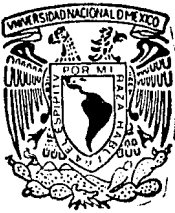


143
2/3



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

FABRICACION Y COLOCACION DEL CONCRETO HIDRAULICO.

FALLA DE ORIGEN

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



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.

INDICE.

CAPITULO I

PAG.

Introducción.	1
-----------------------	---

CAPITULO II

CEMENTO PORTLAND.

2.1 Generalidades.	3
2.2 Reseña historica.	4
2.3 Fabricación de cemento.	5
2.3.1 Materius primas.	6
2.4 Procesos de fabricación.	7
2.5 Tipos de cemento.	8
2.6 Finura del cemento.	10
2.7 Hidratación del cemento.	11
2.8 Almacenamiento.	12

CAPITULO III

PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS.

3.1 Generalidades.	13
3.2 Agregados pétreos.	14
3.3 Clasificación.	14

	PAG.
3.3.1 Clasificación por peso.	14
3.3.2 Clasificación por tamaño.	14
3.4 Características físicas de los agregados pétreos.	15
3.4.1 Distribución de los tamaños de partículas.	16
3.4.2 Absorción.	18
3.4.3 Peso específico.	19
3.4.4 Sanidad.	20
3.4.5 Sustancias nocivas.	21
3.4.6 Resistencia.	22
3.5 Agua.	22
3.6 Aditivos.	24

CAPITULO IV

FABRICACION, COLOCAION Y TRANSPORTE DEL CONCRETO.

4.1 Generalidades.	25
4.2 Fabricación.	26
4.2.1 Concreto	26
4.2.2 Manejabilidad	26
4.2.3 Resistencia.	27
4.2.4 Durabilidad	28
4.2.5 Economía.	28
4.2.6 Aspectos importantes de la fabricación.	28
4.2.7 Dosificación de los materiales.	30
4.2.8 Mezclado de los materiales en obra.	32

	PAG.
4.2.9 Entrega de la mezcla.	34
4.2.10 Retemplado y remezclado.	36
4.3 Transporte.	39
4.3.1 Carretillas y carros de mano.	40
4.3.2 Bogues o "buggies".	41
4.3.3 Transportadores montados sobre camiones.	42
4.3.4 Canalones.	43
4.3.5 Cubos o bachas.	43
4.3.6 Malacate	44
4.3.7 Cable vía	46
4.3.8 Bandas transportadoras.	46
4.3.9 Bombeo del concreto.	48
4.3.10 Selección del equipo de bombeo.	51
4.4 Colocación.	54
4.4.1 Altura de caída.	55
4.4.2 Forma de depositario.	56
4.4.3 Lluvia.	57
4.4.4 Colocación en clima caluroso.	58
4.4.5 Colocación en clima frío.	60
4.4.6 Juntas.	61
4.4.7 Compactación.	62
4.4.8 Curado.	65

CAPÍTULO V

Audiovisual.	68
----------------------	----

CAPITULO VI

PAG.

Conclusiones. 71

ANEXO I

ANEXO II

Bibliografía.

CAPITULO I

INTRODUCCION

El concreto en sus diversas formas se puede considerar como el material de construcción más usado en el mundo. En México ésta industria ha ocupado un lugar preponderante debido, entre otras cosas, a que en nuestro país existe una muy buena disposición de materias primas para la elaboración de éste material; tanto en cemento como en agregados, en éste sentido, si observamos el panorama de nuestro entorno, ya sean edificaciones de mediana o grán altura, o de estructuras viales tales como puentes o viaductos elevados, el concreto es el material más ampliamente usado. En lo que toca a industria, las plantas industriales en un muy alto porcentaje de la estructura, están construidas utilizando concreto desde la cimentación hasta los equipos e instalaciones.

Si observamos los sistemas de la infraestructura nacional, comunicaciones, hidráulicos o portuarios, casi la totalidad de estas importantes obras, como puentes carreteros y ferroviarios, instalaciones portuarias y aeroportuarias, así como vertedores en las grandes presas de enrocamiento, canales de riego y drenaje, se han construido utilizando concreto.

En los cursos de construcción I y II impartidos en la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M., se dan las bases teóricas para la fabricación y colocación del concreto hidráulico.

El objetivo de ésta Tesis es dar una visión clara y sencilla de los componentes de éste material y su manejo en la obra desde su transporte hasta su colocación.

Los temas son tratados de una forma sencilla para la mejor comprensión de éste trabajo, sin redundar en temas y definiciones muy técnicas. Los temas se tratan de exponer, desde una manera objetiva teniendo como finalidad que sirvan de guía a los alumnos de las materias antes citadas, pero sobre todo a los alumnos de Construcción II.

En los capítulos II y III de éste trabajo se mencionan las propiedades básicas de los componentes del concreto, cemento, agregados pétreos y agua; en el capítulo IV se hace mención a las técnicas para la construcción de obras de concreto desde la fabricación hasta la colocación; sin embargo, se profundiza más en el transporte y colocación del concreto sin pasar por alto temas tales como compactación y curado.

Es importante mencionar que las propiedades del concreto se deben conocer y tratar con una mayor responsabilidad; tanto al diseñar, como al construir. En éste aspecto lo que toca realizar a cada persona involucrada de una u otra manera con éste material, es asumir la responsabilidad en turno; ya sea el que diseña, construye o supervisa. Por las experiencias que se tienen en nuestro país (sobre todo en la Ciudad de México), ya no podemos considerar al concreto como un material que "aguanta todo".

Conocer las propiedades de éste material es de suma importancia ya que de ésto puede depender un mayor o menor éxito del comportamiento del mismo.

CAPITULO II

CEMENTO PORTLAND

2.1. GENERALIDADES

En la literatura citada se definen las propiedades del cemento básicamente como un material con características, tanto adhesivas como cohesivas, las cuales dan la capacidad de aglutinar fragmentos minerales para formar un todo compacto.

En la industria de la construcción, el término cemento se reduce a ciertos materiales aglutinantes utilizados con piedras, arena, ladrillos, etc. Los componentes naturales de éste material son compuestos de cal; por lo tanto, en la construcción se trabaja con cementos caleros. Estos cementos tienen la propiedad de fraguar y endurecer por una reacción química con el agua, y por tal motivo reciben el nombre de cementos hidráulicos.

2.2 RESEÑA HISTORICA

El empleo de materiales cementantes se remonta a culturas muy antiguas; entre ellas tenemos a los egipcios, romanos y griegos; lo que se puede concluir es que, desde los albores de la civilización ha sido usado, por citar algunos ejemplos de estos tenemos al gran sistema de acueductos y otras estructuras construidas como teatros y ciudades en la cuna de la civilización como es Grecia e Italia. Es sorprendente que algunas de estas estructuras se encuentren en excelente estado.

Los antiguos egipcios usaban cementantes compuestos de yeso calcinado impuro. Los griegos y romanos usaban compuestos de caliza calcinada y más tarde desarrollaron el cemento puzolánico moliendo conjuntamente cal y una ceniza volcánica que se encontró cerca del Pozzuoli, Italia.

Los griegos usaron un material similar llamado tufa de Santorin obtenido de la Isla del mismo nombre. En la siguiente era vino una declinación general en el conocimiento de los materiales cementantes, regresando a prácticas utilizadas en la antigüedad. Las puzolanas se dejaron de utilizar y los morteros de cal fueron de pobre calidad; hubo sin embargo, una tendencia gradual hacia el uso de las puzolanas en los siglos XV y XVI. En esta época el conocimiento interno de los materiales, tanto mecánicamente como en constitución química, eran escasos y en ocasiones se ignoraban totalmente; y en consecuencia, no se hicieron avances substanciales en la fabricación de materiales cementantes desde el tiempo de los romanos hasta 1756.

En éste año, un ingeniero inglés, John Smeanton, descubrió que cuando se calcina una caliza suave impura que contenía cierta proporción de arcilla, ésta podía endurecer al ser mezclada con agua, así como con aire en una masa sólida. Este descubrimiento permitió el rápido desarrollo de cales y cementos para la construcción de albañilería.

En 1876, Joseph Parker de Northfleet, Inglaterra, obtuvo una patente para la fabricación de un material cementante que fué conocido como cemento romano por el color que presentaba muy semejante a los viejos cementos romanos. Parker calcinaba en un horno de cal y molía el producto resultante. Ya para el año de 1810, Edgar Dobbs de Southwick, Inglaterra, produjo un cemento de caliza y arcilla. En 1815 Vicat en Francia y en 1822 James Frost en Inglaterra, comenzaron a fabricar cementos de caliza y arcilla.

En 1824, Joseph Aspdin, un albañil inglés, adquirió una patente en Inglaterra para fabricar un cemento más elaborado producido por el calentamiento de una mezcla de caliza y arcilla moliendo el producto resultante hasta convertirlo en un polvo fino; a éste producto le dió el nombre de CEMENTO PORTLAND por la similitud que tiene este cemento endurecido con ciertas canteras de piedra de la Isla de Portland, Inglaterra; por tal

motivo, Aspdin es generalmente conocido como el inventor del cemento portland.

Las primeras fábricas establecidas fueron en Inglaterra, posteriormente se hicieron en Bélgica y Alemania en 1855; - en Estados Unidos comenzó a fabricarse cemento portland en 1875 y en México a principios del siglo XX.

2.3 FABRICACION DE CEMENTO

El cemento portland es un material finamente pulverizado, que al agregarle agua, ya sea solo o mezclado con otros materiales (como arena, grava, asbestos, suelo, etc.), tiene la propiedad de fraguar, tanto en el agua como en el aire y formar una masa endurecida.

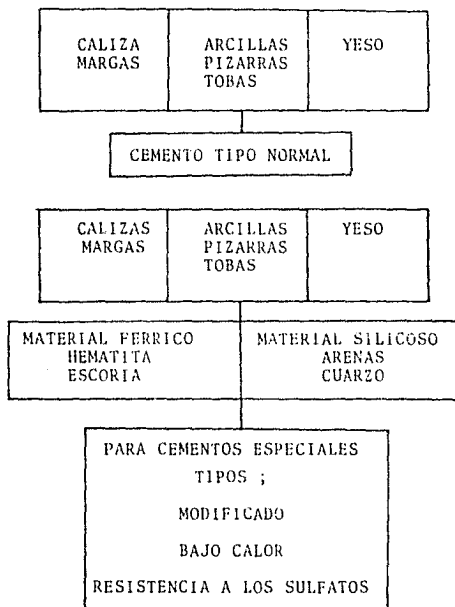
El cemento portland es un cementante hidráulico, el cual proviene de la pulverización de materiales naturales como caliza y arcilla; estos materiales se reducen a un polvo finísimo producto obtenido por calcinación en un horno rotatorio de gran dimensión; a una temperatura de, aproximadamente, 1400 grados centígrados, se realiza una mezcla íntima y debidamente proporcionada sin más adición posterior a la calcinación que yeso natural.

Las materias primas fundamentales para la fabricación del cemento son las siguientes : la caliza o marga y los materiales arcillosos como el barro o pizarra. La combinación de estos materiales a la elevada temperatura que se tiene en los hornos de calcinación, forma los compuestos que constituyen el cemento portland. Además, se pueden emplear otras materias para producir cementos especiales para la construcción de grandes masas de concreto, utilizadas en obras hidráulicas y marítimas. o para proporcionar resistencias a los sulfatos; estas materias son : material férrico, hematita o escoria rica en óxido de hierro, material silíceo, cuarzo, arena, cenizas, escorias con elevado contenido en sílice.

Otras materias primas importantes y esenciales para obtener un buen cemento son : yeso, sulfato de calcio para controlar el tiempo de fraguado. Los consumos relativos de materias primas pueden variar grandemente ya que las cantidades de caliza y arcilla dependen de su composición química (contenido de cal, sílice, alúmina y óxido férrico). El yeso estafa en función al igual que las otras materias en función de su composición química, de la composición de las otras materias y del tipo de cemento que se pretenda elaborar.

A continuación se presenta en forma esquemática las materias primas para la fabricación del cemento para tipo normal y cementos especiales.

2.3.1 MATERIAS PRIMAS



Para la fabricación de una tonelada de cemento se - - pueden considerar los siguientes consumos generales aproximados de materias primas por cada tonelada de cemento.

Caliza 1200 kg., arcilla 370 kg., yeso 60 kg. y cuando se requieren fabricar cementos especiales, modificados, bajo calor y resistente a los sulfatos, mineral de fierro 30 kg., material silicoso (cuarzo) 30 kg. además de las materias mencionadas anteriormente.

2.4 PROCESOS DE FABRICACION

Existen dos métodos de fabricación del cemento portland : Proceso Seco y Proceso Húmedo. En ambos métodos el proceso comienza con la explotación de los bancos de materias primas y su acarreo; en este trabajo se menciona el proceso seco que generalmente se sigue en la República Mexicana y consta de las siguientes etapas :

1.- TRITURACION. Las materias primas que llegan a la fábrica se trituran en varias etapas, en una serie de máquinas que están adaptadas al tamaño descendente de las partículas en proceso. La reducción de tamaño va desde las grandes piezas que van desde 1 m. a 1.5 m. de tamaño hasta polvo.

2.- SECADO. El material ya triturado debe quedar completamente libre de agua.

3.- MOLIENDA. Una vez quebrados y secos la caliza y el barro se dosifican adecuadamente con básculas automáticas, pasando esa mezcla a los molinos; en ésta etapa para aumentar la eficiencia, se clasifican los materiales que salen del molino de tal modo que, la parte fina pueda pasar a la siguiente etapa de proceso y, en cambio, la que aún está demasiado gruesa, regrese al molino.

en la industria del cemento, la clasificación del tamaño se basa en general en los principios de decantación, según la cual si se tienen partículas sólidas dentro de un fluido (ya sea agua o aire) las de mayor tamaño se sedimentan con mayor rapidez, separándose en ésta forma para regresarlas al molino. En México, generalmente se trabaja con aire y se les llama "separadores de aire". Al material que sale de los molinos se les llama "mezcla cruda" o "crudo" simplemente.

4.- CALCINACION. Cuando el material crudo sale de los molinos, se envía a los silos de crudo en donde se homogenizan y se mezclan entre si para obtener una composición siempre uniforme; de ésta forma, la mezcla que entra a los hornos será siempre de la misma calidad. De los silos de crudo el material entra a los

hornos de calcinación. El horno es la parte fundamental de la fábrica pues en él se realizan las reacciones químicas que forman los compuestos constituyentes del cemento.

En el horno se obtiene un material pastoso durante el cual se forman aglomerados cuya forma se aproxima a la esférica; éstos aglomerados que incluyen los compuestos principales que forman el cemento portland, se designan con el nombre de "clinker".

La calcinación de las materias primas en el horno debe ser perfecta para evitar toda cal libre y óxido de calcio, producida por la descomposición de la caliza.

5.- ENFRIAMIENTO. En esta etapa el clinker se enfría, formándose un manto de clinker caliente que va descendiendo enfriándose al contacto del aire.

En seguida se almacena el clinker producido en el patio de almacenamiento de materiales para posteriormente ser molido.

6.- MOLIENDA DEL CEMENTO. Del patio de materiales, el clinker pasa a los molinos de cemento o molinos de acabado junto con una cantidad de yeso previamente dosificado (5% aproximadamente de la producción total) en donde se muele a finura muy elevada (como conocemos el cemento normalmente).

El proceso de transformación termina cuando el cemento sale de los molinos de acabado. Quedan aún ciertas maniobras por realizar, como son la conducción del cemento a los silos de almacenamiento, la cual se realiza a través de bombas de aire que trabajan a alta velocidad o por medio de bandas de hule; finalmente, su envasado en bolsas de papel, de ahí a su carga directa a los carros o camiones tolva cuando se entrega a granel.

