



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

ESPECIALIZACIÓN EN CONSTRUCCIÓN

***“CONCRETOS DE ALTA
RESISTENCIA TEMPRANA”***

**PROYECTO TERMINAL
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA CIVIL
EN CONSTRUCCIÓN URBANA**

PRESENTA:

GERARDO ARTURO FERREIRO IBARRA



MÉXICO D.F. CIUDAD UNIVERSITARIA NOVIEMBRE 2008

JURADO

PRESIDENTE: SALVADOR DIAZ DIAZ

VOCAL: JUAN LUIS COTTIER CAVIÉDES

SECRETARIO: ERNESTO MENDOZA SÁNCHEZ

1er. SUPLENTE: OCTAVIO GARCÍA DOMÍNGUEZ

2do. SUPLENTE: HUGO SERGIO HAAZ MORA

AGRADECIMIENTOS

A DIOS.

Por permitirme seguir con vida y poder llegar hasta estas instancias de estudios.

A MIS PADRES Y HERMANA.

Por educarme de ésta manera y apoyarme económica y moralmente para seguir mis estudios y terminarlos.

A MIS ABUELOS PATERNOS.

Que ya no están conmigo pero que me enseñaron muchas cosas y la importancia de la Arquitectura e Ingeniería.

A MI ABUELO MATERNO (PADRINO).

Aunque ya no estés me enseñaste a luchar por conseguir todas mis metas.

A MI ABUELA MATERNA (MADRINA).

Por seguir conmigo y darme tantos consejos y estar en mi titulación de Licenciatura.

A MIS FAMILIARES.

Por su apoyo, tanto las familias Ferreiro, León, Ibarra, Carrillo, Bruno, Arcila, Suárez, a mi Palomita.

A MIS MEDIOS TIOS Y PRIMOS.

Por su comprensión, apoyo, amistad, Fam. Suárez, y por cambiar por unos instantes de profesión, Mago Frank y Blas.

A MIS AMIGOS.

Por compartir su vida al lado, por la ayuda mutua sin importar nada a cambio, mis Amigos que se cuentan con los dedos, Charly, Jerry, Felipe, Tomas, Marce, Waldo, Erika, Liz y Rubí.

A LA DGRIRP.

Por acobijarme en mi servicio social, enseñarme a luchar por la justicia y siempre exigir las cosas a tiempo y de la mejor forma, sobre todo a los Licenciados (Luna y Rodríguez, Cortizo, Leal, Olea, Vicente, L. Manuel, Marcela, Angélica), Contadora Gloria, a los Arquitectos (Faride, Waldo, Ariadna) a los Ingenieros (Josué y Julio), Erika, Adriana Don Benja, Don Abraham.

A MIS SINODALES.

Por darme consejos y ser quienes me evaluaron en mi examen profesional

A LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

Por arroparme y darme la oportunidad de poder estudiar una carrera universitaria dentro del campus de Ciudad Universitaria, así como de prepararme para afrontar una vida profesional.

A LOS DIRECTORES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA.

Por atenderme siempre que acudí a ellos, tanto al Ing. Gerardo Ferrando Bravo (1999-2007) como a M. en A. José G. guerrero Zepeda (2008-20??).

A MIS COORDINADORES.

Tanto Lic. Miguel Figueroa, Ing. Solís Ubaldo, Ing. Miguel A. Rodríguez, Ing. Guevara, Ing. M. Trejo, por atenderme siempre cuando los necesitaba.

A MIS MAESTROS DE LICENCIATURA.

Por enseñarme tantas cosas de la Ingeniería en ésta gran institución, sobre todo a mis maestros Ing. Demeneghi, Ing. Sanjinés, Ing. M. A. Rodríguez, Ing. Candelas, Ing. Chavarri, Ing. Mendoza, Ing. Cesar, Ing. Alba, Ing. Esquivel, Ing. Zarate R., Ing. R. Murguía, Ing. Cafaggi, Ing. Grajales, Ing. Olguín, Ing. Raymundo, Ing. Martínez Jurado u demás maestros que tuve.

A MIS MAESTROS DE ESPECIALIDAD.

Por completar mi formación universitaria y hacerme mejor estudiante sobre todo Ing. Cottier, Ing. Figueroa, Ing. Haaz, Ing. Marcelino, Ing. M.A. Rodríguez, Ing. Maldonado.

A MIS CONOCIDOS, IDOLOS Y OTRAS PERSONAS.

Por sus palabras que me han dado. Jorge Campos, Tuca, Gerardo Murguía, Mago Frank, Jorge Santillana, a mi Palomita que se me fue, a quienes me ayudaron a poder hacer éste trabajo, (IMCYC, Apasco, Cemex, Cementos Chihuahua, Ing. Raúl Alvarado, Ing. Eduardo Iriarte, Lic. Fernando Tejada.

“Comparte con todos lo que sabes, pues es una manera de lograr la inmortalidad”.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	0
CAPÍTULO I ANTECEDENTES.....	1
1.1. RESEÑA HISTÓRICA	1
1.2. OBJETIVOS.....	3
1.3 ALCANCES.....	3
CAPÍTULO II MATERIALES	4
2.1 DEFINICIÓN DE LOS CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA TEMPRANA.....	4
2.2 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LOS CONCRETOS	5
2.2.1. CONCRETO.....	5
2.2.2. CEMENTOS PORTLAND.	7
2.2.3. AGREGADOS.....	8
2.2.4. AGUA.....	10
2.2.5. AIRE.....	10
2.2.6 ADITIVOS	11
2.2.7 ADICIONES AL CEMENTO	12
2.3. CARACTERÍSTICAS.....	13
2.3.1. RELACION AGUA/CEMENTO (A/C).....	13
2.3.2. CURADO AL VAPOR Y TEMPERATURA DE CURADO	13
2.3.3. CONCRETO FRESCO.....	14
2.3.4. FRAGUADO REGULADO	15
2.3.5. CALOR DE HIDRATACIÓN.....	15
2.3.6. RESISTENCIA A CONGELACIÓN-DESHIELO	15

2.4 CONTROL DE CALIDAD	16
2.5 TRANSPORTE Y COLOCACIÓN	17
2.6 PRUEBAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA TEMPRANA.....	18
2.6.1 PRUEBA DE REVENIMIENTO.....	18
2.6.2 PRUEBAS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN.....	18
CAPÍTULO III USOS Y APLICACIONES.....	19
3.1 USOS Y APLICACIONES	19
3.2 OBRAS CON LOS CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA TEMPRANA.....	20
CAPÍTULO IV. VENTAJAS Y LIMITACIONES.....	21
4.1 VENTAJAS.....	21
4.2 DESVENTAJAS	21
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES	22
GLOSARIO.....	23
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
A. PÁGINAS DE INTERNET	26
B. CONTACTOS DE INSTITUCIONES	27
C. LIBROS, TESIS E ENCICLOPEDIA	27
CD.....	28



INTRODUCCIÓN

Actualmente en el mundo, está creciendo el interés por crear nuevas y mejores tecnologías al respecto de las construcciones, de crear concretos superiores al que normalmente se utilizan, basándose en otros agregados como los aditivos, humo de sílice, cenizas volantes que ayudan a disminuir la cantidad de agua que se necesita, para que los concretos sean de una mayor calidad y resistencia.

En los últimos años en México, los progresos que han tenido los concretos de alta resistencia temprana han sido de un avance más lento que los concretos normales, para que garanticen las necesidades que demandan las ciudades actualmente.

El presente trabajo tiene la finalidad de explicar un tipo de concreto diferente al normal mejor conocido como concreto de alta resistencia a edad temprana o inicial, ya que en la actualidad no muchos lo conocemos o no sabemos que existen, porque es una variante del concreto de alta resistencia, ya que al utilizar aditivos reductores de agua, aceleran el proceso de endurecimiento y de resistencia en el concreto, en menos de 28 días que normalmente tardan los demás concretos, inclusive podrían darse resultados en horas o en minutos, siempre respetando los factores de calidad y seguridad que necesitan las instalaciones para dar el correcto y esperado servicio que requiere la población que los va a utilizar.

El trabajo consta de cinco capítulos en los cuales se tratará de informar y de dar a conocer los concretos de alta resistencia temprana, así como conclusiones y bibliografía.

En el primer capítulo se describen los antecedentes históricos, los objetivos y los alcances.

En el segundo capítulo se hablará de los procesos de fabricación de los concretos de alta resistencia a edad temprana.

El tercer capítulo se abordan los usos y aplicaciones que tienen los concretos en cuestión.

Mientras que en el cuarto capítulo se darán las ventajas y limitaciones que tienen éstos.

Al final aparecerán las conclusiones, referencias bibliográficas, glosario y el trabajo en Cd.



CAPÍTULO I ANTECEDENTES

1.1. Reseña Histórica

La historia del hombre en cuanto a la utilización del cemento es desde que se busca un espacio para vivir con la mayor comodidad, seguridad y protección posible, esta historia data a partir de la época de las cavernas, aproximadamente en los años 4000 A.C, en donde debían satisfacer sus necesidades de vivienda y después levantando construcciones con requerimientos específicos.

Templos, palacios, museos son el resultado del esfuerzo de la humanidad.

Durante la época egipcia ya se utilizaban morteros hechos de cal o cemento con arena y agua que se maneja para unir bloques o losas de piedra y que servían para sus construcciones, mientras que en las construcciones griegas y romanas descubrieron que ciertos depósitos volcánicos, mezclados con caliza y arena producían un mortero de gran fuerza, capaz de resistir la acción del agua, dulce o salada.

Un material volcánico muy apropiado para estas aplicaciones lo encontraron los romanos en un lugar llamado Pozzuoli, que se le conoce actualmente como puzolana.

Hacia 1788, C. E. W. Dohering, de Alemania, aseguró una patente para concreto reforzado con metal que tenía aplicado un esfuerzo de tensión antes de que fuera cargada la losa.

