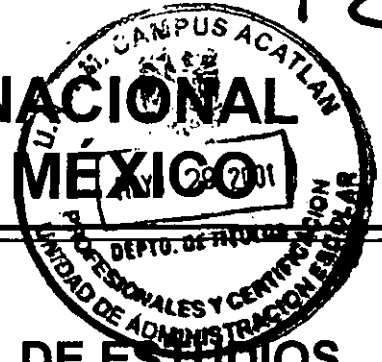




UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO



12

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES "ACATLÁN"

COLOCACIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN
CLIMA CÁLIDO.

292865

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A :
M A R C O A N T O N I O G A L Á N J I M É N E Z

ASESOR: ING. SERGIO E. ZERECERO GALICIA

MAYO DE 2001



UNAM
CAMPUS ACATLÁN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

Doy gracias a Dios y a mis padres, su presencia me motiva a continuar las metas que me he propuesto alcanzar.

Ing. Sergio E. Zerecero Galicia: Gracias por su tiempo, con su apoyo he conseguido finalizar una de las etapas más importantes de mi carrera; quiero decirle que su experiencia y profesionalismo son motivo de admiración para mi.

Ing. Pedro Luis Benítez Esparza: Gracias por interesarse en mi proyecto de tesis y brindarme la oportunidad de visitar la presa; el estar en una obra de este tipo, ha sido la experiencia más valiosa que he tenido en el área de la ingeniería.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, a mis profesores de la ENEP Acatlán; agradezco especialmente a los ingenieros:

Ing. Leonardo Alvarez León.

Ing. Enrique Del Castillo Fragoso.

Ing. José Luis Terán Pérez.

Ing. Juan Alfredo Corona Pérez.

Ing. Manuel Gómez Gutiérrez.

Ing. Pablo Pavía.

A la empresa Ingenieros Civiles Asociados (ICA), por todas las facilidades que me otorgó durante mi estancia en Huites, Choix, Sinaloa.

Índice

Índice.

Introducción	1
Antecedentes.	3
Capítulo 1	
Selección de los materiales del concreto hidráulico.	
1.1 Cemento	5
• Proceso de fabricación del cemento.	6
• Tipos de cemento Portland.	11
• Cementos modificados.	13
• Propiedades químicas del cemento Portland.	16
• Propiedades físicas del cemento Portland.	17
1.2 Agregados pétreos " arena y grava" .	19
1.3 Agua de mezclado para el concreto.	22
• Efecto del agua.	23
1.4 Transporte y almacenamiento del cemento.	25
1.5 Dosificación y normatividad.	26
• Prueba de revenimiento.	28
• Procedimiento para dosificar mezclas de concreto.	29
Capítulo 2	
Uso de Aditivos.	
2.1 Definiciones.	33
2.2 Características físicas y químicas.	35
2.3 Tipos de aditivos.	37
• Aditivos inclusores de aire.	37
• Aditivos reductores de agua.	37
• Aditivos retardantes.	38
• Aditivos acelerantes.	39
• Aditivos superplastificantes.	40
• Aditivos minerales finamente divididos.	41
• Efectos de los aditivos minerales finamente divididos sobre el concreto fresco.	44
• Efectos de los aditivos minerales finamente divididos sobre el concreto endurecido.	47
2.4 Usos y normatividad.	54
• Fichas técnicas de distintos aditivos.	56

Capítulo 3.

Efectos de la temperatura en el concreto hidráulico.

3.1. Efectos que se producen.	83
• Efectos perjudiciales del clima en el concreto.	87
• Hidratación del cemento.	87
• Evaporación del agua.	88
• Cambios volumétricos.	90
3.2 Preparación de los materiales.	91
3.3 Precauciones a seguir.	93
3.4 Calor de hidratación.	95

Capítulo 4

Transporte, colocación y acabado del concreto.

4.1 Recomendaciones.	97
4.2 Preparación antes de iniciar.	98
4.3 Transportación del concreto.	101
• Equipo para transportar concreto.	101
• Elección del mejor método.	109
4.4 Colocación del concreto.	111
• Preparación previa al colado.	111
• Forma de depositar el concreto.	112
• Consolidación del concreto.	113
• Vibración del concreto.	114
• Vibración interna.	115
• Vibración externa.	116
4.5 Acabado del concreto.	119
• Aplanado.	119
• Bordeado y junteado.	120
• Emparejado.	121
• Alisado.	122
• Escobillado.	122

Capítulo 5.

Construcción de la cortina de la presa Huites.

5.1. Localización de la presa.	123
5.2 Aspectos geotécnicos e hidráulicos.	124
5.3 Sistema de enfriamiento del concreto.	128
• Composición de las mezclas.	129
• Especificaciones del concreto.	129
5.3.1 Pre-enfriamiento del concreto	131
5.3.2 Selección del mejor sistema.	133
• Cuadro comparativo.	145
5.3.3 Post-enfriamiento del concreto.	147
5.4 Descripción y equipos del sistema.	149
5.5 Resultados.	151

Conclusiones. 153

Bibliografía. 155

Introducción.

Introducción.

El presente trabajo pretende ejemplificar de manera práctica los efectos que las altas temperaturas climáticas ejercen sobre cualquier tipo de colocación de concreto hidráulico, el cual, al ser mezclado, transportado y colocado bajo estas condiciones climáticas, aunado a la baja humedad o viento, (estos últimos factores afectan principalmente la velocidad en la pérdida de agua del concreto), requiere de una total comprensión de estos factores ambientales, los cuales ejercerán influencias negativas sobre las propiedades del concreto si no se toman las precauciones requeridas durante la fabricación, colocación y acabado de las estructuras que se construyan en este tipo de zonas de altas temperaturas; una vez que se hayan comprendido plenamente estos factores será necesario aplicar las medidas necesarias para eliminar o minimizar los efectos indeseables causados por las condiciones climáticas, aunque es importante destacar que una de las dificultades más serias que deben vigilarse en zonas con condiciones extremas de altas temperaturas, es la poca costumbre del personal técnico y obrero de soportar un clima caluroso por el notable desgaste de energía al realizar este tipo de trabajo.

Se presenta en el capítulo 1 y 2, los componentes del concreto hidráulico: el cemento, los agregados pétreos (arena y grava), el agua de mezclado para el concreto y el uso de aditivos, además de la normatividad vigente que determina las características de cada uno de los componentes de la mezcla para su uso y aplicación; el capítulo 3, menciona los efectos negativos que las altas temperaturas climáticas ejercen sobre el concreto hidráulico, así como una serie de medidas para contrarrestar tales efectos.

En el capítulo 4, se describe detalladamente el transporte, la colocación y el acabado del concreto hidráulico de acuerdo a los lineamientos del American Concrete Institute (ACI), así como una serie de recomendaciones para realizar estas actividades, con la finalidad de dar al concreto la resistencia y calidad especificadas en cada uno de los proyectos donde se use el concreto hidráulico.

Finalmente, en el capítulo 5 se presenta un ejemplo práctico de la colocación del concreto hidráulico en la cortina de la presa Huites, ubicada en el norte de la República Mexicana, la cual por su ubicación geográfica, presenta altas temperaturas climáticas, razón por la cual se exigió implementar todos los recursos técnicos existentes y de alta tecnología de punta para solventar este problema.

Se tratará de llevar una secuencia lógica de todos los elementos que intervienen en la colocación del concreto hidráulico en zonas cálidas como pudieran ser: los agregados, el contenido de agua y cemento, las altas temperaturas, los aditivos, el enfriado de materiales, la evaporación, el fraguado (endurecimiento), el hielo, la humedad, los acabados, la inspección del laboratorio, métodos de producción, mezclado, preparación en la obra, velocidad del viento, proporcionamiento de mezclas, pruebas en campo y transportación, entre otros.

Es importante destacar el hecho de que ignorar los procedimientos de colocación del concreto hidráulico en este tipo de zonas cálidas, dará por resultado la aparición de efectos indeseables en las estructuras, reduciéndose así, la vida útil para la que fueron diseñadas.

Antecedentes.

El clima cálido provoca problemas en la fabricación, colocación y el curado del concreto hidráulico y afecta de manera adversa las propiedades y la durabilidad del concreto ya endurecido, por este motivo se deben identificar tales problemas y explicar algunas prácticas que se utilizan para la colocación del concreto hidráulico en climas cálidos con el propósito de disminuir los efectos adversos que pueden presentarse, lo cual se verá reflejado en un concreto con mejores características en su estado plástico y en su estado endurecido; una vez que se conozcan los efectos desfavorables que producen las altas temperaturas se puedan tomar las precauciones necesarias y así reducir riesgos en la colocación de concretos en distintas construcciones tales como: presas, pavimentos rígidos, puentes, edificios y estructuras diversas.

Es importante mencionar que los efectos desfavorables ocasionados por el clima cálido en la colocación del concreto hidráulico, no se pueden evitar por completo, por lo que es necesario confiar en la experiencia y en el criterio del personal que llevará a cabo estos trabajos, teniendo como objetivo principal, lograr la relación más adecuada entre calidad, economía y utilidad.

Las precauciones, así como el proceso de colocación, dependerá del tipo de construcción que se realice y de la experiencia y control de la mano de obra.

Dado que en raras ocasiones funciona el improvisamiento en la colocación del concreto en zonas cálidas por parte de personas no especializadas y desacostumbradas al clima cálido, es necesario, que se tomen medidas preventivas, haciendo hincapié en la evaluación de los materiales, la planeación y las compras anticipadas de los mismos y la estricta coordinación en todas las etapas de la obra.

a) Definición de clima cálido.

El clima cálido se define como cualquier combinación de alta temperatura ambiente, baja humedad relativa y velocidad del viento que tienda a perjudicar la calidad del concreto, ya sea en estado fresco o endurecido que de cualquier manera provoque el desarrollo de anomalías en las propiedades de éste.

b) Principales efectos del clima cálido.

De forma general los efectos indeseables que el clima cálido ejerce sobre el concreto hidráulico en estado plástico son los siguientes:

- Incremento en los requerimientos de agua.
- Incremento en la rapidez de la pérdida de revenimiento y la correspondiente tendencia a añadir agua en el lugar de la obra.
- Incremento en la rapidez del fraguado, que tiene como resultado una mayor dificultad en el manejo, el acabado y el curado, además de aumentar la existencia de juntas frías.
- Incremento en la tendencia al agrietamiento plástico.
- Incremento en la dificultad para controlar el contenido de aire incluido.

Además de los anteriores, el clima caluroso puede afectar al concreto ya endurecido mediante los siguientes efectos desfavorables:

- Reducción de la resistencia como resultado del alto requerimiento de agua y de un incremento en el nivel de temperatura.
- Incremento en la tendencia a la contracción por secado y al agrietamiento térmico diferencial.
- Reducción de la durabilidad.
- Reducción en la uniformidad de la apariencia superficial.

Existen también otros factores que complican las operaciones de colocación del concreto hidráulico, los cuales pueden ser:

- El uso de cementos finamente molidos con mayor rapidez de hidratación.
- El uso de concreto con alta resistencia a la compresión, que requiere un mayor contenido de cemento.
- El diseño de secciones delgadas de concreto con el correspondiente aumento en el porcentaje de acero de refuerzo.
- Mayor capacidad de los camiones para la entrega del concreto.
- Requerimientos para la movilización de grandes volúmenes de concreto de bajo revenimiento a lo largo de mayores distancias tanto horizontales como verticales.
- Incremento en el uso de equipo para bombeo de concreto.
- Incremento en el uso de bandas transportadoras.
- Necesidad de índole económica de continuar el trabajo en climas extremadamente cálidos.
- El uso de cemento de contracción compensada.
- El rendimiento que ofrece el personal de obra en este tipo de climas puede verse afectado, lo que da por resultado mayor tiempo de terminación de obra.

Capítulo 1

Selección de los materiales del concreto hidráulico.

Capítulo 1

Selección de los materiales del concreto hidráulico.

1.1 Cemento

El vestigio más conocido de materiales cementantes usados para la construcción se halla en los acueductos romanos y la Vía Apia, edificados hace más de 23 siglos, se sabía muy poco de estos primeros materiales cementantes hasta que en 1756 John Smeaton, un empleado del gobierno inglés, descubrió que al calcinar una mezcla de piedra caliza y arcilla, ésta se endurecía hasta convertirse en una masa sólida, posteriormente a este descubrimiento, James Parker, de Inglaterra, obtuvo una patente en 1796 por su cemento romano, que después fue conocido como cemento natural, el proceso de Parker consistía en calcinar piedra o productos de arcilla en un horno de cal y triturar las escorias (clinkers), hasta reducirlos a polvo; Fue hasta 1824 cuando Joseph Aspdin, un albañil inglés, obtuvo la patente por un cemento mejorado, al que llamó Portland porque su aspecto, al endurecerse, se asemejaba a una piedra gris muy dura que se encuentra en la isla de Portland, Inglaterra, aparentemente Aspdin descubrió que un calcinado más intenso de la mezcla de piedra, caliza y arcilla producían un cemento más duro que el del proceso anterior, por lo que durante 20 años aproximadamente, diversos experimentadores continuaron aportando pequeñas mejoras al proceso de fabricación de Aspdin, hasta que Isaac Johnson descubrió un método de molienda que pulverizaba los pequeños trozos de clinker que el proceso anterior dejaba íntegros, mejorando poco a poco la fabricación del cemento; Durante los años siguientes se hicieron modificaciones adicionales: se agregaron químicos y se experimentaron y mejoraron diversos métodos de calcinado y de molienda, hasta lograr el cemento que conocemos en la actualidad.

Proceso de fabricación del cemento.

El cemento Portland moderno es un material finamente pulverizado constituido por cuatro ingredientes principales:

- Cal
- Sílice
- Alúmina, y
- Óxidos de hierro

Para obtener el tipo de cemento Portland que se requiera, se varía la proporción de estos cuatro principales compuestos químicos y se ajusta el grado de finura, el proceso consiste en vaciar los materiales en un gran horno cilíndrico de acero, conocido como horno rotatorio, para ser calcinados a temperaturas de 1480 °C aproximadamente, para que después, el clinker producido se enfríe y se pulverice, durante este proceso, se añade una pequeña cantidad de yeso para retardar el tiempo de fraguado, ya que de lo contrario, los ingredientes originales fraguarían demasiado rápido; en el proceso de pulverización se incluyen activadores químicos de molienda, agregados en pequeñas cantidades para incrementar la finura y propiciar un incremento en la producción.

El cemento deberá cumplir con alguna de las siguientes especificaciones para cemento Portland:

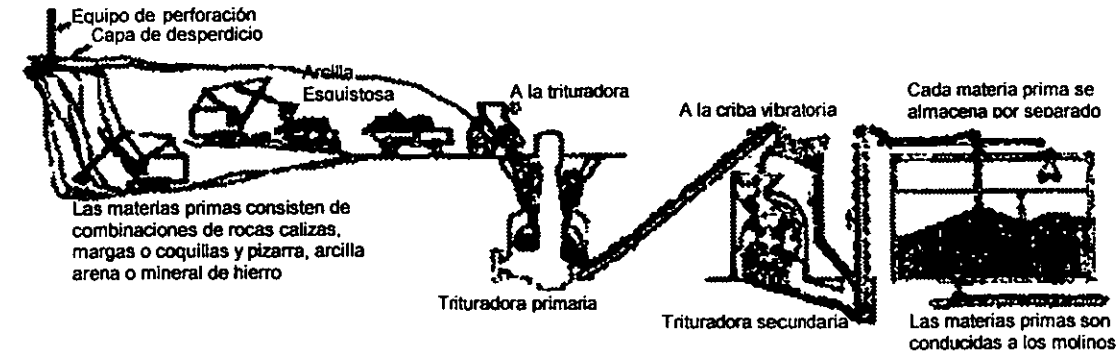
- a) "Specification for Portland Cement" (American Society for Testing and Materials C-150)
- b) "Specification for blended hydraulic cements" (American Society for Testing and Materials C-595), se excluyen los tipos "S" (cemento con escoria) y los "SA" (cemento con escoria incluso de aire) ya que no se emplean como constituyentes cementantes principales en el concreto estructural.
- c) "Specification for Expansive Hydraulic Cement" (American Society for Testing and Materials C-845)

Comúnmente los agregados poseen una temperatura más alta que la del medio ambiente si permanecen expuestos al sol, el cemento puede suponerse a una temperatura entre la del ambiente y un valor más alto que depende de su antigüedad de fabricación, el agua por su alto calor específico, tiende a mantenerse en un nivel de temperatura algo menor y más uniforme que el medio ambiente, salvo que reciba directamente calor solar, de esta manera, si no se ejercen acciones en contrario, al hacer el balance de estas condiciones puede esperarse que la temperatura del concreto al ser mezclado tienda a ser en promedio, algo mayor que la del medio ambiente, es decir, que para poder colocar el concreto a una temperatura máxima de 27 °C o de 32 °C, sin adoptar medidas preventivas, es necesario que la temperatura ambiente sea menor de 27 °C en clima seco y menor de 32 °C en clima húmedo.