2.5 TIPOS DE CEMENTO

Los tipos de cemento que se mencionan a continuación son los más usados en la construcción. Cada uno de ellos cuenta con características especiales adecuadas para satisfacer las necesidades peculiares de las distintas clases de construcción. En México se fabrican todos estos tipos de cemento con calidades y normas internacionales.

TIPO I ... Cemento portlan común.- Se caracteriza por tener alta resistencia y alta generación de calor durante su hidratación (se describirá más adelante). No apto para concreto en masa; se emplea en cosrucciones de pavimentos y banquetas, edificios de concreto reforzado, puentes, tanques, productos prefabricados, trabajos de mampostería y para todos los usos del cemento o concreto no sujetos al ataque de suelos o aguas sulfatadas o donde el calor generado por la hidratación del cemento no cause una elevación de temperatura que pueda dañar las estructuras al agrietarse por el incremento de esta temperatura.

TIPO II ... Cemento portlan modificado.- Este cemento presenta características intermedias entre el común, por una parte, y el de bajo calor y el resistente a los sulfatos, por la otra. Con características de resistencia similares a las del cemento común, presenta menor calor de hidratación, mayor resistencia a aguas y suelos sulfatados y en general es adecuado para obras hidráulicas. en México se ha empleado con muy buenos resultados en presas. Se emplea también en otras estructuras de tamaño considerable como en grandes muelles y grandes muros de contención, en los cuales es necesario reducir la elevación de la temperatura, especialmente cuando el concreto se coloca en ambiente caluroso. En tiempo de frío, podemos aprovechar el calor generado y en éste caso puede ser preferible el cemento tipo I o el tipo III. El cemento tipo II también es adecuado para colocarse en lugares en donde deba tomarse precaución adicional contra el ataque moderado de sulfatos como en estructuras para drenaje, donde las concentraciones de sulfatos en aguas subterráneas son más altas que las normales, pero no muy severas.

TIPO III ... Cemento portland de resistencia rápida.- Es el que desarrolla mayor resistencia a primeras edades y así su resistencia a 7 (siete) días es comparable con la del tipo I a 28 días.

Por sus altas resistencias tempranas se emplea cuando se requiere descimbrar pronto, para poner rápidamente el concreto en servicio, en clima frío para reducir el período de protección contra la baja temperatura y cuando se desean altas resistencias a edades cortas puede ser más satisfactorio o más económico su empleo que el uso de mezclas ricas con cemento tipo I. al igual que el cemento tipo I no resiste el ataque a los sulfatos ni para grandes masas de concreto, es recomendable para inyecciones por su elevada finura, la cual es bastante más alta que la de los otros tipos de cemento.

TIPO IV ... Cemento portland de bajo calor.- Genera, al hidratarse, menos calor que los otros cementos y a menor velocidad; reduce el agrietamiento que resulta de las grandes elevaciones de temperatura y la contracción consiguiente con la caída de la misma. Posee buenas resistencias a los sulfatos.

El desarrollo de la resistencia mecánica es lento a edades tempranas, pero de igual resistencia a la de los demás cementos de edades avanzadas (este periodo de tiempo se comprende entre 6 a 12 meses). Es especial para usarse en grandes masas de concreto como en presas de gravedad, vertederos en donde la elevación de la temperatura resultante del calor generado durante su endurecimiento es un factor crítico.

TIPO V ... Cemento portland de alta resistencia a los sulfatos. Es especial para usarse en construcciones expuestas a la acción severa de los sulfatos. El grado de desarrollo de resistencia puede ser algo más lento en las primeras edades que el cemento portland común; pero igual o mayor resistencia a edades avanzadas (6-12 meses). Es beneficioso en revestimientos de canales, alcantarillas, tuneles, sifones y en general en todo tipo de estructuras que están en contacto con los suelos y aguas subterráneas que contengan sulfatos en concentraciones tales que pudieran causar deterioro del concreto si se empleara otro tipo de cemento. La generación de calor también es baja.

2.6 FINURA DEL CEMENTO

La finura del cemento es uno de los factores más importantes dentro de la ingeniería civil; su influencia es definitiva en la mayor parte de las propiedades del cemento. El aumento en la finura incrementa la velocidad de hidratación del cemento y produce mayor resistencia inicial y más rápida generación de calor.

Al aumentar la finura del cemento, tiene efectos importantes; se incrementa la resistencia mecánica, particularmente las resistencias a corta edad aumenta la trabajabilidad y cohesión del concreto, aumenta la impermeabilidad y la resistencia al congelamiento y deshielo.

Otro aspecto importante es el "fraguado falso"; esto ocurre al entrar el cemento en contacto con el agua, se endurece inmediatamente en unos cuantos minutos; es decir, mucho antes del tiempo normal de fraguado. Este endurecimiento se conoce como fraguado falso prematuro; es decir, no es propiamente un fraguado sino que se produce una rigidez o "atiesamiento" anormal. Cuando esta pasta endurecida se remezcla, su plasticidad se recupera y el proceso de endurecimiento continúa normalmente. Lo anterior lo distingue del verdadero fraguado.

El fraguado falso es producido por la deshidratación del yeso; cuando el cemento entra en contacto con el agua, este yeso deshidratado tiende a tomar su agua que ha perdido.

El fraguado falso es perjudicial porque le resta trabajabilidad al concreto; disminuye su revenimiento dificultando la descarga de las mezcladoras, camiones, etc. y la colocación y compactación del concreto. Este fraguado falso puede eliminarse dejando reposar la mezcladora durante unos 4 ó 5 minutos después del tiempo de mezclado normal y remezclarlo nuevamente durante 2 ó 3 minutos. En general, el fraguado falso produce los siguientes efectos indeseables en el concreto :

- 1).- Alto requerimiento de agua.
- 2).- Reduce la resistencia.
- 3).- Reduce la unión entre los agregados y el acero de refuerzo.
- 4).- Tendencia al agrietamiento.
- 5).- De características de inclusión de aire errática.

2.7 HIDRATACION DEL CEMENTO, CALOR DE HIDRATACION

Cuando el cemento se mezcla con el agua se forma una pasta de consistencia plástica; es decir, fácilmente moldeable, tendiendo a perder esta propiedad con el tiempo hasta que llega propiamente al estado sólido. Este paso del estado plástico al estado sólido es lo que constituye propiamente el fraguado del cemento. Una vez que el cemento ha fraguado, comienza a endurecer y adquiere resistencia mecánica, lo cual recibe el nombre de hidratación.

Durante el proceso de endurecimiento del cemento portland, se produce una considerable cantidad de calor por las reacciones de hidratación. Este calor generado es lo que se llama Calor de Hidratación.

El calor de hidratación es importante por la elevada temperatura que se produce en grandes masas de concreto. Tal elevación de temperatura a menudo es lo suficientemente grande para que cause serios agrietamientos de la estructura, debido a la contracción térmica cuando tiene lugar el enfriamiento eventual de la temperatura del medio ambiente; en climas fríos, el calor de hidratación es favorable para el colado del concreto por la temperatura que produce.

2.8 ALMACENAMIENTO

Este aspecto es muy importante para las obras de concreto que se vayan a realizar y debe estar diseñado para proteger, de manera pertinente, sin presentar obstáculos a la extracción del material para su aplicación.

El cemento en sacos se debe almacenar en una área seca, alejada del suelo por tablas, a una distancia que lo mantenga a salvo de posibles fuentes de humedad (instalaciones hidráulicas, pisos, paredes, lluvia o algún derrame accidental de agua); por lo general, se almacenan en lugares cerrados, construidos especialmente para este material o por lo menos en lugares techados.

El cemento a granel, por lo general se almacena en silos especiales que protegen contra la humedad y están equipados con vibradores superficiales para permitir que durante su extracción fluya lo mejor posible.

CAPITULO III

PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

3.1 GENERALIDADES

Los agregados pétreos por su naturaleza y economía constituyen una parte fundamental en la elaboración del concreto.

Componen aproximadamente las tres cuartas partes del volumen total del concreto. Es importante el papel que desempeñan, no solo por ser más económico que el cemento; sus propiedades tienen una influencia en la resistencia del concreto; no representan un material exclusivamente de relleno o inerte; sus características físicas, mecánicas, térmicas y, a veces, químicas tendrán mucha influencia en el comportamiento del concreto.

3.2 AGREGADOS PÉTREOS

Se denominan agregados pétreos al conjunto de granos - que, por su origen, naturaleza o tamaño, son de diferentes tipos y están destinados a ser aglutinados por cemento y agua.

Los agregados normalmente se obtienen de rocas naturales que presentan la dureza requerida. En la naturaleza pueden haber dos tipos de agregados pétreos; los rodados, que los agentes erosivos han ido formando, éstos agentes son el agua y el aire. El otro tipo de agregados pétreos son los triturados; éstos se obtienen por medio de procedimientos mecánicos de trituración, molienda, etc. Esto es debido a que se encuentran en su estado original compacto.

3.3 CLASIFICACION

Los agregados pétreos se pueden clasificar de muchas formas. Por su forma de obtención, peso, forma, textura, tamaño, etc. Cada una de las cuales es importante; sin embargo, para este trabajo nos ocuparemos solo de aquellas propiedades que le interesen al técnico que diseña y elabora concreto en obra. En este caso nos interesa su clasificación por peso y tamaño.

3.3.1 CLASIFICACION POR PESO

De acuerdo a su peso, los agregados se dividen en tres grupos : Ligeros, Normales y Pesados. Esta forma de clasificar a los agregados tiene mucha utilidad, principalmente para conocer o diseñar el peso de las estructuras de concreto.

3.3.2 CLASIFICACION POR TAMAÑO

Según sea la aplicación a que se destinen los agregados se pueden clasificar por su tamaño ya que éste puede ser muy variado.

El tamaño puede variar desde fracciones de milímetros hasta varios centímetros en sección transversal; y en forma general, se ha establecido que se clasifiquen en GRUESOS Y FINOS.

Esta clasificación se determina en forma práctica en la siguiente forma : haciendo pasar por una muestra representativa del agregado por una serie de mallas ordenadas, de abertura decreciente.

Se ha fijado como norma que el límite que los divida - sea la malla número 4; es decir, el agregado fino o arenas está compuesto por las partículas que pasen la malla # 4; en consecuencia, las que se retengan pasan a ser agregado grueso o grava hasta el límite o tamaño que se haya escogido para un concreto - dado.

Los tamaños máximos más comunes son 3/4 a 1½ pulgadas, sin agrupar en éstos tamaños a concretos especiales o cíclopeos.

A continuación se presenta una tabla de mallas para - separar los agregados gruesos y finos.

TABLA 3.1

NORMA	ARENA						GRAVA				
	#100	#50	#30	#16	#8	#4	3"/8	1"/2	3"/4	1"	2"
mm	0.150	0.300	0.600	1.18	2.36	4.75	9.5	12.5	19.0	25.4	50.0

Esta clasificación es de suma importancia ya que de - ella dependerá una adecuada combinación, asegurando una composición granulométrica suficiente, uniforme y correcta para la obtención de un buen concreto.

3.4 CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS PETREOS

Las propiedades físicas de los agregados son importantes ya que de ellas dependerá la calidad para el diseño y elaboración de un buen concreto.

Este trabajo se limita a las propiedades de la arena y grava, no se incluyen agregados de alta densidad.

Existe una amplia gama de propiedades de los agregados que se pueden obtener en laboratorio, pero en las obras de construcción debido a las limitaciones de tiempo, espacio y economía; entre otras, no permite realizar todas las pruebas. El técnico - que diseñe concreto en obra debe tomar en cuenta las siguientes propiedades :

*American Society for testing and Materials (Sociedad norteamericana para la prueba de materiales)

3.4.1 DISTRIBUCION DE LOS TAMAÑOS DE PARTICULAS (ANALISIS GRANULOMETRICO)

El análisis granulométrico es probablemente el ensaye de agregados que se efectúa con más frecuencia.

La distribución de los tamaños de las partículas se determina directamente haciendo pasar muestras de los agregados a través de una serie de mallas de abertura decreciente y pesando el material retenido en cada malla. Este procedimiento permite establecer también el tamaño máximo de partículas que se encuentran en la muestra.

Los valores que se obtienen del análisis granulométrico se expresan en porcentaje retenido en cada malla o porcentajes que pasan las distintas mallas.

En términos generales, con el análisis granulométrico se obtiene :

PROPORCION GRAVA ARENA
GRANULOMETRIA DE LA ARENA
GRANULOMETRIA DE LA GRAVA
TAMAÑO MAXIMO DE AGREGADO
MODULO DE FINURA DE LA ARENA

La granulometría de la arena debe estar distribuida de una manera que rellene todos los huecos, con el propósito de tener una mejor trabajabilidad y homogeneidad requerida.

Las mallas para determinar la granulometría de la arena son las siguientes y su retenido acumulado en porcentaje debe ser el que se indica en la tabla 3.2 (según las normas oficiales mexicanas NOM).

TABLA 3.2

MALLA	ABERTURA	% RETENIDO ACUMULADO
3"/8	9.5 mm	0
# 4	4.75 mm	0 a 5
# 8	2.36 mm	0 a 20
# 16	1.18 mm	15 a 50
# 30	0.600mm	40 a 75
# 50	0.300mm	70 a 90
#100	0.150mm	90 a 98

El módulo de finura de la arena es la suma de los tantos por ciento (i) retenido retenido en cada una de las cinco mallas, dividido entre 100.

En la siguiente tabla se presenta la clasificación de las arenas por su modulo de finura.

TABLA 3.3

MODULO DE FINURA	CLASIFICACION
menor 2.0	muy fina
2.0 a 2.3	fina
2.3 a 2.6	media fina
2.6 a 2.9	media
2.9 a 3.2	media gruesa
3.2 a 3.25	gruesa
3.5 mayor	muy gruesa

La granulometría, tanto de la grava como de la arena, tiene factores que determinan si ésta es adecuada o no.

Los factores que se mencionan son los siguientes :

- 1.- Area superficial del agregado.
- 2.- Volúmen relativo ocupado por el agregado.
- 3.- La trabajabilidad de la mezcla.
- 4.- La segregación.

Debido a estos factores, se debe tener un agregado con una granulometría tal que se determine el consumo de agua necesaria para mejorar todos los cuerpos sólidos; que se tenga una trabajabilidad aceptable y un mínimo de segregación ya que, dada una relación agua/cemento, proporcione una compactación total, ya que la resistencia correspondiente a esa relación depende de esa compactación uniforme y total de la pasta de cemento y los agregados y esa compactación adecuada depende de una buena granulometría.

3.4.2 ABSORCION

Es la capacidad de los agregados para absorber agua del medio ambiente que los rodea; generalmente, la absorción sirve para estimar la durabilidad probable del concreto expuesto a congelación y deshielo, a los ataques químicos y a la abrasión.

Dentro de los agregados podemos describir cuatro estados de humedad del agregado :

1.- SECO AL HORNO .- Este estado es cuando se secan los agregados en un horno a 110 grados centígrados hasta lograr un peso constante de tal forma que se elimina totalmente el agua de sus poros (superficiales y conectados a la superficie).

2.- SECO AL AIRE .- Cuando los agregados están expuestos al medio ambiente; éste produce un cierto secado y sus poros se encuentran parcialmente llenos de agua.

3.- SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO.- Es el estado límite en el que el agregado tiene todos sus poros llenos de agua, pero superficialmente está seco. Solo en el laboratorio se puede lograr.

4.- HUMEDO O MOJADO .- Es cuando los poros del agregado están saturados y además existe agua libre en la superficie del agregado o gravitacional.

La absorción es importante ya que si los agregados no están saturados, completamente absorberán parte del agua de la mezcla hasta llegar al estado de saturación o si el agregado tiene agua libre superficial, ésta incrementará el agua de la mezcla y repercutirá en la relación agua cemento.

La absorción se determina directamente a partir de los pesos de la muestra saturada y superficialmente seca. Para saturarla se sumerge la muestra durante 24 horas y se seca superficialmente; posteriormente, se seca en el horno hasta lograr un peso constante. La absorción se puede determinar con la siguiente expresión :

$$A = \frac{W_{sss} - W_o}{W_o}$$

A = Absorción

W_{sss} = Peso del agregado saturado y superficialmente seco.