Investigaciones y descubrimientos a lo largo de miles de años, nos conducen a 1824, cuando en Inglaterra, James Parker y Joseph Aspedin, patentan el Cemento Portland, material que obtuvieron de la calcinación de alta temperatura de una caliza arcillosa, al agregársele agua, que producía una pasta que de nuevo se calcinaba se molía y batía hasta producir un polvo fino, El nombre del cemento Portland le fue dado por la similitud que este tenía con la piedra de la isla de Portland.

En 1845, Isaac Johnson obtiene el prototipo del cemento moderno, alta temperatura, de una mezcla de caliza y arcilla hasta la formación del "clinker".

Para 1855, Lambot obtiene una patente en la fabricación de barcas de concreto armado y Monier en 1867, patenta el refuerzo del concreto, metiendo un alambre en el concreto, para aumentar la resistencia del producto final y después extenderla para reforzar pisos, vigas y puentes.

El Ing. P. Jackson, de San Francisco, Ca., en 1886 aplicó el principio de refuerzo para el concreto, obteniendo la patente para varilla de acero en piedra artificial que servía en losas de pisos.

La American Standard For Testing and Materials (ASTM), en el año de 1904 publica por primera vez sus estándares de calidad para el cemento Portland.



Para 1906, se instala la primera fabrica para la producción de cemento en México, llamada Cementos Hidalgo S.A. en la ciudad de Nuevo León, con una capacidad de 20,000 ton/año y hasta 1931 se fusionó con Cementos Portland Monterrey S.A., dando origen a Cementos Mexicanos S.A.

Se inicia en 1928 el desarrollo del concreto pretensado en la persona de Eugène Freyssinet, en Francia, quien empezó usando alambres de acero de alta resistencia para el pretensado.

A finales de 1931, se constituye la Compañía Cementos Portland Hidalgo S.A., en Toluca, en el estado de Hidalgo, y después llamándose La Toluca, Compañía de Cementos Portland S.A.

En 1943 se construye la primera planta Moctezuma en Jiutepec Morelos y en 1997, arranca la planta de Tepetzingo, cuya producción de cemento desde ese entonces a sido 1.2 millones de ton/año.

Para 1945, la escasez de acero en Europa durante la segunda Guerra Mundial, impedía el desarrollo del concreto presforzado, pero países como Francia y Bélgica encabezaron el desarrollo del concreto presforzado, Inglaterra, Alemania, Suiza, Holanda, Rusia e Italia rápidamente lo siguieron.

El primer puente presforzado construido en México, fue el puente "Zaragoza", en Monterrey, en el año de 1951, el cual cuenta con 5 tramos de 34m cada uno y pasa a través del río Santa Catarina.

Hacia 1958, se construye el puente Tuxpan, con longitud total de 425m, estructura principal de tres luces de 92 m de concreto presforzado, construidos con el procedimiento de doble voladizo.

En 1962 se construye el puente Coatzacoalcos con longitud total de 996 m, 32m de tramos de vigas pretensadas y un tramo de armadura metálica levadiza, apoyados en pilas de concreto armado.

Durante 1970 aparecen los concretos de alta resistencia inicial y final. Se comenzaron a utilizar los superfluidificantes procedentes de Japón y Alemania, los cuales se obtuvieron grandiosos resultados, con una reducción del agua de amasado del orden del 25%, sin efectos secundarios negativos en la rapidez, facilidad de ejecución y garantía de las obras.

Desde luego que con la entrada del aditivo superfluidificante se redujo considerablemente los errores de ejecución y se mejoró la calidad del concreto con respecto a la relación a/c en la obra.

CEMEX en 1992 se considera como el cuarto productor de cemento a nivel MUNDIAL con una producción de 30.3 millones de ton/año.

En la actualidad emplear concretos de alta resistencia inicial, es relativamente común en países como Japón, Canadá, Australia, Francia, Estados Unidos y su incorporación inició a utilizar concretos presforzados, ampliando la resistencia a la compresión de 250kg/cm^2 a aproximadamente 400kg/cm^2 .



En apenas 50 años la industria de la fabricación del concreto ha obtenido grandes avances, ya que el concreto es uno de los materiales de construcción más empleados.

Edificios, calles, avenidas, carreteras, presas y canales, fabricas, talleres y casas, dentro del mas alto rango de tamaño y variedades, nos dan un mundo nuevo de comodidad, de protección y de belleza, en donde se puedan realizar los sueños más ansiados, de crecer, progresar y vivir.



Coliseo romano (Roma)



Acrópolis (Grecia)



Facultad de Ingeniería



Presas El Cajón

1.2 OBJETIVO.

El presente trabajo tiene como finalidad presentar el proceso de fabricación de los concretos de alta resistencia temprana, también conocidos como de temprana edad o inicial, sus usos y aplicaciones, así como las ventajas y limitaciones de su empleo.

1.3 ALCANCES.

El alcance principal es de conjuntar una serie de información que pueda ayudar a cualquier persona que esté interesada en conocer todo lo referente a los concretos de alta resistencia temprana, y que con ello pueda ayudarlos a poder hacer más obras con éste tipo de concretos, ya que en la actualidad no existe suficiente información al respecto.

Uno de los alcances del presente trabajo, es dar a conocer los ingredientes que necesitan éstos concretos, el proceso de fabricación de los mismos y las diferencia que existen contra el concreto normal.

Otra importancia que se desea alcanzar sobre los concretos de alta resistencia inicial son sus usos y aplicaciones que se le pueden dar, así como cuales son las ventajas y limitaciones que tienen dichos concretos con respecto a los demás y citar algunas obras donde se este usando éstos¹.

¹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Concreto>
<http://www.arqhys.com/historia-concreto.html>
<http://www.imcyc.com/concretohistoria/concretos.htm>
<http://www.cemexmexico.com>
<http://www.monografias.com/concreto>



CAPÍTULO II MATERIALES

2.1 DEFINICIÓN DE LOS CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA TEMPRANA.

El concreto de alta resistencia temprana (ART), también llamado a temprana edad (ARTE) o inicial (ARI), es un concreto que alcanza su resistencia especificada a una edad más temprana que la que requiere un concreto normal. El período en el que tenga que obtener una resistencia especificada puede variar desde 24, 48 ó 72 horas e incluso minutos, hasta varios días.

El concreto de alta resistencia temprana, puede considerarse un tipo particular de los concreto de alto desempeño (CAD). En el que no sólo los ingredientes que posee el concreto de alta resistencia temprana, es una de sus características, sino que incorpora una relación a/c optimizada, granulometría de agregados uniformes y aditivos que aumentan la resistencia a temprana edad.

Éste concreto se puede obtener por medio de uno o alguna combinación de los siguientes puntos, dependiendo de las condiciones y de la resistencia especificada que se quieran alcanzar:

- ✓ El uso de cemento tipo III de alta resistencia a temprana edad.
- ✓ Un contenido elevado de cemento (356 a 593 Kg/m³)
- ✓ Una baja relación agua - cemento (0.20 a 0.45 en peso)
- ✓ Una mayor temperatura del concreto fresco.
- ✓ Una mayor temperatura de curado.
- ✓ El uso de aditivos químicos.
- ✓ El uso de humo de sílice.
- ✓ Un curado al vapor o en autoclave.
- ✓ Usando un aislamiento para retener el calor de hidratación.
- ✓ El uso de cementos de fraguado regulado o de otros cementos especiales.



2.2 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LOS CONCRETOS

2.2.1. CONCRETO

El procedimiento para elaborar concretos de alta resistencia no se basa exclusivamente en usar cantidades excesivas, de cemento, sino más bien en la correcta combinación de los elementos y factores que favorecen el aumento de la resistencia, entre éstos se puede mencionar agregados bien seleccionados y limpios, grava de tamaño pequeño y arena gruesa; Cemento Portland con módulo de finura alto y contenidos importantes de silicato tricálcico; aditivos químicos superfluidificantes y reductores de agua de comportamiento y aditivos minerales como la escoria de altos hornos, ceniza volante (fly ash) y microsilica (sílice fume).

El concreto de alta resistencia temprana está elaborado bajo un estricto Control de Calidad conforme a parámetros de las normas americanas ASTM, uso de los ingredientes y de las prácticas de colocado tradicionales para el concreto como cemento portland, agua, agregados finos y gruesos, de la granulometría controlada y aditivos químicos, para mejorar las características del producto, tanto en el estado fresco como en el estado endurecido, aunque a veces se necesitan materiales especiales.

En la construcción se utilizan 2 tipos de concreto:

- 1-Concreto Normal fabricado con cemento tipo I que alcanza la resistencia de diseño a los 28 días.
- 2.-Resistencia Rápida fabricado con cemento tipo III, que alcanzará la misma resistencia a 14 días.⁴

	Concreto Normal	Concreto Rápido
PRUEBA DE RESISTENCIA	1-14-28 días	3-7-14 días
f _c =	f _c = 100 - 350 kg / cm ²	f _c = 100 - 350 kg / cm ²
T.M.A.	T.M.A. = ¾" - 1½"	T.M.A. = ¾" - 1½"
ARENA	Limpia	Limpia
Revenimiento	Rev. = 8 a 18cm + -2	Rev. = 8 a 18cm + -2

Existen dos formas de Mezclado del Concreto.

Mezclado del Concreto en planta.- Se cuentan con los ingredientes necesarios para el concreto de alta resistencia temprana, se adicionan los agregados, el cemento, el agua y los aditivos, se introducen en las mezcladoras hasta que todo el concreto se mezcla completamente hasta que tenga una apariencia uniforme, con todos sus ingredientes igualmente distribuidos. Las mezcladoras no se deben cargar más que sus capacidades y se deben operar en la velocidad de mezclado recomendada por el fabricante. Se puede aumentar la producción con el uso de mezcladoras adicionales, pero no a través del aumento de la velocidad de mezclado o de la sobrecarga del equipo con el cual se cuenta¹.