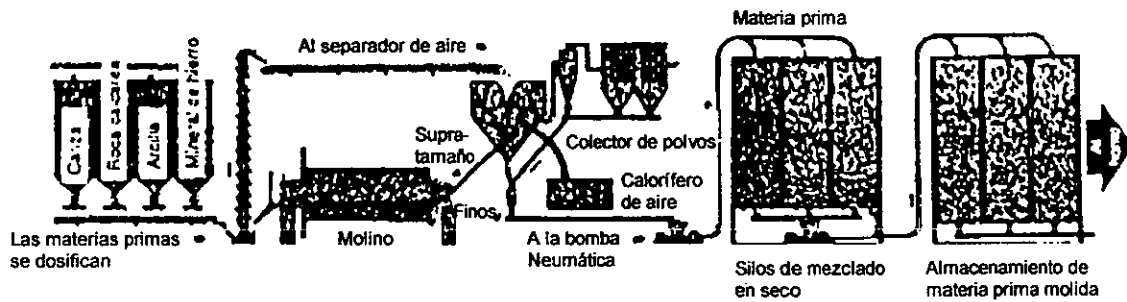
Las figuras 1.1.1 y 1.1.2 ilustran de manera práctica las etapas de fabricación del cemento Portland en donde se identifican dos procesos en la fabricación, por vía seca y por vía húmeda mientras que la figura 1.1.3 muestra el proceso moderno en la fabricación de cemento Portland por vía seca.

Proceso de fabricación del cemento por vía seca.

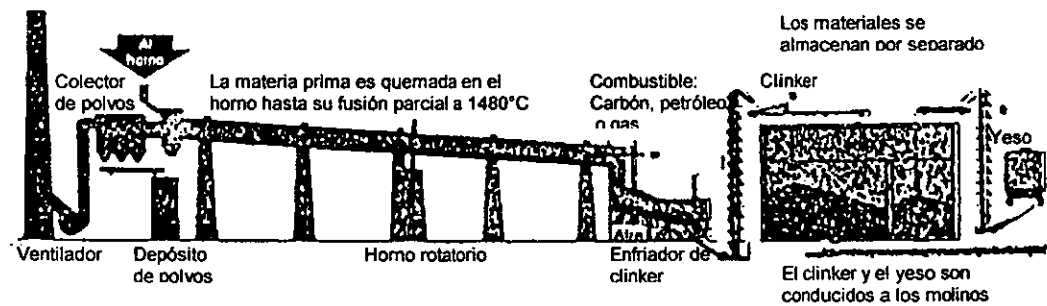
1.- La roca se tritura primero hasta obtener un tamaño de 127 mm, luego hasta 19 mm (3/4") y se almacena.



2.- Las materias primas se muelen hasta obtener polvos y se mezclan.



3.- La calcinación transforma químicamente a la materia prima en clinker de cemento.



4.- El clinker se muele junto con el yeso para convertirlo en cemento Portland y se embarca.

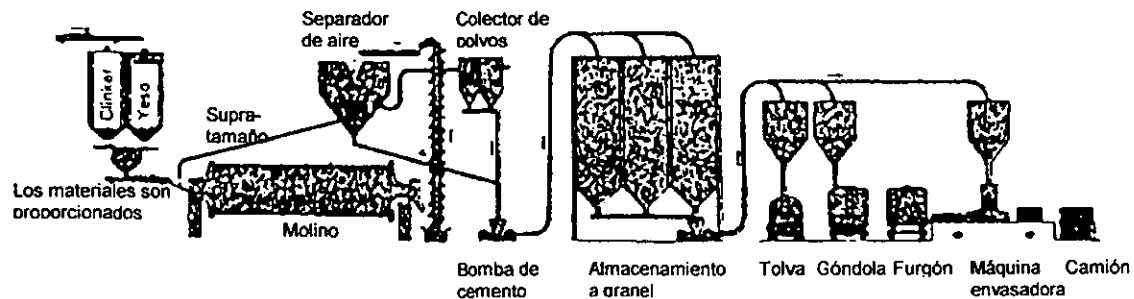
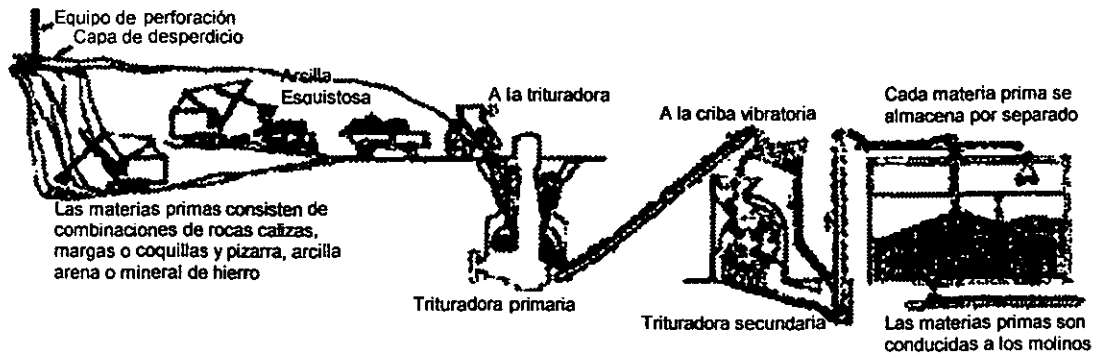


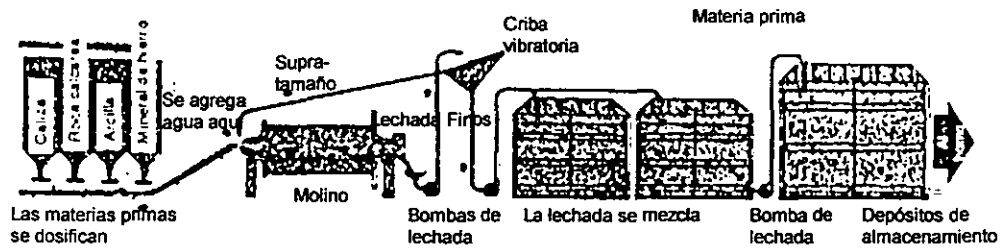
Figura 1.1.1 Etapas en la fabricación del cemento Portland por vía seca, de acuerdo a la publicación Proyecto y control de mezclas de concreto IMCYC.

Proceso de fabricación del cemento por vía húmeda.

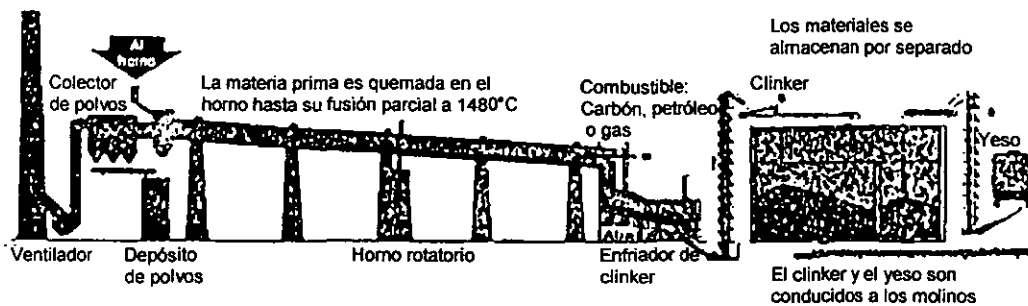
1.- La roca se tritura primero hasta obtener un tamaño de 127 mm, luego hasta 19 mm (3/4") y se almacena.



2.- Las materias primas se mezclan con agua para formar una lechada y se combinan.



3.- La calcinación transforma químicamente a la materia prima en clínker de cemento.



4.- El clínker se muele junto con el yeso para convertirlo en cemento Portland y se embarca.

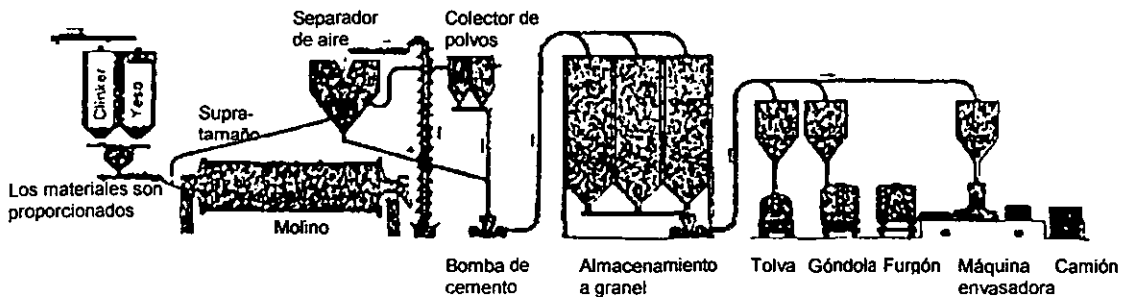
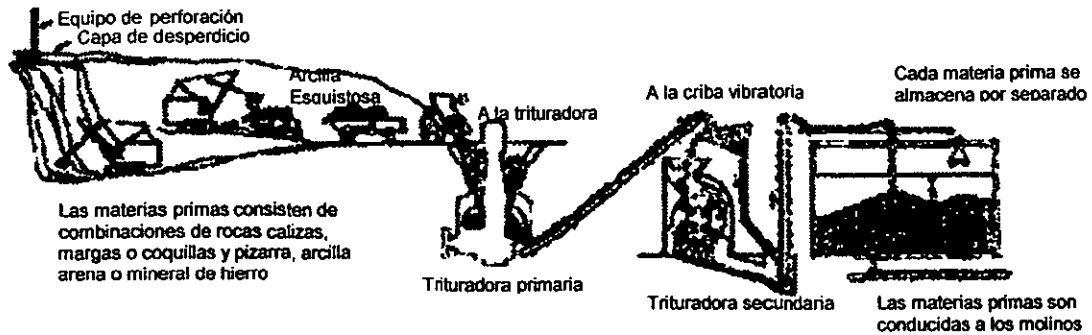


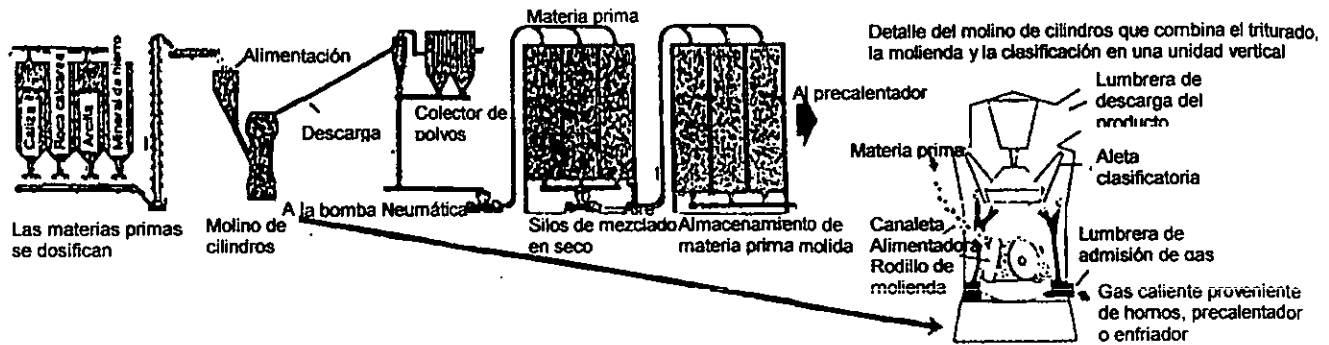
Figura 1.1.2 Etapas en la fabricación del cemento Portland por vía húmeda, de acuerdo a la publicación Proyecto y control de mezclas de concreto IMCYC.

Proceso de fabricación del cemento con nueva tecnología por vía seca.

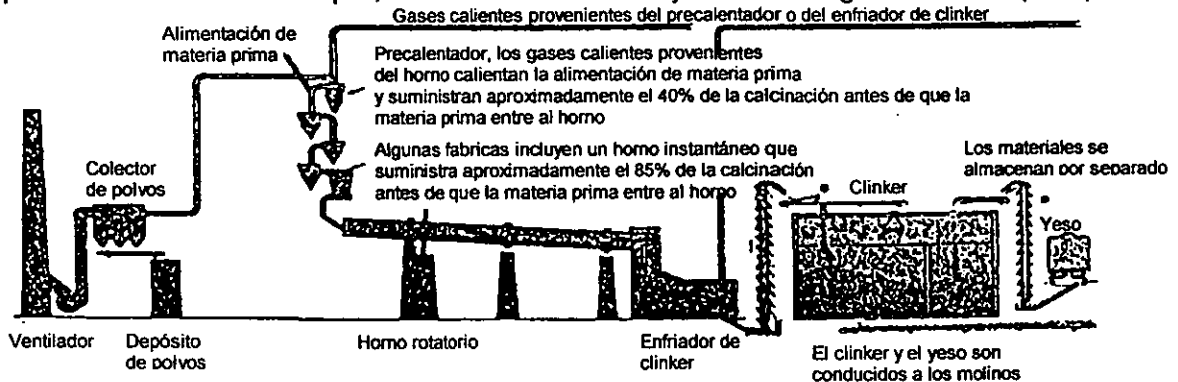
1.- La roca se tritura primero hasta obtener un tamaño de 127 mm, luego hasta 19 mm (3/4") y se almacena.



2.- Las materias primas se muelen hasta obtener polvos y se mezclan.



3.- La calcinación transforma químicamente a la materia prima en clinker de cemento, note el precalentador de cuatro etapas, los hornos instantáneos y la menor longitud del horno principal.



4.- El clinker se muele junto con el yeso para convertirlo en cemento Portland y se embarca.

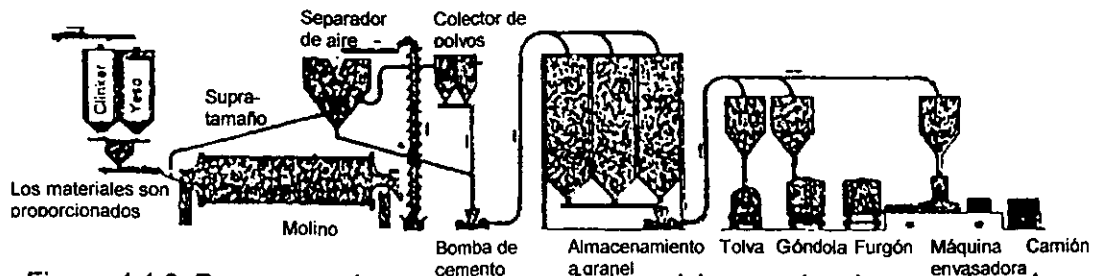


Figura 1.1.3 Proceso moderno en la manufactura del cemento, de acuerdo a la publicación Proyecto y control de mezclas de concreto IMCYC.