W_o = Peso del agregado seco al horno

3.4.3 PESO ESPECIFICO

El peso específico se define como la relación entre el peso del material y el peso de un volumen igual de agua destilada que esté libre de aire y a una temperatura específica.

En México y en las normas del ASTM, para el concreto se determina el peso específico aparente que consiste en sumergir una muestra de material en estado SSS (Saturado y Superficialmente Seco) en un volumen conocido de agua y conociendo el peso del material y el volumen desplazado; la relación nos dará el peso específico. Esta propiedad nos sirve para calcular los pesos que se requieren de agregados.

En la siguiente tabla se presentan algunos valores de pesos específicos que son comunes en la elaboración de concreto.

TABLA 3.4

CLASE DE ROCA	PESO ESPECIFICO	APLICACION
POMEZ	1.2 A 1.8	CONCRETO LIGERO
ESCORIA VOLCANICA	1.6 A 2.2	
CALIZA	2.3 A 2.8	
ARENISCA	2.3 A 2.6	
CUARZO	2.4 A 2.6	CONCRETO NORMAL
GRANITO	2.4 A 2.7	
ANDESITA	2.4 A 2.7	
BASALTO	2.5 A 2.9	
BARITA	4.0 A 4.5	CONCRETO PESADO
MAGNETITA	4.5 A 5.0	

3.4.4 SANIDAD

Es la capacidad de los agregados para resistir cambios de volumen excesivos y permanecer más o menos constantes en su volumen original, debido a condiciones climatológicas o de servicio que se presentan en el concreto como congelamientos, deshielos, cambios térmicos y estados de saturación y secado.

Para determinar la sanidad se realiza el siguiente ensayo :

Se sumerge una muestra de agregados en una solución de sulfato de sodio o magnesio; posteriormente la sacamos en un horno y se repite el ciclo varias veces.

El comportamiento del agregado es deficiente si después del ensayo una gran parte de la muestra pasa por las mallas donde originalmente se retenía.

El material que pasa se considera pérdida y no debe ser mayor que un límite establecido en porcentaje del total de la muestra. El cambio de volumen que experimentan algunos agregados se debe a que los sulfatos tienden a desintegrar o destrozarse las partículas de modo similar como actuarían el agua de saturación cuando aumenta el volumen al congelarse.

Las normas del ASTM proponen límites de pérdidas máximas permisibles después de cinco ciclos de acción de inmersión y secado.

TABLA 3.5

SOLUCION EMPLEADA	PERDIDA MAXIMA (%)	
	ARENA	GRAVA
SULFATO DE SODIO	10	12
SULFATO DE MAGNESIO	15	18

3.4.5 SUSTANCIAS NOCIVAS

Los agregados no deben tener presente sustancias nocivas que se puedan incorporar al concreto, ya que pueden alterar las propiedades del concreto, tanto en el proceso de fraguado y endurecimiento como para su servicio.

La sustancia que puede producir efectos más perjudiciales es la materia orgánica, principalmente contenida en el agregado fino o arena.

Las sustancias que son prohibidas totalmente son las siguientes :

CARBON

MADERA

CASCARILLA DEL ACERO DE REFUERZO

ARCILLA EN GRUMOS

Las impurezas orgánicas que generalmente se presentan

en la arena, casi siempre son compuestos derivados de la descomposición de materia vegetal. El ensaye más común para determinar las impurezas es el de colorimetría y consiste en que la muestra de arena se deposita en un recipiente, éste a su vez contiene una solución de sosa al 3% (hidróxido de sodio) y se deja reposar durante 24 horas.

Si el color que adquiere el líquido en la parte superior del recipiente es transparente o toma una débil coloración amarilla, la arena se acepta en cuanto al contenido de materia orgánica; si el resultado es más oscuro, se puede proceder a efectuar pruebas comparativas de resistencias en morteros con la arena en estudio y arena exenta de materia orgánica.

3.4.6 RESISTENCIA

En el agregado grueso, es importante determinar su resistencia para concretos que van a estar expuestos a un gran desgaste o erosión.

Algunos ejemplos de éstos concretos son los que se utilizan en carreteras o en vertedores.

Para determinar la resistencia en los agregados gruesos, se hacen ensayos de resistencia a la abrasión, los cuales miden la degradación causada por una combinación de impacto y abrasión superficial.

El ensaye proporciona una indicación de probables facturas del material durante el manejo, almacenamiento y mezclado. Se usa también como un índice de calidad del agregado; además, proporciona cierta indicación de la capacidad de los agregados para producir concretos resistentes.

El ensaye que más comúnmente se utiliza es con la máquina de "los ángeles". Este ensaye evalúa la resistencia a la abrasión a partir del incremento en material fino que se produce al golpear los agregados con bolas de acero dentro de un recipiente de acero al hacer girar el agregado.

3.5 AGUA

Dentro de los agregados del concreto, el agua tiene ciertas propiedades que se tienen que verificar para su uso en la elaboración del concreto.

El agua desempeña varios factores de importancia; entre ellos, trabajabilidad, curado, y sobre todo, nos proporciona con el cemento, la resistencia deseada.

Las propiedades de que se hace mención, las podemos referir hasta que grado se puede utilizar el agua disponible en el lugar que se efectuará el diseño de la mezcla.

Las recomendaciones para juzgar la calidad del agua para el mezclado deben ser las siguientes (según el ASTM) :

TABLA 3.6

PROPIEDADES FISICAS DEL AGUA

ASPECTO	CLARA
COLOR	INCOLORA
OLOR	INODORA
NULO DE SEDIMENTOS	
NO TIENE MATERIAS ORGANICAS	
P H* 6-9.2	

Por lo tanto, el agua potable está aceptada para la elaboración del concreto.

Cuando por economía se tenga que usar otro tipo de agua que no sea de la calidad mencionada anteriormente, como el caso de agua de mar, estancadas u otras que no hayan sido probadas previamente, se deben someter a un analisis comparativo de laboratorio, que consistirá en hacer cnayes de fraguado y resistencia a la compresión con los materiales que se van a emplear para la elaboración del concreto, haciendo pruebas con el agua que se va a probar y otra con agua previamente aceptada, comparando los resultados. La resistencia a la compresión a la edad de 28 dias deberá ser mayor que el 90% según el ASTM de la que se obtuvo con los especímenes hechos con agua aceptada.

Hay aguas que no necesariamente tienen que ser frescas o potables y podemos utilizarlas para la elaboración de concretos como el agua de mar; ésta la podemos utilizar para concretos simples con resistencias no mayores de $f'c=150$ kg/cm², o aguas tratadas; tal es el caso de aguas negras y aguas de residuos industriales que con un buen tratamiento se eliminan casi por completo las materias tanto orgánicas como inorgánicas que dañan el concreto.

Es importante recordar que este tipo de agua solo la podemos utilizar para concretos como banquetas, pisos o aquellos que no requieran resistencias mayores a $f'c=150$ kg/cm² ni acero de refuerzo.

3.6 ADITIVOS

Los aditivos se definen como " Un material diferente del agua, de los agregados y del cemento hidráulico que se emplea como componente del concreto o mortero y que se agrega a la mezcla inmediatamente, antes o durante el mezclado".

Existen en el mercado un gran número de éstos productos químicos, cada uno de los cuales tiende a modificar las propiedades del concreto en tal forma que los haga más adecuados para las condiciones de trabajo o economía, los fabricantes de aditivos por lo general mencionan todas las cualidades y ventajas de estos; sin embargo, debe prestarse una total atención a las especificaciones dadas por los fabricantes.

En conclusión, debe utilizarse un aditivo después de una evaluación adecuada de sus efectos, probarlo con los materiales con los que se vaya a diseñar la mezcla y con las condiciones en que se utilice el aditivo.

* Grado de acidez.

CAPITULO IV

FABRICACION, COLOCACION Y TRANSPORTE DEL CONCRETO

4.1 GENERALIDADES.

El concreto es probablemente el material más usado para la construcción en el mundo. Los logros de la tecnología del concreto han permitido a la construcción nuevos e importantes desarrollos; tales como: altas resistencias mecánicas ($f'c > 700 \text{ kg/cm}^2$), utilización del concreto como material aislante en la industria eléctrica etc. Los cambios en este material no son tan espectaculares como en la ingeniería electrónica, o en la computación, sin embargo, durante los últimos años se han logrado grandes progresos; por esta razón es importante conocer este material, para aprovechar con mayor eficiencia sus propiedades.

El objetivo de este capítulo es mencionar las técnicas adecuadas para la construcción de obras de concreto, haciendo un mayor énfasis a la colocación y a las técnicas de transporte dentro de la obra, en este capítulo se supone conocido el cálculo para el diseño de mezclas.

4.2 FABRICACION

En los capítulos II y III se mencionaron las propiedades del cemento, grava, arena y agua, que constituyen el concreto. Así como los requisitos para la elaboración de un buen concreto.

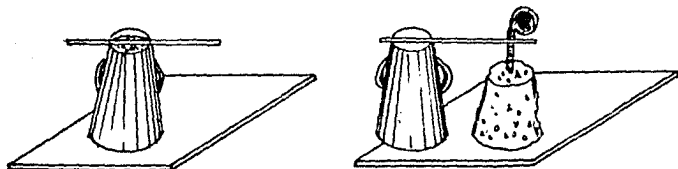
En este capítulo empezaremos definiendo propiedades importantes del concreto.

4.2.1 CONCRETO.- Es una mezcla íntima de cantidades determinadas de cemento portland, agua, agregados y a veces aditivos. Esta mezcla se destina a un fin común; que es producir una masa homogénea y sólida que responda a ciertas solicitaciones o servicios.

4.2.2 MANEJABILIDAD.- Es la propiedad que tiene la masa de concreto para mezclarse, colocarse y acabarse. La manejabilidad es la que físicamente se aprovecha en las aplicaciones del concreto.

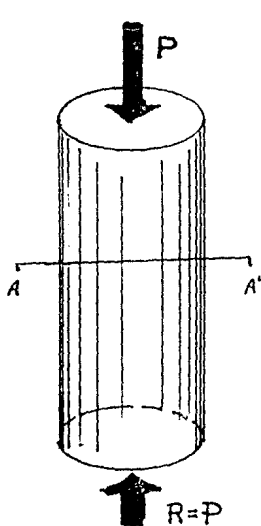
Esta propiedad se ve afectada por la granulometría de los agregados, tamaño y forma de éstos; por la cantidad de cemento y por la consistencia de la mezcla. El método que se utiliza generalmente para medir la manejabilidad, es el ensayo de revenimiento, que consiste en compactar la muestra en un cono truncado con sus dos bases huecas y apoyado con la mayor sobre un piso horizontal y firme; cuando el material está compactado, éste se enrasa al nivel de la base superior, y por medio de dos asas pegadas a la pared del cono se quita el molde de un sólo jalón firme y verticalmente hacia arriba. La masa de concreto, una vez libre, sufre un abatimiento; la diferencia de alturas entre el molde y la nueva altura que adquiere la mezcla debida al abatimiento, medida sobre el eje longitudinal original del cono en centímetros, es el revenimiento, fig. 4.1

FIGURA 4.1



4.2.3 RESISTENCIA.- La resistencia a la compresión es la característica más importante del concreto en el diseño estructural, la resistencia a la compresión, depende en forma notable de la relación agua/cemento, para valuar la resistencia se efectúan ensayos de resistencia a la compresión con especímenes cilindricos estándar de concreto (15 x 30 cm) fig. 4.2

FIGURA 4.2



DETALLE A-A'

Area transversal del cilindro

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

De donde:

P = carga máxima que resiste el cilindro de concreto en kilogramos (kg)

A = área transversal del cilindro en centímetros (cm)

f'c = resistencia a la compresión del concreto en kg/cm²

Cilindro de concreto sometido a compresión

4.2.4 DURABILIDAD.- La durabilidad es la propiedad que tiene el concreto endurecido para resistir el ataque del clima extremo, el ataque químico de algunas substancias, el desgaste, la abrasión y otras condiciones de servicio, esta propiedad es de suma importancia cuando los concretos están expuestos a ataques severos de los agentes citados anteriormente, ya que pueden degradar el concreto -- afectando sus propiedades para las que fue diseñado. Por tal motivo, es importante valuarla y definir como podríamos neutralizar a ciertos agentes que afectan la durabilidad, ésta la podemos mejorar empleando una relación baja agua/cemento, un contenido de cemento alto; agregados sanos y resistentes a la abrasión o cementos especiales resistentes a agentes erosivos como sulfatos.

4.2.5 ECONOMIA.- La economía como en todas las ramas de la ingeniería, juega uno de los papeles más importantes; es necesario buscar los materiales respetando los requisitos de manejabilidad, resistencia y durabilidad, que logren el concreto más económico, la economía se puede afectar, por la forma, el tamaño, la superficie específica y la granulometría de los agregados, ya que de ello dependerá en buena medida un consumo mayor o menor de cemento que es el componente más costoso del concreto.

La fabricación del concreto consiste, en producir y entregar un cierto número de mezclas de concreto, con volúmenes adecuados y calidades específicas.

Básicamente existen dos sistemas de fabricación; en el lugar donde se lleva a cabo la obra; y el concreto que se fabrica en forma industrial, que es el concreto premezclado.

Sus variantes dependen de una serie de factores, y estos factores dependen de una evaluación económica que es en última instancia lo que rige cualquier proyecto de ingeniería.

Los factores son, entre otros: Volumen de obra, la localización de ésta, los materiales y equipos disponibles, condiciones del contrato y de la obra, etc. El sistema que se elija tiene como fin el buen desarrollo de la obra; en este trabajo el sistema de fabricación que trata es el que se lleva a cabo en la obra, mencionando de una manera limitada el sistema de concreto premezclado.

4.2.6 ASPECTOS IMPORTANTES DE LA FABRICACION

Los aspectos más importantes que se deben tomar en cuenta

en la fabricación del concreto es la disposición de los materiales, por cualquier sistema empleado, ya sea el premezclado o hecho en el lugar de la obra.

Esta operación, tiene por objeto la programación de los pedidos, distribución y almacenamiento de los materiales, de acuerdo al sistema y volúmenes de la fabricación.

a) PEDIDOS.- Esta operación es importante ya que de ella, dependerá una buena disposición de los materiales, tenerlos en el momento oportuno y en las mejores condiciones, tanto al extraerlos del almacén como de la entrega de los proveedores.

Lo importante de esta operación es tratar de optimizarla, hasta donde sea posible o en otras palabras tener una programación adecuada, de como deben entregar los proveedores los materiales, en primer plano lo que se debe tener muy en cuenta es el cemento; para evitar volúmenes muy grandes que provoquen la eliminación del cemento por almacenamiento prolongado; o evitar la escasez de los materiales, tanto del cemento como de la grava y la arena; ya que si no se tiene una buena entrega al sistema de fabricación del concreto; no se emplearía a su capacidad total y se podría retrasar la obra; en conclusión se deben planear adecuadamente los pedidos, para evitar pérdidas económicas de la obra; por retrasarla, o por tener un exceso de materiales en nuestro almacén.

b) PREPARACION.- La preparación por lo general la referimos a los agregados, tenerlos en forma adecuada y con la calidad requerida; aptos para la elaboración de un buen concreto, en algunos casos cuando los agregados no se reciben de algún proveedor, se puede contar con equipo necesario como trituradoras, clasificadoras, sistemas de almacenamiento para la grava, arena y agua, en casos muy especiales cuando el agua esta contaminada o no está adecuada para el concreto, si la obra lo requiere y después de una buena evaluación económica, se puede poner a operar una planta para el tratamiento de agua, como se mencionó anteriormente sólo en caso de que se tenga una agua con muchas substancias nocivas para el concreto.

c) DISTRIBUCION.- Es bueno planear una distribución adecuada de los materiales, se deberán colocar en puntos donde no alteren la realización de la obra, que se evite el mínimo de traslados del material, y estar lo más cerca posible al sistema de dosificación y mezclado; como se mencionó en el Capítulo II, el cemento deberá estar a salvo de cualquier fuente de humedad, sin presentar obstáculos a la extracción cuando se requiera para su aplicación, el agua se debe almacenar, protegiéndola de las fuentes contaminantes, polvos y otras substancias acarreadas por el viento y también de la materia orgánica que se pueda desarrollar en los depósitos.