¹ <http://www.cemexmexico.com>

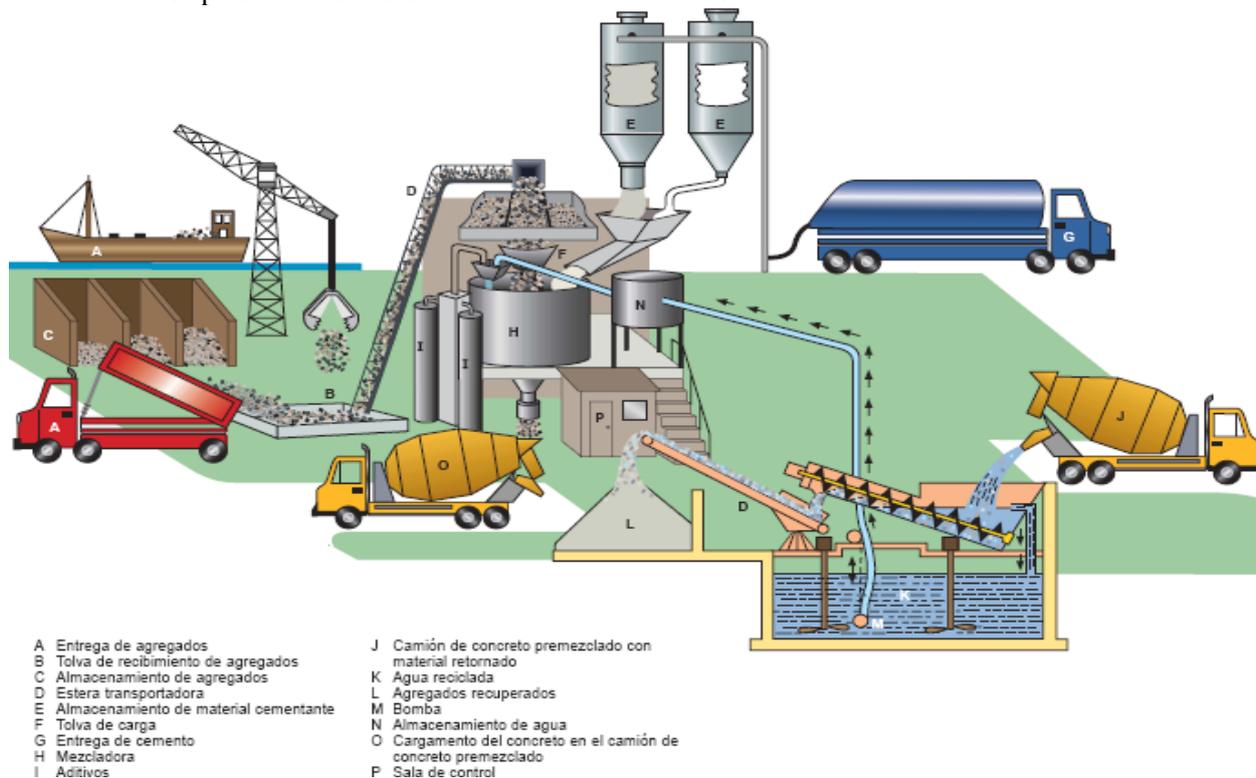
<http://www.holcimapasco.com.mx>



Mezclado Estacionario.- El concreto a veces se mezcla en la obra a través de una mezcladora estacionaria o mezcladora pavimentadora. Éstas incluyen tanto las mezcladoras en obra como en plantas de concreto premezclado. Están disponibles en volúmenes de hasta 9.0m³ y pueden ser del tipo fijo o del tipo de pala rotatoria con abertura superior. Todos los tipos pueden estar equipados con botes (chips) de carga y algunos equipados con un canalón de descarga giratorio (canal).

Muchas mezcladoras estacionarias tienen dispositivos para medir el tiempo y algunos se pueden regular para que no se pueda descargar la mezcla sino hasta que haya transcurrido el tiempo designado (ACI 304R-00).

El proceso de mezclado de los concretos es variado dependiendo las cementeras en donde a continuación se presenta dos casos de mezclado de concretos.³



El concreto, se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento tipo III agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto elemento que se designa como aditivo. Al revolver estos componentes y producir lo que se conoce como una mezcla de concreto, se introduce de manera simultánea un quinto componente representado por el aire.²

La mezcla de los ingredientes del concreto produce una masa plástica que puede ser moldeada y compactada con relativa facilidad; pero gradualmente pierde esta característica hasta que al cabo de algunas horas se torna rígida y comienza a adquirir las propiedades y comportamientos de un concreto endurecido.

² Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland Cement Association Illinois, 2004.



2.2.2. CEMENTOS PORTLAND.³



En México existen varias empresas o agrupaciones que se dedican a la fabricación de cemento, indudablemente existen unas normas mínimas de calidad que deben cumplir, disponibles en la actualidad varían significativamente en su composición química y finura de molido, lo que incide en la demanda de agua que cada uno de ellos necesitará para obtener la llamada “consistencia normal” de la pasta, para los de alta resistencia temprana se usan cementos tipo III.

La producción de cementos Portland en la zona metropolitana es muy variada en tipos y marcas, pero todos deben cumplir con las normas oficiales mexicanas siendo éstas la NOM-C-123 (ASTM-C-150) para los cementos tipo I a V.

De la Norma Mexicana de los Cementos, se tiene la siguiente tabla de acuerdo a su resistencia⁴.

PRODUCTOS SELECCIONADOS			
Tipo	Denominación	Clase resistente	Características especiales
CPO	Cemento Portland Ordinario	20	RS
CPP	Cemento Portland Pozolánico	30	Resistente a los Sulfatos
CPE G	Cemento Portland con Escoria Granulada de Alto Horno	30 R	BRA
CPC	Cemento Portland Compuesto	40	Baja Reactividad Alcali agregado
CPS	Cemento Portland con Humo de Sílice	40 R	BCH
CEG	Cemento con Escoria Granulada de Alto Horno		Bajo Calor de Hidratación B Blanco

Cemento CPO R, se trata de un cemento Portland ordinario con alta resistencia inicial, que es un ejemplo de cómo interpretar la tabla que esta integrada por la composición + característica especial.

La norma ASTM C 150 especifica el tipo de cemento para el concreto de ART:⁵

- **Tipo III Alta resistencia inicial o temprana.** Ofrece resistencia a edades tempranas, normalmente una semana o menos. Este cemento es química y físicamente similar al tipo I, a excepción de que sus partículas se muelen más finamente.

En clima frío, su empleo permite una reducción en el tiempo de curado, en pavimentos para el rápido habilitado del tránsito y cuando se necesite remover las cimbras lo más pronto posible.



En clima Frío



Pavimento



Rápida remoción de la cimbra

³ ACI Manual de las prácticas del concreto. American Concrete Institute, Michigan 2001.

⁴ <http://www.imcyc.com/normas/414%20cimento%20hidraulico2.pdf>

⁵ Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland Cement Association Illinois, 2004.



GRANULOMETRIA.- La granulometría del agregado nos proporciona información útil sobre la distribución del tamaño de las partículas del mismo dentro de una muestra. Para su determinación se requiere pasar dicha muestra por una serie de tamices (mallas) con diferentes aberturas:

Malla	3	1 1/2	3/4	3/8	4	8	16	100	200	finos charola
Abertura, mm.	76.2	8.1	19.05	9.53	4.76	2.38	0.19	0.15	0.075	
	grava			frontera		arena		frontera		

2.2.3. AGREGADOS

La necesidad de contar con un control de calidad severo en la fabricación de concreto, hace indispensable conocer con detalle los agregados del mismo, ya que ocupan cerca del 60% al 75% del volumen del concreto (70% a 85% de la masa) e influyen fuertemente en las propiedades tanto en estado fresco como endurecido, en las proporciones de la mezcla y en la economía del concreto.⁶

Los agregados gruesos deben ser mayores que los agregados finos.



Agregados Finos



Agregados Gruesos

Agregados Gruesos

Un agregado grueso de buena calidad es igualmente fundamental, es decir, que tenga una alta resistencia a la compresión, así como que su capacidad de adherencia a la pasta sea buena y una absorción moderada o casi nula. Las características anteriores ayudarán a obtener concretos de resistencias más altas en comparación con otros agregados que no cuenten con dichas propiedades.

Se menciona también la necesidad de utilizar tamaños pequeños, de un diámetro máximo de 10 a 12mm, lo más cúbicos o redondos posibles, prefiriéndose por esto último a las trituradoras de impacto o de martillo en lugar de las llamadas cónicas.

También se han utilizado como agregados gruesos, rocas trituradas como trapeana, cuarcita, caliza, granito, grava de un depósito de aluvión, etc., que dan importancia a la adherencia y la absorción de estos elementos.

Tamaños más pequeños de agregados son también considerados para producir resistencias más altas del concreto debido a sus menos severas concentraciones de esfuerzo alrededor de las partículas.

Muchos estudios a través de los años han mostrado que la roca triturada produce resistencias más altas que las gravas redondeadas. El agregado ideal debe ser limpio, cúbico angular, 100% triturado y con un mínimo de lajas y partículas alargadas.

En la fabricación de mezclas de prueba de concreto de alta resistencia temprana, es muy importante seleccionar agregados gruesos relativamente duros y fuertes que no se quiebren y produzcan finos durante el mezclado.

⁶ Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland Cement Association Illinois, 2004.



Agregados Finos

En lo que se refiere a finos deben ser arenas que se recomiendan con un módulo de finura cercano a 3.00, sin embargo, existen mezclas para concretos de alta resistencia inicial con módulos de finura que oscilan entre 2.83 y 3.36.

Otros agregados que se han utilizado como finos son las pizarras, calizas, areniscas, andesitas, entre otras, aunque en este caso la mayoría de los investigadores concuerdan que su intervención no influya en forma sustancial en la resistencia del concreto e inclusive tolera graduaciones más gruesas de las que marca la norma NOM-C-77.

La arena más usual en el empleo de éstos concretos es la Andesita del grupo felsítico de las rocas ígneas volcánicas, porque resultan ser las únicas, desde el punto de vista económico viables para la fabricación de los concretos en el Distrito Federal.