Tipos de Cemento Portland.

La norma C-150 "Especificación estándar para cemento Portland " de la American Society for Testing and Materials (ASTM), mencionada con anterioridad, estipula ocho tipos de cemento Portland, o bien, cinco tipos normales y tres cementos modificados, los cuales describiremos a continuación:

Tipo I	Normal.
Tipo IA	Normal, inclusivor de aire.
Tipo II	De resistencia moderada a los sulfatos.
Tipo IIA	De resistencia moderada a los sulfatos, inclusivor de aire.
Tipo III	De alta resistencia a edad temprana.
Tipo IIIA	De alta resistencia a edad temprana, inclusivor de aire.
Tipo IV	De bajo calor de hidratación.
Tipo V	De resistencia elevada a los sulfatos.

Cemento tipo I.

Es un cemento Portland estándar de uso general, empleado en cualquier construcción en la que no se requieren las propiedades especiales de otros tipos de cementos. Se utiliza en concretos que no estén sujetos al ataque de sulfatos existentes en el suelo, en el agua o en concretos que tengan un aumento de temperatura debido al calor generado durante la hidratación, entre sus usos se incluyen pavimentos, pisos, edificios de concreto reforzado, puentes, estructuras para vías férreas, tanques y depósitos, tuberías, mamposterías y otros productos de concreto prefabricado.

Cemento tipo II.

Es un cemento Portland modificado, empleado en la construcción general, cuando el concreto está expuesto a la acción moderada de sulfatos, como ocurre en las estructuras de drenaje donde las concentraciones de sulfatos, existentes en las aguas freáticas, son mayores de lo normal, pero sin llegar a ser demasiado severas. Es un cemento ligeramente retardante que genera calor con mayor lentitud, ya que demora el fraguado, es una buena opción para colar concreto en climas cálidos.

Cemento tipo III.

Es un cemento Portland de alta y rápida resistencia, empleado cuando se desean resistencias más elevadas a edades más cortas, normalmente a una semana o menos, permite el pronto retiro de cimbras y el paso de tráfico a una edad más corta. Químicamente y físicamente es similar al cemento tipo I, excepto que sus partículas han sido molidas más finamente.

Cabe mencionar que el cemento de los tipos I, II y III adquiere aproximadamente la misma resistencia a la edad de tres meses y que algunos productores de concreto no mantienen existencias del cemento tipo III en sus silos de cemento, debido a la escasa demanda de este material, en tal caso, para crear un concreto que cumpla con los requisitos de rápida y alta resistencia, se agrega un saco extra de cemento tipo I y II por cada $\frac{3}{4}$ de m^3 de concreto y se mezcla a gran velocidad antes de descargarlo en la obra, aunque con esta práctica se eleva considerablemente el costo del concreto, por lo que se deberá realizar el análisis de costo correspondiente.

Cemento tipo IV.

Es un cemento Portland de bajo calor de hidratación, desarrolla resistencia a una velocidad muy inferior a la de otros tipos de cemento, es empleado en estructuras masivas, tales como presas, en donde es necesario controlar de manera estricta el calor de fraguado.

Cemento tipo V.

Es un cemento Portland de alta resistencia a los sulfatos, empleado para proteger el concreto expuesto a la acción severa de los sulfatos, así como en las áreas en las que el suelo o las aguas cercanas tienen un elevado contenido de sulfatos, la elevada resistencia a los sulfatos se atribuye al bajo contenido de aluminato tricálcico (C_3A).

Cementos Modificados.

Cementos Portland inclusores de aire.

Algunos de los cementos antes mencionados (Tipos IA, IIA y IIIA) contienen agentes inclusores de aire desde su fabricación, estos cementos producen concretos con resistencias mejoradas contra la acción de la congelación-deshielo y contra la descamación provocada por la aplicación de productos químicos para remover el hielo o la nieve, los concretos fabricados con este tipo de cemento contienen diminutas burbujas de aire uniformemente distribuidas y totalmente separadas entre sí.

Cemento blanco

El cemento blanco es un cemento Portland que difiere del gris únicamente por el color, ya que se fabrica de acuerdo a la norma ASTM C-150 , el color blanco se obtiene al minimizar las cantidades de óxidos de hierro y de manganeso, mismas que dan el color gris al cemento, este tipo de cemento se utiliza con fines arquitectónicos principalmente.

Además del cemento Portland empleado en el concreto de uso común, se fabrican muchas otras clases diferentes de cemento para diversos fines, el mortero manufacturado, por ejemplo, no es un cemento Portland, se fabrica de manera diferente para producir una característica deseada con el fin de colocar unidades de mampostería con mejor adherencia y es más o menos de autocurado, algunos cementos son Portland modificados como el cemento anticontracción, el expansivo, el de pozo petrolero, el aluminoso, el cemento para bloques y tuberías, así como el cemento puzolánico.

Cementos tipo IS.

El cemento Portland de escoria de alto horno, tipo IS, se puede emplear en las construcciones de concreto en general. Al producir este tipo de cemento, la escoria de alto horno granulado de calidad seleccionada, se muele junto con el clinker de cemento Portland, o se produce por medio de una combinación de molienda y mezclado, el contenido de escoria de alto horno de este cemento varía de entre el 25% y el 70% del peso, se pueden especificar inclusión de aire, resistencia moderada a los sulfatos o moderado calor de hidratación, agregando los subfijos A, MS o MH.

Cemento tipo IP y tipo P.

Los tipos IP y P sirven para designar a los cementos Portland puzolana, el tipo IP puede ser empleado en construcciones en general y el P se utiliza en construcciones donde no sean necesarias resistencias altas a edades tempranas; el tipo P se utiliza normalmente en estructuras masivas, como estribos, presas y pilas de cimentación. Estos cementos se fabrican moliendo clinker de cemento Portland con una puzolana propia; Mezclando cemento Portland o cemento Portland de escoria de alto horno junto con una puzolana o por una combinación de los dos procesos. El contenido de puzolana de los dos cementos se encuentra entre el 15% y el 40% en peso

Cemento tipo I (PM).

El cemento Portland tipo I (PM), modificado con puzolana, se emplea en todo tipo de construcciones de concreto, se fabrica combinando cemento Portland o cemento Portland de escoria de alto horno con una puzolana fina, lo anterior se puede lograr de la siguiente manera:

- 1.- Mezclando el cemento Portland con puzolana.
- 2.- Mezclando el cemento Portland de escoria de alto horno con puzolana.
- 3.- Moliendo conjuntamente el clinker del cemento Portland con puzolana.
- 4.- Por medio de una combinación de molienda conjunta y de mezclado.

Cemento tipo S.

El cemento tipo S, de escoria, se utiliza comúnmente en donde se requieran resistencias inferiores, la fabricación se realiza mediante alguno de los siguientes procesos:

- 1.- Mezclando escoria molida de alto horno y cemento Portland.
- 2.- Mezclando escoria molida de alto horno y cal hidratada.
- 3.- La combinación de mezclar escoria molida de alto horno, cemento Portland y cal hidratada.

El contenido mínimo de escoria es del 70% del peso del cemento.

Cemento Tipo I (SM).

El cemento Portland modificado con escoria, tipo I (SM) se puede emplear en todo tipo de construcciones de concreto, la fabricación se realiza mediante alguno de los siguiente procesos:

- 1.- Combinando durante la molienda el clinker de cemento Portland y alguna escoria granular de alto horno.
- 2.- Mezclando cemento Portland con alguna escoria granular de alto horno finamente molida.
- 3.- Por la combinación de molienda y mezclado.

El contenido de escoria es inferior al 25% del peso del cemento terminado, este tipo de cemento también se puede designar con inclusión de aire, resistencia moderada a los sulfatos o moderado calor de hidratación.

Cementos de albañilería.

Son cementos hidráulicos diseñados para emplearse en morteros para construcción de mampostería, se componen de alguno o varios de los siguiente compuestos: cemento Portland, cemento Portland puzolana, cemento Portland de escoria de alto horno, cemento de escoria, cal hidráulica y cemento natural, además contienen normalmente materiales como la cal hidratada, caliza, greda, conchas calcáreas, talco, escoria o arcilla; los materiales se seleccionan de acuerdo a su capacidad para impartir trabajabilidad, plasticidad y retención de agua a los morteros.

La trabajabilidad, resistencia y color de los cementos de albañilería se mantienen a niveles uniformes gracias a los controles durante su manufactura, además de ser empleados en morteros para trabajos de mampostería, los cementos de albañilería se pueden utilizar para argamasas y aplanados, nunca se deben elaborar para fabricar concretos.

Cementos Expansivos

Son cementos hidráulicos que se expanden ligeramente durante el periodo de endurecimiento a edad temprana después del fraguado, la especificación ASTM C-845 lo designa como cemento tipo E-1, comúnmente se conocen tres variedades del mismo:

- 1.- Cemento tipo E-1 (K).- Contiene cemento Portland, trialuminosulfato tetracálcico anhídrido, sulfato de calcio y oxido de calcio sin combinar (cal).
- 2.- Cemento tipo E-1 (M).- Contiene cemento Portland, cemento de aluminato de calcio y sulfato de calcio.
- 3.- Cemento tipo E-1 (S).- Contiene cemento Portland con un contenido elevado de aluminato tricálcico y sulfato de calcio.

Es importante mencionar que se puede obtener un cemento expansivo a partir del cemento tipo I, adicionando un aditivo expansor en la planta premezcladora, lo cual ofrecerá la ventaja de controlar y reducir las grietas de contracción por secado.

Propiedades químicas del cemento Portland.

Es importante mencionar que durante el proceso de calcinación del clinker de cemento Portland, el óxido de calcio se combina con el resto de los componentes ácidos de la materia prima, formando cuatro compuestos principales que representan el 90% del peso del cemento, los cuales son:

Compuesto	Formula química	Abreviatura
Silicato tricálcico	3CaOSiO_2	C_3S
Silicato dicálcico	2CaOSiO_2	C_2S
Aluminato tricálcico	$3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$	C_3A
Aluminoferrito Tetracálcico	$4\text{CaOAl}_2\text{O}_3 \text{ Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF

A continuación describiremos brevemente las propiedades que presentan los compuestos arriba mencionados:

Silicato tricálcico (C_3S).- Este se hidrata y endurece rápidamente, además de ser el responsable, en gran medida, del fraguado inicial y de la resistencia temprana en el concreto, la cual puede ser mayor con porcentajes altos de C_3S .

Silicato dicálcico (C_2S).- Este se hidrata y endurece lentamente, además de que contribuye al incremento de resistencia en el concreto a edades mayores a una semana.

Aluminato tricálcico (C_3A).- Este libera una gran cantidad de calor durante los primeros días de hidratación y endurecimiento y contribuye levemente al desarrollo de la resistencia temprana, la velocidad de hidratación de este compuesto se retrasa por la acción del yeso que se adiciona durante la molienda final, ya que la omisión de yeso en el cemento ocasionaría un fraguado rápido del mismo.

Aluminoferrito tetracálcico (C_4AF).- Este reduce la temperatura de formación del clinker, ayudando en consecuencia a la fabricación del cemento, además de que se hidrata con cierta rapidez y contribuye mínimamente a la resistencia.

Propiedades físicas del cemento Portland.

La norma que se aplica para indicar las propiedades físicas del cemento Portland y que servirán para evaluar las propiedades del cemento e interpretar las pruebas que se efectúan al mismo, la indica la American Society for Testing and Materials (ASTM C-183), el muestreo de las propiedades físicas del cemento de acuerdo a la norma anterior contempla las siguientes características:

Finura.- La finura del cemento influye en el calor liberado y en la velocidad de hidratación, a mayor finura del cemento mayor rapidez de hidratación, obteniendo de esta manera un mayor desarrollo de resistencia en el concreto, efecto que se manifiesta durante los primeros siete días.

Sanidad.- La sanidad se refiere a la capacidad que tiene una pasta endurecida para conservar su volumen después del fraguado, la falta de sanidad en el cemento es provocada por un exceso en las cantidades de cal libre o de magnesia.

Consistencia.- La consistencia se refiere a la movilidad relativa de una pasta de cemento o mortero recién mezclado o bien a su capacidad de fluir.

Tiempo de fraguado.- Los tiempos de fraguado inicial y final de una pasta no deben ocurrir demasiado pronto, ni demasiado tarde respectivamente; los tiempos de fraguado indican si la pasta está desarrollando sus reacciones de hidratación de manera normal, según se indica en la norma ASTM C-150, para efecto de medir estas condiciones se utiliza el aparato de Vicat (ASTM C-191) o la aguja de Gillmore.

Fraguado falso.- El fraguado falso (Norma ASTM C-451 para el método de la pasta y la ASTM C-359 para el método del mortero) puede comprobarse debido a la considerable pérdida de plasticidad sin que se desarrolle calor en gran abundancia poco tiempo después del mezclado, esta situación puede evitarse si el concreto se mezcla un mayor tiempo de lo normal o si es remezclado sin agregarle agua antes de ser transportado y colado.

Resistencia a la compresión.- La resistencia a la compresión, tal como lo especifica la norma ASTM C-150, es la obtenida a partir de pruebas en cubos de mortero estándar de 5 cm, ensayados de acuerdo a la norma ASTM C-109, en donde los resultados nos ofrecerán la confiabilidad en la resistencia para la cual fue elaborado el concreto.

Calor de hidratación.- El calor de hidratación es el calor que se genera cuando reaccionan el agua y el cemento, en la construcción de ciertas estructuras de masa considerable el calor de hidratación es de gran importancia para evitar esfuerzos indeseables debidos a la contracción térmica del concreto, el calor de hidratación se prueba de acuerdo a la norma ASTM C-186.

Pérdida por ignición.- La elevada pérdida por ignición del cemento Portland, indica prehidratación y carbonatación, lo cual puede ser causado por el almacenamiento prolongado e inadecuado del mismo, así como por adulteraciones durante el transporte y la descarga; el ensaye para la pérdida por ignición se realiza de acuerdo a la norma ASTM C-114.

Peso Específico.- El peso específico del cemento Portland es de aproximadamente 3.15, pero es importante mencionar que no es un indicador de su calidad, su aplicación es importante para los cálculos de proporcionamiento de mezclas, el peso específico del cemento se determina por la norma ASTM C-188.

1.2 Agregados pétreos “arena y grava”.

El concreto hidráulico consta de dos componentes principales, agregados y pasta, ésta última formada por la mezcla de cemento Portland y agua; en el punto 1.1 de este capítulo, las características del cemento ya fueron discutidas por lo que se indicarán los componentes pétreos del concreto, los cuales se denominan agregados gruesos y finos, mismos que se detallan a continuación.

Agregados gruesos.

Los agregados gruesos son partículas que se retienen en la malla No. 16 y varían hasta 152 mm, los tres agregados gruesos que se utilizan en mezclas estándar de concreto son los siguientes:

- Grava y arena.
- Piedra triturada, y
- Escoria de alto horno enfriada por aire.

El volumen que ocupan los agregados en el concreto es de aproximadamente del 60% al 75% y del 70% al 85% en peso, por lo que la forma de las partículas y la textura de la superficie de los mismos influyen en el comportamiento del concreto, por lo que los agregados deben sujetarse a ciertos requisitos de granulometría, limpieza, libres de sustancias químicas y otros materiales que impidan la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento; los agregados cuyas partículas son planas o alargadas reducen la trabajabilidad y el concreto elaborado con dichos materiales requiere de un contenido de arena más elevado y más agua para determinado revenimiento, ambos complementos a su vez exigen más cantidad de cemento, lo que eleva los costos en la fabricación del concreto.

Agregados finos.

Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partículas hasta 10 mm o una combinación de ambas.