Los agregados se almacenan por separado, dependiendo de su tamaño y hasta de su forma, se debe evitar que se junten diferentes tamaños de agregados (en el caso del agregado grueso o grava), en otras palabras; si la grava está formada por diferentes tamaños nominales. Es conveniente separarlos cada uno por su tamaño, cuidando que no se mezclen entre sí.

Es conveniente almacenarlos sobre un piso que se construya a cielo abierto de concreto pobre, en el área que esté destinada para su almacenamiento.

4.2.7 DOSIFICACION DE LOS MATERIALES

En este punto sólo se mencionará la dosificación, ya que se supondrán conocidas; las técnicas para el diseño de mezclas.

La dosificación tiene por objeto, determinar en que proporciones intervienen los materiales en la mezcla seleccionada. Las dosificaciones o el diseño de mezclas se hacen generalmente por el método del ACI* o el PCA**.

Para fabricar un concreto es necesario, como se indicó anteriormente, determinar la cantidad de materiales que intervienen en la mezcla, dentro de la fabricación de los agregados pueden dosificarse de la siguiente manera:

- a) MANUAL
- b) SEMIAUTOMATICA
- c) INDIVIDUAL AUTOMATICA

a). La manual puede ir desde el empleo de carretillas y básculas de plataformas, que podemos emplear, para volúmenes de concreto inferior a 750 m³, hasta un equipo de básculas y tolvas operadas manualmente para mayores volúmenes de concreto hasta - - 4000 m³.

* Instituto Americano del Concreto.
** Asociación de Cemento Portland.

b). La acumulativa total o parcialmente automática es adecuada para obras con volúmenes entre 4000 y 25000 m³ de concreto. Extraordinariamente se puede emplear hasta volúmenes de 75000 m³.

Este sistema de dosificación se opera en tolvas con compuertas que se cierran a potencia automáticamente.

c). Las individuales automáticas, se emplean en obras de considerable magnitud, cuando se requieren más de 75000 m³ de concreto, o en plantas que se requieren más de este valor anualmente.

Estas operan con básculas separadas para cada tamaño de agregado; al oprimir un botón, dosifica los agregados de diferentes tamaños; en forma simultánea y automáticamente anota en un registro las cantidades con otras características de la mezcla.

En todos los casos anteriores, las tolvas deben tener un fondo inclinado (no menor de 50 grados, respecto a la horizontal) con salida central, con el fin de evitar la acumulación de partículas finas en ciertos puntos (ver fig. 4.3).

FIGURA 4.3



La dosificación del cemento puede ser por sacos o fracciones de éstos si se pesan, y por peso cuando el cemento es a granel.

La dosificación de sacos es adecuada para obras pequeñas, con sistemas manuales, el cemento a granel se utiliza para obras grandes con sistema automático. El cemento se dosificará separado de los agregados; y la tolva dosificadora es preferible de sección circular, o cuando menos de esquinas redondeadas; además debe estar equipada con vibradores que garanticen la descarga completa del cemento.

Es importante que los equipos de dosificación del cemento estén diseñados de tal forma; que no permanezcan residuos de cemento en la tolva. El equipo de dosificación y descarga, tendrá aditamentos especiales (tubos de hule o lona) para evitar la caída libre del cemento, ya que esto produce polvos y por lo tanto pérdidas en las cantidades pesadas.

El agua para dosificarse debe ser de acuerdo al tamaño de la obra, en el caso de obras pequeñas el agua puede dosificarse por peso o por volumen manualmente, y para obras grandes se justifica el empleo de medidores automáticos, o también se pueden utilizar tanques cilíndricos verticales de medición automática.

El equipo para la dosificación del agua, debe tener tantas válvulas y conexiones como sea necesario, para preparar convenientemente la cantidad requerida por la mezcla.

Los aditivos en polvo, se medirán por peso y los que se presenten en forma de pasta o de líquido; por volumen o por peso.

4.2.8 MEZCLADO DE LOS MATERIALES EN OBRA

El mezclado de los materiales es incorporar intimamente a todos los materiales que intervienen en la elaboración del concreto; para formar una masa homogénea y compacta.

MEZCLADORAS

En este subtema se mencionará el equipo que hace posible la operación de mezclado.

Generalmente a este tipo de equipos se les llama revolvedora o mezcladora. Existen de varios tipos y capacidades;

las más comunes son: de tambor rotatorio con cierta inclinación y espas pegadas en la pared interna que mueven a los ingredientes. - El tambor tiene una forma apropiada para que todos los materiales se incorporen, rueden y se amasen.

Para pequeñas obras se emplean revolvedoras portátiles basculantes (que pueden girar para descargar la mezcla), son llamadas comunmente "trompo".

En grandes obras los equipos son fijos o estacionarios. Cuando el concreto es premezclado las plantas sólo dosifican y entregan el material a un camión que lleva una revolvedora no basculante, comunmente llamada "olla".

En los pavimentos de concreto se emplean revolvedoras - "móviles", que se desplazan junto con el equipo de construcción.

OPERACION DE CARGA

Para introducir correctamente los materiales debidamente dosificados, se introducen a la mezcladora, siguiendo éstas recomendaciones.

1. La mezcladora debe estar funcionando durante la carga.
2. Se agrega primero un 10% del agua que se va a emplear.
3. Se introducen parte de los agregados pétreos, después el cemento y finalmente el resto de los agregados.
4. Durante la carga de los sólidos, debe seguir fluyendo el agua hasta incluir, junto con los agregados y el cemento el resto del agua.

Se debe dar un buen mantenimiento mecánico y de limpieza al equipo mezclador, es necesario limpiar internamente cuando menos una vez al día; para evitar que el mortero adherido a las paredes endurezca. Si no se tiene cuidado de esto, la eficiencia del equipo se reduce notablemente. Lo importante en cada mezcla es que se tenga el mismo aspecto tanto en color como en consistencia, ó en - -

otras palabras que se tenga una mezcla uniforme.

TIEMPO DE MEZCLADO

Este tiempo se mide a partir del momento en que todos -- los materiales sólidos están dentro de la mezcladora.

El tiempo de mezclado depende de la eficiencia, de la - velocidad de rotación y la capacidad de la revolvedora. El tiempo de mezclado para la revolvedora rotatoria de tambor, de hasta 1 m³ de capacidad, debe ser de 1.5 a 2 minutos después de haber vaciado todos los materiales. Para revolvedoras de olla, debido al tipo - de mezcla de acción forzada, son suficientes 30 ó 45 segundos.

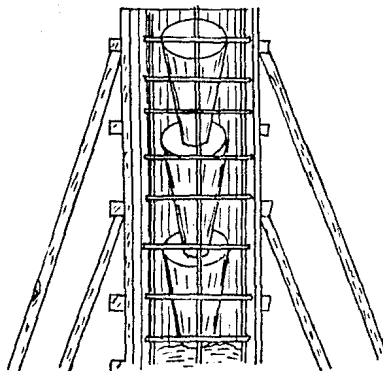
4.2.9 ENTREGA DE LA MEZCLA

Las mezclas de concreto deben entregarse con las carac-- terísticas deseadas como uniformidad, manejabilidad del concreto de acuerdo al diseño de mezcla que se haya proyectado.

Cuando el concreto se fabrica en obra los problemas de - fabricación y entrega son responsabilidad del constructor; deberá tener cuidado en la descarga de la mezcla y el acarreo para evitar que la mezcla se segregue o pierda su manejabilidad.

En general el concreto no debe caer diagonalmente ni fue-- ra del centro del recipiente o del molde; porque esto provoca se-- gregación. Si el concreto se deja caer vertical y libremente de al-- turas muy grandes (mayor a 1.5m) también se segrega; en este caso es necesario conducirlo por medio de tubos, ver fig. 4.4

FIGURA 4.4



El concreto se debe entregar de la revolvedora en forma vertical o tratar de que así sea y la altura de caída del concreto no sea mayor a 1.5 m.

Cuando el concreto se encuentra a grandes distancias (generalmente es el concreto premezclado), se deberá evitar la --segregación, mantener la consistencia, manejabilidad y uniformidad de la mezcla. En este aspecto lo que se tiene que tomar muy en cuenta es el tiempo ya que es el factor principal en la pérdida de manejabilidad, debido a las reacciones químicas del cemento al hidratarse.

Es por ésto que el concreto se tiene que entregar y depositar lo más rápido posible.

La temperatura del medio ambiente, influye también notablemente en la entrega del concreto, ya que afecta la reducción del revenimiento. En los días cálidos, el concreto mientras más pronto se entregue mejor, aunque los camiones que transportan el concreto están protegidos para el viento, y los rayos directos del sol, no contribuyen a solucionar el problema cuando los climas son extremos, en estos casos se debe reducir el tiempo de mezclado y de agitado. En estos climas es razonable usar aditivos retardantes, reductores de agua, ó cementos de bajo calor de hidratación y que el calor que genere el concreto se mantenga abajo de las temperaturas especificadas (32°C).

Para climas donde se presentan problemas de posible congelamiento del agua de mezclado (temperaturas ambientales inferiores a 4°C) no se debe mezclar ni colar el concreto y no se debe agregar agua cuya temperatura sea igual o inferior a ésta.

Los efectos de las temperaturas extremas, tanto en climas calurosos como en climas fríos, tienden a retardar ó adelantar la hidratación, y esto afecta notablemente el fraguado del concreto.

En climas fríos se debe tener cuidado de evitar que se congele el agua, o se forme hielo, ya que esto es perjudicial para la masa de concreto, puesto que puede ocurrir que nunca fragüe, ni endurezca el concreto. En estas condiciones es recomendable que se empleen cementos tipo III (ver Capítulo II), con o sin inductor de aire, y con relación agua/cemento lo más baja posible; o si la obra lo permite calentar el agua y los agregados.

4.2.10 RETEMPLADO Y REMEZCLADO

En algunas ocasiones en la obra surgen problemas que no estaban previstos y en consecuencia traen retrasos a la entrega - y/o colocación del concreto, la mezcla de concreto con éste retraso empieza a perder propiedades originales, tales como manejabilidad y consistencia entre otras, y su colocación resulta difícil, y es evidente que tenemos que devolver su manejabilidad al concreto para lograr nuestros propósitos. Para lograr esto podemos retemplar y remezclar el concreto.

El primer paso consiste en agregarle una cantidad adicional de agua a la mezcla, necesaria para darle la manejabilidad deseada; Esto está permitido siempre y cuando se proceda de la siguiente forma:

- a) Que el agregarle agua sea aprobado y supervisado tanto por el contratista como por el supervisor.
- b) Que la mezcla permita remezclarse sin que se reduzca la resistencia y la durabilidad.
- c) Que se conserve la relación agua/cemento, agregando - proporcionalmente estos materiales.

El remezclado puede ser otra solución, para devolver parcialmente la manejabilidad al concreto; pero esto puede ser peligrosos después de 2 horas, porque se alteran notablemente las propiedades del concreto.

En realidad estas soluciones en el caso de retraso en la entrega son peligrosas, se debe usar solamente en casos extremos y si la obra lo permite. Si se tiene que agregar demasiada agua, lo mejor es desechar ese concreto, porque definitivamente pierde sus características.

Como se mencionó al principio de este capítulo existen dos sistemas de fabricación: El concreto que se fabrica en el lugar de la obra y el concreto premezclado.

En realidad no existe una diferencia notable entre ambos sistemas, pues los dos deben proporcionar el concreto con las características necesarias y específicas para su servicio o solicitaciones.

En la fabricación en el lugar, el constructor es responsable de la calidad del concreto en todos sus aspectos; que dando especificado en su contrato.

En el concreto premezclado, el responsable es el fabricante, que vende su producto al constructor y cuya calidad queda especificada mediante un subcontrato.

La fabricación en el lugar, casi siempre es adecuada en obras pequeñas, en pavimentos de concreto, ó donde no se tengan al alcance plantas de concreto premezclado, que puedan proporcionar el volumen de concreto requerido para dicha obra.

El equipo que por lo general se emplea para fabricar el concreto en el lugar de la obra es: revolvedoras portátiles - - (trompos), de medio saco (100 lb) hasta 0.5 m^3 , en obras muy sencillas se emplean, botes palas y carretillas.

La dosificación del cemento se realiza por sacos enteros, en las obras grandes se utilizan plantas estacionarias de gran capacidad con control completo, en la dosificación de los materiales, en los pavimentos pueden ser plantas estacionarias como las mencionadas anteriormente ó móviles, con entrega directa al lugar de colado.

El concreto premezclado; es el concreto hidráulico - que es dosificado y mezclado por procedimientos industriales, -- en otras palabras, proporcionado por el fabricante, este material se entrega al comprador en estado plástico no endurecido. En el cual se efectúan contratos de compra venta, en donde se especifica que cada una de las partes adquiere derechos y responsabilidades sobre el producto.

El concreto premezclado tiene ventajas y desventajas - sobre el concreto producido en obra. Sus ventajas más relevantes son, en primer término que no son necesarias áreas de almacenamiento de los materiales, evitando pérdidas y desperdicios, reduce la mano de obra eventual, y mejora el control sobre un personal más especializado, al producirlo a escala industrial los costos de materias primas y de operación se reducen. El control en las propiedades de los agregados son mejores y presentan pocas variantes, puesto que se cuenta con instalaciones más científicas (laboratorio).

Las desventajas del concreto premezclado son las siguientes: las grandes distancias de acarreo y retrasos que alteran las propiedades del concreto, o cuando en algunos elementos estructurales se requiere variar la manejabilidad del concreto en pequeños volúmenes, comparado con el mínimo volumen que puede entregar el fabricante.

La selección de cualquier sistema, queda a juicio del constructor, dependiendo de la obra y de las evaluaciones económicas que se llevan a cabo, no obstante es importante comprender que por pequeña o grande que sea la obra no se debe nunca subestimar la calidad del concreto.

4.3 TRANSPORTE

El transporte del concreto es un factor de suma importancia, ya que determina la eficacia de llevar el concreto de las revolventoras o de la entrega (en el caso de concreto premezclado) a la cimbra.

Es importante poner atención en la elección del equipo y el método que se empleará para transportarlo a su posición final.

El objetivo final de cualquier método de transporte -- que se utilice, deberá ser adecuado para que no altere en forma significativa, las propiedades del concreto; buscar el método de transporte que se apegue a las necesidades de la obra para evitar que el material se segregue, y la relación agua/cemento se mantenga dentro de lo especificado así como el revenimiento y homogeneidad de la mezcla.

Los métodos de transporte van desde las carretillas -- hasta las bombas, cada método tiene sus ventajas en condiciones particulares de empleo, tipo y accesibilidad de la colocación, capacidad de entrega requerida, ubicación de la planta de dosificación, entrega de las revolventoras entre otros.

Otro aspecto importante que influye en el transporte de concreto es el grado de secado de la mezcla, que puede tener durante el trayecto. El secado puede ocurrir en cualquier tipo o calidad de mezcla, esto ocurre principalmente en lugares donde el clima es caliente, se deben tomar precauciones en cuanto a los rayos del sol y también del viento, tanto al concreto como a todos los elementos que lo transportan y lo contienen.

Es también importante que cuando se inicie el colocado y por supuesto el transporte, la primera revoltura de concreto presenta el problema de que la pasta (cemento y agua) se va a pegar a las paredes del equipo de transporte de tal forma que el concreto que se coloca resulta duro y granuloso, para evitarlo se debe mojar el equipo antes de iniciar el colado y limpiarlo una vez que se haya terminado de usar el equipo en la jornada de trabajo.

