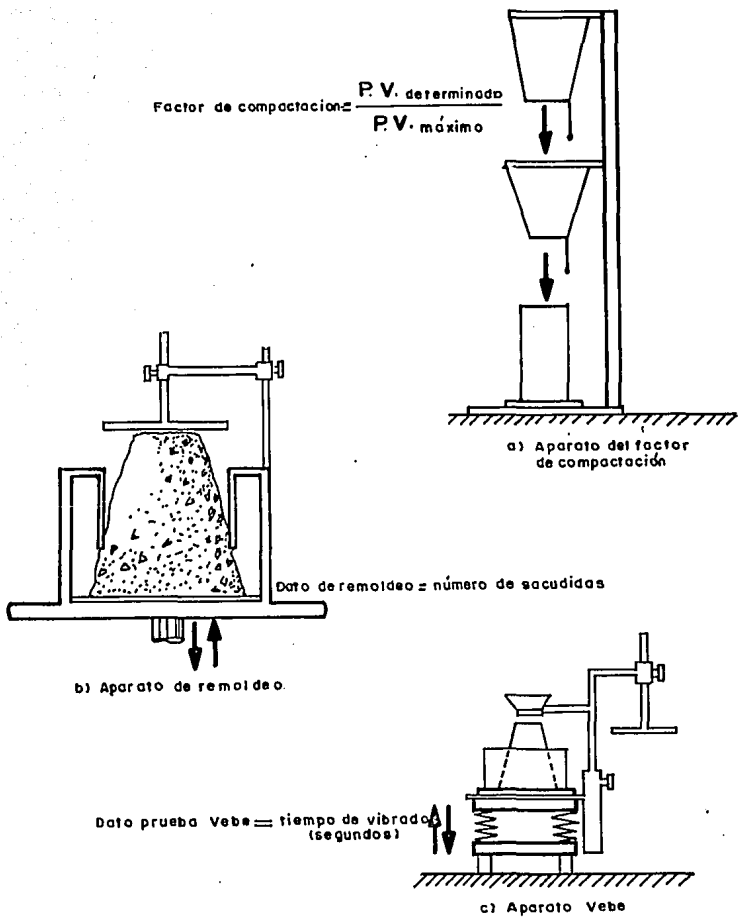


fig.(21) DISPOSITIVOS PARA MEDIR LA APTITUD DE COMPACTACION DEL CONCRETO FRESCO

Las mezclas menos segregables son las de consistencia plástica y semiplástica, es decir, aquellas que tienen deformabilidad y cohesión. Las más segregables son las mezclas fluidas, cuyo exceso de agua reduce esas propiedades.

La moderada retención de agua en el concreto fresco, esto es, que no se produzca excesiva segregación de agua hacia la parte superior (segregación de pasta), pero tampoco una exagerada salida por la parte inferior como en el caso de falta de arena muy fina o de ciertas propiedades del cemento (exudación o sangrado), se tomará en cuenta para poder definir la docilidad o manejabilidad (trabajabilidad) del concreto.

El sangrado es un forma de segregación en el cual una parte del agua de la mezcla tiende a elevarse a la superficie del concreto recién colado.

XI.2.4. FRAGUADO

Se entiende por fraguado al cambio de un plástico al estado sólido. En concreto se emplea para describir la rigidez de la mezcla. Arbitrariamente se emplean dos términos; fraguado inicial y fraguado final. Se dice del primero cuando la resistencia a la penetración es de 35 kg/cm²; y cuando ésta resistencia a la penetración es de 280 kg/cm² se está hablando del fraguado final.

Estas características son muy importantes, ya que para formar criterios de aceptación o rechazo es necesario conocerlas mediante pruebas que se realizan al concreto fresco.

Estas pruebas se ubican dentro del proceso de control del concreto fresco, el cual puede dividirse en dos etapas, la primera consiste en aquellos trabajos o verificaciones que se realizan previo o durante la elaboración del concreto y la segunda etapa que la componen dichos ensayos o determinaciones que se realizan al concreto ya elaborado.

En la primera etapa se verifican el funcionamiento y precisión de los equipos de mezclado y; la tolerancia en la medida de los materiales (cemento, agua, agregados y aditivos).

En la segunda etapa todas las pruebas anteriores mencionadas.

XI.3 PRINCIPALES CARACTERISTICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO

Aún cuando podría donominarse concreto endurecido todo aquel que hubiera pasado la etapa del fraguado, es conveniente, como se indicó anteriormente, aplicar el término solamente a aquellos cuyo cemento se encuentre en estado avanzado de hidratación, considerando que entonces, debe haber obtenido una fracción importante de sus propiedades.

El estado de hidratación depende de numerosos factores, edad, temperatura, humedad de curado, características del cemento y empleo de aditivos principalmente. Esto significa que para un concreto específico, el estado de hidratación debe ser función de tres variables principales;

- tiempo que transcurre desde la elaboración del concreto
- humedad del ambiente que lo rodea
- temperatura interior del mismo

La vigencia de dichas variables puede llevar a innumerables condiciones difíciles de reproducir. De tal modo, como objeto de establecer bases de comparación, ha sido necesario reglamentar la humedad y la temperatura, dejando únicamente como variable la edad del concreto.

Esta reglamentación consiste en establecer lo que se denomina condición de curado estándar, la que se define como aquella que permite mantener los especímenes de concreto a una temperatura de 22 ± 2 °C en un ambiente que asegure la existencia permanente de agua en toda la superficie cuando un concreto en condición estándar, la velocidad con que obtiene su madurez depende de características tales como tipo y consumo de cemento y contenido de aditivos. De acuerdo con la tendencia que generalmente adoptan con la edad los incrementos de resistencia de los distintos tipos de cemento (fig. 22) puede estimarse los siguientes límites aproximados:

EDAD	PORCENTAJE DE LA HIDRATACION DEL CEMENTO
1 SEMANA	25 - 70
1 MES	55 - 85
3 MESES	75 - 90
1 AÑO	90 - 95

Observese que para asegurar un porcentaje mayoritario en la hidratación del cemento, es necesario dejar transcurrir como mínimo un mes de la fecha en que se elabore el concreto, siempre y cuando se mantenga bajo condición estándar de curado. Esta situación ha conducido a la práctica de esperar esa edad (en la práctica común se ha reducido a 28 días con el objetivo de evitar ensayos en días no hábiles) para comprobar si un concreto adquiere y manifiesta las propiedades requeridas, de las cuales, la que más se comprueba es la de su resistencia mecánica, tal vez por que se supone que esta propiedad es concomitante de las otras. Aún cuando lo anterior se cumple con frecuencia, hay ocasiones en que una alta resistencia mecánica del concreto no representa necesariamente las mejores propiedades para un caso determinado. Tal es, por ejemplo, el caso en que un incremento en el consumo de cemento promueve, paralelamente, mayores resistencias y contracciones en el concreto.

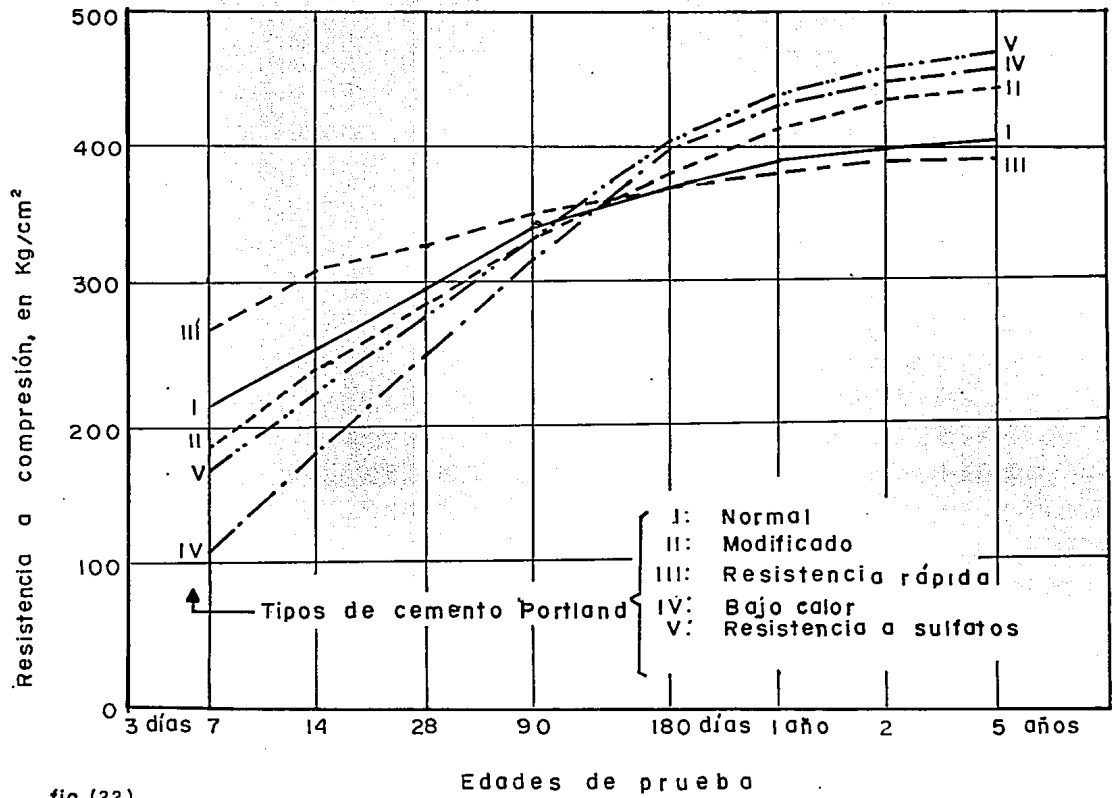


fig.(22).

De ahí la conveniencia de definir siempre las características más importantes que deben propiciarse en el concreto, de acuerdo con el tipo de estructura que constituye, y en condiciones de exposición y servicio a que debe estar sujeto.

Las principales propiedades y características del concreto endurecido son las siguientes.

- resistencia a la compresión simple.
- resistencia a la tensión
- resistencia a la flexión
- resistencia al esfuerzo cortante.
- resistencia a la compresión triaxial
- resistencia a la torsión
- resistencia al impacto
- resistencia a la fatiga
- resistencia al intemperismo
- resistencia a la abrasión
- resistencia al fuego
- adherencia.
- permeabilidad
- durabilidad.
- conductividad térmica y acústica
- flujo plástico
- absorción de radiaciones
- contracción por hidratación del cemento
- contracción por secado

- expansión por saturación
- expansión por reacción química
- expansión térmica
- modulo de elasticidad a la compresión
- modulo de elasticidad al esfuerzo cortante.
- etc.

De éstas la resistencia del concreto endurecido a la compresión simple, se considera como su propiedad más importante, sin embargo, en algunos casos especiales, otras propiedades, tales como; impermeabilidad, durabilidad, conductividad térmica, etc. pueden resultar más valiosas. Además muchas de las características deseables del concreto se relacionan cualitativamente con su resistencia a la compresión, ya que ésta ofrece un panorama general de la calidad del concreto, porque esta relacionada directamente con la estructura de la pasta de cemento endurecido. Sin embargo, la razón principal consiste en la importancia intrínseca que tiene dicha resistencia en el comportamiento de las estructuras de concreto, bajo la gama total de sollicitaciones a que pueden quedar sujetas.

Para determinar las características antes indicadas las pruebas de concreto endurecido pueden clasificarse en;

ENSAYES DESTRUCTIVOS Y ENSAYES NO DESTRUCTIVOS

De acuerdo con algunos autores las pruebas destructivas no cuentan con algunas pruebas estándar aceptadas universalmente.

Dado que en diferentes países, y en ocasiones aún dentro de los mismos, emplean métodos y técnicas diversas. Por lo que respecta a pruebas no destructivas, éstas hacen posible probar repetidamente la misma muestra, y consecuentemente, estudiar la variación de las propiedades del concreto con el paso del tiempo.

A continuación se describen brevemente las pruebas de concreto endurecido que se usan comúnmente en nuestro país, de éstas las pruebas destructivas más comunes son: Prueba a la compresión simple, Prueba de flexión, Prueba brasileña o de tensión; Las pruebas no destructivas más comunes son: Prueba de martillo de rebote (Esclerómetro), Prueba de resistencia a la penetración (Pistola Windsor), Prueba de pulso ultrasónico, prueba de corazones extraídos del concreto endurecido y prueba de extracción (Pull-out) en concreto endurecido, las tres últimos tipos de prueba son consideradas, por algunos autores, como pruebas semidestructivas.

XI.3.2 RESISTENCIA A LA COMPRESION

En gran número de casos el concreto en las estructuras se destina a trabajar bajo esfuerzos de compresión. De no ser así, esta resistencia se continúa considerando como un índice de calidad del concreto en general. De ahí la popularidad alcanzada al respecto. En virtud de la anterior, se hablará de las pruebas principales que se utilizan para medir dicha resistencia.

Prueba a la compresión simple. No existe una convención aceptada universalmente sobre que tipo de espécimen es el mejor para realizar ensayos en compresión. Comúnmente se usan especímenes de tres tipos: cilindros, cubos y prismas.

En nuestro medio, y en numerosos países del mundo, se usan cilindros con una relación de esbeltez igual a dos. En estructuras de concreto reforzado el espécimen usual es el cilindro de 15 X 30 cm. En estructuras construidas con concreto en masa, donde se usan agregados de gran tamaño (10 a 15 cm.), se utilizan cilindros de 30 X 60 cm., y en ocasiones moldes hasta de 60 X 120 cm., para establecer índices de resistencia. Siguiendo la notación de la norma NOM-C-155-84, se acostumbra designar con $f'c$ la resistencia a la compresión especificada de un cilindro estándar a los 28 días o la edad en que el concreto vaya recibir su carga de servicio.

Una vez seleccionado el tipo de espécimen es necesario fijar con gran detalle las condiciones de muestreo, fabricación, curado y ensaye teniendo entre éstas últimas particular importancia la velocidad de carga.

En la tabla siguiente se presenta factores de corrección para obtener la resistencia de un cilindro de 15 X 30 cm. a partir de la obtenida con un espécimen de otra forma o dimensiones, para concreto fabricados con cemento normal y ensayados a los 28 días.

ESPECIMEN	DIMENSIONES (cm.)	FACTORES por los que se deben multiplicar las resistencias de un espécimen para obtener las equivalencias de un cilindro de 15 X 30 cm.	
		Variación normal	Valor medio (aceptable)
Cilindro	25 X 50	1.00 - 1.10	1.05
	15 X 30	- - - -	1.00
	10 X 20	0.94 - 1.00	0.97
Cubo	30	0.30 - 1.00	0.90
	20	0.75 - 0.90	0.83
	15	0.70 - 0.90	0.80
	10	0.70 - 0.90	0.80
Prisma	20 X 20 X 60	0.90 - 1.20	1.05
	15 X 15 X 45	0.90 - 1.20	1.05

Para lograr una prueba a la compresión aceptable es necesario que las cabezas de la máquina de ensaye estén totalmente en contacto con las superficies del espécimen en ambos extremos, de manera que la presión ejercida sea lo más uniforme posible. Esto se logra fácilmente si el espécimen es un cubo o un prisma.

En nuestro medio, las normas usuales están basadas, entre otras, en la NOM-C-84, C-161, y C-162.

Por otra parte, los cilindros se fabrican generalmente en moldes de acero apoyados en una placa en su cara inferior y libres en su parte superior, donde es necesario dar un acabado manualmente.

Esta operación, llamada "cabeceado", y que consiste en aplicar un cierto material que generalmente es azufre con arcilla o pasta de

cemento, a los extremos del cilindro para producir una superficie lisa de apoyo, prolonga el tiempo necesario para la preparación del ensaye, e introduce una variable adicional en los resultados; el material y la forma del cabeceado.

Aún cuando se siguen cuidadosamente las especificaciones y el proceso sea realizado por operarios experimentados, los resultados que se obtienen no son uniformes, siempre existirá dispersión en los datos, como en cualquier proceso de medición, Estas dispersiones pueden ser inherentes al tipo de ensaye, debidas a errores accidentales o a la no uniformidad del material ensayado.

Algunos factores, que afectan directamente a los resultados obtenidos en especímenes de ensaye son:

efecto de las condiciones de curado

efecto de la esbeltez

efecto de la velocidad de carga

efecto de la velocidad de deformación

efecto de las condiciones de humedad y temperatura durante la prueba

efecto del tamaño del espécimen sobre la resistencia

efecto del tamaño del molde y tamaño del agregado

efecto de la edad

Algunos de estos factores no solamente afectan a los resultados de prueba a la compresión, sino también, a los resultados

obtenidos en otro tipo de ensayos, como son los de tensión y flexión aún más, en menor número, a los resultados de las pruebas no destructivas.