El agregado fino se emplea en el concreto para mejorar las propiedades de la mezcla plástica, facilitar el acabado, promover la uniformidad e impedir la segregación, éstas mejoras se logran, en gran parte, por la composición granulométrica, el tamaño, la forma y la textura de la superficie de las partículas.

Tipos de arenas.

La ASTM (American Society for Testing and Materials), define la arena natural como un material granular fino, resultante de la desintegración natural de la roca o de la trituración de arenisca quebradiza, la arena manufacturada es el material fino resultante de la desintegración por medio de la trituración y clasificación (por cribado u otros medios) de roca, grava o escoria de alto horno, el contenido de agregado fino, varía de 35% a 45% en peso o en volumen sobre el contenido total de agregados.

La arena y la grava deben pasar las pruebas estándar de consistencia, impurezas orgánicas y materiales deletéreos que pudieran reaccionar desfavorablemente con los álcalis y sílices del cemento, además de estar graduada dentro de los límites especificados.

Módulo de finura.

El MF (módulo de finura) es una indicación aproximadamente proporcional al tamaño promedio de las partículas del agregado fino en prueba, mientras más bajo es el módulo de finura, más fina es la arena; cuando la arena se ajusta a las especificaciones de granulometría, el MF es una indicación confiable de su comportamiento, no obstante, no establece la diferencia entre un material de granulometría escalonada y un material ideal.

Requisitos de granulometría.

La granulometría es la distribución de diámetros de las partículas de los agregados y se determina mediante un análisis granulométrico, el cual puede apreciarse en la figura 1.2.1.

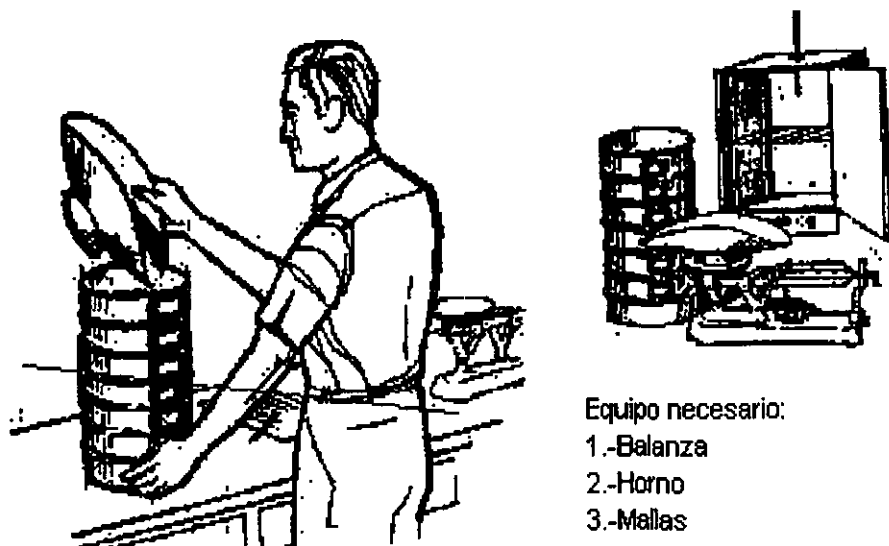


Figura 1.2.1 Análisis granulométrico. Tomado de la publicación Proyecto y control de mezclas de concreto, IMCYC.

La granulometría del agregado grueso como la del agregado fino, es un factor importante en la trabajabilidad del concreto plástico y en la resistencia última de la masa endurecida, aunque la resistencia por si sola no es una garantía de durabilidad en el concreto expuesto, el utilizar un agregado grueso consistente que presenta una buena granulometría es una medida de seguridad bastante amplia; es importante que el agregado sea resistente a la intemperie y que no exista una reacción desfavorable entre los minerales agregados y los componentes del cemento, cuando la hay, el concreto sufre desintegración parcial o total con el tiempo.

Generalmente, los dos tamaños de agregados empleados en el concreto premezclado son el No. 57 y el No. 67, debe de tomarse en cuenta que el rango de porcentajes admisibles de estos dos tamaños, es muy amplio. A continuación presentamos la granulometría de los agregados gruesos:

- De un 25% a un 60% del No. 57, pasa por la malla de 13 mm (1/2 pulgada).
- De un 20% a un 55% del No. 67, pasa por la malla de 10 mm (3/8 de pulgada).

Las mallas estándar para la granulometría del agregado fino tienen los números:

- 4
- 8
- 16
- 30
- 50
- 100

1.3 Agua de mezclado para el concreto.

El criterio aceptado para el agua de mezclado del concreto es que debe ser potable, sin embargo, en algunas ocasiones se utilizan algunas aguas tratadas, las cuales en ocasiones, no actúan favorablemente con algunos aditivos o con diferentes marcas de cementos; es evidente que el agua, en algunos casos, es la causa de que se obtengan resultados más elevados que los esperados en pruebas de campo.

De acuerdo al reglamento del American Concrete Institute ACI 318-95, el agua deberá cumplir con las siguientes características:

1.- El agua empleada en el mezclado del concreto deberá ser limpia y estar libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica u otras sustancias que puedan ser nocivas para el concreto o el acero de refuerzo.

2.- El agua de la mezcla para concreto presforzado o para concreto que contenga elementos de aluminio ahogados, incluyendo la parte del agua de la mezcla con la que contribuye la humedad propia de los ahogados, no debe contener cantidades perjudiciales de iones de cloruros.

3.- No deberá utilizarse agua no potable en el concreto, a menos que cumpla con las siguientes condiciones:

- La selección de las proporciones del concreto debe basarse en mezclas de concreto utilizando agua de la misma fuente.
- Los cubos de mortero para pruebas, hechos con agua no potable, deben tener resistencias iguales a los 7 y 28 días, de por lo menos 90% de la resistencia de muestras similares hechas con agua potable, la comparación de la prueba de resistencia debe hacerse en morteros idénticos, excepto por el agua de mezclado, elaborados y probados de acuerdo a la norma ASTM C-109.

Efecto del agua.

El volumen de agua como ingrediente del concreto, aproximadamente el 14% y 21%, influye en muchas de las más importantes propiedades de éste, tanto en su estado plástico como en el endurecido, el agua que presenta altas temperaturas produce más altas temperaturas en el concreto y conforme aumenta la temperatura del concreto, aumenta el requerimiento de agua y disminuye la resistencia del mismo; el agua adicional, tendrá un efecto adverso en la calidad final del concreto colado en el lugar, ya que se afecta la relación agua-cemento original, una de las tolerancias especificadas en la ASTM C-94 para exactitud en la medición del agua de mezclado total es de +/- 3%, el comité ACI-304 recomienda que la variación en la relación agua/cemento no exceda de +/- 0.02.

Un contenido de agua más alto en una mezcla de concreto disminuye la resistencia, la durabilidad, la impermeabilidad y las propiedades asociadas a ésta en el concreto resultante, por lo que surge la necesidad de controlar el uso de agua en el concreto, principalmente en el concreto colocado bajo condiciones de climas calurosos, esto con la finalidad de lograr las resistencias especificadas.

El requerimiento de agua de una mezcla de concreto aumenta con un incremento en la temperatura, como se puede ver en la figura 1.3.1, según el manual del United States Bureau of Reclamation 1975 (USBR).

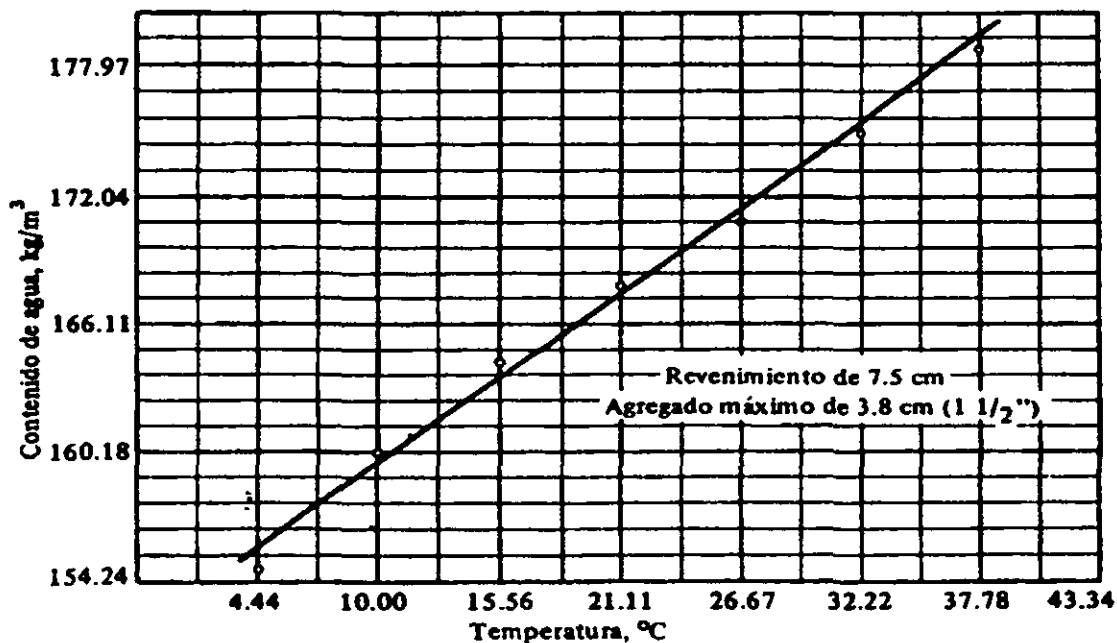


Figura 1.3.1 Efecto del aumento de temperatura en los requerimientos de agua para el concreto. Tomada de la publicación Proyecto y control de mezclas de concreto, IMCYC.

La consecuencia de utilizar una mayor cantidad de agua en el concreto es el incremento en la contracción por secado, además de que el enfriamiento que sigue a las altas temperaturas a las cuales se efectúa el endurecimiento del concreto, aumenta la tendencia al agrietamiento de este, lo cual afecta de manera importante la resistencia del concreto.

De todos los ingredientes del concreto, el agua de mezclado es la que tiene el mayor efecto por unidad de peso en la temperatura del concreto, ya que tiene un calor específico que equivale a 4 ó 5 veces mayor que el cemento o el del agregado, por lo que es más fácil controlar la temperatura del agua que la del resto de los componentes y aunque se emplea en cantidades pequeñas en comparación con los demás, el uso del agua fría de mezclado tendrá un efecto reductor en la temperatura de colocación del concreto, por lo que es aconsejable esforzarse por obtener agua fría y mantenerla así mediante el aislamiento de tubos y tanques, mientras que los tanques y camiones utilizados para almacenar o transportar el agua, deben ser térmicos y/o estar pintados de blanco, para reflejar el calor, además se puede hacer uso de la refrigeración mecánica y mezclas con hielo para lograr una reducción en la temperatura del agua.

1.4 Transporte y almacenamiento del cemento.

El cemento Portland es un material sensible a la humedad, por lo que se deben tomar todas las precauciones posibles para evitar que la humedad o el aire húmedo entren en contacto con éste, ya que en caso de presentarse esta situación, el cemento fraguará más lentamente y reducirá su resistencia.

A continuación se enlistan algunas medidas para un adecuado almacenamiento del cemento:

- 1.- Mantener la menor humedad relativa del almacén donde se estiba el cemento.
- 2.- Cerrar todas las grietas y aberturas en techos y paredes del almacén.
- 3.- Los sacos de cemento se deben apilar sobre tarimas de 10 y 15 cm sobre el suelo y no directamente sobre éste.
- 4.- Los sacos se deben apilar juntos para reducir la circulación de aire entre ellos y nunca almacenarse junto a las paredes que dan al exterior.
- 5.- Los sacos que se almacenen durante periodos prolongados deben cubrirse con una manta impermeable.
- 6.- El almacenamiento debe realizarse de tal manera que los primeros sacos en entrar al almacén sean los primeros en salir y si el almacenamiento es menor a 60 días no se deben superponer más de 14 sacos, para periodos mayores no deberá de exceder de 7 sacos.
- 7.- Cuando el almacenamiento del cemento se realiza en silos, éstos deben ser lisos, con una inclinación mínima de 50° respecto a la horizontal si éste es circular y de 55° a 60° si es rectangular, además se deben vaciar con frecuencia para evitar la formación de costras.

Con un almacenamiento prolongado del cemento se produce lo que se denomina "compactación de bodega", lo cual puede remediarse rodando los sacos en el suelo, tomando la precaución de verificar que el cemento fluya libremente y que esté exento de terrones. Cuando se tengan dudas en cuanto a la calidad del cemento se deben practicar las pruebas de resistencia o de pérdida por ignición, ya que un cemento Portland si se mantiene seco mantendrá su calidad indefinidamente.

La transportación del cemento una vez que sale de la línea de producción puede realizarse mediante tolvas y góndolas, las cuales son alimentadas directamente del almacenamiento a granel o puede realizarse a través de furgones ó camiones de gran capacidad cuando el cemento se envasa en sacos, generalmente en pesos de 50 Kg.

1.5 Dosificación y normatividad.

El proceso de dosificación del concreto implica una serie de recomendaciones, encaminadas a obtener concretos con la resistencia y durabilidad requeridas en el proyecto que se trate, además de la facilidad para realizar el colado, para lo cual, existen publicaciones que ofrecen procedimientos para calcular el proporcionamiento del concreto:

1.-Práctica recomendada por el American Concrete Institute ACI 211.1 que proporciona un método para estimar pesos de dosificación del agregado grueso, contenido de aire y cálculos muy rudimentarios de las cantidades de cemento y agua; la arena se utiliza para completar el volumen necesario para fabricar un metro cúbico de concreto.

2.-Publicación, National Ready Mixed Concrete Association NRMCA 154, que en general se ajusta al formato del ACI, pero se indican procedimientos mejor dirigidos a establecer la cantidades de agua de mezclado y de cemento en diversas condiciones.

3.-Diseño y control de mezclas de concreto de la PCA, que contiene tablas de las mezclas de prueba sugeridas e incluye ejemplos de los procedimientos de prueba y error para hallar sus proporciones.

Es importante señalar que cualquiera de los procedimientos a utilizar proporcionan sólo estimaciones, por lo que antes de utilizar un diseño de mezcla definitivo, el concreto debe ser mezclado, evaluado y ajustado por el personal encargado del proporcionamiento.

La dosificación del concreto tiene como objetivo buscar el equilibrio entre una economía razonable y los requisitos especificados en el proyecto, tales como resistencia, durabilidad, densidad y apariencia, para lo cual es importante tener en cuenta la siguiente información de los materiales que intervendrán en la fabricación del concreto hidráulico:

- 1.- Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos.
- 2.- Peso unitario de los agregados gruesos.
- 3.-Absorción y gravedad específica de los agregados a granel.
- 4.- Requisitos de agua de mezclado para el concreto, desarrollado a partir de la experiencia con agregados disponibles en obra.
- 5.-Relaciones existentes entre la resistencia y la relación agua/cemento más puzolanas, para las combinaciones disponibles de cementos, puzolanas y agregados.
- 6.- Peso específico del cemento Portland y de los aditivos minerales cuando se empleen.
- 7.-Combinación óptima de agregados gruesos que cumpla con las graduaciones máximas de densidad para concreto masivo.

Esta información se debe obtener mediante pruebas de laboratorio.

Además de las características arriba mencionadas, los fabricantes de concreto hidráulico ofrecen las siguientes características que especifica el comprador para satisfacer sus necesidades:

- Relación máxima agua/cemento.
- Contenido de cemento.
- Revenimiento.
- Tamaño máximo de agregados.
- Resistencia.
- Aditivos.