El concreto algunas veces se tiene que transportar tanto horizontal como verticalmente y será necesario utilizar más de un método de transporte; para cumplir con el objetivo principal -- que es hacer llegar el concreto al lugar del colado lo más rápida y económicamente posible y en las mejores condiciones.

4.3.1 CARRETILLAS Y CARROS DE MANO

Las carretillas y carros de mano con ruedas de hule, - son convenientes para utilizarlos en obras pequeñas; donde las cantidades de concreto no son considerables y las distancias son cortas.

En una carretilla podemos acarrear sin problemas 0.03 m^3 (30 lt) de concreto; este sistema empieza a no ser costeable -- cuando la distancia es mayor de 70 m, pues los costos de mano de obra aumentan.

Para la buena utilización de este sistema de transporte es preferible acondicionar vías uniformes, para evitar saltos - y en consecuencia la segregación del concreto durante el trayecto; los carros de mano pueden transportar aproximadamente 0.2 m^3 (200 lt) de concreto y son buenos al igual que las carretillas si la distancia no es mayor de 70 m.

FIGURA 4.5

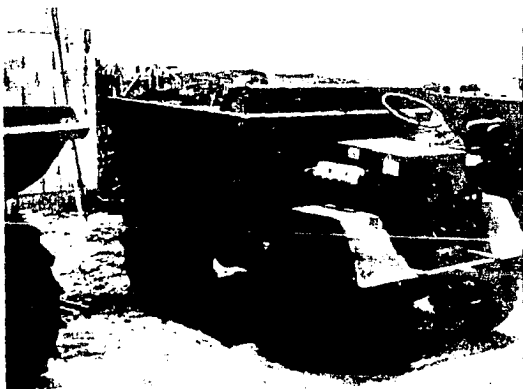


4.3.2 BOGUES O "BUGGIES"

Este tipo de transporte es utilizado con frecuencia en obras de magnitud considerable. Al igual que con las carretillas es conveniente, tener caminos firmes y lisos para evitar el exceso de movimiento de la mezcla; estos equipos cuentan con diferentes capacidades; que van desde los 0.17 m³, hasta un límite máximo de 0.75 m³, los bogues, tanto como las carretillas deben tener llantas neumáticas y la descarga de este tipo de equipos puede ser frontal o lateral y de operación manual o hidráulica, su velocidad promedio es de 4 a 6 km. por hora.

Los bogues generalmente son llenados, de tolvas de almacenamiento que debidamente alimentadas pueden mantener sin interrupciones el suministro de concreto; algunas de estas tolvas pueden tenerse en las partes altas de los edificios y ser llenadas por medio de tolvas móviles que estén montadas en algún elevador o torre elevadora.

FIGURA 4.6



4.3.3 TRANSPORTADORES MONTADOS SOBRE CAMIONES

Cuando se emplea este tipo de equipo con capacidad de 2 a 3 m³, por lo general queda limitado a contratos importantes - en los que se requieren acarreos largos sobre caminos uniformes; la descarga es hidráulica y generalmente a un nivel elevado (2 m); por lo que se habilitan canalones a fin de que el concreto pueda colarse directamente en el sitio para el cual está destinado.

En este tipo de equipo pueden haber camiones destinados a concretos de alta calidad con requerimientos estructurales específicos.

En estos camiones, con el propósito de reducir la segregación que pudieran tener durante el trayecto y para controlar la velocidad de descarga, se colocan aditamentos especiales como gusanos o paletas para remezclar el concreto en el momento de la descarga.

Los camiones de volteo abiertos, pueden ser utilizados para concretos que no están destinados a resistencias estructurales altas, o en otras palabras es un concreto pobre utilizado con resistencias bajas. Los camiones de volteo deben tener equipo complementario en caso de lluvia o para evitar la evaporación en climas calurosos. Es importante tener limpios los camiones antes de transportar el concreto, para evitar contaminaciones que puedan afectar las propiedades de este concreto.

FIGURA 4.7



4.3.4 CANALONES

Los canalones, posiblemente sean el sistema más simple y económico de transportar concreto, ya sean para volúmenes grandes o pequeños; sin embargo, se debe tener mucho cuidado en el uso de éstos; lo importante es cuidar la consistencia del concreto; o sea que no gane ni pierda humedad. Al transportar el concreto por este medio, se debe tratar de que al colocarse el concreto se descarge en forma vertical de los canalones y evitar con ello la segregación. Esto lo podemos lograr usando un deflector y un embudo en la descarga.

Cuando se utilicen canalones largos, éstos deberán ser cubiertos para evitar la pérdida de humedad y en consecuencia la pérdida de revenimiento especificado.

FIGURA 4.8



4.3.5 CUBO O BACHA

Este tipo de equipo suele emplearse para la transportación del concreto en edificios o donde haya que bajar grandes volúmenes de concreto, siempre va acompañado de una torre grúa, o hasta un helicóptero.

Por lo general estos cubos tienen abertura al fondo para caída vertical y por lo tanto tienen una mejor forma de colocar el concreto sin que presente segregación. Las torres que ayudan al cubo pueden estar montadas firmemente sobre rieles para una mayor capacidad de movimiento, cuando este sistema de cubos se emplea colgado de una grúa, ya sea montada en un camión o firmemente unida al terreno, puede llegar a los puntos más alejados de la estructura con la cual el ahorro de mano de obra es considerable; las torres-grúas han sido muy populares en la práctica, principalmente cuando se trata de estructuras muy altas localizadas en áreas congestionadas; y además por ser eléctricas, permiten una operación silenciosa.

La capacidad de los cubos puede variar de 0.25 m³ hasta 7.6 m³, aunque los más utilizados se consideran aquellos cuya capacidad es de 0.57 m³ y 0.76 m³.

FIGURA 4.9



4.3.6 MALACATE

Para edificios pequeños, podemos utilizar un equipo que está compuesto de tolvas y depósitos elevadores para el movimiento vertical del concreto, a través de un malacate pequeño.

Cuando se cuenta con un malacate pequeño en la obra, siempre es recomendable fabricar una torre elevadora para su uso; para tener un sistema que consiste en un almacenamiento con su tolva a nivel de piso, un cubo elevador y una tolva en el piso alto, para que el concreto sea elevado y almacenado en la parte superior, manteniendo un flujo constante hacia el sistema de carretillas o bogues que se tengan en la parte superior.

En México, en obras pequeñas, se ha utilizado con bastante efectividad un malacate, al cual se le colocan los bogues enganchándolos. A medida que va subiendo los bogues llenos van bajando los bogues vacíos.

Este sistema lleva consigo la necesidad de una importante utilización de mano de obra, en el manejo del malacate, como en el manejo de la grúa superior, cuyo movimiento para llevar el bogue al espacio por donde sube, hasta que queda colocado el bogue o carretilla perfectamente en la cimbra. A medida que el edificio es más alto que unos 4 niveles, el tiempo para subir el concreto aumenta y esto provoca que la mezcla sea más dura, pierde su consistencia original; en consecuencia este sistema deja de ser costeable.

FIGURA 4.10

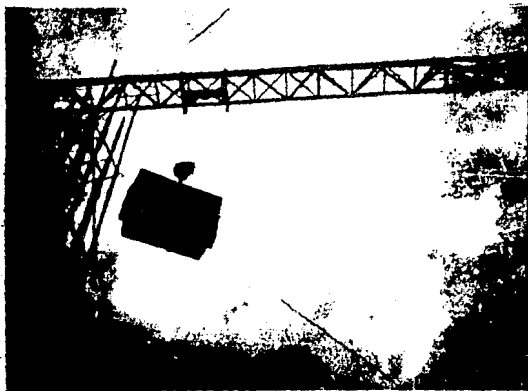


4.3.7 CABLE VIA

En proyectos grandes e importantes, la utilización de los cables vías es notablemente útil, principalmente en la construcción de presas, pues éstos permiten la transportación de cantidades muy grandes de concreto a una velocidad bastante grande y lo que es más importante, llega a los puntos exactos de su colocación.

Junto con el cable vía se utilizan cubos bastante grandes con descarga de fondo.

FIGURA 4.11



4.3.8 BANDAS TRANSPORTADORAS

Existen varios tipos de bandas transportadoras, entre ellas se tienen tres tipos básicos de bandas transportadoras de concreto, que permiten en la transportación rápida de cualquier tipo de mezcla y en forma económica.

El primero, es el transportador portátil diseñado para su uso en pequeñas distancias y pequeñas entregas, estas unidades generalmente están montadas sobre un trailer, que lleva fácilmente las armaduras donde están colocados los transportadores de banda.

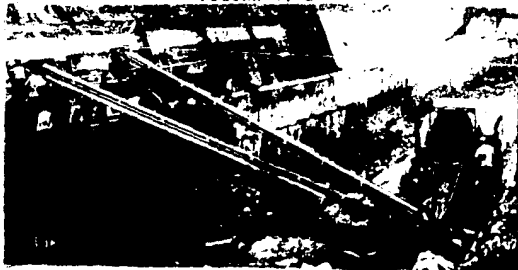
Estas tienen aproximadamente 15 m de largo y con un ángulo de inclinación vertical máximo de 30°C. La capacidad de este sistema esta gobernada por el ancho de la banda y por la velocidad que esta pueda alcanzar, este equipo de transporte puede alcanzar hasta 50m' por hora, son movidas tanto por motor eléctrico como por gasolina.

El otro tipo de banda transportadora es el tipo alimentador, éste generalmente trabaja en posición horizontal, aunque no es difícil tener pequeñas inclinaciones; estas bandas son aproximadamente de 10 m de largo, pero en algunos casos se pueden hacer mucho mayores. Estas bandas tienen capacidad de movimiento de 100m' por hora.

El tercer tipo de transportador disponible es el de descarga lateral; este tipo de bandas es semejante al tipo alimentador, excepto que está equipado con un dispositivo que permite hacer la descarga hacia los lados y también puede moverse tanto para atrás, como para adelante, a lo largo de su eje longitudinal, para poder distribuir mejor el concreto.

Este sistema tiene usos importantes; como grandes losas, puentes, estacionamientos etc.; además que podemos utilizar las bandas en serie dependiendo del caso y elementos por collar, su diseño casi siempre permite utilizarlos en forma aislada ó en cadenas. La descarga se hace a través de un embudo con su deflector, lo que permite una caída vertical de la banda evitando la segregación del concreto.

FIGURA 4.12



4.3.9 BOMBEO DEL CONCRETO

El bombeo del concreto, es posiblemente la forma de colocación más rápida que existe. Se ha desarrollado en los Estados Unidos desde 1933 y en la ciudad de México se usó con buen éxito en 1960. Su mayor uso se ha extendido, a medida que se han usado equipos más ligeros y más fácilmente transportables en camión.

Esto redundaría en la economía, pues se puede llevar el equipo de una obra a otra y dar el servicio en varias el mismo día.

Existen bombas que pueden transportar hasta distancias de 600m horizontales ó 150m verticales y en general para trabajo común, transportan de 100 a 300m horizontales y de 30 a 100m verticales. Con este sistema se reduce notablemente la mano de obra, correspondiente a transportación y colocación sin problema en lo que se refiere a la elevación y acercamiento al punto final de descarga y colocación.

TIPOS

Existen tres tipos de sistemas de bombeo:

1. BOMBAS DE PISTON
2. BOMBAS NEUMATICAS
3. BOMBAS DE RETACADO

BOMBAS DE PISTON

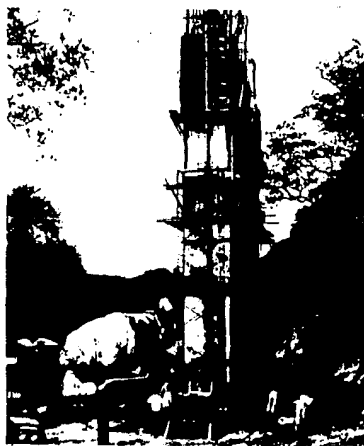
Estas bombas, están compuestas de una tolva de recepción para el concreto mezclado, una válvula de entrada, otra de salida, un pistón y un cilindro, estas bombas son de desplazamiento positivo, el cual utiliza la presión del pistón, la válvula de entrada se abre y la válvula de salida se cierra, cuando el pistón inicia su retro-arranque.

El concreto se introduce en el cilindro por gravedad y

por la succión del pistón, cuando el pistón avanza se cierra la válvula de entrada, la válvula de descarga se abre, y el concreto es empujado por la tubería hacia la cimbra.

Los pistones son accionados mecánicamente por medio de una biela ó cadena, o hidráulicamente con aceite. La energía básica proviene de motores de gasolina, diesel o eléctricos, las tolvas varían en tamaño y pueden recibir, de 0.1 a 1.5 m³ y generalmente están equipadas con espas remezcladoras para mantener la consistencia y uniformidad de la mezcla.

FIGURA 4.13

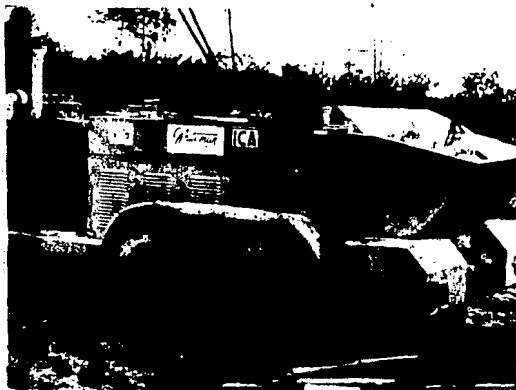


BOMBAS NEUMATICAS

En este sistema se usa aire comprimido para transportar el concreto, en estos casos el concreto es descargado en una cámara de presión la cual es cerrada y alimentada con aire comprimido, la presión hace que el concreto salga de la cámara y se dirige a la línea hasta que la cámara quede vacía, entonces se abre la compuerta y el proceso se repite. Al final del ducto se halla una caja mezcladora, que sirve para expulsar el aire y evitar

la segregación.

FIGURA 4.14



BOMBAS DE RETACADO

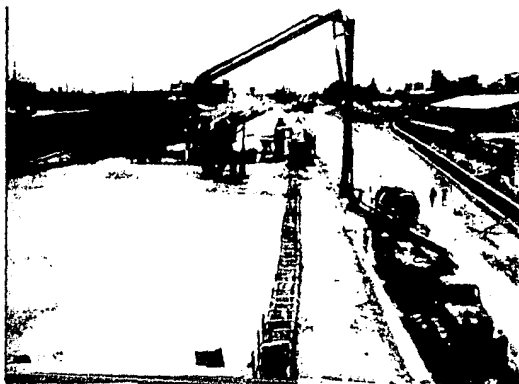
Este sistema se compone de una tolva de recepción con tres aspas remezcladoras. Se conecta a una manguera flexible en el fondo de la tolva receptora, de forma que llegue hasta el fondo de un tambor metálico que se mantiene al alto vacío, la manguera corre alrededor de la periferia interior, y sale hasta la parte superior.

Los rodillos accionados hidráulicamente giran sobre la manguera flexible dentro del tambor y exprimen al concreto fuera para enviarlo a la parte superior.

Las bombas de concreto son los mejores inspectores para la calidad del concreto, ya que no pueden transportar mezclas mal proporcionadas ó dosificadas, sin el debido cuidado, si las mezclas son demasiado secas, demasiado duras o que presenten exceso de plasticidad o aquellas que contienen agregado de tamaño su-

perior al necesario crean problemas importantes durante el uso de la bomba, lo que provoca generalmente taponamientos.