Sin embargo, se recomienda limitar la cantidad de finos (un máximo de un 5%), es decir, los porcentajes mínimos en peso del material que pasa la malla No. 50 y malla No. 100 que se reducen a 5% y 0% respectivamente, siempre y cuando el agregado se emplee en un concreto con aire incluido que contenga mas de 237 kg. de cemento por m³ y que tenga un contenido superior de 3%, o bien cuando el agregado se emplee en un concreto que contenga mas de 247kg. de cemento por m³ cuando el concreto no contenga inclusión de aire.

Resultados dados por investigadores han sido que un módulo de finura debajo de 2.5 en la arena da al concreto una consistencia pegajosa y difícil de compactar y una con un módulo alrededor de 3 da una mejor trabajabilidad y resistencia a la compresión.

Son arenas naturales o manufacturadas, que constan normalmente de cuarzo (sílice) con una pequeña proporción de mica, feldespato u otros minerales, son el producto de la desintegración química y mecánica de la roca bajo abrasión.

Cuando las partículas acaban de formarse suelen ser angulosas, puntiagudas y de textura lisa que requiere de menos agua de mezclado⁷.

El lavado de las arenas puede ser necesario, arenas que sean naturales que contengan grandes cantidades de mica, ciertos minerales arcillosos u otros materiales deletéreos deben evitarse ya que pueden incrementar la demanda de agua y afectar la hidratación y la adhesión de la pasta de cemento.

⁷ Biblioteca de Consulta Microsoft ® Encarta ® 2005. © 1993-2004 Microsoft Corporation.



2.2.4. AGUA



Como regla general basada en la Norma Mexicana de la Calidad del Agua NMX-C-122-82, el agua de mezclado debe ser potable. No debe contener impurezas que puedan afectar la calidad del concreto. No debe tener ningún tipo de sabor o contener limo u otras materias orgánicas en suspensión. Aguas muy duras pueden contener elevadas concentraciones de sulfatos. Pozos de agua de regiones áridas pueden contener sales disueltas dañinas y estas aguas deben ser analizadas en laboratorios.

2.2.5. AIRE



Uno de los componentes del concreto es el aire (en forma de burbujas), que hace que el concreto sea un material poroso. El contenido de aire promedio para un concreto de alta resistencia temprana, debe ser del 6% para una exposición severa y un 5% para una exposición moderada.

La exposición moderada se refiere al servicio en un clima donde se espera un congelamiento, pero donde el concreto no estará expuesto continuamente a la humedad o al aire libre a largos períodos antes del congelamiento. Las condiciones de exposición severa incluyen contacto con sustancias químicas provocadas por el deshielo o por un contacto continuo con la humedad o por aire libre.

El propósito de vibrar el concreto es movilizarlo lo suficiente para que adquiera la plasticidad, que le permita eliminar las burbujas de aire y haga que las partículas de agregados, se unan por gravitación y forme una masa homogénea.



La ilustración muestra a los concretos normales con aire y sin aire incluido, donde el concreto con aire incluido es más resistente a repetidos ciclos de congelamiento y deshielo.⁸

⁸ Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland Cement Association Illinois, 2004.
Apuntes de Concreto, Ing. Luis Zarate Rocha. Fundación ICA.



2.2.6 ADITIVOS



Aditivo Reductor, Espumante e inhibidor de corrosión

Los aditivos son aquellos ingredientes del concreto, que además del cemento portland, del agua y de los agregados, se adicionan a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado.

Un aditivo es un material distinto del agua, agregados y cemento que se usa como ingrediente en concretos y se agrega a la mezcla antes o durante de su agitación o mezclado.

ADITIVOS QUÍMICOS.

Para el concreto de alta resistencia inicial se usan aditivos químicos que son sustancias químicas naturales o manufacturadas que se adicionan al concreto antes o durante el mezclado del mismo.

Los aditivos químicos que se usan son, reductores de agua, acelerantes y superfluidificantes.⁹

- A. **Reductores de Agua.**- son hechos a base de productos químicos solubles en el agua y su objetivo es reducir la cantidad de agua en el concreto, modificando la velocidad de fraguado, así como su consistencia. Al utilizar los aditivos reductores de agua, se podrá reducir el contenido de cemento en proporción a la reducción dada al agua, conservando así la misma relación agua/cemento y se gana un incremento adicional en la resistencia, pues se incrementa la eficiencia de hidratación. Estos tipos de aditivos son muy útiles en concretos que van a ser colocados en secciones de mucho refuerzo.
- B. **Acelerantes.**- son aquellos que sirven para reducir el tiempo de fraguado y acelerar el desarrollo de la resistencia del concreto obteniendo, aproximadamente un 60% de la resistencia en tan solo 48 hrs. Propician la obtención de altas resistencias a temprana edad, aceleran el fraguado en colados a bajas temperaturas o facilitan el descimbrado con mayor rapidez, en tanto los estabilizadores expanden el volumen del concreto al fraguar, compensando la pérdida de montos por retracción, mientras evitan contracciones y agrietamientos, además de limitar la porosidad y la permeabilidad.
- C. **Superfluidificantes.**- son aditivos que hacen que el concreto sea más fluido y por lo tanto, facilitan su colocación. Estos aditivos reducen significativamente el contenido de agua de los morteros y concretos, manteniendo una consistencia determinada, sin producir efectos indeseables sobre el tiempo de fraguado. Se usan típicamente para proporcionar trabajabilidad, ya que la composición del concreto de alta resistencia inicial difiere de la correspondiente a las mezclas convencionales, las características a edades tempranas de la pasta hidratante también serán distintas.

⁹ Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland Cement Association Illinois, 2004.



2.2.7 ADICIONES AL CEMENTO

Los cementos adicionados se producen por la molienda uniforme y conjunta, por la mezcla de dos o más tipos de materiales finos. Los materiales principales son cemento portland, cal hidratada y combinación de escorias granuladas de alto horno, cenizas volantes, humo de sílice, arcillas calcinadas u otras puzolanas, donde el humo de sílice, es el que se usa para el concreto de alta resistencia inicial.¹⁰



Humo de Sílice¹¹

El humo de sílice, ha sido empleado como reemplazo parcial o adicional al cemento en cantidades que varían entre el 5 y 10% y hasta llegar al 30% en peso del material cementante total.¹²

El humo de sílice, también conocido como micro sílice o humo de sílice condensado, es otro material que se emplea como aditivo puzolánico, éste producto en forma de polvo es de color gris claro a oscuro o en ocasiones gris azulado verdoso, es un material que consiste principalmente de bióxido de sílice (SiO_2) y es subproducto que se obtiene durante la fabricación del silicio y ferrosilicio al capturar los humos que se producen en los hornos.

El humo de sílice da como resultado en un concreto de alta resistencia temprana, que reduce la permeabilidad y aumenta la resistencia a los agentes químicos. El empleo de los diferentes porcentajes del humo de sílice ocasiona que el concreto tenga diferente trabajabilidad, por lo que la demanda de agua aumenta conforme se incrementan las cantidades de éste material.

Algunos investigadores han llegado a coincidir que se tienen dos efectos principales en el concreto con el uso del humo de sílice.

1) El efecto de un reductor de agua que se refleja en una disminución de la relación a/c, cuando el mineral se adiciona en combinación con un superfluidificante.

2) El efecto inherente, que se refleja en una ganancia en resistencia en los concretos hechos con micro sílice, en comparación con aquellos que no se les agregó y que tienen la misma relación a/c.

¹⁰ <http://www.construsur.com.ar/News-topic-1-startnum-31.html>

¹¹ <http://www.anpatec.com/impersan.htm>

¹² http://es.wikipedia.org/wiki/Humo_de_s%C3%ADlice

Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland Cement Association Illinois, 2004.

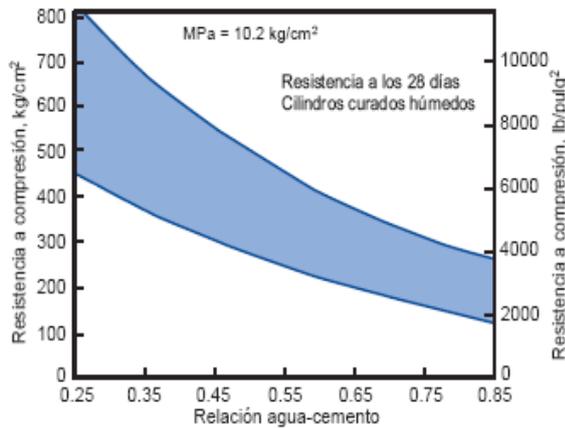


2.3. CARACTERÍSTICAS

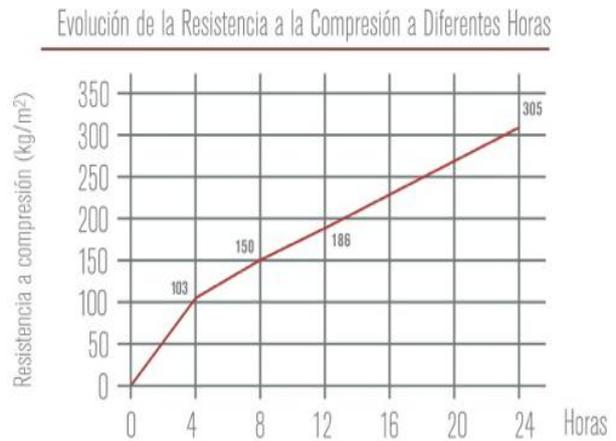
2.3.1. RELACION AGUA/CEMENTO (A/C)

La relación agua/cemento es simplemente la masa del agua dividida por la masa del cemento portland, ceniza volante, escoria, humo de sílice y puzolanas. La relación a/c elegida para un diseño de mezcla debe ser el menor valor necesario para resistir a las condiciones de exposición anticipadas.

La mínima relación agua/cemento para un concreto de resistencia temprana es de 0.20, o lo que es lo mismo 1 parte de agua por 5 partes de cemento.