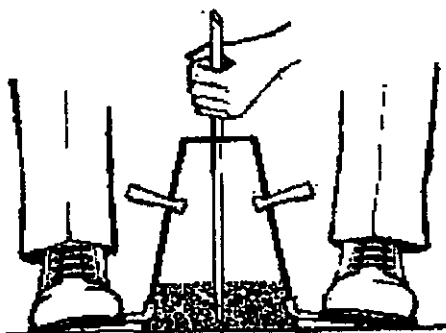
Es importante abundar en algunos conceptos para entender el procedimiento de dosificación del concreto, tales como resistencia, revenimiento, peso específico y relación agua/cemento, los cuales se describen a continuación:

Resistencia.- Se expresa en Kg/cm^2 , suponiendo que se desea una resistencia de 250 Kg/cm^2 , esto indica que cada cm^2 de concreto, endurecido en un ambiente apropiado durante 28 días, será capaz de soportar un esfuerzo de compresión de 250 kg. Para probar la resistencia final de un concreto al esfuerzo de compresión, se realizan muestreos del concreto directamente de la planta de fabricación del concreto o de la olla y consiste en colar un espécimen de prueba de 30 cm. de longitud y 15 cm de diámetro en un molde, vibrándolo para evitar contenidos de aire y curándolo después en un ambiente de humedad controlada para lograr una reacción química adecuada del concreto, para posteriormente realizar la prueba de compresión hasta que la muestra falla, registrando así el valor y calcular la resistencia a la compresión.

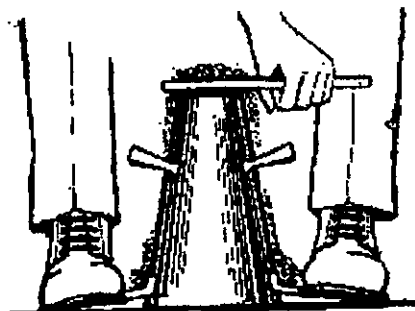
Revenimiento.- Es el comprador el que especifica generalmente el revenimiento del concreto, el cual es el número de centímetros que un cono de concreto recién hecho en un molde cónico estándar, baja del nivel de su altura original, cuando el molde se retira con cuidado. Un revenimiento alto significa que el concreto tiene una consistencia fluida y mayor asentamiento, mientras que un revenimiento bajo tiene una consistencia dura y escaso asentamiento.

Prueba de revenimiento.

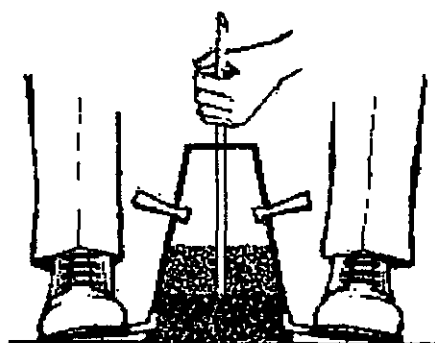
Se utiliza para esta prueba, un molde metálico en forma de cono truncado de 30 cm de altura, 20 cm de diámetro en el círculo mayor y 10 cm de diámetro en el círculo menor, se llena con tres capas de concreto recién mezclado y cada capa se compacta 25 veces con una varilla de 5/8", cuando está lleno se golpea la tapa superior y se levanta el molde, la magnitud del asentamiento de la masa cuando el molde se retira se conoce como revenimiento y se mide colocando el molde cónico junto al concreto revenido, sosteniendo la varilla sobre la parte superior del molde, midiendo con una regla el asentamiento en cm de la superficie superior del concreto (Ver figura 1.5.1.).



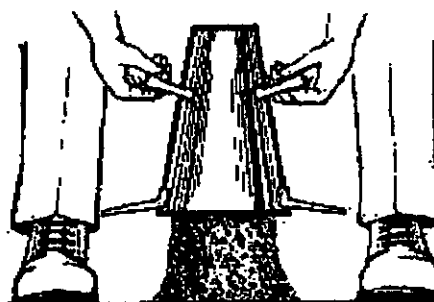
Primer paso



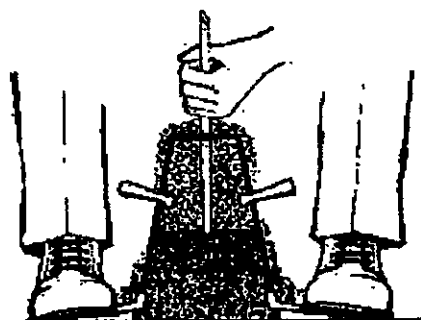
Cuarto paso



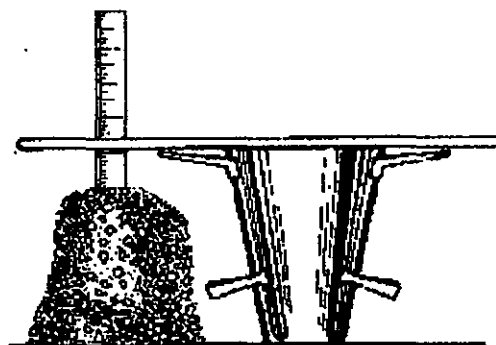
Segundo paso



Quinto paso



Tercer paso



Sexto paso

Figura 1.5.1 Procedimiento para realizar la prueba de revenimiento. Tomado de la publicación Práctica recomendable para la medición, mezclado, transporte y colocación del concreto, IMCYC.

Peso específico.

El peso específico de un agregado es la relación entre su peso y el de un volumen igual de agua, la mayoría de los agregados normales tienen pesos específicos que varían de 2.4 a 2.9, en cambio, el peso específico del cemento Portland es de aproximadamente 3.15, en ambos casos el peso específico no es una medida de la calidad de éstos, sino que su principal uso se encuentra en los cálculos de proporcionamiento de mezclas que es el caso que nos ocupa.

Relación agua/cemento.

La relación agua/cemento se refiere a los kilogramos de agua divididos entre los kilogramos de cemento y es el criterio usado actualmente para el diseño de mezclas de concreto, criterio determinado por Duff Abrams después de múltiples pruebas de laboratorio.

Procedimiento para dosificar mezclas de concreto.

La siguiente secuencia nos permitirá llevar a cabo satisfactoriamente la determinación de los pesos de las mezclas por metro cúbico de concreto:

1.- Primer paso. Elección del revenimiento. Cuando no se especifica el revenimiento, puede aplicarse los siguientes valores de acuerdo a las recomendaciones del American Concrete Institute (ACI 211.1-81):

Tipo de construcción	Revenimiento	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas reforzadas	8 cm	2 cm
Zapatas, campanas y muros de subestructura sencillos	8 cm	2 cm
Vigas y muros reforzados, columnas para edificios	10 cm	2 cm
Pavimentos y losas	8 cm	2 cm
Concreto masivo	5 cm	2 cm

2.- Segundo paso. Elección del tamaño máximo de agregados. De acuerdo al reglamento del American Concrete Institute ACI 318-95, el tamaño máximo nominal del agregado grueso no será mayor a:

- a) 1/5 de la separación menor entre los lados de la cimbra, ni de
- b) 1/3 del peralte de la losa, ni de
- c) 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las varillas o alambres individuales de refuerzo, paquetes de varillas, cables o ductos de presfuerzo.

3.- Tercer paso. Cálculo del agua de mezclado y el contenido de aire. La cantidad de agua por volumen unitario de concreto para producir determinado revenimiento, depende del tamaño máximo de la forma de la partícula y granulometría de los agregados, así como de la cantidad de aire incluido, el cual es necesario cuando el concreto va a estar expuesto a ciclos de congelación-deshielo y con frecuencia se utiliza para mejorar las propiedades de éste; la cantidad de agua de mezclado puede calcularse a partir de tablas o mediante dosificaciones de concreto anteriores.

4.- Cuarto paso. Selección de la relación agua/cemento. La resistencia y la durabilidad del concreto aumentan con la disminución de la relación agua/cemento, por lo que es deseable establecer una relación entre la resistencia y la relación agua/cemento en función de los materiales que se van a utilizar, ya que diferentes agregados y cementos producen generalmente distintas resistencias empleando la relación agua/cemento; con materiales comunes, las relaciones agua/cemento deben producir las resistencias indicadas con base en pruebas a los 28 días, comparadas con muestras curadas en condiciones normales de laboratorio.

5.- Quinto paso. Cálculo del contenido de cemento. La cantidad de cemento por volumen se rige por las determinaciones expuestas en los pasos tercero y cuarto, en donde el cemento requerido es igual al contenido estimado de agua de mezclado dividido entre la relación agua/cemento, por ejemplo, si la cantidad de agua de mezclado fuera de 180 litros y la relación agua/cemento fuera de 0.45, el resultado de la división anterior arrojaría un contenido de cemento de 400 Kg de cemento por metro cúbico.

6.- Sexto paso. Estimación del contenido de agregado grueso. Los agregados con tamaño máximo y granulometría esencialmente iguales, producen concretos de trabajabilidad satisfactoria cuando se emplea un volumen dado de agregado grueso por volumen unitario de concreto, con base en varillado en seco. Por ejemplo, para un agregado grueso de 20 mm (3/4") con una arena que tiene un módulo de finura de 2.80, el factor es de 0.62 y si el peso unitario del agregado grueso varillado en seco es de 1730 Kg/m³, entonces el peso de dosificación estimado del agregado seco es igual a $0.62 \times 1730 = 1073 \text{ Kg/m}^3$.

7.- Séptimo paso. Estimación del contenido de agregado fino. Al término del sexto paso, se han estimado todos los componentes del concreto, excepto el agregado fino, cuya cantidad se determina por diferencia y pueden utilizarse dos procedimientos: el método del peso o el método de volumen absoluto, los cuales se describen a continuación:

- El método de peso.- El peso requerido del agregado fino es la diferencia entre el peso del concreto fresco (supuesto o estimado por experiencia) y el peso total del resto de los componentes; si se requiere un cálculo teóricamente exacto del peso del concreto fresco por metro cúbico, puede emplearse la siguiente fórmula:

$$U = 10.0 G_a (100 - A) + C(1 - G_a / G_c) - (G_a - 1) \quad \text{donde:}$$

U = Peso del concreto fresco por metro cúbico, Kg.

G_a = Promedio pesado del peso específico de la combinación de agregado fino y grueso, a granel, SSS (Condiciones de saturado y superficie seca al considerar el desplazamiento del agregado).

G_c = Peso específico del cemento, generalmente de 3.15.

A = Porcentaje del contenido de aire.

W = Requerimiento de agua de mezclado, Kg/m^3 .

C = Requerimiento de cemento, Kg/m^3 .

- El método de volumen absoluto.- Es un procedimiento más exacto para calcular la cantidad requerida de agregados finos, implica calcular el volumen ocupado en el concreto por cada uno de los componentes (agua, aire, cemento y agregado grueso) y luego se calcula el volumen de arena necesario para llenar un metro cúbico completo; este volumen se convierte después a un peso de dosificación, utilizando el valor apropiado de peso específico para la arena.

8.- Octavo paso. Ajustes por humedad del agregado. Las cantidades de agregados que realmente deben pesarse para el concreto, deben considerar la humedad de éstos, los cuales están generalmente húmedos y sus pesos secos deben incrementarse con el porcentaje de agua, tanto absorbida como superficial que contienen, por esta razón, la cantidad de agua de mezclado que se añade al lote, debe reducirse en cantidad igual a la humedad libre contenida en el agregado, es decir, humedad total menos absorción.

9.- Noveno paso. Ajustes en las mezclas de prueba. Las proporciones calculadas de la mezcla, deben verificarse mediante mezclas de prueba, preparadas y probadas de acuerdo con la American Society for Testing and Materials (ASTM C-192) o por medio de mezclas reales en el campo, sólo debe usarse el agua suficiente para producir el revenimiento requerido, además deben verificarse en el concreto: el peso unitario, la fluencia y el contenido de aire de acuerdo a las normas ASTM C-138, ASTM C-173 o ASTM C-231; se debe cuidar que el concreto presente la trabajabilidad apropiada, ausencia de segregación y se logren las propiedades de acabado, los ajustes a las mezclas deben realizarse en las proporciones subsecuentes, de acuerdo a los siguientes procedimientos:

- Si el revenimiento de la mezcla de prueba no es el correcto, increméntese o redúzcase el contenido nuevamente estimado de agua a 2 Kg por metro cúbico de concreto, para cada centímetro de incremento o reducción del revenimiento.
- Si no se obtiene el contenido de aire deseado (para concreto con aire incluido), debe estimarse de nuevo el contenido requerido de aditivo para lograr el contenido apropiado de aire y reducir o incrementar el contenido de agua de mezclado en 3 Kg por cada 1% en que debe reducirse o incrementarse el contenido de aire respecto al de la mezcla de prueba previa.
- El peso unitario de concreto fresco estimado nuevamente para el ajuste de las proporciones de la mezcla de prueba, es igual al peso unitario en Kg/m^3 medido en la mezcla de prueba, reducido o incrementado por el porcentaje de incremento o reducción del contenido de aire de la mezcla ajustada respecto a la primera mezcla de prueba.

Deben calcularse nuevos pesos de mezcla, iniciando desde el cuarto paso, si fuera necesario se modificará el volumen de agregado grueso para obtener una trabajabilidad adecuada.

Capítulo 2

Uso de aditivos.

Capítulo 2

Uso de Aditivos.

2.1 Definiciones.

Los aditivos son aquellos ingredientes que se añaden al concreto además del cemento Portland, el agua y los agregados, los cuales se incorporan a la mezcla inmediatamente antes del mezclado o durante el mismo y pueden clasificarse de acuerdo a su función específica de la siguiente manera:

1. Aditivos inclusores de aire.
2. Aditivos reductores de agua.
3. Aditivos retardantes.
4. Aditivos acelerantes.
5. Aditivos superplastificantes
6. Aditivos minerales finamente divididos, y,
7. Aditivos diversos, para mejorar la trabajabilidad, la adherencia, a prueba de humedad, impermeabilizantes, para lechadeado, formadores de gas, colorantes, inhibidores de la corrosión y ayudas para bombeo.

Es importante mencionar que durante mucho tiempo se produjo concreto de buena calidad sin usar aditivos, mediante diseños de mezclas apropiados que contenían los materiales adecuados, lo que permitía obtener concretos resistentes, durables, impermeables y con facilidad de dársele los acabados solicitados, sin embargo con el estudio y desarrollo de los materiales que modificaron las propiedades del concreto se hizo necesario el uso de los mismos.

Las principales razones del empleo de aditivos son:

- 1.-Para reducir el costo de la construcción de concreto.
- 2.-Para obtener algunas propiedades en el concreto de manera más efectiva que por otros medios.
- 3.-Para asegurar la calidad del concreto durante las etapas de mezclado, transporte, colocación y curado en condiciones ambientales adversas.
- 4.-Para superar ciertas eventualidades durante las operaciones de colado.

Es preciso señalar que ningún aditivo, de ningún tipo, ni en cualquier cantidad se podrá considerar como sustituto de una práctica correcta de colado y se debe tener en cuenta que su efectividad dependerá del tipo de aditivo, la marca del mismo y su compatibilidad con los materiales que componen la mezcla de concreto tales como el cemento, agregados y agua, además de otros factores como el tiempo de mezclado, revenimiento, temperaturas del concreto y del medio ambiente y sus efectos sobre el concreto en estado fresco y endurecido, por lo que las cantidades óptimas del aditivo se deben determinar mediante ensaye de laboratorio, debiendo tomar en consideración las recomendaciones de los productores de los mismos y que cumplan con las especificaciones pertinentes.

Como ejemplo del efecto del uso de aditivos en el concreto presentamos la gráfica 2.1.1, en donde bloques de prueba de concreto sin aire incluido y con porcentajes crecientes del mismo, fueron sometidos a la acción de muchos ciclos de congelación y deshielo, puede apreciarse el efecto favorable del uso de aditivos en dichos bloques.