FIGURA 4.15



4.3.10 SELECCION DEL EQUIPO DE BOMBEO

En la selección de las bombas se debe tomar en cuenta lo siguiente: el desplazamiento positivo, presión que puede desarrollar, eliminar la posibilidad de la grasa o el aceite que contaminen al concreto al pasar a través de la bomba, la máxima transportación por hora, la tolva de almacenamiento para que pueda tener concreto mezclándose en la mayor cantidad; lo cual permite un bombeo continuo, un dispositivo de remezclado en la tolva para evitar la segregación de la mezcla que se coloque, tener una buena localización de la tolva de almacenamiento, para que sea accesible para la descarga del equipo de la revolovedora y fácilmente transportable.

En lo referente a la selección de la tubería, esta deberá ser no menor en diámetro que tres veces el tamaño máximo de agre

gado, las uniones deben ser capaces de soportar la presión total, principalmente cuando se tiene una curva, las tuberías deberán ser resistentes y aunque sea pesada, deberán utilizarse tuberías que no sean de aluminio, porque el desgaste que provoca el concreto al pasar por la tubería de aluminio puede provocar la formación de burbujas que disminuyan la resistencia del concreto.

Las tuberías en el área de colocación por el sistema de bombeo, por lo general son tuberías flexibles ya que la conducción se realiza con tubos rígidos, por lo tanto cuando se coloca el concreto por métodos de bombeo se realiza con la combinación de tuberías rígidas y flexibles.

TRANSPORTE DEL CONCRETO PREMEZCLADO

Como se mencionó anteriormente, el concreto premezclado es el concreto hidráulico que es dosificado y mezclado por procedimientos industriales; en este trabajo sólo se está haciendo mención a los aspectos de fabricación, transporte y colocación del concreto en la obra, mencionando en una forma rápida y sencilla el concreto premezclado, en este subtema se dará un panorama general del transporte por este sistema de fabricación del concreto.

Generalmente en las grandes ciudades ó en los proyectos de carreteras de concreto, canales, presas, etc.; el concreto premezclado es bastante útil. Las instalaciones que se tienen para lograr esto, en general están equipadas adecuadamente para el manejo y dosificación de los materiales, además de un buen control de calidad en los agregados; las pequeñas obras y las grandes obras que utilizan concreto premezclado pueden aprovechar las facilidades en cuanto a transporte y entrega.

Existen varias formas de fabricar concreto premezclado:

El que se produce en una planta central y transportado por camiones agitadores, el mezclado en los camiones y el mezclado en la planta y terminado en los camiones.

En todos los casos, el concreto es mezclado o al menos agitado lo suficiente durante el transporte para evitar la segregación. Como se mencionó en el subtema de entrega de las mezclas.

Los concretos deben mantener su manejabilidad; no deben perder su consistencia, cuando el concreto se sobremezcla pierde

su manejabilidad y es debido principalmente a la generación de calor en el mezclado, evaporación del agua, etc. Es por eso que se especifica un número máximo de revoluciones en la olla.

El transporte del concreto premezclado se puede llevar a cabo en camiones de tambor giratorio en los cuales se mezcla y se transporta el concreto, hay camiones que transportan el concreto mezclado parcialmente y terminado en tránsito o durante el recorrido; otro método de transporte de concreto premezclado es cuando el concreto se dosifica en seco, los materiales secos se transportan al sitio de la obra en el tambor del camión, y el agua de mezclado se agrega a presión ya en la obra. Este método que evoluciona como una solución para viajes largos y demoras de colocación, permiten un mayor tiempo de espera para el transporte y la descarga; cuando el concreto es mezclado en planta, el transporte que se utiliza es un camión de tambor giratorio que sirve como agitador, manteniendo el concreto con la manejabilidad y consistencia requerida.

Es importante en cualquier tipo de obra seleccionar el equipo de transporte, tomando en cuenta el ritmo de colocación, distancia por recorrer, condiciones del terreno, y características en la descarga.

4.4 COLOCACION

La colocación se debe entender como la operación, para depositar el concreto y acomodarlo de tal manera que se logre el mínimo de vacíos, esta actividad es probablemente, la parte más importante en el manejo de este material, ya que el constructor se encuentra ante el problema de depositar el concreto entre el punto de la descarga, hasta su colocación en las cimbras, tratando de hacerlo de la manera más rápida y eficaz.

Es en esta etapa de trabajo donde se tiene que tomar el mayor número de precauciones, ya que es el producto que se va a entregar finalmente, para que funcione de acuerdo a lo proyectado.

En la colocación del concreto están inmiscuidos tanto el costo del acero como el costo del concreto, de manera que si el trabajo no queda correctamente, la reparación tiene un costo muy alto, porque tenemos que incluir la demolición, materiales utilizados, tiempo y costos de volverlos a ejecutar. Es por esto que para la colocación del concreto, se debe utilizar el procedimiento y equipo más adecuado y no el más económico.

El concreto por su naturaleza es un material que cambia notablemente, que se transforma durante su estado fresco y dentro de la colocación debemos mantener sus propiedades tales como resistencia, durabilidad y manejabilidad. Es por estas razones, que siempre tenemos que escoger el equipo y procedimientos que más se adapten al tipo de obra que se va a realizar, porque cualquier ahorro que se pudiera tener por no escoger el sistema óptimo puede redundar en serios problemas para nuestro material.

Cuando se entregan las mezclas, deben tener las características para las cuales fueron diseñadas, como tamaño máximo de agregado, revenimiento, tipo de cemento, contenido de aire, aditivos. Todas estas características están encaminadas a evitar el mayor problema que ocurre por el mal manejo del concreto y que se refiere a la segregación de los materiales. "La segregación es el fenómeno debido a una dosificación deficiente o al descuido en las operaciones de transporte y colocación, en este fenómeno los ingredientes del concreto, tienden a separarse en tamaños o en pesos específicos, perdiéndose la uniformidad y la calidad del concreto".

La segregación generalmente ocurre en los puntos de descargas del transporte (ya sea de la revolvedora o a la cimbra) tales como: carretillas, canalones, bogues, etc. Es importante tener

en cuenta que una vez que se presenta la segregación en el transporte no podemos corregirla en la siguiente etapa; lo que podemos hacer es disminuirla notablemente haciendo que la descarga de los equipos de transporte a la cimbra sea vertical y por supuesto, reduciendo la vibración en los equipos de transporte.

La velocidad de colocación del concreto la debemos coordinar con la velocidad de entrega del mismo, para evitar juntas frías.

La colocación en general debe ser de la siguiente forma: el concreto debe quedar depositado prácticamente en su posición definitiva, y no depositarlo en algún lugar del elemento y transportarlo por medio de los vibradores o por sí solo, la descarga deberá ser vertical para evitar la segregación, el uso de defletores, embudos y el uso de trompas de elefante son recomendables para lograr que el concreto caiga verticalmente, estos equipos son adecuados para colocar el concreto ya que este no debe cribarse a través del acero de refuerzo y mucho menos debe tener alturas mayores de 1.5 m. de caída, pues esto provoca segregación.

Como se mencionó anteriormente, la colocación es posible que sea la actividad más crítica que se desarrolla en la construcción del concreto; se deben tener los máximos cuidados en esta etapa por que puede resultar un mal trabajo, aún cuando se haya entregado un concreto en perfectas condiciones de manejabilidad y consistencia, se deben de tomar medidas para evitar la segregación, ya que el concreto deberá quedar colocado como una masa homogénea y libre de porosidad.

Una buena colocación de concreto, nos evitará problemas tales como: deslizamiento de la cimbra y del acero de refuerzo, -- así como una buena adherencia entre capas sucesivas de concreto; -- evitará problemas de agrietamiento dando una buena apariencia a la estructura.

4.4.1 ALTURA DE CAIDA

La altura de caída va a depender del elemento que se tenga para depositar el concreto, dependiendo de este elemento va a ser el sistema que vamos a elegir, algunas veces en cimbras bastante profundas es frecuente aventar el concreto desde la parte superior sin importar la altura, esto provoca segregación, daños a la cimbra y al acero de refuerzo que haya quedado ahogado; además de que el acero de refuerzo puede cambiar su posición provo--

cando que el agregado no penetre bien en los espacios que se dejaron para recubrimientos, o sólo puede quedar cubierto por una capa de mortero y ésto altera las propiedades del elemento (columna, viga, muro, etc.), además también provocaría una falta de adherencia entre el refuerzo y el concreto, todos estos problemas pueden ser evitados depositando el concreto en un tubo -- permitiendo que éste fluya a la cimbra sin segregación; en general es menos malo tirar el concreto desde una considerable distancia a través de un tubo vertical, que dejarlo caer de una pequeña distancia pero golpeando contra la cimbra causando su separación. Aventar el concreto contra concreto fresco ya depositado, es adecuado por mezclar y unir más a las partículas; en muros y columnas, la altura de caída libre del concreto no debe ser mayor de 1.50 m. de altura; y se debe colocar en capas con no más de 0.45 m., ésto es debido a que con capas mayores el peso del -- concreto en la capa superior hace casi imposible, aún con vibración, eliminar el aire de la capa inferior y éste aire atrapado significaría una compactación incompleta; es importante recordar que la colocación del concreto mediante tubo embudo debe ser utilizada en el vaciado de muros y columnas altas y relativamente estrechas.

4.4.2 FORMA DE DEPOSITARLO

El concreto siempre deberá ser depositado, en capas horizontales, tratando de evitar, que cuando fluya dentro de la cimbra cause segregación y planos inclinados débiles; cada capa deberá ser acomodada, antes que las siguientes sean colocadas, -- además cada nueva capa debe colocarse mientras la anterior aún -- responda a la vibración, esto hará que las capas se entrelacen -- entre sí.

La profundidad o altura de cada capa, dependerá del tipo de trabajo; en estructuras de concreto reforzado generalmente se colocan capas de 15, 30, 45 y 60 cm. de espesor, no se deben exceder capas mayores de los 60 cm. pues se corre el riesgo de no acomodar adecuadamente el concreto, no daría la seguridad de que cada capa de concreto haya sido bien compactada, por el peso del -- mismo concreto y la unión entre capas no sería efectiva; pues no se permitiría una buena vibración cuando se unen entre sí. En -- otras palabras, la colocación deberá ser de la siguiente forma: que las capas que se coloquen, la nueva sobre la anterior, mientras el concreto de las dos es todavía plástico, de modo que se adhieran perfectamente.

Cuando el concreto se coloque en superficies inclinadas, deberá empezarse a colocar por la parte más baja, lo que permitirá que la capa que se colocó en principio se consolide, esto

permitirá soportar a las siguientes capas de posiciones más altas.

En algunas ocasiones o tal vez en muchas, al estar colando el concreto, se forman aglomeraciones y bolsas de agregado grueso, éstas se deben distribuir cuando se detecten o antes de colar otra capa de concreto, éstas podrán ser eliminadas pasando ese agregado grueso segregado, sobre mortero y mezclando en el lugar por vibración u otros medios, ya que si hacemos la operación inversa de llevar mortero o concreto suelto sobre el agregado esto no corregiría este defecto pues el material grueso sigue en esa posición.

En resumen podríamos decir que en la colocación se debe evitar la segregación y no dañar a los demás elementos, como cimbra y acero de refuerzo.

La colocación debe programarse de tal manera que se realice lo más rápido posible y en capas que se puedan vibrar lo suficiente, es bueno que el concreto a medida que se acerque a la capa superior, tenga una consistencia más seca, por la exudación del concreto, "La exudación del concreto, es una forma de segregación que se manifiesta a través del flujo del agua de la mezcla, - generado sin influencia externa", en otras palabras se puede notar la presencia de agua en la superficie del concreto; que emerge del mismo.

Se recomienda en algunos casos de colocación del concreto en columnas y muros altos, aprovechar ventanas realizadas en la cimbra para depositar y vibrar el concreto. En elementos profundos, es importante cerciorarse siempre que el colado del concreto puede observarse desde el exterior de la cimbra, deben tenerse lámparas disponibles para observar el colado en muros y columnas de sección estrecha.

4.4.3 LLUVIA

Cuando se esta colocando concreto en días lluviosos, - es conveniente fijar los sistemas a seguir. En el caso que se este colocando el concreto y empiece la lluvia, para evitar tomar decisiones de prisa, si la lluvia es rápida, es conveniente simplemente proteger los elementos colados y el concreto que esté por colarse, y esperar que pase la lluvia.

Si la lluvia está por comenzar se deberán fijar zonas adecuadas para cortar el colado y al iniciarse la lluvia si no se

puede interrumpir el colado, utilizar concreto de bajo revenimiento, evitar el encharcamiento drenando adecuadamente, cubrir el -- área de trabajo con lonas o plástico hasta que el concreto haya -- fraguado, mantener inclinada la superficie del concreto para drenar el agua, es importante mencionar que si la lluvia dura un buen tiempo, y no se puede cubrir el material y la zona de colado con una estructura móvil mientras dura la colocación, fraguado y curado; se puede suspender el colado aunque se desperdicien concreto y materiales, ya que es más fácil diseñar una junta para continuar, -- que demoler una parte por baja resistencia.

4.4.4 COLOCACION EN CLIMA CALUROSO

Desafortunadamente por la naturaleza que representa el trabajo en la construcción del concreto, no es posible colar en -- épocas ideales, la naturaleza de la obra implica que tenemos que -- colar el concreto en cualquier época del año, ya sea clima templado, frío, o caluroso, en consecuencia el ingeniero se tiene que -- enfrentar a ciertos problemas como colar y curar el concreto en -- temperaturas extremas.

La influencia de las altas temperaturas en el concreto, provocan una evaporación rápida en el agua de mezclado, provocando la pérdida en el revenimiento y consistencia deseada; el concreto -- tiende a agrietarse en una forma rápida por contracción. Por lo -- tanto el concreto debe ser protegido durante, después de la colocación y operaciones de terminado de manera que no altere las propiedades para el cual fue diseñado. Es muy importante evitar que la temperatura del concreto permanezca por debajo de los 32° C.

Si es mucha el agua que se evapora; que la correspon-- diente para dar una trabajabilidad correcta, la hidratación no será completa. Un secado rápido, algunas veces causa problemas tales -- como: reducción de la resistencia, grietas plásticas debidas a la -- contracción, y en casos extremos sucede que puede causar grietas -- que se forman el primer día y a veces durante las primeras horas. Otro problema es que el concreto puede endurecerse antes de que sea compactado debido a un rápido fraguado del cemento y una excesiva -- absorción del agua de mezclado, por el agregado.

En estos climas varios factores afectan la velocidad de evaporación del agua en el concreto: la temperatura del medio am-- biente, la humedad relativa y la velocidad del viento son los facto-- res, en los que se tiene que tomar una mayor precaución en este ti-- po de climas.

Estos problemas los podemos reducir al mínimo tratando de seguir las siguientes recomendaciones:

Tener suficiente agua para regar la cimbra, agregados y para el curado, tener bolsas o láminas de polietileno o algún material impermeable, para proteger el viento y los rayos directos del sol. Organizar el programa de colocación en el mínimo tiempo posible, para tener el mínimo de retrasos. El concreto lo podríamos colocar durante la noche para evitar los rayos del sol o por la tarde, pero en este caso se tendrían que evaluar los costos para hacer esta operación y decidir que es más óptimo, si hacerlo de noche o de día, dependiendo de nuestra evaluación de costos.

Si la mezcla se realiza en la obra, tenemos que usar agregados "fríos", tratando de encontrar un sistema para lograrlo, en primer término no exponerlos a los rayos del sol directamente; es conveniente almacenarlos bajo la sombra, agregándoles agua frecuentemente y en algunos casos prevenir el uso de hielo, como parte del agua de mezclado para disminuir con ello radicalmente la temperatura de la mezcla.

Se deben colocar cubiertas temporales para conservar continuamente húmedo el concreto así como darle un acabado con el menor tiempo posible, como generalmente se cubre con láminas de polietileno; se descubre solamente la pequeña sección o parte que se le va a dar el acabado y se cubre de inmediato, es de suma importancia para evitar al mínimo la evaporación del agua el proteger al concreto de los rayos del sol directo y del viento. Se tiene que iniciar el curado tan pronto como sea posible.