XI.3.3 PRUEBAS DE CORAZONES

Cuando por algún motivo existen dudas sobre la resistencia de un elemento de concreto, se procede a extraer un corazón por medio de una herramienta cortante giratoria con diamante en sus bordes, estos especímenes pueden ser cilindros o prismas, dependiendo si se requieren para determinar la resistencia a la compresión o a la flexión, respectivamente. En la fig. 23 se presenta un equipo de extracción de corazones en plena operación.

Las pruebas de resistencia a la compresión efectuadas a corazones extraídos de la estructura, fig. 24, suministran una medida de la resistencia del concreto colocado, pero que no puede ser equiparable a la resistencia obtenida en cilindros elaborados del concreto fresco y curados en el laboratorio, ya que generalmente el concreto en la estructura no está bien compactado y curado como el de los especímenes estándar.

El hecho de que la resistencia de los corazones no pueda igualar la resistencia obtenida en cilindros, no puede ser motivo de preocupación, ya que la resistencia especificada para el concreto permite en gran margen sobre los esfuerzos reales de trabajo, debido a que se desconocen los efectos negativos de colocación y

curado en la obra, así como la variación que tienen los resultados obtenidos en la prueba cuyo comportamiento es de acuerdo a la curva de distribución normal.

En los corazones tomados de la estructura y llevados hasta la ruptura, algunos de éstos efectos ya han sido ejercidos y por lo tanto, el margen de la resistencia esperada, lógicamente es menor que el margen supuesto entre los esfuerzos de trabajo y la resistencia especificada.

Los reglamentos de construcción consideran que una estructura es aceptable si se tiene una resistencia mínima para el promedio de tres corazones obtenidos de la zona de estudio y otra para el valor individual de un corazón.

Por ejemplo: Las normas técnicas complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de concreto del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, considera que, "la resistencia del concreto en una estructura es adecuada, si el promedio de tres corazones obtenidos de la zona de estudio, es mayor o igual al 80% de la resistencia de proyecto y si la resistencia de ningún corazón es menor a 70% de dicha resistencia de proyecto".

Si aún después de la extracción y ensaye de los corazones de concreto, continúa en duda la seguridad de la estructura, queda el recurso de las pruebas de carga. Estas pruebas se emplean

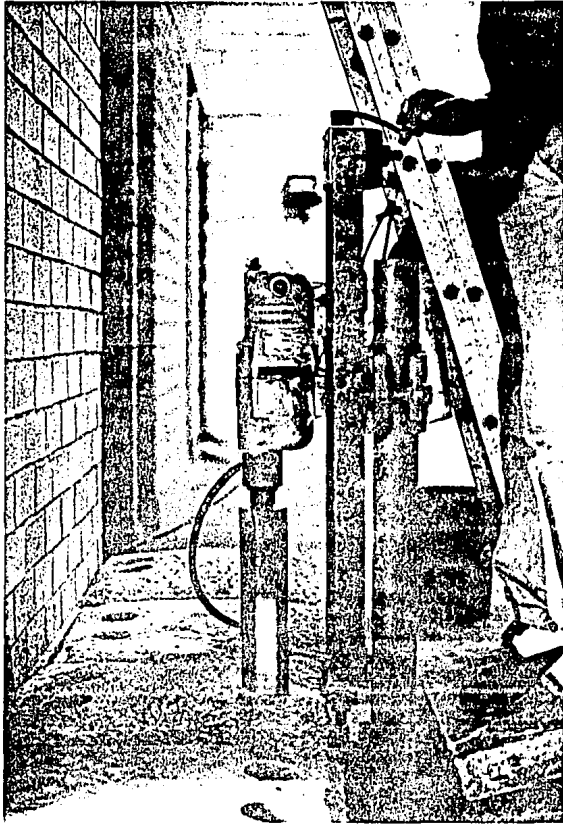


fig. 23 Extracción de corazones de
concreto

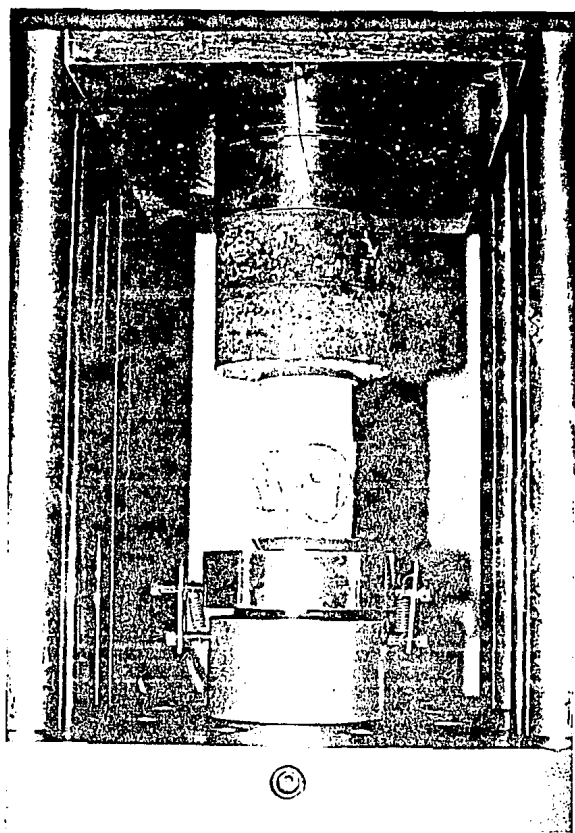


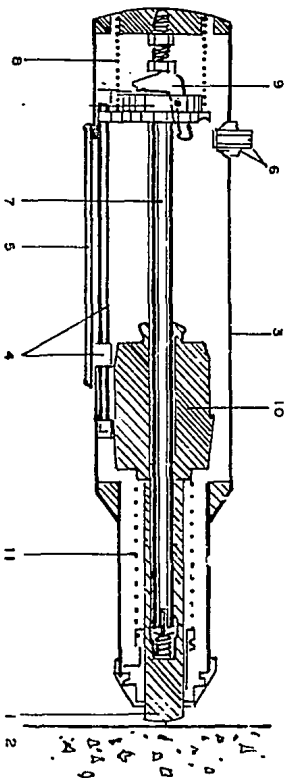
fig. 24 Prueba de resistencia a la
corazones de concreto.

básicamente para elementos sujetos a flexión, como el caso de vigas y losas, pero pueden aplicarse también a otro tipo de elementos.

XI.3.4 PRUEBA DE DUREZA SUPERFICIAL

Se han realizado diversos intentos para elaborar pruebas no destructivas, pero pocas han tenido éxito. Uno de los métodos que se le han encontrado aceptación práctica, dentro de alcances limitados, es el del martillo de rebote, esta prueba se llama también prueba de martillo de impacto o del esclerómetro, en la fig. 25, se muestra un esquema del martillo "Shmidt" de uso prácticamente universal.

Esta prueba se basa en el principio de que el rebote de una masa elástica depende de la dureza de la superficie en contra de la cual dicha masa incide. En la prueba del martillo de rebote, una masa impulsada por medio de un resorte recibe una determinada cantidad de energía al extender el resorte a una posición constante; esto se lleva a cabo al presionar el émbolo contra la superficie del concreto por probar. Al ser liberada la masa, rebota el émbolo que sigue en contacto con la superficie de concreto, y la distancia recorrida por la masa, que se expresa como porcentaje de la extensión inicial del resorte, se llama número de rebote; éste número queda señalado por un indicador móvil sobre una escala graduada.



1. Embolo de impacto
2. Superficie de guíe
3. Envoltura metálica
4. Corredera con guía
5. Escala graduada
6. Botón de seguridad

7. Barro de guía
8. Resorte de compresión
9. Trinquete
10. Masa
11. Resorte de impacto

Fig. (25)

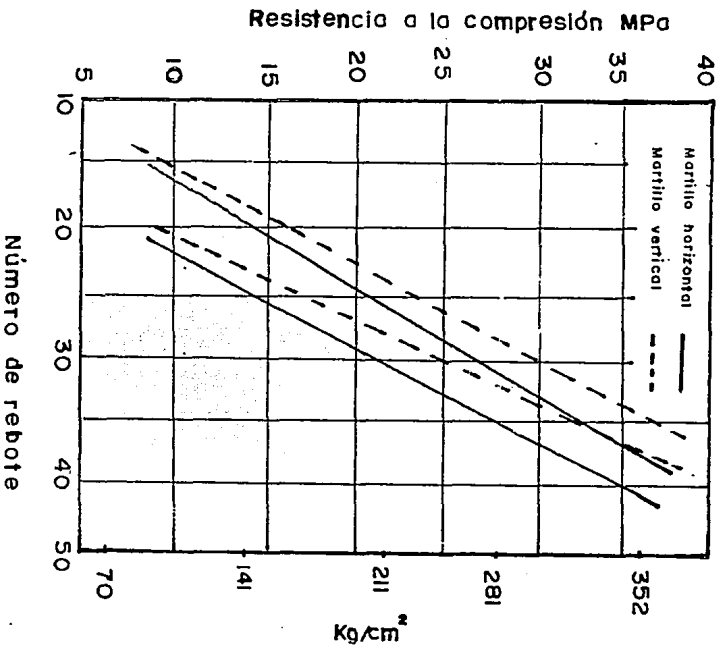


Fig. (26)

Esta prueba determina, en realidad, la dureza de la superficie del concreto y, aún cuando no existe una relación entre la dureza y la resistencia del concreto, se pueden determinar relaciones empíricas para concretos similares, como la mostrada en la fig. 26, donde se observa, que el número de rebote se ve afectado por factores tales como grado saturación de la superficie, entre otros.

Así mismo tiene carácter tan sólo comparativo y no se justifican las afirmaciones de algunos fabricantes de que el número de rebote puede convertirse directamente a un valor de resistencia a la compresión. De cualquier manera la prueba es útil como medida de la uniformidad del concreto y tiene gran valor para verificar la calidad del material sobre toda una estructura, es especial cuando se cuenta con una correlación entre el número de rebote y la resistencia a la compresión, determinadas en pruebas destructivas del mismo tipo de concreto. Una utilidad más es, durante la construcción de una estructura de concreto, probar con el martillo para determinar si el número de rebote alcanza un valor que se conoce como correspondiente a la resistencia deseada.

XI.3.5 PRUEBA DE RESISTENCIA A LA PENETRACION

Mediante la prueba con la pistola "Windsor" o "de resistencia a la penetración", es posible calcular la resistencia del concreto a partir de la profundidad de penetración de un proyectil metálico impulsado por una carga estándar de pólvora. El princi-

pio básico es; la penetración es inversamente proporcional a la resistencia a la compresión del concreto, pero en la escala de Mohs debe determinarse la dureza y esto no presenta dificultad. Hay cuadros publicados de la resistencia contra la penetración (o longitud del sondeo expuesto) para los agregados con dureza entre 3 y 7 en la escala, pero en la práctica la resistencia a la penetración debe relacionarse con la resistencia a la compresión de muestras de pruebas estándar o corazones del concreto utilizado. Debe tenerse presente que la prueba mide básicamente la dureza, y no puede producir valores absolutos de resistencia, pero resulta de gran utilidad para determinar la resistencia relativa, es decir para comparaciones.

La prueba de resistencia a la penetración es por lo menos en parte superior a la prueba del martillo de rebote, por que la medida no se limita a la superficie del concreto sino en su profundidad; el proyectil fractura el agregado y comprime el material en el cual se introduce.

Los sondeos se hacen en grupos de tres en estrecha vecindad, y la penetración promedio se utiliza para estimar la resistencia.

XI.3.6 PRUEBA DE PULSO ULTRASONICO

Aún cuando no exista una relación directa entre la velocidad de onda longitudinal en el concreto y la resistencia de éste, las dos cantidades si tienen una relación directa con el peso

específico ocasionada por un aumento en la relación agua-cemento reduce tanto la resistencia a la compresión del concreto como la velocidad de un pulso transmitido a través de él.

La velocidad de onda no se determina directamente, sino se calcula a partir del tiempo que tarda un pulso en recorrer una distancia medida. Este pulso ultrasónico, se mide, mediante un aparato de "pulso ultrasónico", como el representado esquemáticamente en la fig. 27, y cuya técnica se describe en la norma B.S. 4408 parte 5 y por ASTM C215.

El transductor está en contacto con el concreto, de modo que las vibraciones viajan a través de él y son recogidas por otro transductor en contacto con la cara opuesta de la muestra probada. Normalmente, se pueden probar concretos de 0.1 a 2.5 m. de espesor, sin embargo, se han efectuado pruebas de concretos de espesor hasta de 15 m.

La técnica de velocidad de un pulso ultrasónico se usa como medio de control de calidad en productos que supuestamente están elaborados de concretos semejantes, así, se detectan con facilidad la falta de compactación y un cambio en la relación agua-cemento. Sin embargo, la técnica no se puede emplear para determinar la resistencia en concretos elaborados con distintos materiales en proporciones desconocidas, no obstante, es posible hacer una clasificación de la calidad del concreto, como la mostrada en la tabla siguiente:

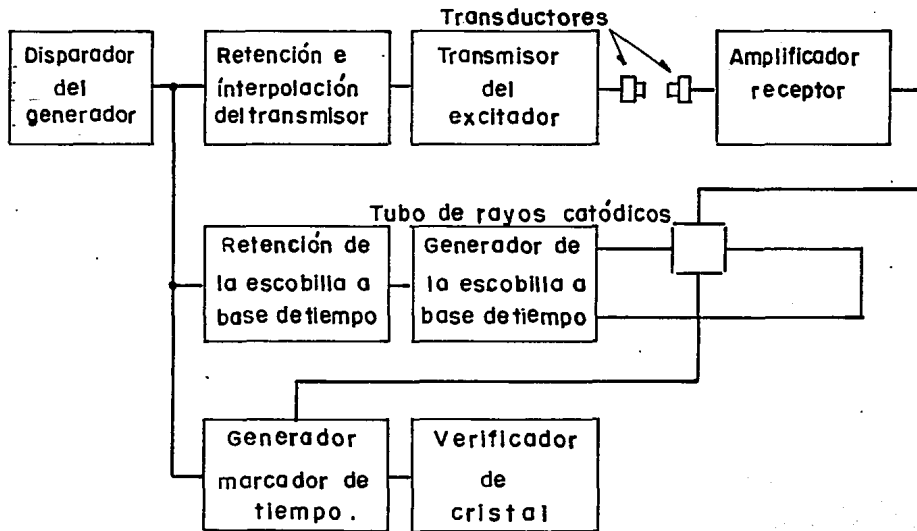


fig.(27) ESQUEMA DEL APARATO DE PULSO ULTRASONICO

Velocidad longitudinal del pulso en Km/s	Calidad del concreto
Mayor de 4.5	Excelente
de 3.5 a 4.5	Buena
de 3.0 a 3.5	Dudosa
de 2.0 a 3.0	Deficiente
menor de 2.0	Muy Deficiente

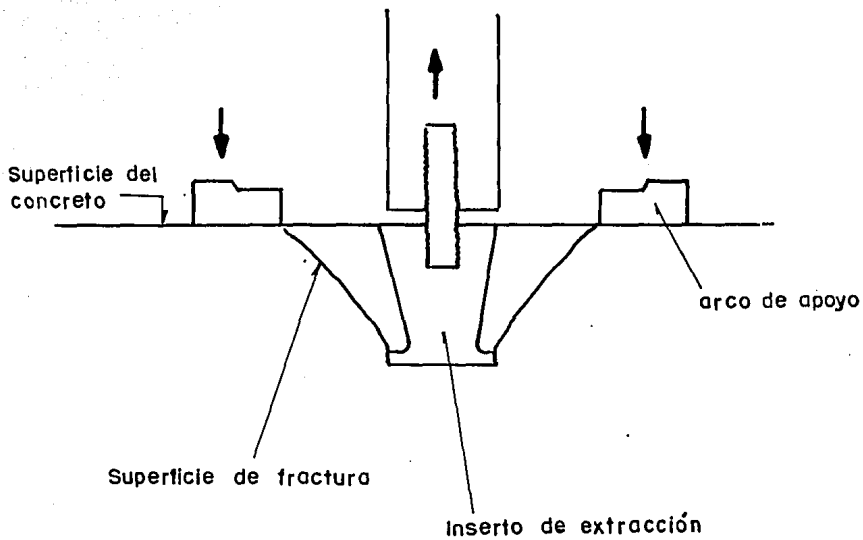
Además del control de calidad del concreto, las medidas del pulso ultrasónico pueden usarse para detectar el desarrollo de grietas, quemaduras y deterioro en el concreto endurecido.

XI.3.7 PRUEBA DE EXTRACCION

Es una prueba que mide, mediante un ariete de tensión, la fuerza requerida para desprender una varilla de acero, con su extremo de mayor sección transversal previamente empotrada, generalmente de 25 mm. de diámetro (fig. 28). Durante la operación se extrae un cono de concreto y la fuerza requerida para ello está relacionada con la resistencia a la compresión del concreto original.