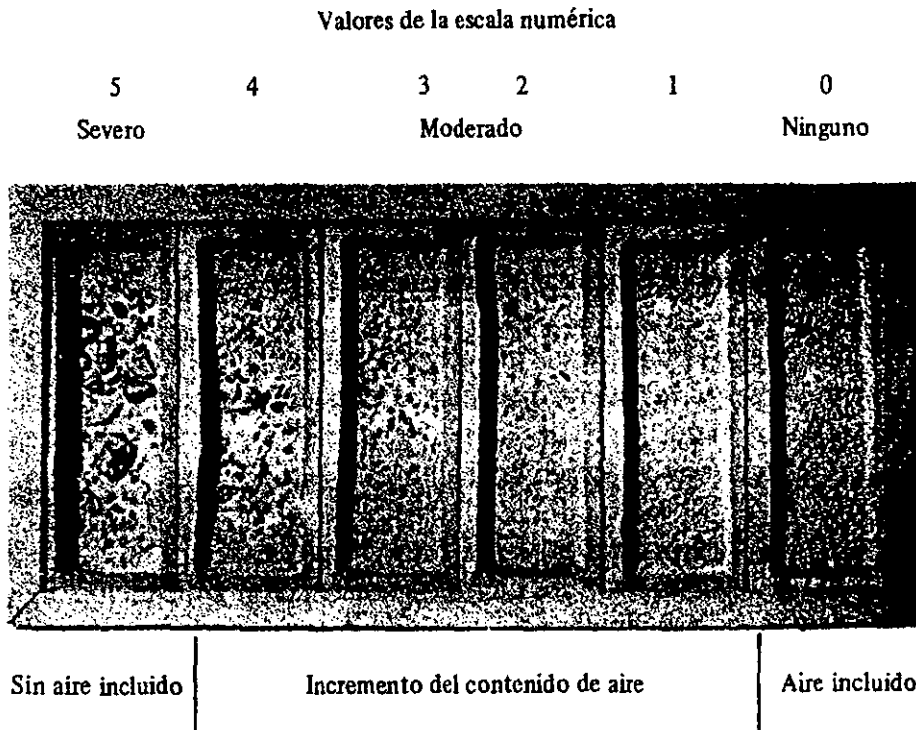


Figura 2.1.1 Bloques de prueba de concreto sometidos a la acción de muchos ciclos de congelación y deshielo, los valores de la escala numérica superior representan el efecto nocivo en los bloques ante la falta de aire incluido. Tomado de la Portland Cement Association.

2.2 Características físicas y químicas.

Los distintos tipos de aditivos presentan características físicas y químicas que los identifican para determinada aplicación, por lo que a continuación se presenta una tabla que señala dichas características de manera general, basándose en ensayos de laboratorio y datos de los proveedores de estos productos existentes en el mercado.

Tipo de Aditivo	Características Físicas	Características Químicas
Inclusores de aire	Es una solución estable de resinas orgánicas neutralizadas, en forma de líquido de color gris tiene presentaciones desde un litro hasta 200 litros, tiene una densidad de 1.00 +/- 0.02 gr/cm ³ , P.H. de 12.3 +/-0.3, tiempo de fraguado de +/-1.15 hr y una resistencia a la compresión del 90% mínimo.	Contiene en sus componentes sales de resina de madera (resina vinsol), algunos detergentes sintéticos, sales de lignina sulfonatada, sales de ácidos de petróleo, sales de material proteináceo, ácidos grasos y resinosos y sus sales, sulfonatos de alquilbenceno y sales de hidrocarburos sulfonatados.
Reductores de agua.	Es un líquido de color café y café oscuro, presentación en cubeta de 19 litros y tambor de 200 litros, tienen una reducción de agua del 10% al 15% mínimo y presenta resistencias a la compresión a los 3,7 y 28 días de 110%, 105% y 100% respectivamente, mismas que varían de acuerdo al tipo de reductor de agua.	Contiene en sus componentes lignosulfonatos, ácidos carboxílicos hidroxilados, carbohidratos.
Retardantes	Es un líquido de color ámbar o color café oscuro, presenta un tiempo de retardo del fraguado de 2:30 horas, con una reducción de agua del 5% mínimo y presenta resistencias a la compresión a los 3,7 y 28 días de 118%, 118% y 116% respectivamente.	Contiene en sus componentes lignina, bórax, azúcares, ácido tartárico y sales.

Tipo de Aditivo	Características Físicas	Características Químicas
Acelerantes	Material que puede ser en polvo de color blanco o líquido de color ámbar, generalmente. Se comercializan en sacos de 20 Kg. y en presentaciones desde un litro hasta 200 litros respectivamente; tiene un fraguado con cemento Portland de 4 minutos y un fraguado con cemento puzolánico de 8 minutos.	Contiene en sus componentes cloruro de calcio, trietanolamina, tiocianato de sodio, formato de calcio, nitrito de calcio, nitrato de calcio.
Aditivos minerales finamente divididos.	Son materiales pulverizados que se agregan al concreto para transformar algunas propiedades del mismo, entre los que podemos mencionar los siguientes: Materiales cementantes Puzolanas Materiales puzolánicos y Cementantes, y Materiales normalmente inertes.	Entre los componentes de estos aditivos encontramos principalmente silicatos, aluminosilicatos de calcio y de otras bases, materiales silíceos o aluminosilíceos, óxidos de calcio y materiales nominalmente inertes como las dolomitas, calizas, mármol, granito y otros materiales.
Reductores de reactividad con los álcalis.	Reducen la expansión provocada por la reactividad con los álcalis.	Sus componentes contienen puzolanas (ceniza volante, humo de sílice), escoria de alto horno, sales de litio y de bario, agentes inclusores de aire.
Aditivos para unir.	Mejoran la unión.	Entre sus componentes se encuentran el cloruro de polivinilo, acetato de polivinilo, acrílicos, copolímeros de butadienoestireno y hule.
Agentes colorantes.	Dan color al concreto.	Sus componentes contienen negro de humo modificado, óxido de hierro, tierra de sombra, óxido de cromo, óxido de titanio, azul cobalto.
Inhibidores de la corrosión.	Reducen el avance de la corrosión del acero en un ambiente con cloruros.	Sus componentes contienen nitrito de calcio, nitrito de sodio, benzoato de sodio, algunos fosfatos o fluosilicatos y fluoaluminatos.
Aditivos a prueba de humedad.	Retardan la penetración de la humedad en el concreto seco.	Sus componentes contienen jabones de calcio o estearato de amonio u oleato, estearato butilo y productos de petróleo.

2.3 Tipos de aditivos.

Una vez mencionadas las características físicas y químicas de los aditivos, procederemos a detallar cada uno de los tipos existentes en la actualidad, en donde se complementarán de manera precisa las distintas aplicaciones para determinada característica deseada en el concreto.

Aditivos inclusores de aire.

Se utilizan para retener intencionalmente burbujas microscópicas de aire en el concreto, la inclusión de aire mejorará notablemente la durabilidad de los concretos, principalmente de aquellos que estén expuestos a la humedad durante los ciclos de congelación y deshielo, ya que el aire incluido aumenta considerablemente la resistencia del concreto contra el descascaramiento de la superficie, causado por los productos químicos deshelantes, además amplía de manera importante la trabajabilidad del concreto fresco, mientras que la segregación y el sangrado se reducen o se llegan a eliminar.

El concreto con aire incluido contiene diminutas burbujas de aire, distribuidas de manera uniforme en toda la pasta de cemento, las cuales se producen usando un cemento inductor de aire (que es un cemento Portland con una adición inductora de aire, molida conjuntamente con el clinker durante su fabricación), o mediante la introducción de un aditivo inductor de aire, o con una combinación de ambos métodos, como la mayoría de los aditivos, los inclusores de aire se agregan directamente a los componentes del concreto antes o durante el mezclado; los principales ingredientes que se utilizan en los aditivos inclusores de aire son:

- Sales de resinas de madera.
- Algunos detergentes sintéticos
- Sales de lignina sulfonada.
- Sales de ácidos de petróleo.

Aditivos reductores de agua.

Son aquellos que se emplean para disminuir la cantidad de agua de mezclado requerida para producir un concreto con un cierto revenimiento, reducir la relación agua-cemento, o para aumentar el revenimiento, estos reductores, disminuyen el contenido de agua en aproximadamente 5% a 10%, existen además, los reductores de agua de alto rango, los cuales reducen el contenido de agua de 12% a 30%, si se agrega un aditivo reductor de agua a una mezcla, sin haber disminuido el contenido de agua, puede producir mezclas con un revenimiento mucho mayor, no obstante, la velocidad en la pérdida de revenimiento no se reduce, sino que incluso aumenta en muchos casos, lo que provoca una reducción en la trabajabilidad y un menor tiempo para colocar el concreto.

Estos aditivos generalmente producen un aumento en la resistencia del concreto ya que se reduce la relación agua/cemento, pero pueden ocasionar incrementos considerables en la contracción por secado, además de disminuir o aumentar el efecto de sangrado, dependiendo de su composición química; muchos aditivos reductores de agua también pueden retardar el tiempo de fraguado del concreto en varios grados, mientras que otros no afectan significativamente el tiempo de fraguado.

La efectividad de este tipo de aditivos depende de su composición química, de la temperatura del concreto, de la composición y finura del cemento, del contenido de cemento y de la presencia de otros aditivos.

Aditivos retardantes.

Son aquellos que se emplean para aminorar la velocidad de fraguado del concreto, ya que al presentarse temperaturas altas en el concreto fresco (30°C a 32°C y mayores), se produce una gran velocidad en el endurecimiento, lo que provoca complicaciones en el colado y acabado del mismo, complicaciones que pueden aminorarse con el uso de este tipo de aditivos.

Los aditivos retardantes no bajan la temperatura inicial del concreto, pero ofrecen las siguientes características para:

- Compensar el efecto acelerante que tiene el clima cálido en el fraguado del concreto.
- Demorar el fraguado inicial del concreto o lechada cuando se presentan condiciones de colado difíciles o poco usuales, como puede ocurrir al colar estribos o cimentaciones de gran tamaño, cementar pozos petroleros o bombear lechada o concreto a distancias considerables, o,
- Retardar el fraguado para aplicar procesos de acabados especiales, como puede ser una superficie de agregado expuesto.

Debido a que la mayoría de los retardantes también actúan como reductores de agua, se les denomina frecuentemente retardantes reductores de agua, los que en ocasiones, pueden incluir un poco de aire en el concreto; es importante mencionar que el uso de retardantes origina una cierta reducción de resistencia del concreto a edades tempranas (uno a tres días), además de que los efectos de estos materiales en el resto de las propiedades del concreto, tales como la contracción, pueden ser impredecibles, por lo que se deberán efectuar pruebas anticipadas de recepción de los retardantes con los materiales con los que se va a trabajar.

Aditivos acelerantes.

Son aquellos que se emplean para acelerar el desarrollo de la resistencia del concreto a edades tempranas, aunque ésta, también se puede obtener mediante el empleo de cemento Portland tipo III de alta resistencia a edad temprana, reduciendo la relación agua/cemento, mediante el aumento de 60 Kg. a 120 kg. de cemento adicional por metro cúbico de concreto, o curando a mayores temperaturas.

El cloruro de calcio (Ca Cl_2) es el material comúnmente usado en los aditivos acelerantes, debido a los efectos que ejerce sobre las propiedades del concreto, ya que aparte del incremento en la aceleración de la resistencia, produce un aumento en la contracción por secado, una posible corrosión del refuerzo, descoloramiento (oscurece al concreto) y posibles descascaramientos y aunque no es un agente anticongelante, puede reducir el punto de congelación del concreto en más de unos cuantos grados, siempre y cuando su empleo se realice en cantidades permisibles, por esta razón su uso no se recomienda para proteger al concreto de la congelación.

El Cloruro de Calcio se debe agregar a la mezcla de concreto en forma de solución, como parte del agua de mezclado, ya que si se agrega al concreto en estado seco, se corre el riesgo de que no todas las partículas queden completamente disueltas durante el mezclado, formando grumos, los cuales pueden causar reventones o manchas oscuras en el concreto endurecido.

La cantidad de Cloruro de Calcio que se vaya a agregar, no deberá exceder el 2% del peso del cemento y para calcular el contenido de cloruros del Cloruro de Calcio, comercialmente disponible, se puede suponer que:

1. Las hojuelas corrientes contienen un mínimo de 77% de Ca Cl_2 .
2. Las hojuelas concentradas, las pelotillas o las formas granulares, contienen un mínimo de 94% de Ca Cl_2 .

Es preciso señalar que una sobredosis de este aditivo, puede producir problemas en el colado y ser nociva para el concreto, pues podría provocar un endurecimiento rápido, causar un fuerte incremento en la contracción por secado, corroer al refuerzo y ser causa de pérdidas de resistencia a edades tardías, por esta razón se indican a continuación los casos en que pueden aplicarse con la debida precaución que debe seguirse:

- En concretos sujetos a curado al vapor.
- En concretos que tengan inmersos metales distintos, especialmente si están conectados eléctricamente al acero de refuerzo.
- En losas de concreto soportadas por cimbras permanentes de acero galvanizado.

El uso de Cloruro de Calcio y de aditivos que contengan cloruros solubles no se recomienda en las siguientes condiciones:

- En los concretos presforzados debido a los posibles riesgos de corrosión.
- En los concretos que contengan aluminio ahogado (por ejemplo tubo-conductos), puesto que puede producirse una severa corrosión del aluminio, especialmente si el aluminio está en contacto con el acero ahogado y el concreto se encuentra en un medio húmedo.
- En concretos sujetos a reacciones álcali-agregado, o expuestos a suelos o aguas que contengan sulfatos.
- En losas de piso en que se trate de dar acabados metálicos en seco con llana.
- En climas cálidos en general.
- En colados de concreto masivo.

Para sustituir el uso de este tipo de aditivos, se pueden usar acelerantes no corrosivos que no contienen cloruros, sin embargo, muchos de estos acelerantes no son tan efectivos como el Cloruro de Calcio y son más costosos.

Aditivos superplastificantes (reductores de agua de alto rango).

Los aditivos superplastificantes son aditivos reductores de agua de alto rango que se agregan a los concretos de revenimiento y relación agua/cemento bajos a normales para producir concretos fluidos de alto revenimiento, trabajables, que requieren para su colocación poca o ninguna vibración o compactación, pudiendo quedar todavía, libres de sangrado o segregación excesiva

Con el uso de este tipo de aditivos, un concreto con revenimiento de 7.5 cm se puede convertir fácilmente en un concreto con 22.5 cm de revenimiento, además de que se puede obtener una reducción de agua del 12% al 30%, lo que permite producir concretos con las siguientes características:

- Resistencias últimas a compresión arriba de 700 kg/cm².
- Mayores adquisiciones de resistencia a edad temprana, y,
- Una menor penetración del ion cloruro, así como otras propiedades favorables que están asociadas con los concretos que tienen relaciones agua/cemento bajas.

Los reductores de agua de alto rango, se pueden emplear para fabricar concretos de baja relación agua/cemento y de alta resistencia con trabajabilidades dentro de los límites normalmente especificados para consolidar por medio de vibración interna, normalmente son más efectivos, que los aditivos reductores de agua normales para producir concretos trabajables, aunque más costosos; en la mayoría de los superplastificantes, el efecto que ejercen sobre las propiedades del concreto es de corta duración, varía de 30 a 60 minutos y va seguido por una pérdida muy rápida de trabajabilidad (pérdida de revenimiento), por lo que la adición de estos aditivos frecuentemente se hace en la obra, mientras que los reductores de agua de alto rango, de revenimiento

prolongado, se adicionan en las plantas dosificadoras para ayudar a reducir los problemas de pérdida de revenimiento.