En tiempo caluroso, es absolutamente necesario que el muestreo del concreto y la elaboración de los especímenes de prueba (cilindros), se realicen de acuerdo con las normas establecidas para estos casos, que es conservando bajo la sombra y en lugares húmedos, los cilindros hasta la edad de un día, (o en las mismas condiciones del concreto colado), en que deberán enviarse al laboratorio, para continuar recibiendo el curado hasta el momento del ensaye.

Otra solución sería el empleo de aditivos, para solventar una mayor demanda de agua. Esto se logra usando aditivos retardantes o bien reductores de agua o cementos de bajo calor.

4.4.5 COLOCACION EN CLIMA FRIO

Por razones obvias de trabajo, como se mencionó en el anterior subtema, no siempre es posible trabajar con las condiciones ideales, y en este caso cuando la colocación se lleva a cabo en condiciones de temperatura baja, deberán tomarse ciertas precauciones para asegurar un buen trabajo.

Se considera una temperatura baja, cuando las temperaturas del medio ambiente caen por debajo de los 7° C, cuando se tienen estas temperaturas, empiezan a crearse problemas en la colocación y en el período inicial de curado del concreto. Para proteger al concreto fresco del congelamiento y mantener las temperaturas mínimas permisibles del curado, se deberán planear los equipos y sistemas apropiados para realizar esta operación bajo condiciones de trabajo.

Las temperaturas extremas tienen efectos que pueden -- afectar la resistencia del concreto, si el concreto es colado a bajas temperaturas pero por encima de las de congelamiento (mayores de 4.5° C), pueden desarrollar resistencias superiores al colado en altas temperaturas en los primeros días, sin embargo el curado requiere de más tiempo, la velocidad de endurecimiento del concreto -- también se ve afectada por las temperaturas extremas, ya que esta depende de la hidratación del cemento y como es de esperarse, se -- tendrá una mayor hidratación en clima caluroso que en clima frío, -- por lo tanto en climas fríos el tiempo de endurecimiento será mayor, que en climas calurosos.

Para lograr que el agua que tiene el concreto no se congele, y ésta se expanda destruyendo la masa de concreto que en los primeros días tiene poca resistencia, se tiene que jugar con varios factores, como utilizar la menor cantidad de agua en la mezcla, utilizar cementos con elevada finura, para generar un mayor porcentaje de calor y emplear un agente inclusor de aire. Es importante en este tipo de climas usar cementos con elevada finura, pues además de -- generar una mayor cantidad de calor, nos proporciona un concreto de alta resistencia inicial, suficiente para el momento en que el agua trate de congelarse y expandirse.

Cuando el concreto se realiza en la obra es bueno seguir estas recomendaciones: utilizar cementos de alta resistencia inicial o en su defecto una mayor cantidad de cemento normal (tipo I), altas temperaturas de curado, se pueden usar aditivos acelerantes para fraguado, pero no son muy recomendables y no se debe depender de estos para prevenir el congelamiento del concreto.

Previamente al colado se debe asegurar que no se tengan superficies congeladas (escarcha o hielo), cuando las temperaturas

del aire están entre los 0° C y los 7° C, conviene calentar el agua de mezclado y cuando la temperatura es inferior a los 0° C y necesariamente se tiene que colar, se deberán calentar tanto el agua como los agregados.

En estos casos es conveniente llevar un control minucioso de los datos tales como: la fecha, hora, condiciones climáticas y temperatura, para tomar las precauciones que correspondan a esos datos, es conveniente proteger el concreto, también del aire además de las bajas temperaturas, mediante cubiertas que impidan el paso del aire, como techos o formar cámaras de aire caliente. En estos casos un método excelente de curado es con vapor; ya que éste logra calor y humedad. El vapor es práctico especialmente durante el frío extremo, debido a que la humedad que se logra con el vapor, elimina el rápido secamiento que ocurre cuando el aire es muy frío.

Es indudable que cuando se presentan climas extremos, el costo de la construcción aumenta, debido a las precauciones que se deben tener con el concreto, sin embargo, es importante tener en cuenta que lo que busca el ingeniero es optimizar, tratar de hacer el trabajo en el menor tiempo y costo posible, y con la calidad requerida, es por esto que en este tipo de trabajos, se deberán realizar evaluaciones profundas del problema que se va abordar, y decidir que es lo más adecuado, tanto económico como técnico, para realizar un trabajo correcto y satisfactorio.

4.4.6 JUNTAS

En la construcción del concreto lo óptimo siempre sería depositar el concreto requerido o total para un cierto elemento estructural o arquitectónico, pero en virtud de que no puede depositarse todo el concreto de la estructura en una sola etapa, se presentarán juntas entre las diferentes etapas de colocación del concreto. Es importante colocar las juntas en donde se eviten zonas débiles y de mala apariencia.

Para realizar una junta se debe hacer en un plano normal al acero de refuerzo principal, y en una zona de mínimo corte. En vigas y losa se deben planear para que la junta se realice al centro del claro. Para realizar una junta satisfactoria es necesario, que siempre el concreto muestre una superficie seca y limpia, para lograr esta superficie se puede poner una tira de madera que deberá ser removida apenas el concreto adquiere resistencia, y en seguida deberá lavarse la pasta de cemento de la superficie de la junta, para descubrir las partículas de arena sin que ésta se pierda y sin llegar a descubrir la grava.

Una superficie rugosa no es esencial, de hecho las mejores juntas se obtienen en superficies regulares y lisas, lo importante es que estén limpias de pasta de cemento; la nata -- que se forma por el sangrado o la exudación, deberá también ser removida cepillando y lavando la superficie con agua para exponer el agregado a la superficie.

4.4.7 COMPACTACION

Después de realizar las operaciones de fabricar, -- transportar y colocar el concreto, el siguiente paso es compactarlo, para asegurar que los constituyentes del mismo, estén distribuidos adecuadamente en el elemento colado, llenando todos -- los huecos, eliminando el aire indeseable y cubriendo el refuerzo y elementos embebidos en el concreto. Para llevar a cabo esta operación es necesario utilizar herramientas manuales o mecánicas, en la actualidad se utilizan vibradores; este equipo es -- uno de los más grandes avances en la tecnología del concreto.

La compactación es una actividad importante pues de ella dependerá reducir los vacíos que reducen la resistencia del concreto, una buena compactación siempre nos dará un concreto -- con propiedades impermeables, o en otras palabras reducimos la permeabilidad y esto a su vez, redundará en una buena durabilidad del concreto, además de proporcionar un excelente contacto entre el acero de refuerzo y el concreto, y es una buena defensa contra la agresión de fluidos que contengan sulfatos.

El varillado, el apisonamiento o incluso con el pie (pisonos de mano o mecánicos), son medios útiles para compactar el concreto, sin embargo la mejor manera, tanto en rapidez como eficiencia es la vibración.

En épocas anteriores, se utilizó el apisonado a mano, sin embargo en épocas recientes el uso de los vibradores de alta frecuencia ha venido a ser general, ya que éstos logran el objetivo buscado en la compactación del concreto, sacan el aire que se halla atrapado en la mezcla, vuelven el concreto más trabajable -- de modo que penetre en los lugares más difíciles, además esto permite utilizar menor cantidad de agua en las mezclas, provocando -- un aumento en la resistencia. En forma general lo que realizan -- los vibradores, es vencer la fricción de las partículas que constituyen el concreto, al vencer esta fricción el concreto se comporta como un fluido, y por razón natural se acomoda a cualquier recipiente, en este caso a cualquier cimbra.

Es importante indicar que una sobre vibración (más de la especificada) traerá como consecuencia que una gran capa de pasta de concreto alcance la cimbra y esto provoque un agrietamiento y segregación durante el secado en concretos pobres o de alto revenimiento de 12 a 15 cm.

En el mercado podemos encontrar varios tipos de vibradores, que generalmente trabajan por fuerza centrífuga, con algún mecanismo excéntrico o por medio de aire comprimido. Existen vibradores interiores que penetran dentro de la masa de concreto, - exteriores los cuales se apoyan en la cimbra y vibran a través de la misma, existen también los de superficie, los de este tipo --- transmiten su vibración a través de la superficie del concreto.

En la mayoría de los casos los concretos se compactan por inmersión de los vibradores, o en otras palabras se utilizan vibradores internos pues estos han demostrado ser los más eficientes, ya que toda la energía es transmitida al concreto y no se pierde absolutamente nada en la cimbra.

Los vibradores externos o de superficie deberán ser utilizados únicamente, cuando los vibradores internos no tengan acceso al elemento por vibrar.

Los vibradores pueden utilizar para su funcionamiento diferentes tipos de energía como: gasolina, electricidad o aire - (neumáticos); la elección de los vibradores se hace por lo general, con base a razones tales como: la facilidad de transporte, disponibilidad de suministro adecuado de electricidad o aire comprimido.

Los tamaños de los vibradores para los trabajos de concreto reforzado; son generalmente de diámetros que van desde 2.5 - hasta 7.5 cm. aunque también si el trabajo lo requiere hay vibradores con diámetros de 10 y 15 cm. pero su empleo generalmente está encaminado al concreto masivo, como en la construcción de presas - de concreto; por lo regular el radio de acción de los vibradores - internos está determinado por el diámetro y la frecuencia de vibración, sin embargo en la práctica es mejor juzgar el radio real de acción de determinado vibrador visualmente en el concreto. Es importante definir el radio de acción pues de él depende a que espaciamiento debemos hacer las inserciones del vibrador y con esto -- evitar el sobre vibrado en algunas partes del colado.

A manera de guía, se puede suponer un espaciamiento de 45 cm. aproximadamente para un radio de acción de 25 cm. para un vibrador de 6 cm. de diámetro, cuando se trata de un concreto de trabajabilidad mediana; los vibradores no deben ser menores que - la capa de concreto colada, pues de lo contrario, se corre el ries

go de que la parte superior no quede bien compactada, generalmente la longitud vertical de los vibradores son entre 35 y 60 cm.

Deberá tenerse cuidado que los vibradores no se utilicen para mover el concreto de la cimbra, sino que se usen para -- consolidar el concreto. Deberá procurarse la mayor velocidad de operación del vibrador y sobre todo tener a un operador experimentado que es quien debe hacerse cargo del vibrador, y no por la -- sencillez que pueda aparentemente mostrar la actividad, entregarse lo a cualquier operador que no conoce este trabajo.

El modo de realizar esta operación es de la siguiente forma: el vibrador deberá introducirse rápida y verticalmente en el concreto y no en forma inclinada, se debe sacar lentamente; al introducir el vibrador debe dejarse que penetre hasta el fondo de la capa lo más rápidamente posible y por su propio peso; al sacarlo lentamente debemos verificar que cierre el agujero que dejó el vibrador, es de suma importancia que el vibrador penetre totalmente en la capa que se está colocando y dentro de la capa inferior o que ya se colocó, esto es con el fin de unir completamente las dos capas y darle una revibración al concreto previamente colocado.

El tiempo requerido para lograr una compactación total no puede fijarse con precisión; ya que depende tanto de la trabajabilidad del concreto como del tamaño del vibrador, el tiempo puede variar de 5 a 15 segundos, para concretos de 2.5 a 7.5 cm. de revestimiento, sin embargo, en estos casos el operador experimentado conocerá mediante el tacto del vibrador, el tiempo requerido para -- efectuar la consolidación completa, el operador lo notará en función de la reanudación de la frecuencia de vibración después de un corto período de disminución de la frecuencia, porque una vez que se logra una mezcla suficientemente fluida, hará que regrese a su frecuencia original y el cambio de tono del vibrador se capta perfectamente. Otra forma es observar la apariencia de la superficie si ésta es aparentemente horizontal y brillante o cuando deja de aparecer en la superficie el aire atrapado, u observar que las partículas gruesas van bajando sin que éstas desaparezcan en su totalidad.

Es bueno evitar que el vibrador toque la cara de la cimbra, pues puede dañar la cara de ésta, o quedar marcada la superficie del concreto acabado, esto se puede evitar colocando el vibrador a unos 7.5 a 10 cm. de la cimbra, también hay que evitar que toque el acero de refuerzo, pues siempre que el concreto esté fresco, el acero de refuerzo al ser tocado por el vibrador y pasar las vibraciones al concreto fresco aún, no causa daño alguno y además puede mejorar la adherencia, el problema está en que las vibraciones en el acero de refuerzo puede transmitirse a una parte de concreto ya endurecido o con su fraguado inicial, en cuyo caso se afectará la -

adherencia de ese concreto con el acero.

Como se mencionó al principio de este subtema la sobrevibración puede afectar las propiedades de nuestro concreto, cuando este tiene revenimientos altos mayores a 7 u 8 cm., por lo tanto su sobrevibración debe limitarse y mucho más su sobrevibración para no tener problemas de segregación del agregado, por el contrario se ha encontrado que, con mezclas bien dosificadas y con revenimientos de 7 a 8 cm., el concreto queda de mejor calidad, cuando se vibra e inclusive cuando se sobrevibra.

4.4.8 CURADO

Esta es la última operación en lo que se refiere al trabajo del concreto. Cuando se mezcla el cemento con agua, tiene lugar una reacción química, esta reacción, es la hidratación; es la que hace que el cemento, y por tanto el concreto endurezca y en consecuencia desarrolle resistencia, y la resistencia sólo puede desarrollarse satisfactoriamente si el concreto se mantiene húmedo y a temperatura favorable, especialmente durante los primeros días.

La cantidad de agua de mezclado, normalmente es mayor que la cantidad que se requiere para la completa hidratación del cemento, entonces si se logra retener el agua original, se podrá lograr un muy buen curado del concreto: "El curado del concreto, es el medio para prevenir la evaporación del agua de mezclado".

Es de suma importancia mantener el curado los primeros días, que es la época que el concreto incrementa su resistencia en forma rápida, la resistencia deseada del concreto no se logra en el tiempo normal de curado, sin embargo, si dedicamos más tiempo a esta actividad resulta muy costoso y a veces los presupuestos y la naturaleza de la obra no lo permiten.

Algunas especificaciones indican que el concreto se debe proteger o mantener húmedo por lo menos 7 días, si se trata de concretos realizados con cemento normal y 4 días, si se trata de cementos de alta resistencia inicial. El curado es tan importante que se han dado normas y reglamentos (ACI-318-71), que determinan que se deben tener especímenes (cilindros) tanto en obra como en laboratorio y que estos especímenes de obra deben ser curados con los métodos utilizados para curar el volumen de concreto que se colocó, y cuando se realice la prueba de los especímenes de obra y laboratorio, la diferencia en la resistencia ($f'c$) no debe ser mayor del 15% ó 35 kg./cm², en otras palabras los especímenes de obra deben tener por lo menos el 85% de resistencia ($f'c$) de los especi-

menes curados en laboratorio; si los especímenes curados en obra no cumplen con ésto, se tendrá que recurrir a la extracción de - corazones y ensayar, esto para indicar si la estructura cumple - con lo proyectado o no.

La pérdida de agua en el concreto, también provoca -- que éste sufra contracciones o se "encoja"; esto provocará (antes que el concreto desarrolle resistencia a esa contracción) grietas debidas a la contracción o el encogimiento.

Inmediatamente después de colocar el concreto y com-- pactarlo se debe proteger al concreto del secado producido por el viento o el efecto de los rayos solares directos, esto se debe de realizar, como se indicó, durante el primer día después de su colocación. Las cimbras normalmente impiden la salida del agua y - ayudan, si se mantiene colocadas en el proceso de curado, sin em-- bargo, convendrá humedecerlas continuamente para evitar que aparez-- can grietas por contracción, principalmente en los bordes.

MÉTODOS

El curado puede efectuarse mediante la aplicación de diversos métodos y materiales que conviene considerar en dos grupos:

1. Aquellos que mantienen el agua o la humedad en con-- tacto estrecho con la superficie del concreto; tales como inundación, aspersión, arena húmeda o yute mojado.