Debido a su forma, la varilla de acero se arranca adherida a un trozo de concreto, este último de forma troncocónica. La resistencia a la extracción se calcula como la relación de la fuerza de extracción con el área idealizada del cono truncado.

Esta prueba es superior a la prueba del martillo y a la resistencia a la penetración, pues implica mayor volumen y mayor profundidad del concreto el aspecto negativo es que hay necesidad de



REPRESENTACION ESQUEMATICA DE LA
PRUEBA DE EXTRACCION

fig.(28).

reparar el concreto. Además, las varillas para la prueba deben situarse antes del colado, por lo que la prueba debe ser planeada de antemano.

XI.3.8 PRUEBA DE FLEXION

Procedimiento que implica el empleo de vigas de concreto simple, sección cuadrada o rectangular, que se cargan a flexión para producir la falla del espécimen por esfuerzos de tensión.

Las dimensiones y forma de aplicar la carga a los especímenes difieren de un método a otro, aun cuando los fundamentos de la prueba son los mismo. En la tabla siguiente, se comparan diversos aspectos del ensaye según diferentes métodos de uso.

Se hace notar que se emplean dos condiciones de carga (fig. 29).

METODO	DIMENSIONES DEL ESPECIMEN			DISTANCIA ENTRE APOYOS	CONDICIONES DE CARGA
	LARGO	ANCHO	PERALTE		
	(e)	(b)	(h)	(S)	(P)
ASTM C293 (EEUU)	S+5		15	3 h	Palcentro
ASTM C78 (EEUU)	S+5		15	3 h	1/2 Penlos tercios
DIN 1048 (ALEM)	70	15	10	60	Palcentro
BS 1881 (INGL)	70	15	15	60	1/2 Penlos tercios

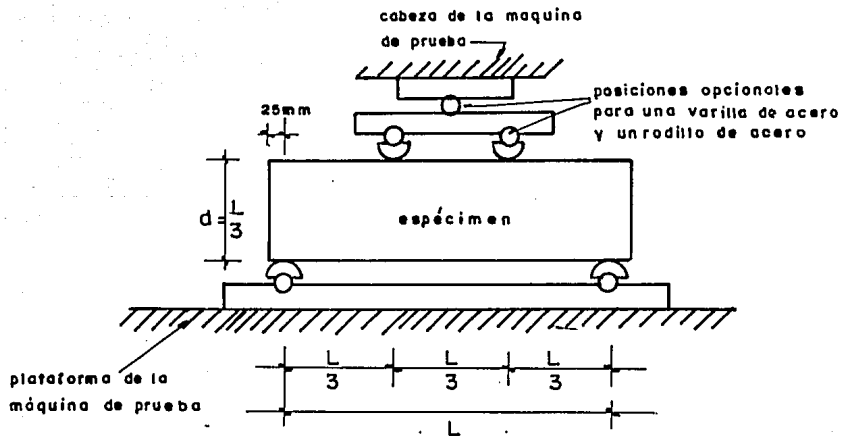
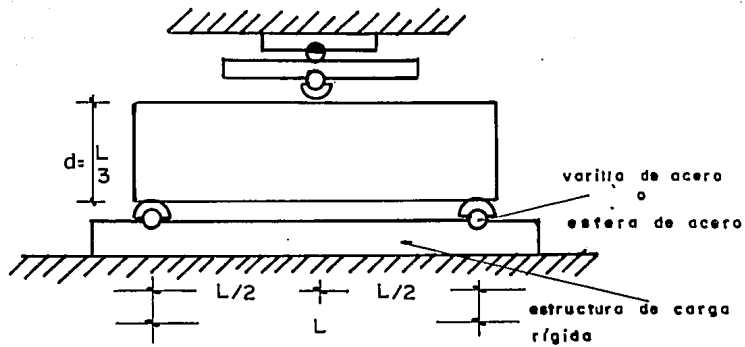


fig.(29)

PRUEBA DE FLEXION

Aplicar una carga concentrada al centro del claro del espécimen, se produce un diagrama triangular de momentos. En estas condiciones se mide, casi invariablemente, la resistencia del espécimen en ese lugar. Cuando dos cargas iguales concentradas se aplican en los tercios del claro del espécimen, resulta un diagrama de momentos trapecial, con momento máximo constante en el tercio central. La resistencia que se obtiene por este método suele ser un poco menor que con carga al centro, debido a que, en este caso, como el esfuerzo máximo ocurre en un tramo más amplio del espécimen, la falla puede presentarse en la sección menos resistente de ese tramo.

Lo importante es que se pretende conocer la resistencia del concreto en la zona que trabaja a tensión (que en condiciones normales debe corresponder al lecho inferior de la viga) mediante la expresión.

$$R = \frac{M}{I} Y$$

Donde:

R = Módulo de ruptura por flexión en Kg/cm²

M = Momento máximo en Kg-cm

Y = Mitad del peralte en cm.

I = Momento de inercia de la sección transversal en cm⁴.

XI.3.9 PRUEBA BRASILEÑA DE TENSION O DE TENSION INDIRECTA

Se denomina así al procedimiento por el cual se produce la falla por tensión de un espécimen de concreto aplicándole una carga de compresión. Esta prueba es utilizada debido a las dificultades que existen para realizar un ensaye en tensión uniaxial, tensión pura.

Por lo tanto un método indirecto de aplicar la tensión, en forma de separación longitudinal, es la prueba Brasileña, llamada así en honor a Fernando Carneiro de Brasil aún cuando independientemente, también se desarrollo en Japón. En esta prueba, un cilindro de concreto de los mismos que se utilizan para las pruebas de compresión se coloca con su eje en posición horizontal entre las platinas de la máquina de prueba y se aplica carga hasta que se observe una falla de separación por compresión a lo largo del diámetro vertical.

En esencia consiste en someter un cilindro a compresión lineal diametral, como se muestra en la fig. 30, la carga se aplica a través de un material relativamente suave, como triplay o corcho. Si el material fuera perfectamente elástico, se originarian esfuerzos de tensión uniformemente distribuidos en la mayor parte del plano diametral de carga, como se muestra en la figura. La resistencia en tensión se calcula con la expresión:

$$f_t = \frac{2P}{DL}$$

Donde:

P = Carga máxima

D = Diámetro del espécimen

L = Longitud del espécimen

El muestreo, curado y ensayo de los especímenes, deberá realizarse de acuerdo con las normas establecidas, que para esta prueba están especificadas.

La resistencia determinada en la prueba Brasileña es, según se cree la más apegada a la verdadera resistencia a la tensión del concreto que en el módulo de ruptura; la resistencia a la tensión longitudinal es del 5 al 12% más alta que la resistencia a la tensión directa. Otra de las ventajas de la prueba consiste en que se puede usar el mismo tipo de muestra para las pruebas de compresión y tensión.

XI.4 TECNICAS ESTADISTICAS

XI.4.1 A medida que se produce mayor cantidad de mercancías y servicios, surge con frecuencia un problema diferente: La tendencia del productor a volverse más descuidado. Lo monótono de la producción embota los sentidos y la calidad se deteriora. En consecuencia, la función de controlar la calidad del producto se transforma en tarea aparte, que requiere un tipo distinto de conocimiento; uno de naturaleza estadística.

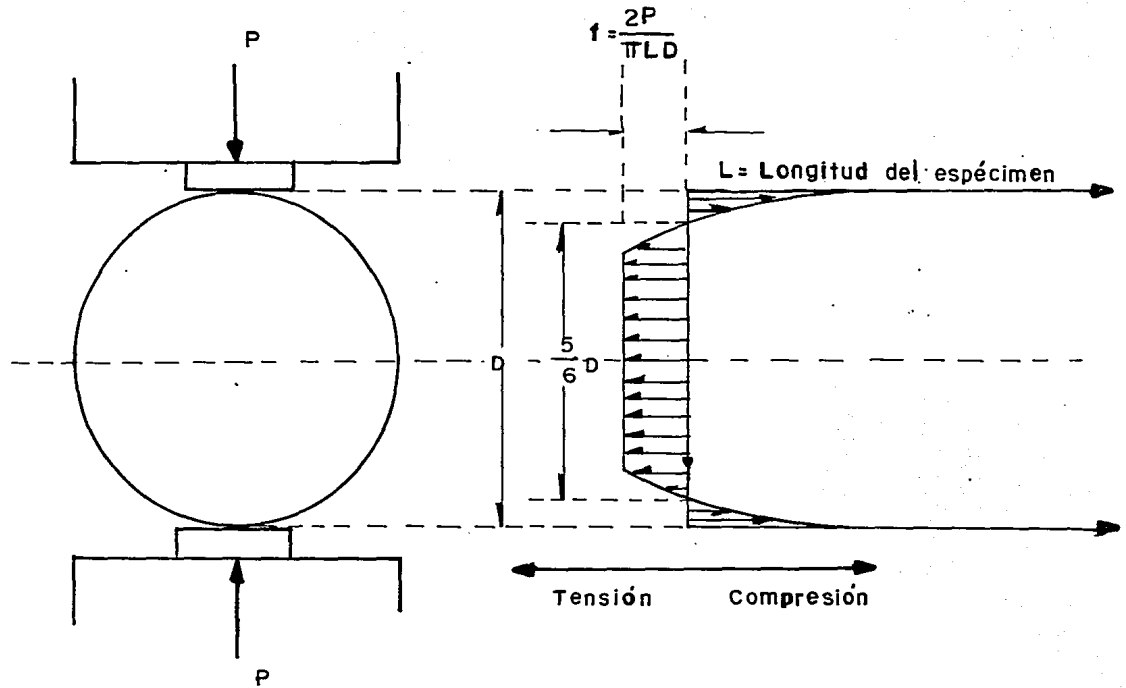


fig.(3Q)

PRUEBA BRASILEÑA DE TENSION

El control de calidad de los materiales es concepto relativamente viejo y como se ha venido aplicando en la producción en las fabricas o talleres establecidos. En la industria de la construcción, los ejemplos típicos son el control de la fabricación del cemento y del acero. Para éstos y otros productos, el control de calidad y el uso de materiales adecuados son esenciales para asegurar que el producto terminado se ajustará a las normas establecidas.

Tal y como sea aplica en la construcción, el control de calidad es un sistema a través del cual se controla la construcción por métodos científicos más que por leyes de probabilidad. Los métodos científicos de investigación, ensayos y análisis proporcionan criterios que permiten evaluar y emplear los materiales en la construcción. Con base en dichos criterios se establecen las especificaciones sobre materiales, métodos de ensaye y normas de aceptación. Al contar con especificaciones realistas diseñadas para cada obra específica, con una inspección adecuada e imparcial de materiales y procedimientos y con métodos estadísticos, es posible emplear de la mejor manera los materiales disponibles.

Como ya se mencionó para que el control de calidad sea un éxito, debe disponerse un sistema racional para analizar los resultados de las pruebas, esto se logra por medio de un control de calidad estadístico.

La experiencia y las pruebas con millones de metros cúbicos de concreto en miles de proyectos, grandes y pequeños, confirman claramente la necesidad de reconocer la variabilidad de los materiales y que los contratistas e inspectores no deben basarse en tolerancias estrictas y poco realistas. En vez de establecer límites numéricos estrictos, más allá de los cuales no es factible que caigan los resultados de la prueba, las especificaciones basadas en el control de calidad estadístico toman en consideración las variaciones normales de los materiales, muestreo y ensayos, basando las probabilidades en métodos estadísticos. De esta manera, el productor y el ingeniero cuentan con los medios que les permite sujetarse a una norma posible de alcanzar, y que al mismo tiempo protege la obra contra materiales que están totalmente fuera de los requerimientos del diseño.

En general, la resistencia es un buen índice de la calidad del concreto, ya que la mayoría de las propiedades deseables dependen de ella o se relacionan con la resistencia. Esta, por lo general, se determina por medio de especímenes (descritos en el inciso XII.3.6 del capítulo XII), fabricados en el momento de colocar el concreto, y sometidos a prueba de compresión a diversas edades. Puede pensarse que el objetivo principal de estas pruebas de compresión es el de determinar la uniformidad y calidad del concreto. La magnitud de las variaciones de resistencia de los especímenes de prueba de concreto depende de que también se controlen los materiales, la producción del concreto y las pruebas.

Uno de los primeros pasos es un conocimiento realista de la resistencia especificada. Sabiendo que el concreto es un material variable, el único conocimiento realista es que algunos cilindros tendrán resistencia sumamente elevadas y otros sumamente bajas.

Por consiguiente, al diseñar especificaciones, es más realista tomar un riesgo calculado, basando las probabilidades en métodos estadísticos y permitiendo que un cierto porcentaje de las pruebas de resistencia sea inferior a la resistencia de proyecto especificada. Estas variaciones existen, al igual que un cierto porcentaje de resistencias bajas, y dependen del nivel de resistencia promedio y del control de calidad. Al conocer este factor básico no se compromete la calidad de la construcción.

Para recabar la máxima información, debe realizarse un número suficiente de pruebas que sean representativas del concreto producido y utilizar métodos estadísticos adecuados para interpretar los resultados. Los métodos estadísticos proporcionan la mejor base para analizar éstos resultados, para determinar la calidad potencial y la resistencia del concreto de cualquier obra o planta determinada y para expresar los resultados de la manera más conveniente. No es suficiente elaborar simplemente los especímenes y reportar las resistencias.

XI.4.2 Cuando consideramos un gran número de resultados de prueba de una sola propiedad, tal como la resistencia de especímenes de determinada mezcla de concreto, encontramos que todas

las pruebas se agrupan alrededor de un valor central, el cual es el promedio o la media aritmética. Si trazamos una gráfica con éstos números, obtendremos una curva en forma de campana denominada curva de distribución de frecuencia (fig.31). Dentro de lo que cabe, ésto es conveniente, pero no siempre contamos con el tiempo necesario para trazar y calcular una curva, ni tampoco ésta nos indicara todo lo que queremos saber, por lo que recurrimos a la simple aritmética por medio de la cual podemos calcular otra medición denominada desviación estándar. Esta es una medición de la tendencia general de como varían los valores de prueba con respecto al promedio y como se distribuyen de bajos a altos. La desviación estándar siempre se conoce por la letra del alfabeto griego sigma, σ . Esta también puede expresarse como porcentaje del promedio en cuyo caso se denomina coeficiente de variación.

Una ampliación de la desviación estándar a cada uno de los lados de la media siempre incluye el 68% de los casos en consideración, y una ampliación de dos desviaciones estándar en cada sentido incluirá aproximadamente el 95%. Prácticamente el 100% de los resultados se incluirán entre tres desviaciones estándar (fig. 31)

La forma de la curva típica de distribución de frecuencia mostrada en la figura, depende de la variedad de los resultados de prueba. Al aumentar la variabilidad, la curva se abate y se alarga. Cuando la variabilidad es pequeña, los valores de la

resistencia se concentran cerca del promedio y la curva es alta y angosta.

Cabe mencionar que una pequeña desviación estándar indica que los valores se encuentran más próximos al promedio (la ampliación o rango es más pequeño); en otras palabras, el proceso está bajo control más estricto que cuando la desviación estándar es elevada.

La desviación estándar se define como la raíz del promedio de la desviación al cuadrado de los resultados de prueba y se calcula con la fórmula siguiente:

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

donde:

X_1, X_2, X_n son valores individuales de las pruebas de resistencia

\bar{X} es la resistencia promedio y

n es el número de pruebas

Otra medición es el rango que se extiende entre el valor más bajo y el más alto en un grupo de valores de prueba bajo consideración.

Los dedicados a las estadísticas han designado 30 pruebas como la línea divisoria entre muestras grandes y pequeñas. El empleo de

muestras pequeñas en los análisis estadísticos introduce incógnitas indeseables. Se considera que 30 pruebas son suficientes para constituir una muestra adecuada del material que se está probando. La desviación estándar puede variar cuando varía la resistencia promedio, y carece de precisión para comparar la variabilidad entre los concretos con diferentes resistencias promedio. Por esta razón, el Reglamento requiere que los valores de resistencia promedio queden en más de 70 kg/cm² de lo especificado, cuando se establecen las desviaciones estándar.