Variación de resistencias típicas para relaciones a/c de concretos, basadas en más de 100 diferentes mezclas de concreto moldeadas entre 1985 y 1999¹³



Resistencias que adquieren los concretos de alta resistencia temprana en las diferentes horas.

2.3.2. CURADO AL VAPOR Y TEMPERATURA DE CURADO

El curado adecuado del concreto es uno de los requisitos más importantes para obtener las propiedades estructurales deseadas y de durabilidad del concreto. Cuando se usa una relación a/c muy bajo, en trabajos de superficies planas (losas) y particularmente cuando se usa humo de sílice en la mezcla, habrá poco o ningún sangrado (exudación) antes o después del acabado. En estas situaciones, es fundamental que se aplique curado por rociado (niebla) o retardadores de evaporación, inmediatamente después del enrasado, esto es necesario para prevenir la figuración por contracción (retracción) plástica de las superficies horizontales y para minimizar la formación de corteza.



Curado



Curado por niebla

¹³ Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland Cement Association Illinois, 2004.



La temperatura de curado en el ambiente cerrado se debe mantener hasta que el concreto haya logrado la resistencia deseada. El tiempo requerido va a depender de la mezcla de concreto y la temperatura de vapor en el ambiente (ACI Comité 517 1992).

El tiempo de curado de los concretos depende del grado de humedad y temperaturas ambiente, presencia de viento, insolación y tipo de cemento utilizado. Las condiciones más críticas de curado que precisan mayores períodos aparecen en ambientes calurosos o fríos con vientos fuertes y secos.

El curado a vapor es ventajoso donde sea importante el desarrollo de resistencia temprana o cuando sea necesario calor adicional para que se logre la hidratación, como en el caso del clima frío.¹⁴

Se usan dos métodos de curado a vapor:

- 1) Vapor directo a presión atmosférica (para minimizar la humedad y la pérdida de calor en la obra y concreto prefabricado), permanecerá de 14 a 28 horas, bajo una presión aproximada de 10.5kg/cm² (1.05MPa) y a una temperatura de 185°C(364.5°F).
- 2) Vapor a alta presión en autoclaves (para unidades prefabricadas pequeñas), se cura el material por un periodo de 6 a 12 horas, usando una temperatura de 190°C y una presión de 12kg/cm², esto forma una matriz de mortero endurecido, que consiste principalmente en silicato de calcio hidratado.¹⁵

2.3.3. CONCRETO FRESCO

Los concretos con humo de sílice requieren de más agua, para obtener un revenimiento dado, a menos que se emplee un reductor de agua. Algunas mezclas pobres no experimentan aumentos en la demanda de agua cuando se tiene presente una pequeña cantidad de humo de sílice.

Las inclusiones de escoria molida, ceniza volante, y humo de sílice en concretos sin aire incluido generalmente reducen la cantidad de aire atrapado. La ceniza volante y el humo de sílice normalmente muestran un mayor efecto en esta reducción que la escoria molida.

Trabajabilidad. El humo de sílice podría reducir la trabajabilidad; por eso normalmente se agregan reductores de agua, a los concretos con humo de sílice para mantener la trabajabilidad.

Segregación y sangrado. Los concretos en los que se emplea humo de sílice por lo general muestran menos segregación y sangrado que los simples. Este efecto hace al humo de sílice especialmente valioso en los concretos fabricados con agregados finos que presentan deficiencias.

Características:

- ✓ Tamaño máximo agregado: $10 \leq TMA \leq 40$ mm
- ✓ Revenimiento: $17 \leq REV \leq 24$ cm
- ✓ Peso volumétrico: Alrededor de 2,200 kg/m³
- ✓ Tiempos de fraguado: según diseño de mezcla entre 1,5 y 4 horas.¹⁶
- ✓ Alta Cohesión

¹⁴ [http://www.pemex.com/files/content/GNT-SSNP-C003-2005\(Rev0\).pdf](http://www.pemex.com/files/content/GNT-SSNP-C003-2005(Rev0).pdf)

¹⁵ <http://www.arquitectuba.com.ar/monografias-de-arquitectura/concreto-2/>

Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland Cement Association Illinois, 2004.

¹⁶ <http://www.materialespegar.com/matmenumarcas.swf>



2.3.4. FRAGUADO REGULADO

Cementos de fraguado regulado son cementos hidráulicos de fluoraluuminato de calcio que se pueden formular y controlar para la producción de concreto con tiempo de fraguado que varíen de pocos minutos hasta una hora y con un correspondiente desarrollo rápido de la resistencia.

Éste es un cemento a base de cemento portland con adiciones funcionales y que se puede producir en el mismo horno usado en la fabricación convencional del cemento portland. El cemento de fraguado regulado incorpora componentes de control del fraguado y desarrollo de resistencia iniciales.

2.3.5. CALOR DE HIDRATACIÓN

El concreto genera calor durante su endurecimiento como consecuencia del proceso químico a través del cual el cemento reacciona con el agua para formar una pasta endurecida y estable.

El calor generado se llama calor de hidratación, su cantidad y tasa de liberación varían con el tipo de cemento. Algunas puzolanas (humo de sílice), pueden o no reducir el calor de hidratación, tienen un orden del 40% de calor de hidratación que los concretos normales, esta reducción en el aumento de la temperatura resulta especialmente benéfico usados en estructuras masivas.

El calor de hidratación es muy útil durante el clima frío, pues contribuye para que se logre una temperatura adecuada de curado, generalmente sin que sean necesarias otras fuentes temporarias de calor, principalmente en elementos de concreto masivo.

2.3.6. RESISTENCIA A CONGELACIÓN-DESHIELO

Debido a su relación agua/cemento baja (menor que 0.25), se cree que el CART debería ser altamente resistente al descascaramiento y a la ruptura física resultantes de congelación y deshielo.

Del concreto utilizado en estructuras y pavimentos, se espera que tenga una vida larga y un mantenimiento bajo. Debe tener buena durabilidad para resistir condiciones de exposición anticipadas.

El Intemperismo mas destructivo es la congelación-deshielo, hace que el concreto se encuentra húmedo y particularmente cuando se encuentra con la presencia de agente químico descongelante.



Efecto Congelación-Deshielo



Concreto Fresco



Concreto endurecido¹⁷

¹⁷ Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland Cement Association Illinois, 2004.



2.4 CONTROL DE CALIDAD

El concreto de alta resistencia temprana está elaborado bajo un estricto Control de Calidad conforme parámetros aplicables de las normas americanas ASTM, con una dosificación de materiales como son: cemento portland, agua, agregados finos y gruesos de granulometrías controladas y aditivos químicos para mejorar las características del producto, tanto en el estado fresco como endurecido.

El código de construcción ACI 318 (Building Code) declara que el contenido máximo humo de sílice debe ser 10% de la masa del material cementante, para exposiciones a descongelantes.

Se entrega el concreto en m³ recién mezclado, conforme a la especificación de la norma NMX-C-155-ONNCCE, señalándose la resistencia mecánica, que puede definirse como a la compresión simple o a la flexión como módulo de ruptura, en Mpa ó kgf/cm², a una edad definida de 3, 7 y 28 días determinada como se indica en la Norma NMX-C083-ONNCCE o en la NMX-C-191.

La dosificación es el proceso de medida, por masa o por volumen, de los ingredientes del concreto. Para producir un concreto con calidad uniforme, los ingredientes se deben medir con precisión por cada revoltura (amasada, pastón).

Las empresas más conocidas en México para la crear concretos son Cemex S.A., Apasco S.A., Cruz Azul S.A. Grupo Cementos de Chihuahua S.A. y Moctezuma S.A., que producen los concretos de alta resistencia temprana de excelente calidad, acoplándose a las necesidades de los clientes, para proyectos estructurales, de relleno y para pavimentos. Además cuentan con laboratorios para tener un buen control de calidad de los mismos, sin dejar atrás que el IMCYC cuenta con un laboratorio para análisis y comprobación de las características y resistencias de los distintos concretos que se fabrican.



La calidad de los productos y servicios son la prioridad, de empresas como Holcim Apasco S.A. y Cemex S.A. ya que cuentan con un esquema de certificación continua, en el que todas sus plantas de cada empresa trabajan para alcanzar y mantener los estándares de calidad certificada por medio del **ISO 9001**, lo que representa un fuerte compromiso de ambas cementeras.¹⁸

¹⁸ http://200.57.151.25/Metconstruccion/seccion.asp?sec_id=196

Cemex S.A., Apasco S.A., Cruz Azul S.A. Grupo Cementos de Chihuahua S.A. y Moctezuma S.A.,



2.5 TRANSPORTE Y COLOCACIÓN



En los últimos 75 años, ha habido pocos cambios significativos en los principios de transporte del concreto. Lo que ha cambiado es la tecnología que ha llevado al desarrollo de una maquinaria mejor para elaborar el trabajo más eficientemente.

Disponible en cantidades de acuerdo a las necesidades del cliente en la ubicación designada para su descarga a pie de obra con canalón o por medio de bombeo directamente a la cimbra, ya sea en vertical y/o horizontal.