El tiempo de fraguado se puede acelerar o retardar dependiendo de la composición química individual del aditivo, de la proporción dosificada y de la interacción con otros aditivos presentes en la mezcla de concreto, aunque se ha demostrado mediante pruebas que algunos concretos que contienen aditivo superplastificante sangran más que los concretos testigo de igual relación agua/cemento, pero sangran mucho menos que los concretos testigo con el mismo revenimiento elevado, también el concreto con superplastificante de alto revenimiento y bajo contenido de agua experimenta una menor contracción por secado que un concreto convencional de alto revenimiento y alto contenido de agua, aunque experimenta una contracción por secado similar o mayor que un concreto convencional de bajo revenimiento y bajo contenido de agua.

La efectividad del superplastificante se eleva con el aumento en la cantidad de cemento y finos del concreto y también se modifica con el revenimiento inicial de éste último.

El concreto con superplastificante, tiene vacíos de aire incluido de mayor tamaño que un concreto normal con aire incluido, lo que indicaría una menor resistencia a la congelación y deshielo en condiciones normales; sin embargo, las pruebas de laboratorio han mostrado que un concreto con superplastificante tiene una muy buena durabilidad a la congelación-deshielo, aún con sus mayores factores de espaciamiento, lo que puede ser resultado de las menores relaciones agua/cemento que se asocian frecuentemente con el concreto con superplastificante.

Aditivos minerales finamente divididos.

Son materiales pulverizados que se agregan al concreto antes del mezclado o durante éste para mejorar o transformar algunas de las propiedades del concreto de cemento Portland en estado plástico o endurecido, estos aditivos son generalmente materiales naturales o subproductos que se clasifican de acuerdo con sus propiedades físicas o químicas en:

1. Materiales cementantes.
2. Puzolanas.
3. Materiales puzolánicos y cementantes, y ,
4. Materiales normalmente inertes.

A continuación se presenta una descripción detallada de cada uno de ellos:

Materiales cementantes.

Son sustancias que por sí solas tienen propiedades hidráulicas cementantes (fraguan y endurecen en presencia del agua), entre éstos materiales cementantes se encuentran: la escoria granulada de alto horno molida, el cemento natural, la cal hidráulica hidratada y las combinaciones de éstos y de otros materiales.

La escoria granulada de alto horno molida, fabricada a partir de la escoria de alto horno de hierro, es un producto no metálico que consiste principalmente de Silicatos y Aluminosilicatos de Calcio y de otras bases, que se desarrollan en la fundición simultánea con el hierro en los altos hornos, la escoria fundida a una temperatura de aproximadamente 1500 °C, queda templada rápidamente al enfriarse por inmersión en agua y forma un material granular vítreo parecido a la arena, el material granular, el cual es molido a menos de 45 micras, tiene una finura Blaine de aproximadamente 400 a 600 m²/kg., esta escoria molida, áspera y angulosa, al entrar en contacto con el agua y con un activador, NaOH o CaOH, ambos facilitados por el cemento Portland, se hidrata y fragua de manera similar al cemento Portland; la escoria enfriada al aire no tiene las propiedades hidráulicas que tiene la escoria enfriada por agua.

El cemento natural, se forma al calcinar calizas arcillosas, justo debajo del punto de fusión, luego se muele el material hasta obtener un polvo muy fino.

La cal hidráulica hidratada, se obtiene calcinando calizas que contengan Sílice y Alúmina, hasta un punto en el cual, se encuentre presente suficiente Óxido de Calcio libre y Silicatos de Calcio sin hidratar, para lograr las propiedades de hidratación e hidráulicas del material.

Materiales puzolánicos.

Una puzolana es un material silíceo o aluminosilíceo, que por si mismo posee poco o ningún valor cementante, pero que en forma finamente molida y en presencia del agua, reacciona químicamente con el Hidróxido de Calcio, liberado por la hidratación del cemento Portland para formar compuestos que poseen propiedades cementantes.

Como puzolanas, se emplean un gran número de materiales naturales: las tierras diatomáceas, los horstemos opalinos, las arcillas, las pizarras, las tobas volcánicas y la piedra pómez, la mayoría de las puzolanas naturales, se deben moler antes de ser usadas y muchas se tienen que calcinar a temperaturas de 650 a 980 °C.

Las puzolanas también incluyen a la ceniza volante y al humo de Sílice, siendo la ceniza volante el aditivo mineral más ampliamente utilizado en el concreto, éste es un residuo finamente dividido (polvo que se asemeja al cemento), que resulta de la combustión del carbón mineral pulverizado en las plantas generadoras de electricidad.

La ceniza volante consiste principalmente de silicatos vítreos que contienen sílice, alúmina, hierro y calcio, otros componentes menores son el magnesio, el azufre, el sodio, el potasio y el carbono; también se encuentra presente una pequeña cantidad de compuestos cristalinos y generalmente se encuentra dentro del rango de 2.2 a 2.8 y su color es gris o tostado.

El humo de Sílice, al que también se le conoce como microsílíce o humo de sílice condensado, es otro material que se emplea como aditivo puzolánico, este producto en forma de polvo de color gris claro a oscuro o en ocasiones gris azulado verdoso, es resultado de la reducción de cuarzo muy puro con carbón mineral en un horno de arco eléctrico, durante la manufactura del Silicio o de aleaciones de Ferrosilicio. El humo de sílice asciende como vapor oxidado de los hornos a 2000 °C, se enfría, se condensa y se recolecta en enormes bolsas de tela, entonces se le procesa para retirarle las impurezas y para controlar su tamaño de partícula. El peso específico del humo de sílice por lo general se ubica dentro del rango de 2.10 a 2.25, pero puede llegar a 2.55, su peso volumétrico sin compactar es de aproximadamente 250 a 300 kg/m³.

Materiales puzolánicos y cementantes.

Algunas escorias granuladas de alto horno molidas y también algunas cenizas volantes, exhiben propiedades tanto puzolánicas como cementantes. Las cenizas volantes ASTM C-618 clase C, con un contenido de Óxido de Calcio de aproximadamente 15% a 30% en peso, son las predominantes dentro de esta clasificación ya que al exponerse al agua, muchas de estas cenizas se hidratan y endurecen en menos de 45 minutos.

Una de las principales razones para el uso de este material, es el interés en la conservación de la energía, así como la reducción en el costo del concreto, que se obtiene al emplear cenizas o escorias para reemplazar parcialmente al cemento.

Materiales nominalmente inertes.

Los materiales nominalmente inertes, tienen pocas o nulas propiedades cementantes, algunos de estos materiales son: el cuarzo en bruto, finamente dividido, las dolomitas, calizas, el mármol, el granito y otros; frecuentemente se emplean como adición al cemento y como una sustitución parcial de la arena en el concreto, para mejorar las trabajabilidades pobres, causadas constantemente por la falta de finos en la arena, en ocasiones se agrega a los concretos caliza pulverizada para reducir la reactividad Alkali-Sílice.

Efectos en el concreto debido a los aditivos minerales finamente divididos.

Los aditivos minerales finamente divididos varían considerablemente los efectos que producen en las mezclas de concreto, por lo que antes de utilizarlos, se deberá ensayar junto con el cemento y los agregados que se vayan a emplear, la compatibilidad con los requerimientos de agua, el desarrollo de resistencia, la contracción, el calor de hidratación, la durabilidad o con respecto a ciertas propiedades especiales, como la prevención de reacciones álcali-agregado o la reducción del ataque de los sulfatos.

La ceniza volante, la escoria granulada de alto horno molida y el humo de Sílice condensado, son los principales materiales finamente divididos que se utilizan actualmente en el concreto, por esta razón existen estudios muy completos de estos materiales y los efectos que producen en el concreto los cuales se resumen a continuación.

Efectos de los aditivos minerales finamente divididos sobre el concreto fresco.

Requerimientos de agua.

Las mezclas de concreto que contienen cenizas volantes o escorias granuladas de alto horno molidas, casi siempre requieren menos agua (aproximadamente de 1% a 10%) para obtener un cierto revenimiento que los concretos que sólo contienen cemento Portland, sin embargo existen algunas cenizas volantes, escorias molidas y puzolanas naturales en donde el concreto que contiene estos ingredientes requerirán más agua que sin ellos.

La ceniza volante reduce la demanda de agua de la misma manera en que lo hacen los reductores de agua químicos en estado líquido, mientras que los concretos que contienen humo de Sílice, requieren de más agua para obtener un revenimiento dado, a menos que se emplee un reductor de agua o un superplastificante, aunque algunas mezclas pobres no experimentan aumentos en la demanda de agua cuando se tiene presente solamente una pequeña cantidad de humo de Sílice.

Contenido de aire.

La cantidad de aditivo inclusor de aire que se requiere para lograr un contenido de aire especificado, normalmente es mayor cuando se utilizan cenizas volantes o humo de Sílice; la ceniza clase C, generalmente necesitan menos aditivo inclusor de aire que la ceniza clase F y tiende a perder menos aire con el tiempo de mezclado; las escorias molidas presentan efectos variables respecto a la dosificación necesaria de aditivo inclusor de aire.

Al agregar al concreto sin aire incluido escorias molidas, ceniza volante y humo de Sílice generalmente reducen la cantidad de aire atrapado, la ceniza volante y el humo de Sílice normalmente muestran un mayor efecto en esta reducción que la escoria molida.

La cantidad requerida de aditivo inductor de aire, para obtener un cierto contenido de aire, está en función de la finura, del contenido de carbono, del contenido de álcalis, del contenido de materia orgánica, de la pérdida por ignición y de la presencia de impurezas en las cenizas volantes, además, los incrementos en el contenido de álcalis, disminuyen las dosificaciones del agente inductor de aire, mientras que los incrementos en los demás factores mencionados elevan los requisitos de dosificación de la mezcla.

Trabajabilidad.

La ceniza volante, la escoria molida y muchos materiales inertes, generalmente mejoran la trabajabilidad de los concretos de igual resistencia y revenimiento, el humo de Sílice podría reducir la trabajabilidad, por lo que normalmente, se agregan reductores de agua de alto rango a los concretos con humo de Sílice para mantenerla.

Segregación y sangrado.

Los concretos en los que se emplea ceniza volante o humo de Sílice, por lo general muestran menos segregación y sangrado que los concretos simples, efecto valioso en los concretos fabricados con agregados que presentan deficiencias en su contenido de finos; los concretos que utilizan ciertas escorias granulares de alto horno molidas, tienden a presentar sangrados ligeramente mayores que los concretos sin aditivo, mientras que las escorias, no tienen efectos adversos en lo referente a la segregación.

Calor de hidratación.

Las cenizas volantes y las escorias molidas, reducen la cantidad de calor que se forma en una estructura de concreto, debido a su menor calor de hidratación, algunas puzolanas tienen un calor de hidratación del orden del 40% menor en comparación con el cemento; esta reducción en el aumento de la temperatura, resulta benéfico en los concretos usados en estructuras masivas.

El humo de Sílice, puede o no reducir el calor de hidratación, sin embargo, éste se eleva con la presencia de aditivos superplastificantes, con un valor mayor del que se obtendría con el cemento Portland ordinario.

Tiempo de fraguado.

El uso de cenizas volantes, puzolanas naturales y escorias granuladas de alto horno molidas, generalmente provoca retardos en el tiempo de fraguado del concreto, por ejemplo, en estudios realizados, la ceniza volante provocó que el fraguado inicial se retardara de 10 a 55 minutos y que el fraguado final se retardara de 5 a 130 minutos; la mezcla contenía 230 kg. de cemento tipo I y 76 kg. de ceniza volante, en tanto que la mezcla testigo contenía 306 kg. de cemento por metro cúbico y nada de ceniza volante.

El grado de retardo en el fraguado, depende de factores tales como: la cantidad de cemento Portland, el requisito de agua, el tipo de material finamente molido y la temperatura del concreto. Particularmente, las cenizas volantes aumentan el tiempo de fraguado, debido a que aumentan los requisitos de agua, por lo que es necesario tomar en cuenta estos factores al diseñar cimbras por presión de fluidos, ya que se presentan incrementos en las presiones laterales de las mismas.

Acabados.

Los aditivos minerales finamente divididos, generalmente mejoran la capacidad de acabados al concreto, en comparación con las mezclas similares de concreto que no incluyen a estos aditivos.

Bombeo.

El empleo de los aditivos minerales finamente divididos, por lo general mejora el bombeo del concreto.

Proporcionamiento.

Los aditivos minerales finamente divididos, se agregan al concreto como una adición o para sustituir parcialmente al cemento en el concreto, o bien, como una combinación de adición y sustitución, aunque el empleo de estos aditivos, pueden reducir sustancialmente las resistencias del concreto a edad temprana y a 28 días, en caso de que su uso, vaya encaminado al reemplazo del cemento más que como una combinación.

Cuando se pretende mejorar una propiedad particular en el concreto, con el contenido óptimo de este tipo de aditivos, se deben realizar ensayos para:

- Determinar si el aditivo está realmente mejorando la propiedad deseada, y,
- Determinar la dosificación correcta, puesto que una sobredosificación o una dosificación en menores cantidades, puede ser nociva o no tener efecto sobre el concreto, ya que los aditivos minerales también reaccionan de manera distinta con cementos diferentes.

Curado.

Los efectos sobre las propiedades de fraguado y el desarrollo de la resistencia en el concreto que contiene aditivos minerales finamente divididos, provocados por la temperatura y las condiciones de humedad, son parecidos a los que se presentan en concretos fabricados únicamente con cemento Portland, a pesar de lo anterior, el tiempo de curado efectivo, podría requerir ser mayor, ya que un concreto que contiene cemento Portland y aditivo mineral, puede desarrollar su resistencia más lentamente que un concreto que contiene únicamente cemento Portland, esta situación debe tenerse en cuenta al efectuar el proporcionamiento del concreto.

El curado adecuado de todos los concretos, en especial de aquellos que contienen aditivos minerales, debe comenzar inmediatamente después del acabado. Se debe tener especial precaución con los concretos que contienen ciertas cenizas volantes, ya que las temperaturas bajas de curado (4°C), pueden llegar a producir una reducción en el desarrollo de resistencias del concreto a edades tempranas y en la durabilidad contra la congelación-deshielo y contra los productos descongelantes.

Efectos de los aditivos minerales finamente divididos sobre el concreto endurecido.

Resistencia.

La ceniza volante, la escoria granulada de alto horno molida, el humo de sílice y otros aditivos minerales finamente divididos, contribuyen a la adquisición de resistencia del concreto, sin embargo, en un concreto que contenga estos aditivos la adquisición de dicha resistencia variará en comparación con un concreto que contenga únicamente cemento Portland como material cementante, de igual forma se ven afectadas, la resistencia a la tensión, a la flexión, a la torsión y resistencia a la compresión. Cuando las temperaturas de curado son especialmente bajas en un concreto con aditivos minerales que reducen la velocidad de hidratación, la adquisición de resistencia a edades tempranas, puede ser menor que la de un concreto libre de este tipo de aditivos.

La adquisición de resistencia, se puede mejorar aumentando la cantidad de cemento en el concreto, disminuyendo la relación agua/cemento más puzolana, mejorando las condiciones de curado o usando un aditivo acelerante.

Contracción por secado y fluencia.

El efecto que ejercen sobre la contracción por secado y sobre la fluencia del concreto los aditivos minerales como la ceniza volante, la escoria granulada de alto horno molida y el humo de sílice cuando se emplean en cantidades bajas a moderadas, por lo general es pequeño y de poca importancia práctica, como ejemplo, los concretos que contienen escoria molida en proporción de 40% a 65% del peso del material cementante total, pueden llegar a exhibir una contracción por secado un poco mayor que la correspondiente a un concreto simple.

A niveles de sustitución elevados, la fluencia puede aumentar conforme se incrementen los contenidos de ceniza y con el humo de Sílice se puede reducir la fluencia del concreto según algunos estudios realizados.

Permeabilidad y absorción.