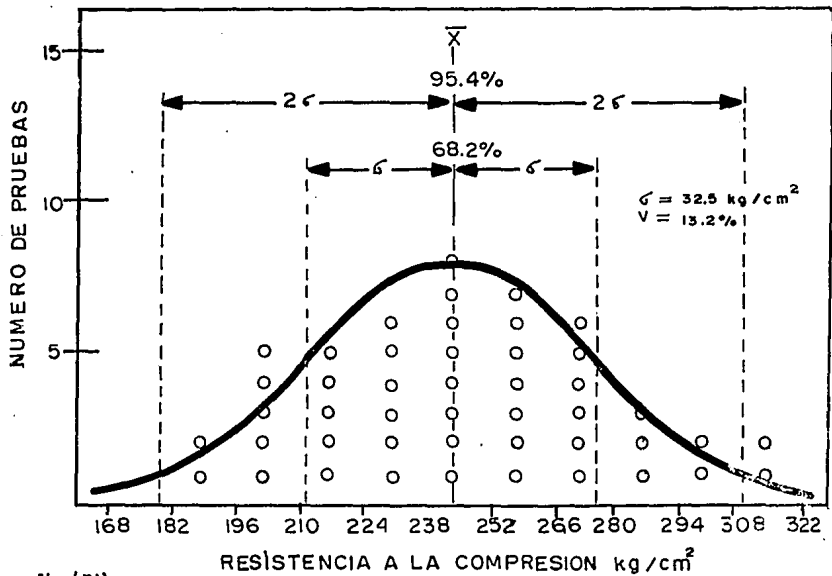
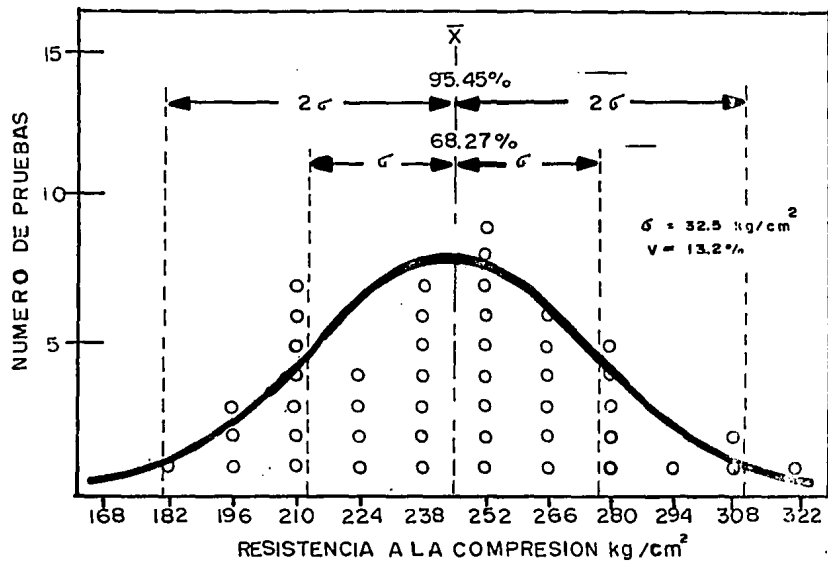


fig. (31)

CAPITULO X II

EJEMPLOS DE APLICACION

CAPITULO XII

EJEMPLOS DE APLICACION

XII.1 En este capítulo se aplicaran los principales conceptos contenidos en los capitulos anteriores.

Para cumplir con el objetivo se desarrollaron pruebas de laboratorio de acuerdo con la técnica ya establecida que permite estudiar los materiales que componen al concreto y al mismo concreto. Cabe aclarar que la decisión respecto a utilizar o desechar un material, debe hacerse no sólo basandose en resultados aislados de las pruebas, sino en el conjunto de características físicas y químicas de los materiales y de las condiciones económicas para su aprovechamiento.

XII.2 Obtención de muestras. Como ya se definió interiormente; los agregados son los materiales pétreos que mezclados con agua y cemento forman el concreto; dividiendose en dos tipos generales: arena y grava.

Arena es el material que pasa a través de la malla número 4 que tiene 4.76 mm (3/16") de abertura entre hilos.

Grava es el material que queda retenido en la malla número 4 y pasa por la malla de 152.4 mm (6").

Los agregados pueden encontrarse en depósitos formados por corrientes naturales de agua o bien, obtenerse de canteras. Según su forma los agregados pueden dividirse en tres tipos:

- Material canto rodado (boleo)
- Material triturado (aristas vivas) y
- Material canto rodado triturado (mixto)

XII.2.1 Exploración y clasificación preliminar.

Deberán realizarse exploraciones preliminares en las proximidades de la obra, con el fin de determinar la existencia de bancos aprovechables y obtener de cada uno de ellos la siguientes información:

- a) Localización con respecto a la obra
- b) Volumen aproximado de material que podrá suministrar
- c) Calidad de material de acuerdo a la inspección ocular (tamaño, forma y peso).
- d) Facilidad de explotación

XII.2.2 Muestreo. Ya con la información obtenida de la exploración preliminar, se hace necesario conocer con detalle las características de los materiales que forman los bancos, para lo cual se procedera a muestrearlos.

Los bancos de agregados que deban ser muestreados, el número de muestras, donde y cómo deben tomarse, sera decisión del

responsable del muestreo. Lo más importante al tomar una muestra de agregado es que debe ser de tamaño apropiado y representativa de todo el lote. Si la muestra se va enviar a un laboratorio, las cantidades mínimas necesarias son:

Arena	13 kg.
Grava de diámetro máximo de 20 mm	25 kg.
Grava de diámetro máximo de 40 mm	50 kg.

Si las muestras son para preparar mezclas de prueba, se pueden necesitar cantidades mayores. Para las pruebas de rutina en la obra se pueden utilizar cantidades menores; para la prueba en cuestión se utilizarón 300 gr. de arena y 3.0 kg. de grava.

Ahora bien si el agregado es variable, debe tomarse una muestra mayor y reducirla hasta la cantidad requerida. Para lo cual se sigue el método del cuarteo, cuyo procedimiento se describe a continuación:

1.- Tomar la porción del agregado, preferentemente con cucharón, al menos de diez lugares diferentes, evitando las áreas de segregación cercanas a la base del "monton" o pila; si se observa mucha variación en el agregado o si el apilamiento es muy elevado, tomar otros tres o cuatro cucharones completos.

2.- Mezclar bien las muestras combinadas y se amontonan sobre una superficie dura y limpia, formando un cono.

3.- Aplanar ligeramente el cono y dividirlo en cuatro partes, en cruz.

4.- Desechar los cuartos opuestos y mezclar los restantes.

5.- Continuar con el mismo procedimiento hasta obtener la cantidad deseada.

En este trabajo se conto con un "cuarteador", por lo que no fue necesario seguir el método del cuarteo. El cuarteador es una caja metálica con compartimientos y conductos que separan la muestra en la forma deseada fig. 32.

MII.3 Antes de su entrega el agregado generalmente es graduado y lavado; si bien, la operación de graduación o lavado del agregado en el banco o en la planta a veces no es tan buena como debe ser, y no puede garantizarse que las entregas en la obra sean de la misma calidad todas. Esto quiere decir que siempre hay variaciones especialmente en la limpieza, la graduación y el contenido de humedad.

La arcilla, el lodo o los finos presentes en el agregado por causa de un lavado deficiente en el banco, producen concretos de resistencias bajas. Por la misma razón tampoco deberá permitirse que la basura contamine los agregados.

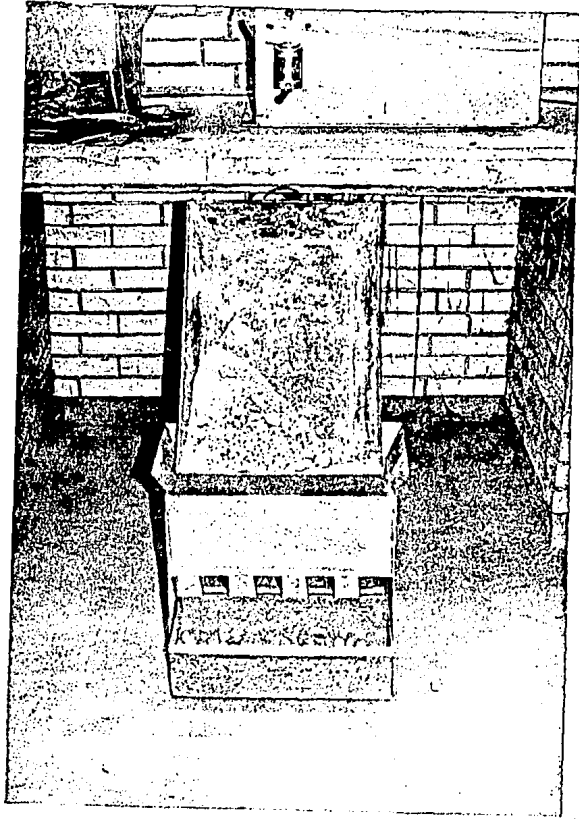


fig. 32 Cuarteador (para muestreo de material petreo).

Los agregados de roca triturada muy rara vez contienen arcilla, lodo o finos, pero algunos, particularmente la caliza triturada, pueden contener cierta proporción de polvo que se observa como recubrimiento en las partículas de mayor tamaño.

Las entregas de agregado grueso pueden revisarse fácilmente a simple vista e idealmente cada carga debe revisarse antes de ser descargada. Si tiene aspecto sucio hay que pedirle al Ingeniero responsable que la examine, por que una vez descargada es difícil moverla, y si la producción de concreto ya está en marcha, el trabajo puede retrasarse.

Al igual que con el agregado grueso, es importante que la arena esté limpia. Como prueba inicial, hay que frotar un poco de la arena entre las palmas de las manos, si éstas permanecen limpias, probablemente la arena sea la adecuada; si quedan manchadas, la arena puede ser inapropiada y debe efectuarse la "prueba de finos" para verificar la calidad de finos presentes.

XII.3.1 GRANULOMETRIA

La característica resultante de la distribución de tamaños de las partículas que constituyen un agregado se le llama composición granulométrica. Siendo uno de los rasgos más peculiares de éstos, cuya influencia se hace sentir notablemente en el comportamiento de las mezclas de concreto fresco. Para determinar esta composición, que frecuentemente se denomina granulometria, se separa el material por medio de cribas o mallas con aberturas cuadradas de dimensiones establecidas.

EQUIPO (arena y grava)

Como ya se mencionó en el capítulo IV en el medio nacional es comun el empleo de la serie de mallas U.S. Standard (fig. 33). Que para el caso se emplearon las denominaciones y abeturas libres en milímetros siguientes:

ARENA		GRAVA	
No.	4.....4.76 mm	3".....76.2 mm	
No.	8.....2.38 mm	2".....50.8 mm	
No.	10.....1.68 mm	1 1/2"....38.1 mm	
No.	16.....1.19 mm	1".....25.4 mm	
No.	30.....0.59 mm	3/4".....19.1 mm	
No.	40.....0.42 mm	1/2".....12.7 mm	
No.	60.....0.230 mm	3/8"..... 9.51 mm	
No.	100.....0.149 mm	No.4..... 4.76 mm	
No.	200.....0.074 mm	Fondo y tapa	
Fondo y tapa			

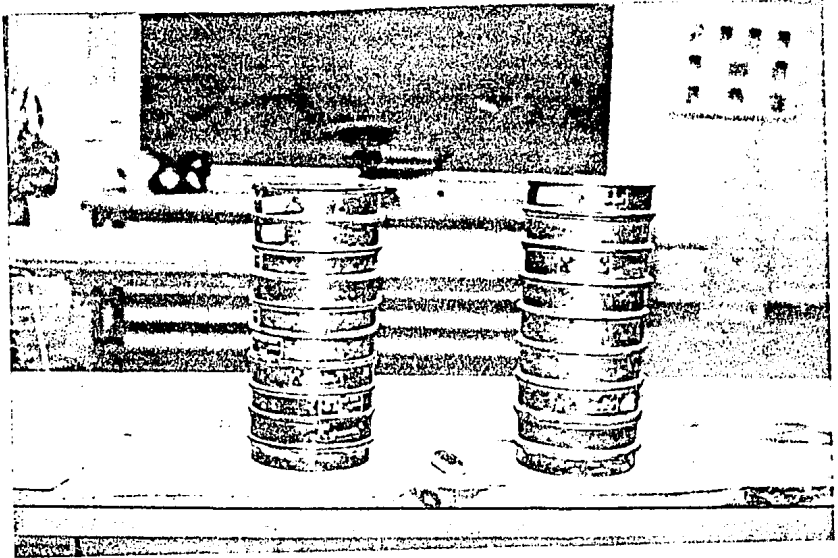


fig. 33 Mallas U.S. Standard (arena y grava).

Báscula con capacidad de 2610 g. y 0.1 g. de sensibilidad.

Báscula de 125 Kg. de capacidad.

Charolas de lámina

Cepillo de alambre

Brocha de cerda (2")

PROCEDIMIENTO

1ro. Se cuartea la muestra total de arena, previamente secada, hasta obtener 300 gr. con aproximación al 0.1 gr.

2do. La cantidad de muestra pesada se cernirá en las mallas superpuestas de mayor a menor.

3ro. Vertida la muestra sobre la malla superior (No. 4), la operación de cribado puede ser manual o mecánica (Ro-Tap), fig. 34. en el primero se hará soportando la serie de mallas sobre los dedos e inclinándolo de un lado a otro, a la vez que golpeando sus costados con las palmas de las manos; en el segundo caso, se coloca en el equipo vibratorio (Ro-Tap) durante 5 minutos.

4to. Una vez que se halla comprobado que cada malla ha dado paso a todo el material menor que su abertura, para lo cual se habrá observado que durante un minuto no pasa más que el 1% del retenido (manualmente), las porciones se colocarán en recipientes por separado para después pesarlos.

5to. Las mallas deberán quedar siempre limpias después de vaciar su contenido y para esto se utilizará el cepillo de alambre o la brocha, según la abertura entre hilos.

6to. Se pesa cada una de las porciones retenidas (fig. 35) con aproximación de 0.1 gr. en el orden del tamaño correspondiente, haciendo su registro en la forma que se indica en el cuadro núm.

1. La suma de los pesos deberá coincidir con el peso total de la muestra empleada con aproximación menor de 1 gr. Por esta razón se conservarán por separado las distintas porciones después de pesadas, para en caso necesario comprobar los pesos obtenidos.

Los residuos que hallan quedado en la charola o pasado la malla No. 200, son limos y arcillas, materiales perjudiciales al concreto endurecido, por lo que es importante que dichos residuos sean menores al 15%.

PROCEDIMIENTO (Grava)

1ro. Para el análisis granulométrico de la grava se requiere una muestra de 3 Kg. obtenida por cuarteo. La muestra se cerrará en las mallas especificadas, separando en charolas los retenidos correspondientes. Se deberá tener cuidado que no queden partículas aprisionadas entre los alambres que forman las mallas.

2do. Una vez separado el material, se procederá a pesar cada porción. Los pesos obtenidos se registrarán en la forma que se indica en el cuadro núm. 1

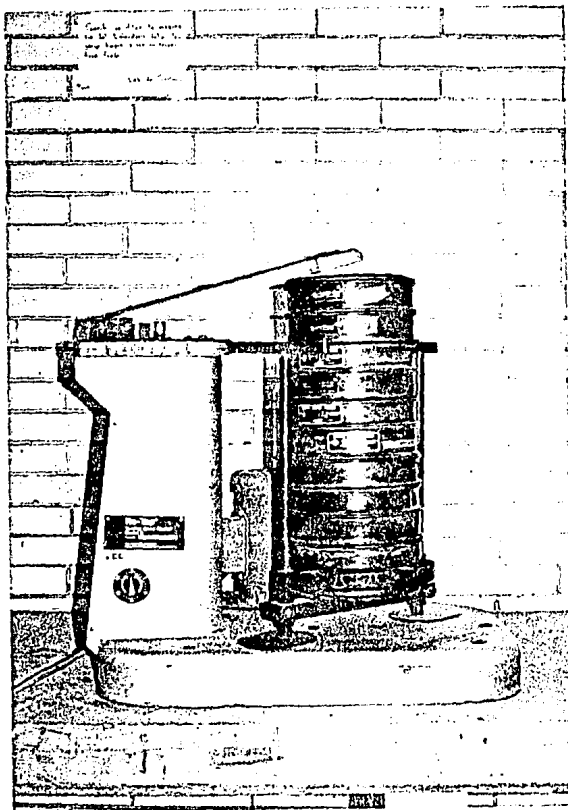


fig. 34 Equipo vibratorio Ro-Tap, para cribado de material petreo.