Algunos equipos de transporte se muestran a continuación con sus ventajas ¹⁹

Camión mezclador	Usados para transporte de concreto para pavimentos, estructuras y edificios. La distancia de transporte debe permitir la descarga del concreto en 1½ hora, pero este límite se puede ignorar bajo ciertas circunstancias.	No se necesita de central mezcladora, sólo una planta de dosificación, pues el concreto se mezcla completamente en el camión. La descarga es la misma que en el camión agitador.	El tiempo de descarga debe adecuarse a la organización de la obra. El personal y los equipos deben estar listos en la obra para el manejo del concreto. El control de calidad del concreto no es tan bueno como en la central mezcladora.
Canalones sobre camión mezclador	Para transportar concreto a un nivel inferior, normalmente abajo del nivel del terreno, en todos los tipos de construcción de concreto.	Bajo costo y facilidad de maniobrar. No se necesita fuerza, pues la gravedad hace la mayor parte del trabajo.	La inclinación debe variar entre 1 para 2 y 1 para 3. Los canalones se deben soportar adecuadamente en todas las posiciones. Son necesarios arreglos en las extremidades para evitar segregación.
Canalones de desnivel	Usados en la colocación del concreto en cimbras (encontrados) verticales de todos los tipos. Algunos canalones son una pieza de tubo producido en lona con goma flexible, mientras que otros son cilindros de metal articulados montados (trompa de elefante).	El canalón de desnivel lleva el concreto directamente para la cimbra (encontrado) y lo conduce hacia el fondo sin segregación. Su empleo evita el derrame de la lechada y del concreto sobre el acero de refuerzo o las laterales de la cimbra, el cual es dañino cuando se especifican superficies aparentes. También van a prevenir la segregación de las partículas de agregado grueso.	Deben ser suficientemente grandes, con aberturas abocinada en las cuales se puede descargar el concreto sin derramarlo. La sección transversal del canalón de desnivel se debe escoger para permitir su inserción en la cimbra sin interferir en la armadura de acero.
Esteras (bandas, cintas) transportadoras	Para transportar horizontalmente el concreto o a niveles más abajo o más arriba. Normalmente se posicionan entre los puntos de descarga principal y secundario.	Las esteras transportadoras tienen alcance ajustable, desviador viajero y velocidad variable, sea hacia delante o en reversa. Puede colocar rápidamente grandes volúmenes de concreto, aun cuando el acceso es limitado.	Son necesarios arreglos en las extremidades de descarga para prevenirse la segregación y para no dejar mortero en la estera de regreso. En climas adversos (calurosos y con viento) las esteras largas necesitan de cubiertas.

¹⁹ Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland Cement Association Illinois, 2004

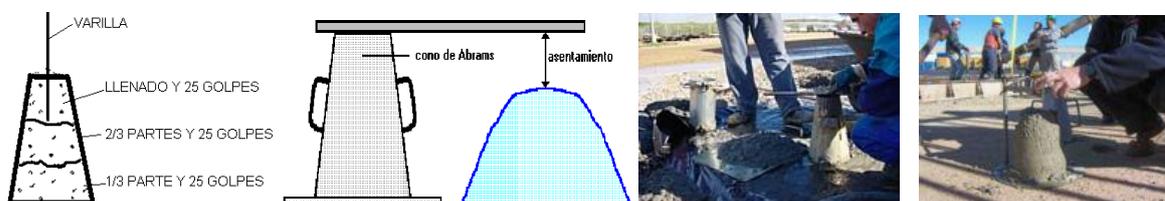


2.6 PRUEBAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA TEMPRANA

Se realizan pruebas de revenimiento, contenido de aire, temperatura y resistencia a compresión. También se pueden ensayar testigos (corazones) para correlacionarlos con los resultados de las pruebas en cilindros y dar al diseñador, la resistencia y el módulo de elasticidad en el sitio para la construcción.

2.6.1 PRUEBA DE REVENIMIENTO.

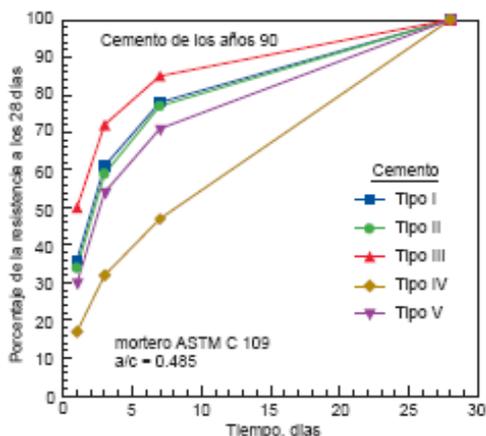
Esta prueba sirve para determinar la fluidez o trabajabilidad que tiene el concreto. La variación en el revenimiento es con frecuencia una manera para detectar variaciones en la relación agua/cemento, por lo que es posible utilizar esta prueba como un criterio para la aceptación o rechazo del concreto fresco, desde el punto de vista de las variaciones que ocasiona en la resistencia.



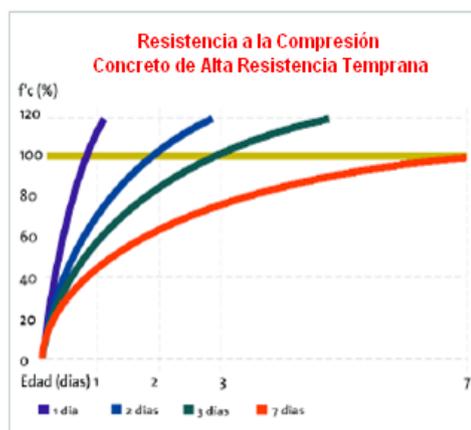
El revenimiento especificado que se desea adquirir para el concreto de alta resistencia temprana, debe ser de 8 cm \pm 2cm, ya que si no se encuentra dentro de éstas medidas, generaría que el concreto no trabaje correctamente como se diseño que lo haría, si la prueba demuestra estar dentro de los rangos, nos marcaría que dicho concreto trabajara correctamente y alcanzara una vida útil satisfactoria.²⁰

2.6.2 PRUEBAS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN

La prueba de compresión resulta la más importante, debido a que mediante la resistencia de un concreto se define generalmente la calidad del mismo, las pruebas se deberán hacer a los 3, 7 y 14 días en los concretos de alta resistencia inicial y de los cuales se obtienen resultados por medio de gráficas.



Comparación de las resistencias con diferentes cementos²¹



Resistencia de los Concretos de A.R.I.²²

²⁰ Tesis de Zúñiga Ibarra Reyna Isabel, "Tecnología del concreto autocompactable".

Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland Cement Association Illinois, 2004

²¹ Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland Cement Association Illinois, 2004

²² <http://www.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/altarT8.htm>



CAPÍTULO III USOS Y APLICACIONES

3.1 USOS Y APLICACIONES

El concreto de alta resistencia a temprana edad se utiliza y se aplica en¹:

- En concretos preforzados para permitir que se puedan cargar rápidamente.
- En concretos prefabricados (trabes, columnas, entre otros) para tener una rápida producción de elementos, pretensadas o postensadas.
- En las construcciones de alta velocidad colocadas en el lugar o de estructuras de gran altura.
- Para contar con una reutilización rápida de las cimbras.
- Para las construcciones en climas fríos.
- Para reparaciones rápidas con el propósito de reducir los periodos de paralización del tránsito y poder recibir cargas a edad temprana.
- Para pavimentaciones rápidas de caminos, carreteras, avenidas o circuitos nuevos (permitiendo que se pueda abrir al tránsito 24 horas después de haberlo colocado).
- Obras donde la cimbra sea escasa o el costo de la cimbra sea muy alto.
- Elementos que no estén sujetos a ataques químicos y/o ambientales severos.
- Construcción y reparación de pistas y plataformas aéreas.
- Para reparación de puentes que se requiere su rápida apertura.
- Reparación de guarniciones y banquetas.
- Para elementos como: postes, pilotes, muretes para carreteras.
- Bacheado de áreas en donde se haya presentado fallas.
- Para construcciones que se requieren su rápida inauguración (segundo piso del Periférico)
- y para varios otros usos.

¹ <http://www.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/altarT8.htm>



3.2 OBRAS CON LOS CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA TEMPRANA.



Pista Aérea



Carretera Guadalajara-Tepic



Pavimento Urbano, Los Cabos Baja California Sur



Aeropuerto de Cancun, Q. Roo

2



Parche de concreto.

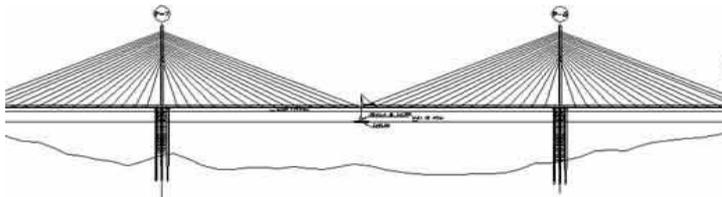
Bacheado de pavimento con fallas³³.



Concreto postensado³³



Concreto pretensado bridge, Grants Pass, Oregon, USA³



Concreto Presforzado en Chiapas³³.



Autopista Saltillo, en Matehuala³³



Prefabricados del segundo piso del periférico y en la reparación de losas de pavimentación en el aeropuerto usadas por Apasco.⁴

-En proyectos de pavimentación de caminos en el condado de IOWA, en la rápida apertura en 24 o 36 horas.

-Obras en Venezuela con concreto adicionado con micro sílice, como el Metro de Caracas, Pisos industriales, plantas de tratamiento⁵.

² www.cemexmexico.com

³ www.wikipedia.org

⁴ fernando.tejeda@holcimapasco.com.mx, www.holcimapasco.com.mx

www.airliners.com

⁵ www.google.com



CAPÍTULO IV. VENTAJAS Y LIMITACIONES

4.1 VENTAJAS

- ❖ No hay que esperar a los 28 días para que se alcance la resistencia esperada.
- ❖ Representa un ahorro en tiempo de ejecución y avance de obra en tiempos muertos.
- ❖ Cumple con los requisitos estipulados por reglamentos de construcción para zonas sísmicas como la Cd. de México, Puebla y Acapulco.
- ❖ Concreto de calidad uniforme, garantizando la medición y dosificación de materiales controlados.
- ❖ Mayor tecnología por la utilización de aditivos que incrementan la velocidad de ejecución.
- ❖ Se obtienen resistencias a compresión en horas, en 1 día, 3 días y 7 días.
- ❖ Por sus componentes y producción, garantiza un fraguado rápido y reduce tiempos de descimbrado,
- ❖ Posee una muy baja contracción adaptándose fácilmente a construcciones anteriores de concreto.
- ❖ Es de baja permeabilidad y durabilidad y presenta excelente grado de trabajabilidad
- ❖ Se puede ajustar el tiempo de fraguado según las necesidades de la obra.
- ❖ En pavimentos flexibles tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años.
- ❖ Se adapta mejor para unir áreas de pistas de rodaje transversal o plataformas con alto volumen de tráfico.
- ❖ Se presentan algunas ventajas que se obtienen al reducir el contenido de agua:
 - Se incrementa la resistencia a la compresión y a la flexión.
 - Se tiene menor permeabilidad, y por ende mayor hermeticidad y menor absorción.
 - Se incrementa la resistencia al intemperismo.
 - Se logra una mejor unión entre capas sucesivas y entre el concreto y el esfuerzo.
 - Se reducen las tendencias de agrietamientos por contracción.
- ❖ Ventajas Inherentes al Uso de los Cementos Compuestos:
 - ✓ Mejora las características del concreto en su estado fluido o fresco (a tempranas edades)
 - ✓ Mejora las características en su estado endurecido (a largo plazo).
 - ✓ Primordialmente, cuando las necesidades del desempeño incluyen requisitos de durabilidad.