2. Los que evitan la pérdida de humedad del concreto, tales como láminas de polietileno, papel de sacos de cemento, etc.

En el primer grupo, su utilización puede ser de la si-- guiente forma:

a). Cubrir con tierra o arena húmeda la superficie, aproximadamente 6 horas después del colado y manteniendo este ma-- terial constantemente húmedo.

b). Formar diques con tierra, arena o algún material disponibles para esta operación e inundar totalmente la superficie.

c). Regar periódica y continuamente la superficie, - esto tiene el defecto que si no esta adecuadamente supervisado no se puede aceptar como un buen proceso.

Cuando el concreto es regado, se debe tener muy en -- cuenta que no se debe dejar secar entre las diferentes aplicacio--

nes de agua, se tiene que realizar constantemente el riego para prevenir la posibilidad de "estrellamiento" o agrietamiento, causado por el alteramiento entre secado y húmedecido.

Aunque se ha demostrado mediante pruebas que los métodos del primer grupo son los más eficaces y pueden ser apropiados para algunos trabajos, tienen la desventaja que son muy costosos para algunos trabajos, tanto en materiales como en mano de obra.

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

Los métodos del segundo grupo como papel de sacos de cemento o láminas de polietileno, no requieren adiciones periódicas de agua; estos materiales se pueden aplicar inmediatamente o tan pronto como el concreto ha adquirido resistencia como para prevenir un daño en la superficie y tiene la ventaja que ofrecen protección del viento y rayos solares.

La temperatura de curado más favorable es entre 15 y 32°C. Esta temperatura generalmente es favorable en casi todo el país, solamente en lugares donde el clima es extremo como en -- algunos lugares del norte del país, en los que conviene enfriar o calentar el ambiente para lograr un buen curado.

Para un buen curado se debe conservar en la mente esta idea, entre más se humedezca el concreto y se mantenga un curado húmedo, mejor será la durabilidad, resistencia, impermeabilidad, resistencia al uso y estabilidad volumétrica del concreto.

CAPITULO V

U. N. A. M.

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCION.

INGENIERIA CIVIL.

ELABORACION, TRANSPORTE Y COLOCACION DEL CONCRETO.

En la actualidad los cementantes son los materiales más importantes en la construcción internacionalmente, por la necesidad que se tiene de fortalecer constantemente la infraestructura de los países, estos materiales no han sufrido variaciones notables en los últimos años, pero en el manejo y elaboración de mezclas se ha puesto mayor atención, para poder controlar y aprovechar todas sus propiedades; las que tienen una importancia especial en el concreto hidráulico, para que trabaje como se ha diseñado.

El concreto es una mezcla de diferentes materiales como: cemento, agregados pétreos (arena y grava), agua y en algunas ocasiones aditivos. El cemento es un material con características adhesivas como cohesivas, las cuales dan la capacidad de aglutinar fragmentos pétreos; en México se fabrican todos los tipos de cemento que se producen en el mundo.

En la actualidad existen varios tipos de cemento con características específicas como: el normal, de resistencia rápida, bajo calor de hidratación, resistencia a los sulfatos, etc.

Todos los elementos que intervienen en el concreto participan en su calidad, pero el agua, a la cual no siempre se da la importancia adecuada debe de cuidarse que no sea ácida, que no contenga altos porcentajes de sales, etc. Ya que modifican las propiedades del concreto; así su fabricación consiste en producir y entregar un volumen adecuado a la obra, con una calidad especificada.

Existen dos formas de fabricación del concreto; la primera es manualmente, realizada en sitio de la obra; y la segunda que es mediante maqui-

naría especializada, la que se realiza en campo o en forma industrializada conocida como premezclado; la decisión de optar por una u otra forma depende de una evaluación económica de los factores que intervienen como: el volumen necesario, el tiempo en que se debe proporcionar, localización, disposición de maquinaria, mano de obra, materiales, condiciones del contrato, etc.

Cuando el concreto es fabricado manualmente la dosificación es mediante botes o carretillas, pero el cemento se relaciona con estos mediante sacos. El mezclado de los materiales, es incorporar íntimamente todos los componentes; cuando es elaborado por medios mecánicos, la dosificación se realiza mediante peso o volumen; estas plantas pueden ser portátiles o estacionarias, todas cuentan con silos para almacenar cemento, tolvas para los agregados y tanques para el agua y los aditivos; las que entregan el material a un camión con una revoladora no basculante conocida en el medio, como "olla". En cambio, si es realizado manualmente se hace uso de la revoladora pequeña llamada "trompo".

El transporte de lugar de elaboración al sitio donde se va a colocar, es un factor de suma importancia ya que el objetivo de cualquier medio deberá ser el no alterar en forma significativa las propiedades del concreto.

La transportación puede ser en sentido horizontal, vertical o combinado; para lo cual se cuenta con botes, carretillas o carros de mano, utilizados generalmente en obras pequeñas a medianas y cuando los volúmenes no son considerables; para obras de gran tamaño o volúmenes altos, se dispone de medios mecánicos como: bogues o bujies, estos son carritos mecánicos y tienen la ventaja de descargar tanto frontal como lateralmente, los canales que es el sistema más simple y económico ya que el transporte se realiza mediante gravedad las bandas son sistemas mecánicos más costosos pero tienen una gran versatilidad y capacidad alta de transporte, en todos estos sistemas el transporte se considera horizontal; en tanto un transporte vertical se realiza mediante: sistemas de gruas con depositos llamados bombas de las que hay varios tipos, las que en realidad son recipientes para llevar el concreto en forma homogénea; por otra parte se utilizan las bombas que elevan el concreto por medio de tuberías hasta el lugar donde se depositará, tienen capacidades de transporte en sentido horizontal hasta de 600m y en forma vertical llegan a los 150m. Existen tres tipos de sistemas de bombeo, en general son: de pistón, neumático y de retaque; con estos sistemas se reduce notablemente la mano de obra, se mantienen las características del concreto sin variación y se reduce el tiempo de colado.

El colado debe entenderse como depositar el concreto y acomodarlo de tal manera que se logre el mínimo de vacíos en la cimbra, que es el molde del cual le dará la forma definitiva.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Dentro del costo del colado se debe tomar en cuenta el costo del acero y de la cimbra, de tal forma que si este no reúne las especificaciones estipuladas, su reparación tendrá un costo muy alto.

Así se debe tomar en cuenta que el concreto se tiene que colocar en capas horizontales que no excedan de 45cm de espesor; en caso contrario quedaría aire atrapado entre ellas, aunque el vibrador se utilice sería incapaz de eliminarlas; ya que este debe introducirse rápidamente en forma vertical y deberá sacarse lentamente, el tiempo de vibrado puede variar de 5 -15 seg para concretos con revenimiento de 5- 10cm.

Existen varios tipos de vibradores, en diámetro, de motor de gasolina o eléctricos y algunos especiales como los de cimbra.

En cada tipo de obra donde interviene el manejo del concreto hidráulico, es de suma importancia seleccionar los métodos de fabricación, el equipo de transporte y colocación más adecuados y convenientes, por encima de los que se crean más baratos, tomando en cuenta que las reparaciones tienen un costo muy alto, así el ingeniero civil tendrá la seguridad de obtener la calidad estipulada, el menor costo y tiempo de la obra.

U. N. A. M.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es notable el desarrollo logrado a partir de la utilización del concreto; su utilización directa se debe al Ing. Abrams y a su ley que a la fecha se sigue utilizando, siendo ésta la relación constante agua/cemento.

Tal como se indica en el capítulo II, el cemento portland se obtiene de la pulverización del clinker, el cual está constituido principalmente por los silicatos de calcio hidráulico, clasificándose en los siguientes tipos :

- I.- Construcciones en general.
- II.- Resistencia a los sulfatos y bajo calor de hidratación (moderado).
- III.- Alta resistencia a corta edad.
- IV.- Bajo calor de hidratación.
- V.- Alta resistencia a los sulfatos
Cemento Portland-Puzolana.

Debiendo cumplir con los requisitos químicos, de finura, tiempo de fraguado, resistencia a la compresión, calor de hidratación, fraguado falso, fraguado final, etc.

Actualmente en la industria de la construcción se utiliza el cemento portland-puzolánico tipo IP, debido entre otras cosas a que el cemento portland tipo I se destina a la exportación.

En relación a los agregados, éstos son los materiales que ocupan del 75% al 80% del volumen total del concreto. Deben poseer las propiedades de calidad establecidas en las normas o especificaciones de construcción; por ejemplo, el contenido de materia orgánica, granulometría, absorción, modulo de finura, etc. Estos destacan por su importancia y trascendencia que tienen en la elaboración de los concretos.

La utilización de los aditivos puede resultar benéfica si se conocen a fondo las propiedades y características de estos productos; incluir aditivos indiscriminadamente puede perjudicar nuestro concreto; por lo que deben realizarse pruebas comparativas o bien tener resultados anteriores.

Durante la fabricación del concreto, es importante - certificar que se realicen las actividades de pesos y medidas - con la mayor precisión posible, ya que al fabricarlo in situ, se pueden cometer errores de éste tipo. Por ésta razón, es de suma importancia calibrar el equipo con la periodicidad requerida - - (básculas, cuenta litros, etc).

El tiempo de mezclado en las mezcladoras, tanto basculantes como fijas, debe ser mayor de 1.5 minutos y menor de 4 - min., ya que si excede el tiempo de mezclado, se corre el riesgo de generar calor de hidratación indeseable en el concreto; esto puede provocar fraguados falsos y en consecuencia alterar sus - propiedades.

Dentro del transporte del concreto, existen múltiples equipos como son canalones, carros de mano, hasta equipos más - especializados como bombas, cable vía, etc.

El medio de transporte va a depender en grán medida - del ingenio del constructor, tratando de que el sistema a emplear sea el más adecuado y no el más económico.

Algunas veces por utilizar equipo menos costoso que el óptimo, puede acarrear problemas como segregación o pérdida de - consistencia en la mezcla, resultando obvio que el concreto no - tenga la calidad requerida.

En la etapa de colocación, el concreto debe colocarse en capas horizontales de espesores medios de 0.45 m., evitar la la segregación en el transporte, no dejar caer el concreto de - alturas mayores de 1.5 m.

Durante el proceso de vibrado, el vibrador debe introducirse verticalmente y no apoyarse en las cimbras ni en el acero de refuerzo, ya que se corre el riesgo de agrietar el concreto ya fraguado y que se colocó en la capa anterior; se debe tratar de evitar al máximo las juntas frías, colando los elementos - estructurales monolíticamente.

En concretos masivos, certificar el calor de hidratación mediante termómetros, poner una atención especial en el curado del concreto ya que en ésta etapa, nuestro concreto puede resultar de mala calidad, aún cuando en las operaciones anteriores se haya trabajado adecuadamente.

Para lograr una calidad excelente en los concretos, no basta tener agregados sanos ni dosificaciones correctas; el fabricar, transportar y colocar el concreto debe contar con los - recursos humanos necesarios y con la capacidad técnica suficiente para garantizar que las características con las que fué diseñado el concreto permanezcan inalteradas hasta el momento de su utilización.

Las demoliciones debidas a un mal vibrado son muy frecuentes en las estructuras de concreto reforzado; esto ocasiona retrasos y pérdidas cuantiosas en la obra. Estas situaciones se generan a causa de una deficiente preparación en el personal que lleva a cabo ésta operación, así como una mala planeación del equipo de vibrado.

Es de suma importancia tener una mayor atención en la capacitación del personal y al seleccionar el equipo; esto redundará en buenos resultados, garantizando un trabajo con la calidad requerida.

En nuestro país se están abriendo las fronteras a la construcción de grandes obras de infraestructura, lo cual representa en sí una oportunidad muy valiosa para la Ingeniería Civil. Construir estas obras representa para nosotros un reto para lograr resultados con una máxima eficiencia, calidad y costo para que los recursos que nos destinen logren el más alto índice de productividad.

ANEXO I

RELACION AGUA - CEMENTO

La resistencia del concreto, a una determinada edad, - con un curado a una temperatura establecida, depende principalmente de dos factores :

La relación agua/cemento y el grado de compactación.

"Cuando el concreto está totalmente compactado, se considera que su resistencia es inversamente proporcional a la relación agua/cemento".

De acuerdo a la ley establecida por Duff Abrame , la cual establece que para agregados y cementos iguales, la resistencia potencial a la compresión del concreto es prácticamente constante cuando la relación entre agua y cemento se mantienen constantes.

ANEXO II

CEMENTO PORTLAND PUZOLANICO

Su elaboración consiste en una mezcla íntima y uniforme de cemento portland y pozolana, la cual se obtiene a través de la molienda simultánea de clinker portland, puzolana y yeso. La puzolana forma del 15 al 30% de la mezcla total. Las puzolanas son materiales silicosos o silicoaluminosos con muy poco valor cementante; no obstante, en presencia de humedad reaccionan químicamente con la cal (hidróxido de calcio) que se libera durante la hidratación del cemento portland para formar compuestos con propiedades cementantes.

Este tipo de cemento se emplea para mejorar el concreto en cuanto a su resistencia a los sulfatos, bajo calor de hidratación, reduce la segregación y se emplea principalmente en obras hidráulicas, su resistencia a los 28 días es menor comparada con el cemento tipo I; para un diseño con las mismas características de relación agua/cemento y agregados. Sin embargo, en un período mayor de tiempo (90 días), la resistencia llega a ser la misma.

En México se utiliza en lugar del cemento tipo I, ya que éste se exporta a los Estados Unidos, Centro América y el Caribe.

- Construcción y control de calidad en obras de concreto.
Marcos J. Faradji
I.M.C.Y.C., 1973
- Práctica recomendable para la medición, mezclado, transporte y colocación del concreto.
Nueva serie I.M.C.Y.C./3, 1977
- Revista "Construcción y Tecnología".
Mayo 1989, Vol. 1, N-12
I.M.C.Y.C.
- Tecnología del concreto. Tomo I
A.M. Neville
México 1977
I.M.C.Y.C.
- Tecnología del concreto. Tomo II
A.M. Neville
México 1977
I.M.C.Y.C.
- Norma Oficial Mexicana (Nom).
 - . Nom C-45-83 Aditivos del concreto.
 - . Nom C-30-86 Agregados - muestreo.
 - . Nom C-73-83 Agregados para concreto.
 - . Nom C-111-88 Concreto - Agregados - Especificación.
 - . Nom C-299-87 Concreto Estructural - agregados ligeros - especificación.
 - . Nom C-305-80 Agregados del concreto - descripción - componentes - minerales naturales.
 - . Nom C-122-82 Agua para concreto.
 - . Nom C-155-87 Concreto premezclado - Especificación.
 - . Nom C-160-87 Concreto elaborado y curado en obra en especímenes de concreto.
 - . Nom C-277-79 Agua para concreto - muestreo.
 - . Nom C-1-80 Cemento Portland.
 - . Nom C-2-86 Cemento Puzolana.

BIBLIOGRAFIA

- Los áridos de la construcción, extracción, preparación, utilización.
Francisco Arredondo, José L. Escario y Núñez del Pino,
Varios - Editores Técnicos Asociados, S.A. -
Barcelona, España - 1967
- El concreto en la obra.
Tomo I
I.M.C.Y.C., México 1982
- El concreto en la obra.
Tomo II
I.M.C.Y.C., México 1982
- El concreto en la obra.
Tomo III
I.M.C.Y.C., México 1982
- Curado del concreto.
ACI - 308
I.M.C.Y.C., México 1981
- Colocación del concreto por método de bombeo.
ACI - 304
I.M.C.Y.C., México 1974
- Control de calidad del concreto por métodos de bombeo.
ACI - 704 - 4
I.M.C.Y.C., México 1975
- Cimbras y Moldes
H. G. Richardson
I.M.C.Y.C., 1978
- Memorias Construcción Autopista "Plan de Barrancas".
Ingenieros Civiles Asociados, S.A.
- Fabricación del concreto.
Avtia
I.M.C.Y.C., 1973