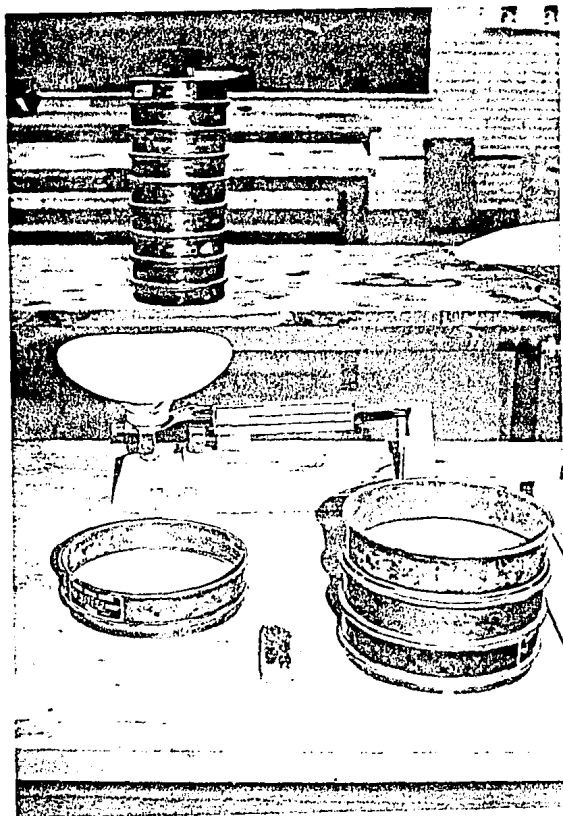
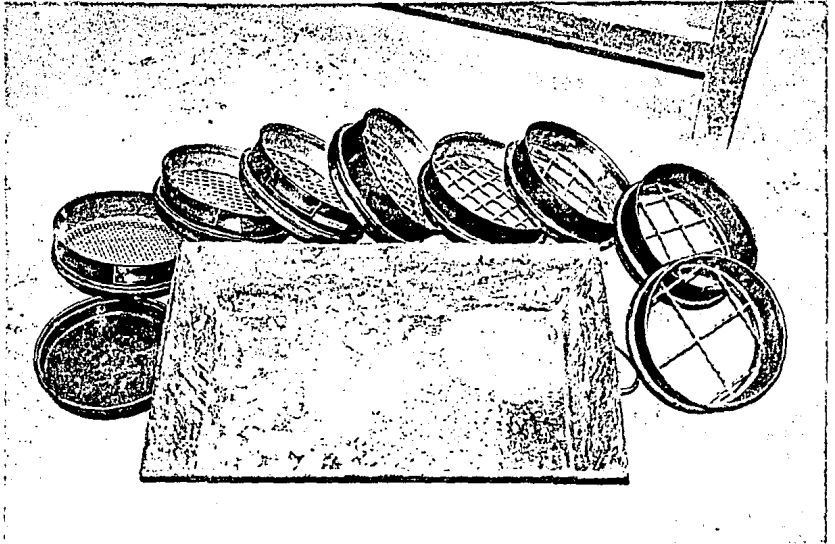


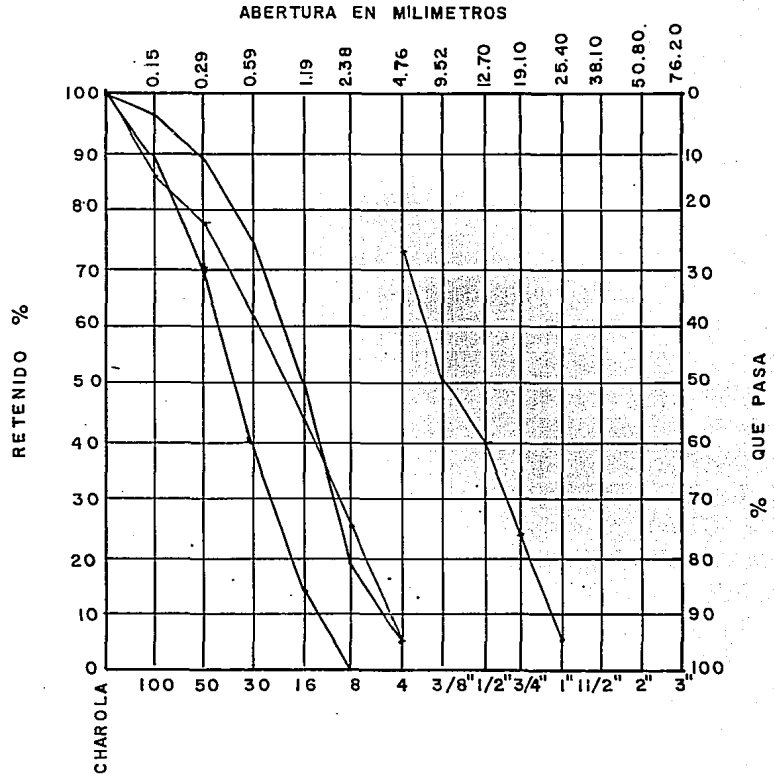
fig. 35 Pesado de retenidos.



Juego de mallas U.S. Standard para cribado de agregado grueso y charola conteniendo material cribado.

COMPOSICION GRANULOMETRICA

MALLAS	RETENIDOS %	
	PARC.	ACUM.
3"	—	—
2"	—	—
1 1/2"	—	—
1"	5.22	5
3/4"	19.22	24
1/2"	16.00	40
3/8"	10.01	50
No. 4	22.60	73
CHAROLA	26.98	100
M.F.		
No. 4	4.63	5
No. 8	19.61	25
No. 16	18.21	43
No. 30	18.40	61
No. 50	16.96	78
No. 100	8.22	86
No. 200	4.35	90
CHAROLA	10.34	100
M.F.		2.98



CUADRO I

XII.3.2 PESO VOLUMETRICO DE LOS AGREGADOS.

El peso volumétrico es la relación entre el peso de un material y el volumen ocupado por el mismo, expresado en kilogramos por metro cúbico.

El volumen que ocupa un determinado peso de agregados es capaz de experimentar enormes variaciones, de acuerdo con la forma, tamaño y textura superficial de las partículas, forma y tamaño del recipiente, grado de compactación y contenido de humedad en el material, principalmente.

Por lo anterior es necesario obtener dos valores para esta relación (peso/volumen), que depende del sistema de acomodamiento que se le halla dado al material inmediatamente antes de la prueba, la denominación que se le da a cada una de ellas es: "peso volumétrico suelto" y "peso volumétrico varillado". La utilidad de uno y otro dependerá de las condiciones de manejo a que se sujeten los materiales en el trabajo.

Peso volumétrico suelto. Se usará invariablemente para la conversión de peso a volumen; es decir, para conocer el consumo de agregados por metro cúbico de concreto.

Peso volumétrico varillado o compactado. Este volumen se usará para el conocimiento de volúmenes de materiales apilados y que están sujetos a acomodamientos o asentamientos provocados por el

tránsito sobre ellos, o por la acción del tiempo.

El valor peso volumétrico, en ambos casos, se deberá obtener con agregados secados a la intemperie.

EQUIPO (arena y grava)

báscula de 125 Kg. de capacidad

cucharón

pala

medidas de volumen con su peso propio conocido (taras)

varilla de 16 mm con punta de casquete esférico y 60 cm. de longitud

rasero

charola

DETERMINACION DEL PESO VOLUMÉTRICO SUELTO-ARENA.

PROCEDIMIENTO

1ro. Se cuartea la muestra total hasta obtener la cantidad deseada.

2do. En la medida de 2.8 litros se vierte la arena dejándola caer con un deslizamiento continuo desde una altura de más o menos 50 mm (fig. 36) del borde de la medida, hasta que el material colocado forme un cono natural.

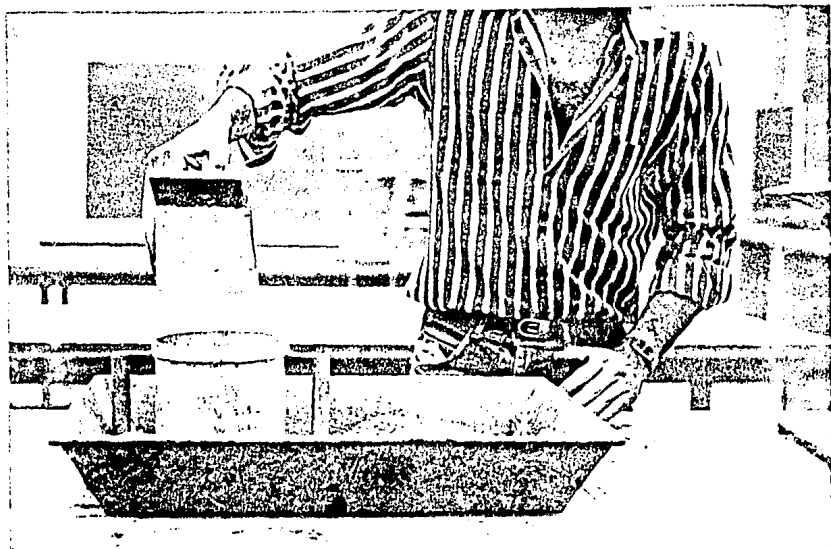


fig. 36 Llenado de tara con muestra de arena.

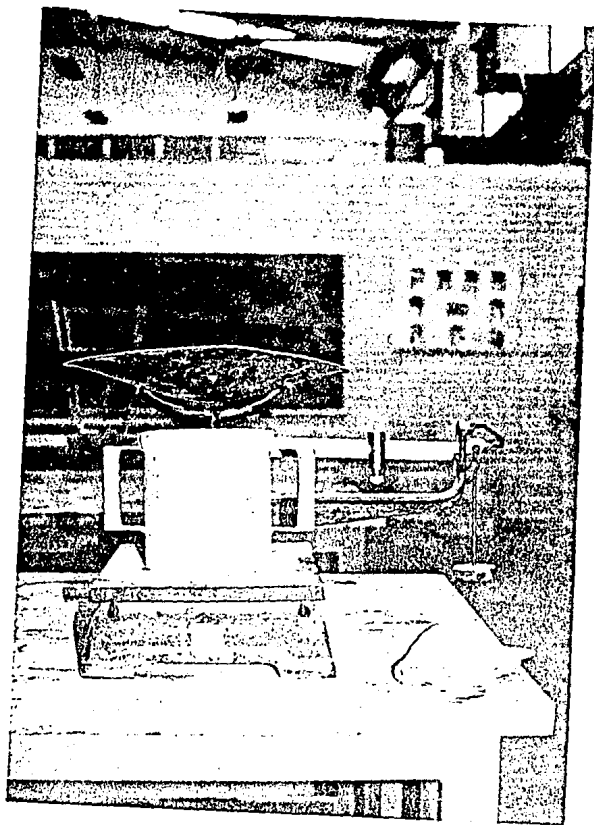


fig. 37 Pesado de material en estudio.

3ro. A continuación se recorre el rasero sobre los bordes de la medida, para obtener una superficie plana, procurando no originar movimientos o vibraciones durante la operación.

4to. Se pesa la medida con su contenido de arena, y se anota el peso absoluto (fig. 37).

Esta prueba se realizará cuando menos 3 veces para así obtener un promedio de valores del peso.

DETERMINACION DEL PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO-ARENA

En este caso, la Única diferencia con el método anterior consiste en substituir el 2do. paso por lo que se indica a continuación:

Llenar la medida en tres capas, varillando cada una de ellas con 25 golpes consecutivos y concéntricos, teniendo cuidado de no hacer penetrar la varilla más del espesor de la capa que se trabaja.

Las operaciones de enrase y pesado son iguales a las descritas en los pasos 3ro. y 4to. así como la obtención del valor medio.

DETERMINACION DEL PESO VOLUMETRICO SUELTO-GRAVA.

PROCEDIMIENTO.

1ro. Se muestrea y cuartea la grava por el o los métodos anteriormente descritos.

2do. Se vierte la grava en la medida, dejándola caer de manera uniforme hasta llenarla totalmente (fig. 38).

3ro. El enrase se hace con el rasero, corriéndolo sobre los bordes de la medida, y sacando todo el material que se oponga a su libre movimiento en caso de ser grava de diámetro pequeño. Si la grava tiene mayor diámetro, el enrase se hará manualmente, tratando que el material no sobresalga de los bordes de la medida.

4to. Los espacios vacíos dejados en la operación de enrase se llenarán acomodando grava en ellos, pero sin ejercer presión.

5to. Se pesa la medida con su contenido de grava y se anota el peso obtenido.



fig. 38 Llenado de tara con material
en estudio.

DETERMINACION DEL PESO VOLUMETRICO VARILLADO-GRAVA.

En este caso, la única diferencia con el método anterior consiste en substituir el paso marcado con el número 2do. por lo que a continuación se indica.

Llenar la medida en tres capas, golpeando con la varilla cada una de ellas 25 veces, teniendo cuidado de no penetrar más del espesor de la capa que se trabaja y de no fracturar la grava (fig. 39 y 40).

Las operaciones de enrase y pesado, serán iguales a las indicadas en los pasos correspondientes.

Del mismo modo que en las pruebas de arena se obtendrá un valor promedio de los pesos.

Ahora bien la medida (tara) que se use estará de acuerdo con el tamaño máximo del agregado, según la tabla siguiente;

TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO EN		CAPACIDAD DE LA MEDIDA EN	
mm	pul.	lt.	pies ³
12.7	1/2	2.83	0.10
38.1	1 1/2	14.16	0.50
101.6	4	28.32	1.00
152.4	6	85.53	3.02



fig. 39 Compactación con varilla
(varillado)

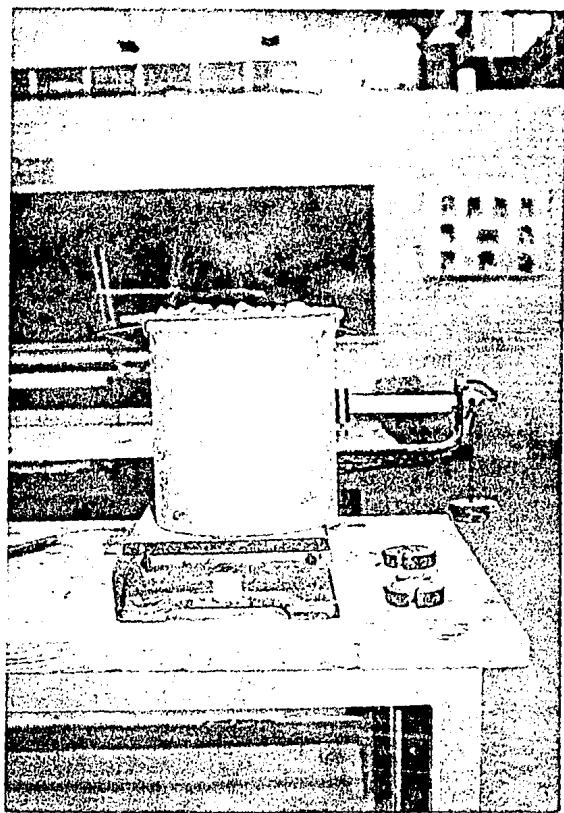


fig. 40 Pesado de tara (grava).

Cuando el tamaño máximo del agregado está entre 76.2 y 152.4 mm (3" a 6") se dificulta al varillado, por lo que se llena la medida hasta la mitad, y se levanta un lado de la misma apoyándola sobre la arista opuesta, dejándola caer sobre la mesa de trabajo para que se acomode el material. Otro tanto se hace con la medida llena.

CALCULO:

Peso volumétrico suelto o varillado en:

$$\text{Kg/m}^3 = \frac{P - p}{v} \times 1000$$

Donde:

P = peso propio de la medida más peso del material en kilogramos

p = peso propio de la medida en kilogramos

v = volumen que ocupa el material en la medida.

Peso volumétrico suelto-arena (PVs)

$$1.- \quad PVs = \frac{4.740 - 1.655}{0.0028} = 1101.8 \text{ Kg/m}^3$$

$$2.- \quad PVs = \frac{4.780 - 1.655}{0.0028} = 1116.1 \text{ Kg/m}^3$$

$$3.- \quad PVs = \frac{4.730 - 1.655}{0.0028} = 1098.2 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{media} = \frac{1101.8 + 1116.1 + 1098.2}{3} = 1105.4 \text{ Kg/m}^3$$

Peso volumétrico varillado-arena (Pvc)

$$1.- \quad Pvc = \frac{5.855 - 1.655}{0.0028} = 1500 \text{ Kg/m}^3$$

$$2.- \quad Pvc = \frac{5.865 - 1.655}{0.0028} = 1503.6 \text{ Kg/m}^3$$

$$3.- \quad Pvc = \frac{5.850 - 1.655}{0.0028} = 1498.2 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{media} = \frac{1500.0 + 1503.6 + 1498.2}{3} = 1500.0 \text{ Kg/m}^3$$

Peso volumétrico suelto-grava (PVs)

$$1.- \quad PVs = \frac{24.60 - 5.15}{0.014} = 1389.3 \text{ Kg/m}^3$$

$$2.- \quad PVs = \frac{23.30 - 5.15}{0.014} = 1296.4 \text{ Kg/m}^3$$

$$3.- \quad PVs = \frac{23.30 - 5.15}{0.014} = 1294.4 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{media} = \frac{1389.3 + 1296.4 + 1296.4}{3} = 1327.4 \text{ Kg/m}^3$$

Peso volumétrico varillado-grava (PVc)

$$1.- \quad PVc = \frac{29.20 - 5.15}{0.014} = 1717.9 \text{ Kg/m}^3$$

$$2.- \quad PVc = \frac{29.00 - 5.15}{0.014} = 1703.6 \text{ Kg/m}^3$$

$$3.- \quad PVc = \frac{28.70 - 5.15}{0.014} = 1682.1 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{media} = \frac{1717.9 + 1703.6 + 1682.1}{3} = 1701.2 \text{ Kg/m}^3$$

XII.3.3 DETERMINACION DE LA HUMEDAD

La humedad en un agregado esta compuesta por dos valores: humedad de absorción más humedad superficial.