4.2 DESVENTAJAS

- Las principales limitaciones en los concretos de alta resistencia inicial, es la poca disponibilidad de materia prima en la zona de obra, el clima, restricción de la temperatura máxima del elemento a colar, grado de agrietamiento, asociadas con la durabilidad del mismo y el presupuesto disponible.
- El posible agrietamiento dependerá del diseño estructural, la geometría del elemento, el proceso constructivo, el refuerzo y las medidas que se tomen para mitigar el problema.
- Otra desventaja es el precio del concreto que es más alto que un concreto equivalente a edad mayor. Esto implica hacer un análisis de costo/beneficio para definir si resulta más costoso la velocidad de construcción o los materiales que se utilizan en los diferentes concretos.
- El costo del concreto de alta resistencia inicial es aproximadamente un 30% mas caro que el tradicional, aunque también dependerá que tan de alta resistencia sea, por ejemplo, no es lo mismo $f'c=750 \text{ kg/cm}^2$ que será mas caro que uno de $f'c=400 \text{ kg/cm}^2$.



CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

La aparición de los cemento y del concreto, han sido un factor determinante para construir edificios, calles, carreteras, presas, puentes, fabricas, y demás construcciones, siempre garantizando a la sociedad que los va a utilizar los factores de calidad, seguridad y costo, y el reto principal para los constructores es crear mejores concretos para satisfacer la demanda de cambios que ha tenido el mundo constantemente y por ende cada día más se renuevan concretos con resistencias más grandes, de mejor calidad, seguros, económicos y duraderos.

En este trabajado pudimos conocer que son los concretos de alta resistencia temprana, sus antecedentes, así como observar que ingredientes contiene el concreto que lo hace distinto a los demás, sobre todo la diferencia con respecto al concreto normal y al de alta resistencia a los 28 días, y los elementos que utiliza son el cemento tipo III (de rápida resistencia), con el uso del humo de sílice, así como de los aditivos químicos (reductores de agua o superfluidificantes) y cuyos componentes hacen que el concreto logre su resistencia específica en unas cuantas horas o en varios días.

Este tipo de concretos no son tan conocidos como los demás, para muchos de nosotros hoy en día, pero al realizar la investigación de éstos y conocer las obras en las que se han utilizado los de alta resistencia inicial, podemos observar que ya se han vuelto una solución idónea para muchas constructoras, por las características que les dan los ingredientes como aditivos o adiciones y reducción de la relación a/c, permitiendo habilitar las obras al tránsito en horas o pocos días después del colado.

Se puede concluir que estos concretos agilizan las construcciones en cuanto a tiempos de cimbrado, descimbrado y la rápida apertura de las obras, pero con las desventajas que son concretos actualmente caros con respecto a los concretos tradicionales y también dependiendo la resistencia que desea alcanzar.

También se puede concluir que en México los concretos de alta resistencia temprana, se pueden fabricar tanto en una planta cementera como en plantas de prefabricados en la obra y que siguen un estricto control de calidad, basándose en las normas establecidas por las normas mexicanas, para garantizar su buen funcionamiento y seguridad de los concretos en las construcciones.

Se concluye adicionalmente que en México, algunas cementeras y el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C. (IMCYC), cuentan con laboratorios certificados con ISO 9001, que hacen que se puedan realizar las diferentes pruebas de revenimiento o de resistencia a la compresión por medio de cilindros representativos de los concretos colocados en obra y saber cuales serían sus comportamientos en las diferentes cambios de temperatura y resistencias deseadas en horas o en días.

El proceso de fabricación de cada cementera mexicana es diferente, además dicho proceso también dependerá de las necesidades y características que los mismos contratistas deseen, para proyectos como estructurales, de relleno y para pavimentos, también dependerá del sitio donde se construirá y de los factores climatológicos a los que estará expuesto el concreto.



GLOSARIO

- Acabado. Concepto final de la obra; como aplanado de pasta o yeso, pintura, colocación de revestimiento.
- Aditivo Acelerador. Aditivo que acelera la velocidad de hidratación del cemento hidráulico.
- Aditivo. Es un producto químico que se dosifica para modificar alguna de sus propiedades.
- Agregados. Son grava, arena y finos que se extraen de las canteras.
- Agregados finos. Arena u otro material inorgánico en un rango de tamaño de partícula menor a 1 cm
- Agregados gruesos. Grava en la mayoría de sus partículas quedan comprendidas en un tamaño de 1.9a2.5cm.
- Agua. Sustancia cuyas moléculas están formadas por la combinación de átomo de Oxígeno y 2 de Hidrógeno.
- Aire. Burbuja intencionalmente en el concreto durante el mezclado, usualmente empleando un agente químico.
- Arcilla. Tierra natural relativamente suave que por su abundante cantidad de silicatos.
- Arena. Agregado que pasa la criba G 4.75 (malla No 4) y se retiene en la F 0.075 (malla No. 200).
- Bachada. Toda la revoltura que se prepara dentro de la revolvedora.
- Bombeo. Elevar agua u otro líquido por medio de una bomba.
- Cal. Compuesto químico (CaO) que normalmente se encuentra en baja proporción en el clinker.
- Caliza. Piedra dura, muy abundante en la naturaleza, rica en calcio.
- Calor de Hidratación. Es el calor liberado de las reacciones que producen el endurecimiento del cemento.
- Cemento Portland. Cemento hidráulico producido con clinker y yeso natural.
- Cemento tipo III. Cemento de rápida resistencia, para la rápida habilitación de las obras al tránsito.
- Cemento puzolánico. Se denomina así a un cemento al cual se le ha agregado un material activo (puzolana).
- Ceniza volante(fly ash). Puzolana artificial, subproducto de la combustión de carbón en polvo.
- Chaflán. Relleno de cemento que se aplica entre una parte vertical y otra horizontal como en las azoteas.
- Cimbra. Armazón de madera que sirve de molde para colar el concreto.
- Clinker. La piedra caliza, la arcilla y el óxido de hierro se calcinan en un horno a 1,450°C.
- Cohesión. Atracción mutua a través de la cual los elementos de una sustancia se mantienen unidos.
- Colado. Colocación del concreto en el sitio.
- Compactación. Proceso de inducción de una disposición más cerca de las partículas sólidas en los concretos frescos, a través de la reducción de los vacíos, frecuentemente logrado con la vibración.
- Concreto. Material artificial integrado por los componentes cemento y agua, aire y agregados minerales.
- Concreto Bombeado. Concreto que es transportado a través de una manguera o tubo por medio de una bomba.
- Concreto de alta resistencia temprana. Este es un concreto con resistencia a la compresión en horas o menos de 28 días, cuya resistencia es superior a 420kg/cm², con el uso de aditivos que reducen la relación de a/c.
- Concreto endurecido. Concreto cuyo tiempo de elaboración ha sobrepasado el tiempo de fraguado.
- Concreto fresco. Concreto recién mezclado con agua, formando una masa plástica y capaz de ser moldeada.
- Concreto presforzado. Concreto colado en las cimbras en un ambiente controlado y que permite que se logre una resistencia antes de su colocación en la obra, en el cual se aplican los esfuerzos a los tendones/varillas.
- Concreto postensado. Método en el que se aplican esfuerzos a tendones después que el concreto endurece
- Concreto pretensado. Es un concreto en el cual después del llenado y el endurecimiento, se introducen esfuerzos de compresión mediante una armadura especial montada dentro de vainas adecuadas.
- Concreto premezclado. Este concreto se dosifica y se mezcla fuera del sitio de la obra y se entrega en la obra.
- Congelación. Son las bajas temperaturas (fríos) en épocas de invierno.