Para controlar y mantener razonablemente constante el contenido total del agua de una mezcla, a veces es necesario saber cuanta agua contiene el agregado para poder determinar la cantidad de agua que debe añadirse en la revolvedora. El contenido de humedad del agregado, especialmente de la arena, puede variar de una a otra carga; por lo tanto, el ajuste final del contenido de agua de la mayoría de los concretos mezclados en obra, debe basarse en la trabajabilidad de los mismos.

Existen varios métodos, con diversos equipos, para determinar el contenido de humedad superficial de los agregados. A continuación se expone el que se escogió para la ejemplificación de este trabajo.

EQUIPO (arena y grava)

Horno eléctrico

Báscula de 2610 gr. de capacidad y 0.1 gr. de sensibilidad

Arzola

Tara

PROCEDIMIENTO

1ro. Se toma una muestra representativa del material mediante cuarteo

2do. Se toma del material el peso necesario, de acuerdo con la siguiente tabla:

TAMAÑO DEL AGREGADO EN		PESO DE LA MUESTRA EN KG.
mm	pulgadas	
menor de 4.76	menor de 3/16"	0.200
4.76 a 19.1	3/16" a 3/4"	0.500
19.1 a 38.1	3/4" a 1/2"	1.000
mayor de 38.1	mayor de 1/2"	cantidad suficiente

Se pesa y anota.

3ro. Se deja en el horno durante 48 horas a una temperatura de 100 a 110 °C

4to. Se pesa en la báscula el material ya seco y frío, registrándose el peso.

CALCULO

$$W = \frac{P - p}{p} \times 100$$

donde:

W = Porcentaje de humedad total

P = Peso original de la muestra, 2do. paso

p = Peso seco de la muestra, 4to. paso

Sustituyendo:

$$P \text{ arena} = 200.00 \text{ gr.}$$

$$p \text{ arena} = 192.25 \text{ gr.}$$

$$P \text{ grava} = 500.00 \text{ gr}$$

$$p \text{ grava} = 490.20 \text{ gr.}$$

$$W \text{ arena} = \frac{200.00 - 192.25}{192.25} \times 100 = 4.03\%$$

$$W \text{ grava} = \frac{500.00 - 490.20}{490.20} \times 100 = 2\%$$

XII.3.4 OBTENCION DE LA ABSORCION Y DENSIDAD

ABSORCION

La cantidad de agua retenida por un material (arena o grava), después de permanecer durante 24 horas sumergido en ella se expresa como porcentaje del peso seco del material. La capacidad de los diferentes agregados para absorber agua suele depender del tamaño, continuidad y cantidad total de vacíos permeables que contienen. Como ocurre con el peso específico, la absorción no es una característica que sea definitiva para calificar a los agregados, si bien a mayor absorción se considera normalmente menor calidad y viceversa.

Es conveniente distinguir entre lo que se llama agua de absorción y contenido de humedad en los agregados.

El agua de absorción corresponde a la que un agregado es capaz de absorber por inmersión durante 24 horas como ya se mencionó y el contenido de humedad corresponde a la cantidad total de agua que contiene un agregado en un momento dado; puede ser menor o mayor que la absorción. En el primer caso se dice que el agregado está subsaturado y, en el segundo, sobresaturado.

Cuando en el momento de su empleo, un agregado se encuentra subsaturado, se supone que tiene capacidad para absorber agua del

concreto y, si se encuentra sobresaturado, que es capaz de ceder agua. Para estimación de los consumos en ambos casos, se acostumbra considerar que, antes que el concreto llegue a fraguar, los agregados absorben o ceden agua faltante o excedente para quedar teóricamente en la condición saturada y superficialmente seca, en que solo contiene su agua de absorción.

DETERMINACION DE LA ABSORCION DE LA ARENA.

EQUIPO que se utilizó en esta prueba

Báscula de 2610 gr. de capacidad y 0.1 gr. de sensibilidad

Charola de lámina

Molde en forma de cono truncado de 88.9 mm de diámetro inferior y 38.1 mm de diámetro superior por 73.0 mm de altura

Pisón metálico con un peso de 336 gr. de 25.4 mm de diámetro en su cara de apisonar

Placa de vidrio o cualquier otro material no absorbente

Estufa, horno eléctrico o parrilla eléctrica.

Cuchara de albañil

PROCEDIMIENTO

1ro. Se toma la muestra que se dejó sumergida en agua por 24 horas y se escurre el agua sobrante. (fig. 41)

2do. Se seca en la estufa o parrilla el material removiéndose frecuentemente, hasta considerar que sólo halla perdido el agua superficial. (fig. 42).

3ro. Se llena el molde.

4to. Se compacta suavemente con el pisón, dando 25 golpes (fig. 43 a)

5to. La arena se deja al ras del borde del molde.

6to. Se levanta el molde, y se observa el comportamiento de la arena moldeada. (fig. 43 b)

Si al quitar el molde, la arena muestra una superficie plana en su base superior, repítase la prueba en las partes comprendidas en los pasos 2do. al 6to. hasta que al quitar el molde la arena forme un cono lo que indicará que se encuentra superficialmente seca.

7to. Se pesan 200 gr. de la arena que formó el cono, y se anota ese peso.

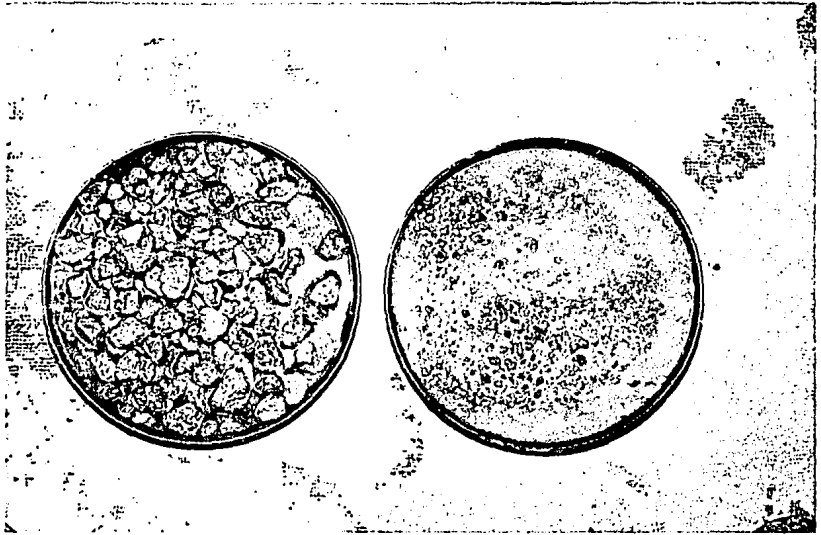


fig. 41 Saturación de las muestras.

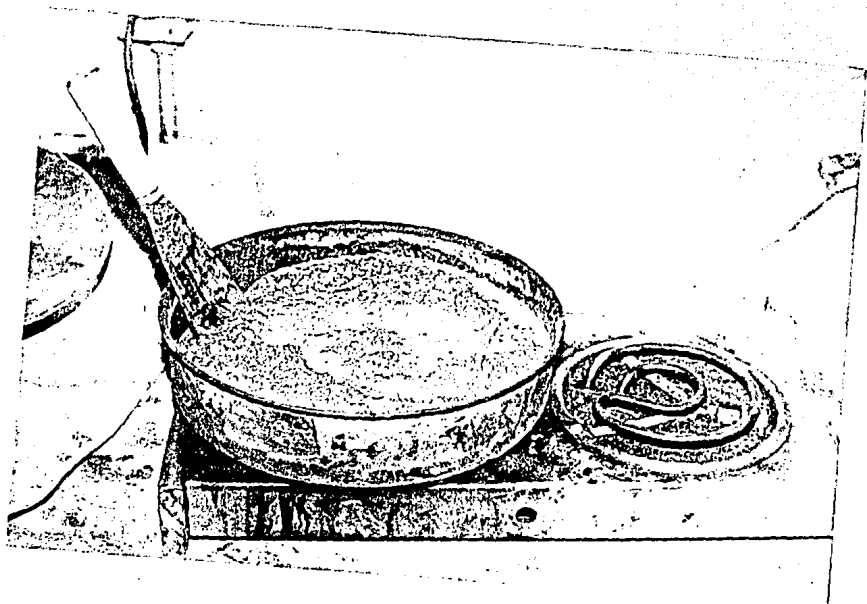


fig. 42 Secado del agregado fino.

8vo. Se seca el material, hasta peso constante. Las pesadas deben hacerse estando el material completamente frío.

9no. El peso del material seco se anota.

CALCULO:

$$W = \text{Porcentaje de absorción} = \frac{B - A}{A} \times 100$$

DONDE:

B = peso de la muestra saturada superficialmente seca

A = peso de la muestra seca

DETERMINACION DE LA ABSORCION DE LA GRAVA

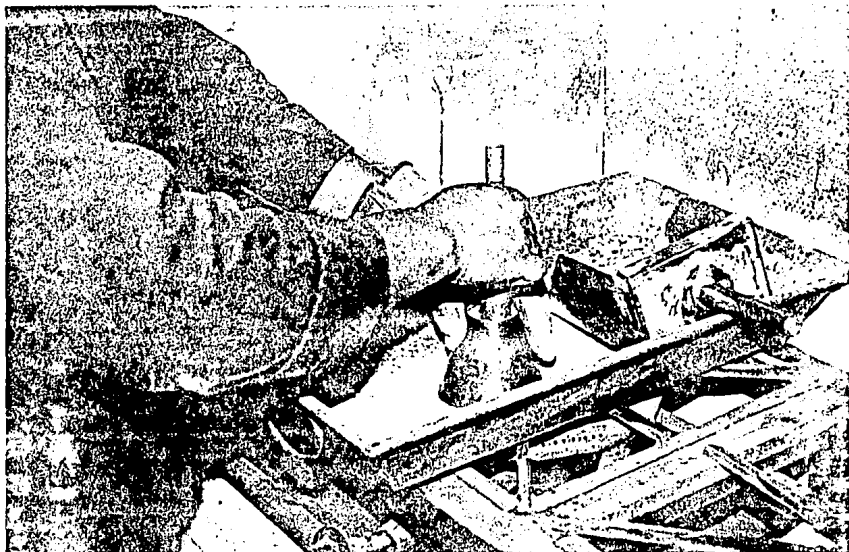
EQUIPO

Báscula de 125 kg. de capacidad

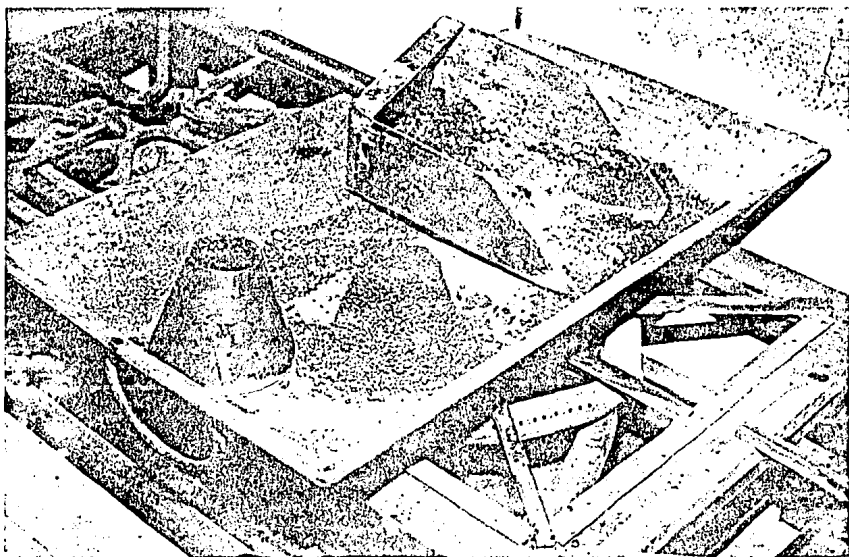
Charola metálica

Estufa, parrilla y horno eléctrico

Franela o toallas de papel



(a)



(b)

Fig. 43 Verificación del estado superficialmente seco

PROCEDIMIENTO

1ro. Se toma la muestra que se dejó sumergida 24 horas en agua y se seca superficialmente, con la franela o toallas de papel.

2do. Se pesan exactamente 500 gr. y se anota el peso.

3ro. Se seca el material hasta peso constante. Las pesadas deben hacerse en frío.

4to. Se pesa el material seco y se anota el valor obtenido.

CALCULO:

$$W = \text{Porcentaje de absorción} = \frac{B - A}{A} \times 100$$

donde:

B = peso de la muestra saturada superficialmente seca
(2do. paso.)

A = peso de la muestra seca (4to. paso)

Sustituyendo;

Arena

$$W = \frac{200.0 - 198.6}{198.6} \times 100$$

$$W = 0.7\%$$

Grava

$$W = \frac{500.0 - 497.5}{497.5} \times 100$$

$$W = 0.5\%$$

DENSIDAD.

De acuerdo con ASTM E 12 la densidad de un material se define como la masa de un volumen unitario del material, a una temperatura especificada, donde, si el material es un sólido, el volumen debe ser de la porción impermeable. Si en lugar de la masa, se opera con el peso del volumen unitario, se le llama densidad aparente.

Para el diseño de mezclas de concreto y el cálculo de consumos de materiales interesa determinar el volumen de cada uno de los elementos componentes, lo que resulta posible al conocer la densidad o peso específico aparentes. En el caso de los agregados, la determinación se hace por inmersión en agua con el material en condición saturada y superficialmente seca, por ello el volumen considerado incluye los vacíos impermeables y permeables (esto últimos llenos de agua).

DETERMINACION DE LA DENSIDAD DE LA ARENA

EQUIPO UTILIZADO

Báscula de 2610 gr. de capacidad y 0.1 gr. de sensibilidad

Frasco de "Le chatelier"

Brocha de cerdas

Recipiente para la muestra

PROCEDIMIENTO

1ro. Se afora con agua el frasco de "Le Chatelier" haciendo coincidir el menisco inferior en la marca "0"

2do. Se seca el interior del cuello del frasco

3ro. Se pesan 50 gr. de material

4to. Se vierte en el frasco de "Le Chatelier" los 50 gr. de la muestra

5to. Se toma el frasco en forma inclinada, y se agita mediante giros hasta expulsar totalmente el aire arrastrado por el material

6to. Se pone el frasco de "Le Chatelier" en posición vertical, y se hace la lectura al nivel del menisco inferior. Esta lectura se anota y da directamente el volumen de la muestra introducida.

CALCULO:

$$\text{Densidad} = \frac{P}{V}$$

Donde:

P = peso de la arena (50 gr.) saturada y superficialmente seco

V = volumen desalojado en el frasco de "Le Chatelier"

Sustituyendo:

$$\text{Densidad} = \frac{50 \text{ gr}}{20.0 \text{ cm}^3} = 2.5$$

DENSIDAD DE LA GRAVA

EQUIPO UTILIZADO:

Báscula de 125.0 kg. de capacidad.

Picnómetro

Probeta graduada de 1,000 ml

PROCEDIMIENTO

1ro. Se afora el Picnómetro con agua potable.

2do. Se pesan 2.0 kg. del material saturado y superficialmente seco.

3ro. Se vierte el material poco a poco evitando salpicaduras y procurando no arrastrar aire.

4to. El volumen desalojado deberá medirse cuando termine el escurrimiento (Fig. 45)

CALCULO:

$$\text{Densidad} = \frac{A}{B}$$

Donde:

A = peso del material usado para la prueba en kg.

B = volumen total de agua desalojada, expresado en Kg.

(1 litro = 1 Kg.)

Sustituyendo;

$$\text{Densidad} = \frac{2.0 \text{ kg.}}{0.770 \text{ l}} = 2.6$$

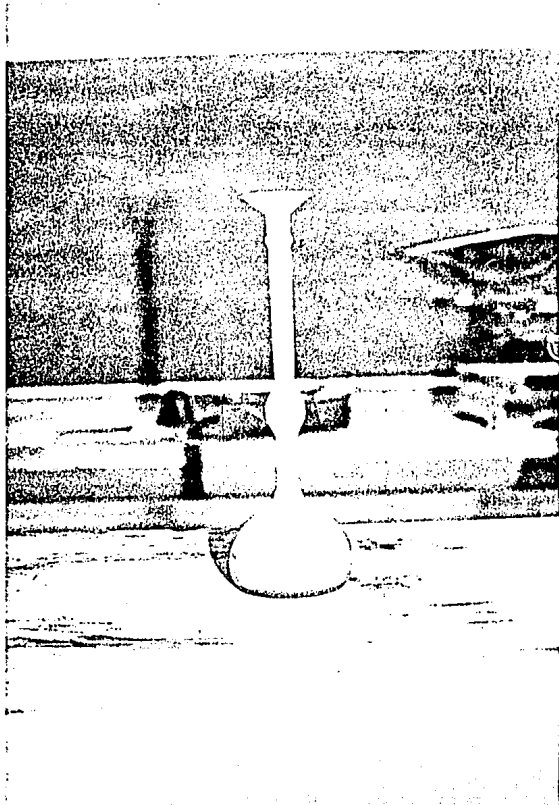


fig. 44 Frasco de "Le Chatelier", para determinar la densidad de la arena.



fig. 45 Medición de la densidad de la grava.

XII.3.5 Dosificación de un concreto que a los 28 días alcance una resistencia de 250 Kg/cm² y que estando fresco tenga un revenimiento de 8 a 10 cm. De acuerdo con ACI.211 B1. revisada en 1984. Descrita en el capítulo VI de éste trabajo.

Mezcla sin aire incluido

Materiales	Características	
Cemento	Peso específico	3.15
Arena fina	Modulo de finura	2.98
	Peso específico	2.5
	Peso volumétrico	1500 Kg/m ³
		Humedad
Superficial 4.0%		
Grava de 25 mm máximo	Peso específico	2.6
	Peso volumetrico	1700 Kg/m ³
	Humedad superficial	2.0%

PROCEDIMIENTO

1ro. Estimación del agua de mezclado. Para un concreto sin aire incluido, un revenimiento de 8 a 10 cm. y un tamaño máximo de

agregado grueso de 25 mm. el agua necesaria para un metro cúbico de concreto es de aproximadamente 195 l. de acuerdo con la tabla 2 del capítulo VI.

2do. La relación agua-cemento (Tabla 3 capítulo VI), en función de la resistencia esperada es de 0.62

3ro. Cálculo del contenido de cemento por unidad de volumen de concreto. Efectuados los pasos anteriores se tiene que, el cemento requerido es igual al contenido estimado de agua de mezclado dividido entre la relación agua-cemento;

$$C = \frac{A}{0.62} = \frac{195}{0.62} = 314.5 \text{ Kg. de cemento}$$

4to. Estimación del contenido de agregado grueso. De la tabla 5 capítulo VI, para un tamaño máximo de agregado de 25 mm. y un módulo de finura de la arena igual a 2.98, el volumen de agregado grueso, seco y compactado con varilla, por volumen unitario de concreto será igual a;

$$0.65 \times 1700 = 1105 \text{ Kg/mm}^3$$

5to. Establecidas las proporciones de agua, cemento y agregado, grueso, el material restante que completa un metro cúbico de concreto consistirá en arena y aire que pueda quedar atrapado o

incluido. Hay dos procedimientos para determinar la arena requerida, uno en base del peso del concreto y otro en volúmenes absolutos, a continuación se describen ambos:

Con base en el peso del concreto. Presuponiendo el peso del volumen unitario del concreto de acuerdo con la tabla 6 del capítulo VI, para un tamaño máximo de agregado de 25 mm. y concreto sin aire incluido el peso estimado del concreto contenido en un metro cúbico es de 2375 Kg. y por diferencia tenemos que;

$$2375 \text{ Kg.} = \text{agua} + \text{cemento} + \text{grava} + \text{arena}$$

Sustituyendo:

$$2375 = 195 + 315 + 1105 + \text{arena}$$

Calculando:

$$\text{arena} = 760 \text{ Kg/m}^3 \text{ (seco)}$$

Con base en el volumen absoluto. Con las cantidades ya obtenidas y tomando de la tabla 2 Capítulo VI el contenido aproximado de aire atrapado, la cantidad de arena necesaria puede calcularse de la siguiente manera:

Volumen de agua	$\frac{195}{1000}$	= 0.195 m ³
Volumen sólido del cemento	$\frac{315}{3.15 \times 1000}$	= 0.1 m ³
Volumen sólido de agregado grueso	$\frac{1105}{2.6 \times 1000}$	= 0.425 m ³
Volumen de aire incluido	0.15×0.1	= 0.015 m ³
Volumen sólido total de los componentes, exceptuando el arena		0.735 m ³
Volumen sólido requerido de arena		0.265 m ³

Peso requerido de arena seca = $0.265 \times 2.5 \times 1000 = 662.5 \text{ Kg.}$

A continuación se comparan los pesos por metro cúbico de mezclas de concreto, calculados con base a las dos posibilidades.

	Por peso estimado del concreto en kilogramos	Por volumen absoluto en kilogramos
Agua (mezclado neto)	195	195
Cemento	315	315
Agregado grueso (seco)	1105	1105
Agregado fino (arena seca)	760	662.5

6to. Las pruebas señalaron una humedad total del 2.0% en el agregado grueso y del 4.0% en el agregado fino. Si se emplean las cantidades de la mezcla de prueba basada en el peso supuesto del concreto, los pesos ajustados del agregado serán:

$$\text{Agregado grueso (mojado)} = 1105 \times 2\% = 1127.1 \text{ Kg.}$$

$$\text{Agregado fino (mojado)} = 760 \times 4\% = 790.4 \text{ Kg.}$$

El agua absorbida no forma parte del agua de mezclado y queda excluida del ajuste de agua adicional. Así pues, el agua superficial proporcionada por el agregado grueso será:

$$2 - 0.5 = 1.5\%$$

y por el agregado fino;

$$4 - 0.7 = 3.3\%$$

Por lo tanto el requerimiento estimado de adición de agua será:

$$195 - 1105 (0.015) - 760 (0.033) = 153.4 \text{ Kg.}$$

Los pesos estimados de mezclas para un metro cúbico de concreto son:

Agua por añadir	153.4 Kg.
Cemento	315 Kg.
Agregado grueso (mojado)	1127.1 Kg.
Agregado fino (mojado)	790.4 Kg.

7mo. Para la mezcla de prueba en el laboratorio se consideró conveniente reducir los pesos ya que se colarán 4 cilindros de prueba, de 15 cm. de diámetro por 30 cm. de altura que equivale a 0.023 m³ de concreto incluyendo el desperdicio. Aún cuando la cantidad de agua calculada por añadir era de 3.53 litros, la que se empleo realmente fue de 4.09 litros, para obtener el revenimiento de 8 a 10 cm. Por lo que la mezcla se compone de:

Agua añadida	4.09 kg.
Cemento	7.25 kg.
Agregado grueso (mojado)	25.92 kg.
Agregado fino (mojado)	<u>18.18 kg.</u>
TOTAL	55.44 kg.

El concreto tiene un revenimiento medido de 7 cm. y un peso unitario de 2345 Kg/m³. Su trabajabilidad y propiedades de acabado, son aceptables.

Para proporcionar la fluencia apropiada y otras características en mezclas futuras, se hacen los siguientes ajustes:

Dado que la fluencia de la mezcla fue de:

$$55.44 / 2345 = 0.024 \text{ m}^3$$

y el contenido de agua añadida de 4.09 Kg. + 0.38 en el agregado grueso + 0.58 del agregado fino = 5.05 kg. el agua de mezclado requerido para un metro cúbico de concreto con el mismo revenimiento que la mezcla de prueba, debe ser:

$$5.05 / 0.024 = 210.42 \text{ Kg.}$$

Como se indicó en el paso 9 del capítulo VI esta cantidad se incrementa en otros 2 Kg. para elevar el revenimiento de los 7 cm. medidos, a los 8 a 10 cm. deseados quedando el agua neta en 212.42 kg.

Dado que es necesario mantener la relación de agua-cemento de 0.62 se requiere de una cantidad adicional de éste último que es igual a:

$$212.42 / 0.62 = 343 \text{ Kg.}$$

Puesto que la trabajabilidad se considera satisfactoria la cantidad de agregado por volumen de concreto se mantendrá igual a la mezcla de prueba. Siendo la siguientes:

$$25.92 / 0.024 = 1080 \text{ Kg. mojado}$$

que es:

$$1080 / 1.02 = 1059 \text{ Kg. seco}$$

y:

$$1059 (1.005) = 1064.3 \text{ (sss)}$$

El nuevo peso estimado de un metro cúbico de concreto es de 2345 Kg.

La cantidad de arena será, por lo tanto de:

$$2345 - (278 + 418.4 + 1064.3) = 554.3 \text{ Kg. (sss)}$$

ó

$$554.3 / 1.007 = 550.4 \text{ kg. seco}$$

Los pesos básicos ajustados de la mezcla por metro cúbico de concreto son:

Agua (mezclado neto)	212.42	kg.
Cemento	343.00	kg.
Agregado grueso (seco)	1055.00	kg.
Agregado fino (seco)	550.40	kg.

Los ajustes de las proporciones determinadas en base al volumen absoluto siguen un proceso similar al anterior. A continuación se exponen los pasos a seguir.

Cantidades en la mezcla de 0.023 m³ definidas para los cuatro cilindros de prueba.

Agua (añadida)	4.09	Kg.
Cemento	7.25	kg.
Agregado grueso (mojado)	25.92	kg.
Agregado fino (mojado)	18.18	kg.
TOTAL	55.44	Kg.

Con un revenimiento medido de 7 cm y un peso unitario de 2345 kg; con una fluencia de $55.44 / 2345 = 0.024$ metros cúbicos; trabajabilidad buena.

- Se realiza una nueva estimación de agua para obtener el revenimiento proyectado.

$$\frac{4.09 + 0.038 + 0.58}{0.024} = 210.42 \text{ Kg.}$$

- Agua de mezclado requerida para un revenimiento de 8 a 10 centímetros.

$$210.42 + 2.0 = 212.42 \text{ Kg.}$$

- Contenido de cemento ajustado para el incremento de agua.

$$212.42 / 0.62 = 343 \text{ Kg.}$$

- Ajuste del agregado grueso.

$$25.92 / 0.024 = 1080 \text{ Kg. mojado}$$

6

$$1080 / 1.02 = 1059 \text{ Kg. seco}$$

El volumen de los componentes, aparte del aire en la mezcla original de prueba fué:

Agua	$\frac{4.49}{1000}$	=	0.004 m ³
Cemento	$\frac{7.245}{3.15 \times 1000}$	=	0.002 m ³
Agregado grueso (seco)	$\frac{25.42}{2.6 \times 1000}$	=	0.010 m ³
Agregado fino (seco)	$\frac{15.24}{2.5 \times 1000}$	=	0.006 m ³
			TOTAL 0.0227m ³

Puesto que la fluencia fue de 0.024 metros cúbicos el contenido de aire será.

$$\frac{0.024 - 0.0227}{0.024} = \frac{0.0013}{0.024} = 5\%$$

- Establecidas las proporciones de los componentes excepto del agregado fino, el ajuste de la mezcla por metro cúbico se complementa como sigue:

Volumen de agua	=	$\frac{212}{1000}$	=	0.212 m ³
Volumen de cemento	=	$\frac{343}{3.15 \times 1000}$	=	0.109 m ³
Volumen de aire	=	0.0013	=	0.0013m ³
Volumen de agregado	=	$\frac{1059}{2.6 \times 1000}$	=	0.407 m ³
		SUBTOTAL	=	0.729 m ³

- El volumen requerido de agregado fino será igual a:

$$1 - 0.729 = 0.271 \text{ m}$$

$$\text{Peso del agregado fino (seco)} = 0.271 \times 2.5 \times 1000 = 677.5 \text{ Kg.}$$

Luego entonces los pesos básicos ajustados de la mezcla por metro cúbico de concreto son:

Agua de mezclado neta	212.0 Kg.
Cemento	343.0 kg.
Agregado grueso seco	1059.0 kg.
Agregado fino seco	677.5 kg.

- Las diferencias con las proporciones que se obtuvieron por el método del peso supuesto del concreto son mínimas

XII.3.6

PRUEBA DE COMPRESION EN CILINDROS DE CONCRETO.

En capítulos anteriores se ha mencionado la resistencia a la compresión directa como un índice de calidad, pudiendo derivarse de ella todos los valores de los distintos esfuerzos que se necesitan conocer para prever su comportamiento estructural. Para determinar este valor se requieren especímenes de dimensiones ya definidas que guardan cierta relación con el tamaño de los agregados como lo muestra la tabla siguiente.

TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO		RELACION DE ALTURA "h" A DIÁMETRO "d"			
		$h/d = 2.0$			
		h		d	
mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.
6.4 o menos	1/4 o menos	102	4	51	2
6.4 a 19.1	1/4 a 3/4	203	8	102	4
19.1 a 38.1	3/4 a 1 1/2	305	12	152	6
38.1 a 76.2	1 1/2 a 3	610	24	305	12
76.2 a 152.4	3 a 6	914	36	457	18

Como ya se mencionó antes existe un número grande de variables que influyen en la resistencia del concreto. Se deben aceptar las variaciones en la resistencia del concreto, algunos autores mencionan que, en el 50 por ciento de las pruebas se obtienen resistencias inferiores a la mediana. Se puede confiar en producir concreto de calidad si se mantiene el debido control y se interpretan correctamente los resultados de las pruebas y se consideran sus limitaciones.

ELABORACION DE CILINDROS

EQUIPO

Báscula de 125 kg. de capacidad

Revolvedora de 0.5 saco

Moldes cilíndricos de 305 X 152 mm. (Fig. 46)

Todos los moldes deberán estar provistos de una placa de fierro con un espesor mínimo de 6.4 mm., con una de sus caras maquinadas, la cual conviene esté ligada al molde cilíndrico mediante tornillos. Debe tenerse especial cuidado de que las paredes del molde y sus juntas sean impermeables para evitar fugas del agua al moldear el concreto. Las paredes del molde y la placa adicional deberán estar siempre engrasadas.

Cono de revenimiento (fig. 19)

Varilla de 16 mm. con punta de casquete esférico y 60 cm. de longitud. Lo ideal es usar un vibrador de tipo inmersión con vástago de 25.4 mm. de diámetro, en la presente se utilizó varilla.

Charolas

Bote

Cucharón

Probeta graduada de 1000 ml.

Cuchara de albañil.



fig. 46 Molde cilíndrico de metal.

PROCEDIMIENTO

1ro. Se pesan por separado cada uno de los materiales de la proporción obtenida en el apartado XII.3.5 de éste capítulo.

2do. Se disponene convenientemente los equipos que se van a utilizar

asi como la verificación previa de su buen funcionamiento y estado apropiado (engrasado y humedecido).

3ro. Se vierten en la revolvedora, humedecida, los materiales que van integrar el concreto en el siguiente orden: Grava, arena, cemento y agua. El mezclado despues de incorporada el agua no durará más de 3 minutos.

4to. Al cabo del tiempo mencionado se vierte el concreto en la charola, previamente humedecida y para eliminar la poca segregación del concreto originada al sacarlo de la olla, se hace uniforme con la cuchara de albañil y con esa mezcla se determinan las características de consistencia, fluidez y trabajabilidad siguiendo los métodos señalados en capítulos anteriores.

5to. Se vierte el concreto en el molde previamente engrasado hasta que cubra un tercio de su volumen. Cada cucharada de concreto deberá depositarse en distinta dirección, se golpea con la varilla 25 veces consecutivas en toda la superficie del concreto.

6to. Se continua el llenado de las dos capas siguientes y golpeando con la varilla cada capa, cuidando que no penetre más de 25 mm. en la anterior compactada.

7mo. Después de compactar la tercer capa se adiciona una pequeña cantidad de concreto con la cuchara y se enrasa el molde, alisando la superficie.

En caso de usar vibrador se hará en dos capas el llenado, cuidando que no toque el fondo del molde el extremo del vibrador, y el periodo de vibración dependerá del revenimiento que presente el concreto. Tres o cuatro inmersiones del vibrador, de tres a cuatro segundos de tiempo cada una, son generalmente suficientes para cualquier caso. Una condición que puede determinar el tiempo y el número de inmersión del vibrador es la presencia de mortero en la superficie de la capa vibrada. Para la segunda mitad aparte de lo descrito se cuidará de no penetrar más de 25 mm. la capa anterior.

8vo. El molde con su contenido deberá en ambos casos permanecer inmóvil durante 24 horas, y se protegerá la superficie expuesta con un lienzo o papel húmedo, cuando halla desaparecido el agua superficial del concreto.

9no. Pasadas las 24 horas a todos los especímenes se les quitará el molde, evitando golpearlos. Una vez realizada la operación de desmoldeo se marcarán tanto la base como la superficie cilíndrica

la identificación que le corresponda (fecha, colado, etc.), al mismo tiempo en los registros adicionales de que se disponga, completándose con la edad de prueba (7, 14 o 28 días) y fecha de ejecución.

10mo. Acto continuo se protegerá el espécimen de la pérdida de humedad hasta el momento de la prueba, ya sea colocándolo en el cuarto de curado a una temperatura que oscile entre los 21 y 25 °C, humedad relativa de 100%, por inmersión en agua o enterrados en arena húmeda. En los dos últimos casos deberá llevarse un registro de temperaturas.