- Contracción. Disminución de la longitud del material, resultante de cambios del contenido de humedad.
- Corrosión. Deterioro del metal por la reacción química, electroquímica o electrolítica.
- Corazón (prueba). Muestra que se extrae de elementos de concreto, a través de procedimientos especiales, con el fin de estudiar y comprobar las propiedades del concreto ya endurecido.
- Curado. Tratamiento que se da al concreto recién colado, para asegurar la disponibilidad permanente de agua.
- Curado a vapor. Es ventajoso donde sea importante el desarrollo de resistencia temprana o donde sea necesario calor adicional para que se logre la hidratación, como en el caso del clima frío.
- Curado de niebla (rociado). Excelentes métodos cuando la temperatura ambiente está bien arriba de la temperatura de congelación y la humedad es baja. Frecuentemente, se aplica una niebla para aumentar la humedad relativa del aire, disminuyendo la evaporación de la superficie. También ayuda a minimizar la fisuración por contracción (retracción).
- Deshielo. Es cuando los fríos hielos se empiezan a derretir .
- Dosificación. Proceso de medición, por peso o por volumen, de los ingredientes y su introducción en la mezcladora para una cantidad de concreto, mortero, grout o revoque.
- Durabilidad. Capacidad del concreto, mortero, grout o revoque de cemento portland de resistir a la acción de las intemperies y otras condiciones de servicio, tales como ataque químico, congelación-deshielo y abrasión.
- Endurecimiento rápido. Desarrollo rápido de la rigidez en la pasta de cemento hidráulico o concreto frescos.
- Esfuerzo. Empleo enérgico de la fuerza física contra algún impulso o resistencia
- Exudación. Flujo del agua de la mezcla del concreto fresco, causado por el asentamiento de los materiales.
- Fallas. Defecto material de una cosa que merma su resistencia.
- Figuración. Disponer, delinear y formar la figura de de un acabado de concreto.
- Flexión. Encorvamiento transitorio que experimenta un sólido por la acción de una fuerza.
- Fraguado regulado. Son cementos hidráulicos de fluoraluminato de calcio que se pueden formular y controlar para la producción de concreto con tiempo de fraguado que varíen de pocos minutos hasta una hora.
- Granulometría. Es la distribución por tamaños de las partículas de los agregados. Generalmente en porcentaje.
- Hidratación. Proceso muy lento durante el cual el cemento reacciona con el agua para generar los compuestos.
- Homogéneo.- todos los ingredientes son igualmente distribuidos
- Humo de sílice. Puzolana artificial que se presenta como polvo de tamaño ultrafino, de color gris claro a oscuro.
- Intemperismo. Erosión o desgaste por agentes externos, como el agua o el viento, humedecimiento y secado.
- Juntas de construcción. Una verdadera junta de construcción debe unir el concreto nuevo al concreto existente.
- Lechada. Mezcla fina de una sustancia insoluble, como cemento portland con un líquido, tal como el agua.
- Losa. Piedra llana y de poco grueso, casi siempre labrada, que sirve para pisos o pavimentos.
- Módulo de elasticidad. Relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente para esfuerzos de tensión o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material.
- Módulo de finura (MF). Factor que se obtiene por la suma de los porcentajes acumulados de material de una muestra de agregado en cada uno de los tamices de la serie especificada y dividido por 100.
- Mortero. Mezcla de cemento, agregado fino y agua, que puede contener aditivos.
- Muestra. Parte o porción extraída de un conjunto por métodos que permiten considerarla, representativa de él.
- Nivelado. Igualar un terreno o superficie utilizando el nivel para reconocer si falta la horizontalidad de un lugar.
- Pasta de cemento. Constituyente del concreto, mortero, grout y revoque que consiste en cemento y agua.
- Pavimento. Superficie de concreto de carretera, autopista, calle, camino o estacionamiento. A pesar de referirse normalmente a superficies usadas para viajes, el término también se aplica para área de almacenamiento.
- Permeabilidad. Propiedad que permite el pasaje de fluidos y gases.
- Pilote. Madero rollizo armado frecuentemente de una punta de hierro, que se hinca en tierra para los cimientos.



- Plasticidad. Aquella propiedad de la pasta, concreto, mortero, grout o revoque frescos que determina su trabajabilidad, resistencia a deformación o facilidad de moldeado.
- Poste. Madero, piedra o columna colocada verticalmente para servir de apoyo o de señal.
- Prueba del corazón. Muestra que se extrae de elementos de concreto, a través de procedimientos especiales, con el fin de estudiar y comprobar las propiedades del concreto ya endurecido.
- Puente. Es una construcción, por lo general artificial, que permite salvar un accidente geográfico o cualquier otro obstáculo físico como un valle, una vía férrea, un cuerpo de agua, o cualquier obstrucción.
- Puzolana. Materiales silíceos, tales como ceniza volante o humo de sílice, que, por si mismos, poseen poco o ningún valor cementante, pero que cuando están finamente molidos y en presencia de agua, reaccionan con el hidróxido de calcio a temperaturas normales, para formar compuestos que poseen propiedades cementantes.
- Reductor de agua. Aditivo cuyas propiedades permiten una reducción del agua necesaria para producir una mezcla de concreto con un cierto revenimiento, reducir la relación a/c, reducir el contenido de cemento o aumentar el revenimiento.
- Relación agua-cementante. Relación de la masa de agua por la masa de materiales cementantes en el concreto.
- Resistencia a compresión. Resistencia máxima que una probeta de concreto, puede resistir cuando es cargada.
- Resistencia a congelación-deshielo. Capacidad del concreto de resistir a ciclos de congelación y deshielo.
- Resistencia a flexión. Capacidad de los sólidos de resistir a la flexión.
- Resistencia a la tensión. Esfuerzo hasta el cual el concreto puede resistir sin agrietarse bajo tensión axial.
- Revenimiento. Medida de consistencia del concreto fresco, igual al asentamiento inmediato de una probeta.
- Roca calcárea. Las rocas calizas se forman por la precipitación de carbonato de calcio en los volcanes.
- Sangrado. Flujo del agua de la mezcla del concreto fresco, causado por el asentamiento de materiales sólidos.
- Superplastificante. Son aditivos reductores de agua que aumentan la fluidez del concreto fresco.
- Tamiz. Instrumento similar a una coladera, que se usa para separar las partículas gruesas de las finas.
- T.M.A. Es el mayor volumen admisible de los agregados o rocas, que se permiten para los concretos.
- Tensión. Esfuerzo hasta el cual el concreto puede resistir sin agrietarse bajo el cargamento a tensión axial.
- Trabajabilidad. Es la propiedad de los concretos frescos que determina sus características de la facilidad.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. PÁGINAS DE INTERNET

- <http://www.airliners.com>
- <http://www.anpatec.com/impersan.htm>
- Apuntes de Concreto, Ing. Luis Zarate Rocha. Fundación ICA.
- <http://www.arqcon.com.ar/pprof/Lnegra/ppcemento.htm>
- <http://www.arqhys.com/historia-concreto.html>
- <http://www.arquitectuba.com.ar/monografias-de-arquitectura/concretos-para-la-edificacion/>
- <http://www.arquitectuba.com.ar/monografias-de-arquitectura/concreto-2/>
- http://www.capac.org/Secciones_Categorias//20061205Cementos_a_la_medida.pdf
- <http://www.cedex.es/ceta/dircaibea/>
- <http://www.cemartigas.com.uy/CEMENTO%20PORTLAND%20ARTIGAS%20CPN%2040.htm>
- www.cemexmexico.com
- http://www.concretonline.com/index.php?option=com_content&task=view&id=733&Itemid=35
- www.construaprende.com/t/02.
- <http://www.construir.com/ECONSULT/C/CONSULTA/RENISON/DOCUMENT/armado5.htm#inicio>
- <http://www.construsur.com.ar/News-topic-1-startnum-31.html>
- <http://www.google.com/concretos>
- <http://www.holcimapasco.com.mx>
- www.imcyc.com/ct2007/may07/tecnologia.htm
- <http://www.imcyc.com/normas/414%20cemento%20hidraulico2.pdf>
- www.imcyc.com/concretohistoria/concretos.htm
- <http://www.materialespegar.com/matmenumarcas.swf>
- <http://www.monografias.com/concreto>
- <http://www.monografias.com/trabajos12/hores/hores.shtml?monosearch#al>
- NOPCO Colombiana, S.A. INDOL.
- [www.pemex.com/files/content/GNT-SSNP-C003-2005\(Rev0\).pdf](http://www.pemex.com/files/content/GNT-SSNP-C003-2005(Rev0).pdf)
- <http://www.quiminet.com.mx>
- http://www.revistabit.cl/body_articulo.asp?ID_Articulo=1359
- <http://html.rincondelvago.com/aditivos-minerales-finamente-divididos.html>
- www.sika.com.mx
- <http://www.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/altarT8.htm>
- https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2007/1/CI62C/1/material_docente/previsualizar.php?id_material=129842
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Concreto>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Humo_de_s%C3%ADlice



B. CONTACTOS DE INSTITUCIONES

- Biblioteca del Instituto Mexicano del Concreto del Cemento y del Concreto A.C., Av. Insurgentes Sur #1846, col Florida.
- Fernando Tejada, Coordinador Proyectos Especiales Holcim Apasco S.A. de C.V. fernando.tejada@holcimapasco.com.mx
- Ing. Raúl Alvarado B., Asistencia Técnica, Grupo de Cemento Chihuahua S.A. ralvaradob@gcc.com
- Eduardo Hiriart Rodríguez", Grupo Cementos Moctezuma, hiriart.eduardo@cmoctezuma.com.mx
- Ing. Eduardo Vidaud Quintana", IMCYC, evidaud@mail.imcyc.com

C. LIBROS, TESIS E ENCICLOPEDIA

- ACI Manual de las prácticas del concreto. American Concrete Institute, Michigan 2001
- Apuntes de Concreto, Ing. Luis Zarate Rocha. Fundación ICA.
- A.M. Neville, "Concrete Technology", Concrete International, 1998.
- Biblioteca de Consulta Microsoft ® Encarta ® 2005. © 1993-2004 Microsoft Corporation.
- Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland Cement Association Illinois, 2004.
- Estructuras de Vías Terrestres. Fernando Olivera Bustamante, editorial Continentes.
- P.C. Aitcin, High performance concrete, E & FN Spon, 1998.
- Tesis de Álvarez Reyes Adrian, "Desempeño del concreto autocompactable en estado plástico y endurecido", Asesor Mendoza Escobedo, Carlos J., Maestría, Facultad de Ingeniería, UNAM, México, 2007.
- Tesis de Guzmán Ramírez Mario X., "Concreto de alta resistencia con componentes comunes de la Ciudad de México", Asesor Juan L. Cottier C., Maestría, Facultad de Ingeniería, UNAM, México, 1999.
- Tesis de Martínez Sánchez Alejandro, "Concretos de alta resistencia con agregados del Distrito Federal", Asesor Mendoza Carlos Javier, Licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM, México, 1982.
- Tesis de Zúñiga Ibarra Reyna Isabel, "Tecnología del concreto autocompactable", Asesor Juan L. Cottier C., Maestría, Facultad de Ingeniería, UNAM, México, 2004.



CD

POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
TEMA: "CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA TEMPRANA"
FERREIRO IBARRA GERARDO ARTURO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA
ESPECIALIZACIÓN EN CONSTRUCCIÓN URBANA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