PREPARACION DE LAS BASES DE LOS CILINDROS DE PRUEBA

Llegado el momento de la prueba hay que preparar las bases de los cilindros ya que estas generalmente no presentan una superficie perfectamente plana, por lo que hay necesidad de empájarlas con algún material lo suficientemente resistente y capaz de transmitir las cargas que se apliquen, antes de deteriorarse. Lo más usual es una mezcla de tres partes de azufre en flor con una de arcilla que pase por la malla número 48. Esta mezcla es calentada entre 175 y 200 °C, para fundirla, que cuando se logra esto la apariencia es viscosa y espumosa; para el "cabecado" deberá dejarse enfriar un poco hasta que disminuya su viscosidad quedando más fluida y desaparezca la espuma. El calentamiento y enfriamiento continuo da a la mezcla cierta elasticidad que la

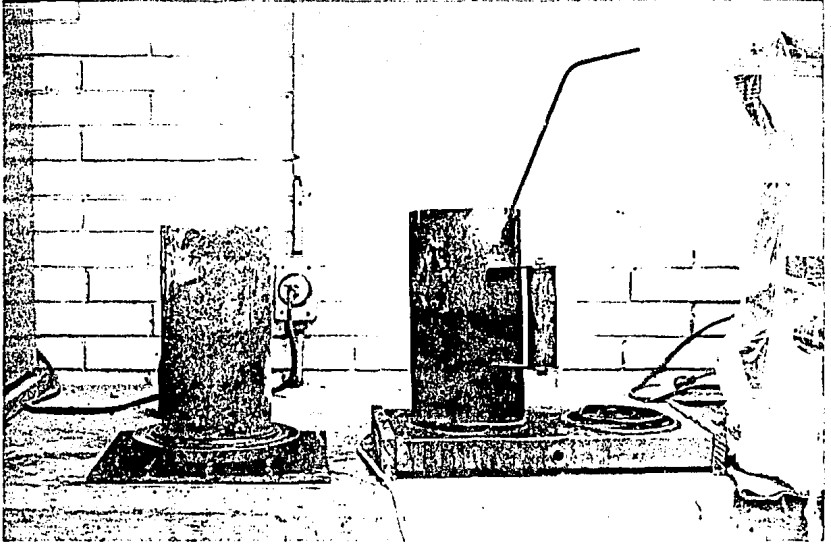


fig. 47 Fundido de la mezcla azufre-arcilla y cabeceado de cilindro de prueba.

hace inadecuada para usarse, por lo tanto, aún cuando la mezcla pueda ser aprovechada repetidas veces debe limitarse.

EQUIPO

Placa maquinada provista de guías normales a la base, con depresión circular en el centro, de un diámetro suficiente o mayor para alojar el cilindro.

Martillo de cabeza de hule

Espátulas

Cucharilla de albañil

Parrilla eléctrica

Azufre y arcilla fina cribada

Cinzel

Cepillo de alambre.

PROCEDIMIENTO

1ro. Deberán secarse superficialmente los cilindros de prueba.

2do. A las bases de los cilindros se les quitará la costra natural del concreto, mediante piquetes con el cinzel a una profundidad no mayor de 1.5 mm., para así obtener una superficie rugosa que permita una mayor adherencia con la mezcla fundida.

3ro. Después de picarse las superficies se cepillan con el

cepillo de alambre para eliminar todo el polvo y partículas sueltas.

4to. Una vez limpias las bases del cilindro se miden varios diámetros y alturas, se promedian y registran, así como el peso también.

5to. Se dispone la placa maquinada con la depresión en el centro, debidamente engrasada sobre una superficie a nivel.

6to. Se vierte sobre ella la mezcla fundida hasta llenar la depresión central.

7mo. Inmediatamente y antes de que cristalice la mezcla, se coloca el cilindro sobre la placa maquinada apoyado en toda su longitud sobre las guías para hacer coincidir su eje con la vertical, sin asentarlo totalmente y se deja enfriar la mezcla.

8vo. Al quitar el cilindro de prueba se golpea ligeramente con el martillo la placa para despegarlo de ella.

9no. La operación de "cabeceado" o empareje de la base opuesta se hará en la forma señalada en los pasos 5to. a 8vo. Hay que cerciorarse si la lámina de la mezcla es compacta y está íntimamente ligada a la base del cilindro; para ello basta con golpear ligeramente con los nudillos de los dedos la superficie de la mezcla y apreciar su sonido. Si hay algún punto hueco o fallo en liga, se quitará la lámina de acetato colocando una nueva.



fig. 48 Cabeceado de cilindros de prueba

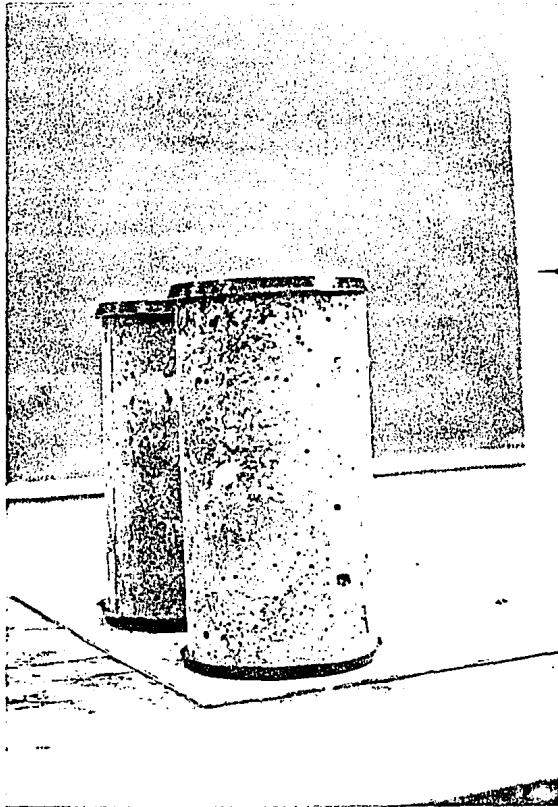


fig. 49 Cilindros de prueba listos para ensayar.

RUPTURA DE CILINDROS

Los especímenes de concreto deberán romperse o probarse a la compresión tan pronto como sea posible después de haberlos retirado del curado.

EQUIPO

Máquina de compresión: La cabeza de carga deberá presentar un casquete esférico que le permita tomar la posición exacta de la superficie de apoyo del cilindro, para lograr una carga axial. Esta deberá comprobarse al iniciar cada prueba, engrasandola y limpiandola.

PROCEDIMIENTO

1ro. El cilindro de prueba se deberá colocar en la mesa de la máquina, la cual presenta una serie de círculos concéntricos de distintos diámetros (generalmente los que son más usuales en los cilindros de prueba), con el objeto de que el espécimen quede bien centrado.

2do. Censiorarse que la aguja marque cero sobre la carátula.

3ro. Se hace funcionar la máquina de modo que el cilindro de prueba se aproxime lentamente a la cabeza de carga hasta que encuentre apoyo completo, sin ocasionar choque.

4to. Se va aplicando la carga uniformemente a razón de 141 Kg/cm /min. hasta la falla del espécimen.

5to. La carga total necesaria para ocasionar la falla del espécimen debe ser registrada y expresarse como resistencia unitaria en Kg/cm .

CALCULO

Resistencia unitaria "f" Kg/cm

Donde

P = Carga total registrada en Kg.

A = Area de la sección del espécimen de prueba en cm²

De los especímenes elaborados con la mezcla diseñada en el apartado XII.3.5 de éste capítulo se obtubieron las siguientes resistencias:

259.6 Kg/cm²

268.4 Kg/cm²

254.2 Kg/cm²

240.3 Kg/cm²

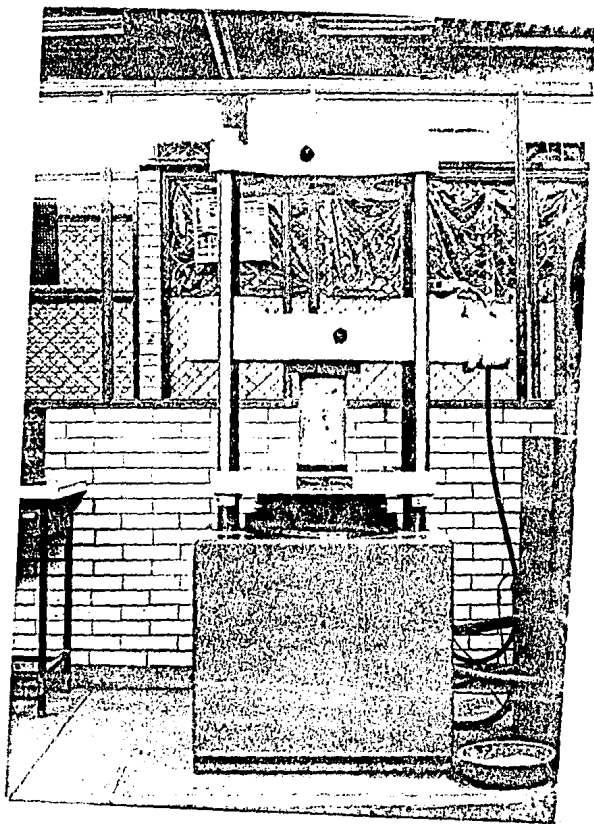


fig. 50 Aplicación de carga en la máquina universal al cilindro de prueba

C A P I T U L O X I I I

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

CAPITULO XIII

CONCLUSIONES

XIII.1 Durante el desarrollo del presente trabajo se comprobó la gran existencia de bibliografía referente al concreto. El enfoque básico en la recopilación fué lograr aspectos fundamentales del concreto en forma accesible a los profesionales de la construcción en general (Ingenieros civiles, arquitectos, técnicos en construcción, etc.).

Así mismo, se constato el uso del método científico en la tecnología del concreto en los últimos tiempos, ya que al principio la construcción de concreto se desarrolló principalmente como un arte del constructor. Pero la rápida expansión del campo de aplicación de concreto reforzado hizo surgir la necesidad de investigación en ingeniería. Los primeros intentos se orientaron hacia problemas de diseño estructural pero al poco tiempo, las propiedades del concreto como material, comenzaron a recibir la atención de ingenieros y de investigadores científicos. Probablemente es justo decir que, incluyendo los materiales con que se hace y los usos que ha tenido, ningún material de construcción ha sido objeto, hasta hoy en día, de una investigación tan amplia como el concreto de cemento portland.

Aún cuando se tiene conocimiento pleno del concreto y de sus componentes el diseño de mezclas, la elaboración, el mezclado, el

transporte, la colocación y el curado dependen del personal obrero que en la mayoría de los casos no es calificado o con muy poca experiencia, por lo que es necesario que el proyectista y constructor tengan presentes los hechos, es decir, extremar el control y atención en cada una de las etapas del proceso de elaboración del concreto.

La utilización del concreto abarca un amplio campo en estructuras de diversos tipos y tamaños, diseñadas para usos distintos y expuestas a muy variables acciones, por lo que es necesario que se cumplan algunos requisitos que garanticen seguridad y larga vida de las estructuras.

Dichos requerimientos se pueden resumir en los siguientes cinco puntos:

- 1.- Los agregados deben estar limpios y libres de sustancias orgánicas o de otras que sea perjudiciales, y deben ser de estructura y composición mineral tales que aseguren su durabilidad por sí mismos. Deben estar libres de constituyentes que reaccionen desfavorablemente con los componentes del cemento, a no ser que se emplee cemento de bajo contenido de álcalis y una puzolana conveniente.

- 2.- Los métodos de almacenamiento, manejo de los agregados y la medición de los ingredientes, deberán permitir que la mezcla diseñada pueda obtenerse correctamente en cada momento.

3.- El concreto debe mezclarse adecuadamente, ser transportado y colocado por procedimientos que eviten la segregación y pérdida de sus ingredientes. La masa consolidada deberá ser uniforme y homogénea sin cavidades de piedra o de zonas porosas.

4.- La disposición de las juntas y los métodos de liga entre colados sucesivos, son detalles importantes que pueden afectar vitalmente la durabilidad de la estructura, aún cuando el concreto sea durable de por sí. Se deberán tomar medidas en los planos estructurales proporcionando drenaje y así evitar áreas de saturación constante, que sería más susceptibles al daño por congelación que las otras partes de la estructura.

5.- No se debe descuidar el curado del concreto. Este incluye la protección contra temperaturas extremas, así como suministro de humedad durante los periodos críticos iniciales. Ningún detalle de la construcción de concreto ofrece tal posibilidad de incrementar la resistencia y durabilidad a tan bajo costo como la que proporciona un buen curado.

De lo anterior cabe destacar que a través del desarrollo del capitulado de la presente tesis se estudia cada uno de los puntos mencionados.

Finalmente, se espera que el lector por convicción, cada vez que se vea envuelto en la elaboración de concreto, recuerde los ASPECTOS FUNDAMENTALES DE LA TECNOLOGIA DEL CONCRETO.

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

- 1.- Concretos alta resistencia, S. A. de C. V.
"Guía del consumidor de concreto premezclado"
Grupo Tolteca
México, 1987

- 2.- Escuela Mexicana de Arquitectura, Universidad la Salle.
"Materiales y procedimientos de construcción, Tomo I"
Ed. Diana
México, 1975

- 3.- Hummel, Alfred
"Prontuario del Hormigón"
Editores técnicos asociados S.A.
Barcelona. 1966

- 4.- Instituto mexicano del cemento y del concreto A.C.
"Control de calidad del concreto"
Ed. Limusa, Noriega
México, 1990

- 5.- Instituto mexicano del cemento y del concreto A.C.
"Cartilla del concreto (ACI-SP1)"
Ed. Limusa, Noriega

II

- 6.- Instituto mexicano del cemento y del concreto A.C.
"El concreto en la obra" Tomos I, II y III
Ed. Limusa, Noriega

- 7.- Instituto mexicano del cemento y del concreto A.C.
"Guía para el empleo de aditivos en el concreto (ACI-212)"
México, 1979

- 8.- Instituto mexicano del cemento y del concreto A.C.
"Práctica para dosificar concreto normal, concreto pesado y
concreto masivo"
Ed. Limusa, Noriega
México, 1990

- 9.- Instituto mexicano del cemento y del concreto A.C.
"Reglamento de las construcciones de concreto reforzado
(ACI-318-77) y comentarios"
México, 1981

- 10.- Neville, A.M.
"Tecnología del concreto", Tomos I, II y III.
Ed. Limusa Noriega-IMCYC, A.C.
México, 1988

- 11.- Ortiz, Fernández Alvaro
"Control de calidad del concreto"
Ed. Fundación para la enseñanza de la Construcción A. C.
México, 1986

- 12.- Paulin, Manuel
"Concreto, estructuras elementales, teoría y su aplicación a
la resolución de problemas"
Ed. U.N.A.M.
México, 1957

- 13.- Peurifoy, Roberto L.
"Estimación de los costos de construcción"
Ed. Diana
México, 1982

- 14.- Ponencia presentada por Lationamericana de concretos, S.A.
de C.V.
"El concreto premezclado"
Edo. de México, 1986

- 15.- Richardson, J.G.
"Cimbras y moldes-guía práctica para su construcción y uso"
Ed. Instituto mexicano del cemento y del concreto A.C.
México, 1981

- 16.- Richardson, J.G.
"Cimbras. Diseño Tomo I"
Ed. Instituto mexicano del cemento y del concreto A.C.
México, 1983

- 17.- Richardson, J.G.
"Cimbras, materiales, montaje y accesorios"
Ed. Instituto mexicano del cemento y del concreto A.C.
México, 1987

- 18.- Richardson, J.G.
"Cimbras, Tomo II, Juntas, aditamentos, colado y acabados"
Ed. Instituto mexicano del cemento y del concreto A.C.
México, 1990

- 19.- Richardson, J.G.
"Cimbras, fallas, seguridad de la cimbra y descimbrado"
Tomo IV.
Ed. Instituto mexicano del cemento y del concreto A.C.
México, 1981

- 20.- Saad, Antonio Miguel
"Tratado de construcción" Tomo I
Ed. Compañía editorial Continental, S. A. de C. V.
México, 1982

- 21.- Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
"Manual de inspección del concreto. Tomo III"
México, 1984

- 22.- Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
"Normas para construcción e instalaciones"
México, 1983

- 23.- Secretaría de recursos hidráulicos, Dirección de proyectos.
Departamento de ingeniería experimental.
"Instructivo para concreto"
México, 1967

- 24.- Schmitt, H.
"Tratado de construcción"
Ed. Gustavo Gili, S.A.
Barcelona, 1980

- 25.- Suárez, Salazar
"Costo y tiempo en edificación"
Ed. Limusa
México, 1984

- 26.- Vaughn, Richard C.
"Control de calidad"
Ed. Limusa.
México, 1982