Si se cuenta con un curado adecuado, las cenizas volantes y las escorias molidas, generalmente reducen la permeabilidad del concreto, aún cuando el contenido de cemento sea relativamente bajo, al respecto, el humo de Sílice es especialmente efectivo; las pruebas indican que la permeabilidad del concreto disminuye conforme aumenta la cantidad de material cementante hidratado y disminuye la relación agua/cemento, mientras que la absorción de un concreto con ceniza volante, casi es la misma de un concreto sin ésta, aunque algunas cenizas pueden reducir la absorción en un 20% o más.

Color del concreto.

Algunos materiales finamente divididos, pueden colorear ligeramente al concreto endurecido, estos efectos se relacionan con el color y la cantidad de aditivo empleado en el concreto, muchos aditivos minerales se parecen al cemento y por lo tanto tienen poco efecto en el color, pero algunos humos de Sílice, pueden dar al concreto un tinte ligeramente azulado o gris oscuro, mientras que la ceniza volante oscura, puede impartir un color oscuro al concreto cuando se utiliza en grandes cantidades.

Reactividad álcali-agregado.

La reactividad álcali-Sílice entre los álcalis del cemento y la Sílice reactiva del agregado, puede controlarse por medio del uso de ciertos aditivos minerales, tales como el humo de sílice, la ceniza volante y la escoria granulada de alto horno molida, que reducen de manera importante dicha reactividad.

Un aditivo mineral que reduzca las reacciones álcali-sílice, no necesariamente puede reducir las reacciones álcali-carbonato, reacción que involucra a los álcalis del cemento y a ciertas calizas dolomíticas.

Resistencia al ataque de los sulfatos.

El humo de Sílice, la ceniza volante y la escoria molida, por lo general mejoran la resistencia del concreto contra el ataque de los sulfatos y contra el agua de mar, fundamentalmente porque reducen la cantidad necesaria de elementos reactivos (tales como el Calcio) para que se produzcan las reacciones expansivas con los sulfatos.

Corrosión del acero ahogado.

Algunos aditivos minerales finamente divididos reducen la corrosión del acero al disminuir la permeabilidad del agua, aire y iones de cloruro de un concreto que ha sido curado adecuadamente; la ceniza volante puede reducir de manera importante la entrada de los iones de cloruro, el humo de sílice disminuye de manera importante la permeabilidad y la entrada de iones cloruro y también aumenta significativamente la resistividad eléctrica, reduciendo en consecuencia, la reacción electroquímica de la corrosión.

Carbonatación.

La carbonatación del concreto es un proceso por el cual el bióxido de carbono que existe en el aire penetra en el concreto y reacciona con los hidróxidos, tales como el hidróxido de Calcio, para formar carbonatos, en esta reacción, se forma carbonato de Calcio.

Este efecto aumenta la contracción al secarse (propiciando el desarrollo de agrietamientos) y disminuye la alcalinidad del concreto, la cual se requiere en cantidades altas para proteger al acero ahogado contra la corrosión; consecuentemente el acero debe ser resistente a la carbonatación para ayudar a prevenir la corrosión del acero.

La carbonatación se ve incrementada de manera importante en los concretos que tienen una relación agua/cemento alta, bajos contenidos de cemento, periodos cortos de curado, resistencias bajas y pastas extremadamente permeables o porosas.

Resistencia a la congelación-deshielo.

Los concretos con inclusión de aire que contienen ceniza volante, escoria granulada de alto horno molida o humo de Sílice, tienen una buena durabilidad a la congelación y al deshielo; si se desea que los concretos que contienen aditivos minerales finamente divididos, presenten la misma resistencia ante los ciclos de congelación-deshielo, que los concretos que contienen únicamente cemento Portland, se deben cumplir tres condiciones:

- Que ambos concretos tengan aproximadamente la misma resistencia a la compresión.
- Que ambos concretos tengan un sistema equivalente y adecuado de vacíos de aire.
- Que ambos concretos hayan sido curados adecuadamente.

Descascaramiento por productos químicos descongelantes.

La resistencia a la descamación por productos descongelantes de un concreto hecho sin aditivos minerales, comúnmente es mejor que la de un concreto fabricado con aditivos minerales, ya que la resistencia a la descamación, disminuye a medida que aumenta el contenido de aditivo mineral. En todos los concretos, la resistencia al descascaramiento por productos descongelantes aumenta de manera importante con el empleo de:

- Una relación agua/cemento baja.
- Un contenido de cemento moderado a alto.
- La inclusión de aire.
- Acabados y curado adecuados, y,
- Un periodo de secado previo a la exposición del concreto a las sales y a las temperaturas de congelación.

Resistencia química.

Con la adición de los aditivos minerales, la resistencia del concreto a los productos químicos concentrados, tales como los ácidos, normalmente permanece sin cambio o mejora levemente, especialmente donde se reduce la permeabilidad y la absorción.

Sanidad.

La sanidad se refiere a la estabilidad volumétrica de la pasta cementante, la periclasa (CaO y MgO) libre en cantidades excesivas, puede causar falta de sanidad (expansión nociva), la mayoría de los aditivos minerales, no contribuyen a la falta de sanidad y algunos de ellos pueden reducirla cuando se emplean en proporciones normales, la prueba en autoclave, requerida por la norma ASTM C-618, ayuda a prevenir el uso de materiales carentes de sanidad.

Agentes para la trabajabilidad.

El concreto fresco resulta ser en ciertas ocasiones áspero, debido a los deficientes proporcionamientos de la mezcla o a ciertas características del agregado, tales como la forma de la partícula y granulometrías inadecuadas, debido a esto, puede ser necesario mejorar la trabajabilidad, sobre todo si el concreto va a tener un acabado con llana y si se requiere realizar colados en miembros extremadamente reforzados o colocados por métodos de bombeo o con tubo tremie; al elevarse el contenido de cemento o la cantidad de agregado fino, frecuentemente se logra la trabajabilidad deseada; entre los mejores agentes para la trabajabilidad podemos mencionar el aire incluido, que actúa como lubricante y es especialmente efectivo para mejorar la trabajabilidad de mezclas pobres y ásperas, los reductores de agua normales y de alto rango (superplastificantes), algunos materiales orgánicos, tales como los alginatos y los derivados de la celulosa, que aumentan el revenimiento cuando se agregan al concreto con un contenido de agua dado.

Inhibidores de la corrosión.

El acero ahogado en el concreto, queda protegido contra la corrosión gracias a la naturaleza altamente alcalina del concreto, cuyo valor elevado del PH (normalmente mayor de 12.5) ocasiona que se forme una película protectora de óxido no corrosiva y pasiva en el acero, sin embargo, la carbonatación o la presencia de iones de cloruro provenientes de los productos descongelantes o del agua de mar, puede destruir o penetrar la película, por lo que una vez que esto ha ocurrido, se forma una celda eléctrica a lo largo del acero o entre las barras de acero y comienza el proceso electroquímico de la corrosión.

La velocidad de corrosión del acero se ve afectada por la resistividad eléctrica del concreto, el contenido de humedad y la velocidad a la que emigra el oxígeno a través del concreto para alcanzar al acero. El inhibidor de la corrosión líquido más comúnmente empleado, es el Nitrato de Calcio, que bloquea la reacción de corrosión de los iones cloruro reforzando químicamente y estabilizando la película pasiva, otros métodos para reducir la corrosión incluyen el uso de aceros de refuerzo recubiertos con epóxicos (ASTM D-3963), tratamientos de superficie, sobrecapas de concreto y protección catódica.

Agentes a prueba de humedad.

Un concreto denso y sano que haya sido fabricado con una relación agua/cemento inferior a 0.50 en peso, será hermético si fue colocado y curado de manera correcta. Los aditivos que se conocen como agentes a prueba de humedad comprenden a ciertos jabones, estearatos y productos derivados del petróleo y se emplean en ocasiones para reducir la transmisión de humedad a través de concretos que estén en contacto con agua o con tierra húmeda, aunque muchos de estos aditivos no resultan efectivos, especialmente cuando se usan en concretos que están en contacto con agua a presión.

Agentes impermeabilizantes.

Los agentes impermeabilizantes, reducen la velocidad a la cual se transmite agua a presión a través del concreto, uno de los mejores métodos para disminuir la permeabilidad en el concreto, consiste en aumentar el contenido de cemento y el periodo de curado húmedo y reducir la relación agua/cemento a menos de 0.5. La mayoría de aditivos que reducen la relación agua/cemento, disminuyen consecuentemente la permeabilidad, el humo de Sílice la reduce por medio del proceso de hidratación y de reacción puzolánica.

Aditivos colorantes.

Existen materiales naturales y sintéticos que por razones estéticas y de seguridad dan color al concreto, por ejemplo el concreto de color rojo se utiliza con frecuencia alrededor de líneas subterráneas eléctricas o de gas, como advertencia de su presencia.

Normalmente, el peso de los pigmentos (ASTM C-979) no deberá exceder al 10% del peso del cemento y en términos generales se puede afirmar que el uso de pigmentos en cantidades inferiores al 6% del peso del cemento no afecta a las propiedades del concreto.

La mayoría de negros de humo que se utilizan como colorantes para concreto, contienen un aditivo para compensar su efecto en el contenido de aire, aunque antes de emplear un aditivo colorante en un proyecto determinado, deberá probarse su firmeza de color contra la luz solar y con autoclave, su estabilidad química con el cemento y los efectos que pudiera ocasionar en las propiedades del concreto.

Ayudas de bombeo.

Estos aditivos, espesan el fluido en el concreto (aumentan la viscosidad) con la finalidad de reducir la deshidratación de la pasta mientras se encuentra bajo la presión de la bomba; algunas ayudas de bombeo pueden provocar algunos efectos colaterales, tales como el incremento en la demanda de agua, reducción de la resistencia a compresión, provocar inclusión de aire o retardar el tiempo de fraguado, tales efectos pueden corregirse con el ajuste de las proporciones de la mezcla o con la adición de algún otro aditivo que los compense. Entre los aditivos que se utilizan para mejorar la bombeabilidad se encuentran: los inclusores de aire, la ceniza volante y algunos reductores de agua y retardantes de fraguado.

Aditivos químicos para reducir la reactividad con los álcalis.

Algunos productos químicos como las sales de Litio y de Bario han tenido éxito para reducir la expansión álcali-agregado, sin embargo, los métodos más prácticos para reducir la expansión álcali-agregado, consisten en: el uso de puzolanas con capacidad para reducir dicha expansión, el uso de agregados no reactivos o en el empleo de cementos con bajo contenido de álcalis.

Aditivos y agentes para unir.

Los aditivos para unir, normalmente son emulsiones de agua de materiales orgánicos, entre los que se incluyen al hule, al cloruro de polivinilo, al acetato de polivinilo, a los acrílicos, a los copolímeros de butadieno estireno y a otros polímeros, éstos se agregan a las mezclas de cemento Portland para incrementar la adherencia entre un concreto nuevo y uno viejo en proporciones equivalentes de 5% a 20% en peso del cemento, aunque la cantidad real dependerá de las condiciones de trabajo y del tipo de aditivo empleado. Existen tipos no reemulsionables que son resistentes al agua, están mejor adaptados para su aplicación en exteriores y se emplean en lugares donde exista humedad.

La eficacia del aditivo para unir, dependerá en gran medida de la superficie en que se aplique, la cual, debe estar seca, limpia, sana, libre de mugre, polvo, pintura y grasa y a una temperatura adecuada.

No se debe confundir a los agentes para unir, con los aditivos para unir, ya que los aditivos son ingredientes en el concreto mientras que los agentes para unir se aplican a las superficies de concreto existentes, inmediatamente antes de que se coloque el concreto nuevo, estos agentes ayudan a pegar los nuevos materiales con los ya existentes y se utilizan comúnmente en los trabajos de restauración y de reparación y consisten de mortero (lechada) de cemento Portland o de cemento Portland modificado con látex o de polímeros tales como los epóxicos (ASTM C-881) o como el látex (ASTM C-1059).

Lechadas.

Las lechadas de cemento Portland se emplean para una variedad de propósitos: para estabilizar cimentaciones, para montar bases para máquinas, para rellenar grietas y juntas en obras de concreto, para cementar pozos petrolíferos, para rellenar núcleos de muros de mampostería, para inyección de lechada en tendones de presfuerzo y pernos de anclaje y para rellenar los vacíos en los concretos con agregados precolocados. Para modificar las propiedades de las lechadas en aplicaciones muy específicas, a menudo se utilizan diversos aditivos inclusores de aire, acelerantes, retardantes y agentes contra la contracción así como agentes para mejorar la trabajabilidad.

Agentes productores de gas.

En ocasiones se agrega polvo de Aluminio y otros materiales productores de gas al concreto o a las lechadas para producir una leve expansión antes del endurecimiento, lo cual es de utilidad en casos en que es esencial el relleno total de un área confinada, las bases de máquinas o en los ductos de postensado en concretos presforzados y se utilizan en cantidades mayores para producir concretos celulares ligeros; la magnitud de la expansión resultante depende de la cantidad de material productor de gas que se haya utilizado, de la temperatura de la mezcla en estado fresco, del contenido de álcalis del cemento y de otras variables y cuando la expansión resulte crítica, se deberá ejercer un control muy cuidadoso en las mezclas y en las temperaturas a pesar de los beneficios de los agentes productores de gas, éstos no compensan la contracción posterior al endurecimiento provocada por secado o por carbonatación.

Aditivos exclusores de aire.

Los aditivos exclusores de aire reducen el contenido de aire en el concreto, se emplean cuando no es posible reducir el contenido de aire con el ajuste de las proporciones de la mezcla ni con el cambio en la dosificación del agente inclusor de aire u otros aditivos, aún así, los exclusores de aire se emplean muy raramente y tanto su efectividad como dosificación deberán establecerse por medio de mezclas de prueba antes de ser utilizados en las mezclas definitivas.

Aditivos fungicidas, germicidas e insecticidas.

Se puede controlar parcialmente el crecimiento de bacterias y hongos en el interior o en la superficie de los concretos endurecidos, haciendo uso de aditivos fungicidas, germicidas e insecticidas. Los materiales más efectivos son los fenoles polihalogenados, las emulsiones de dieldrin y los compuestos de cobre, por lo general, la efectividad de estos materiales, resulta ser temporal y en dosis elevadas pueden llegar a reducir la resistencia a la compresión del concreto.

2.4 Usos y normatividad.

Aditivos inclusores de aire.

Se utilizan para retener intencionalmente burbujas microscópicas de aire en el concreto, la inclusión de aire mejorará notablemente la durabilidad de los concretos.

Las especificaciones, así como los métodos de ensaye para los aditivos inclusores de aire se presentan en las normas ASTM C-260 y C-233, mientras que las adiciones inclusoras de aire que se emplean en la fabricación de los cementos inclusores de aire, deben cumplir con los requisitos de la norma ASTM C-226, los requisitos aplicables a los cementos inclusores de aire se presentan en la norma ASTM C-150.

Aditivos reductores de agua.

Se emplean para disminuir la cantidad de agua de mezclado, requerida para producir un concreto con un cierto revenimiento, reducir la relación agua/cemento, o para aumentar el revenimiento.

Las especificaciones, así como los métodos de ensaye para los aditivos reductores de agua se presentan en las normas ASTM C-494 tipos A, E, D, F y G.

Aditivos retardantes.

Son aquellos que se emplean para aminorar la velocidad de fraguado del concreto.

Deberán ser muestreados y ensayados de acuerdo con la norma ASTM C-494 tipo B, ASTM C-494 tipo D y ASTM C-494 tipo G.

Aditivos acelerantes.

Se emplean para acelerar el desarrollo de la resistencia del concreto a edades tempranas.

Deberá cubrir los requisitos de la norma ASTM D-98 y también deberá ser muestreado y ensayado de acuerdo con la norma ASTM D-345.

Aditivos superplastificantes.

Se emplean para producir concretos fluidos de alto revenimiento, con el objeto de producir concretos muy fluidos pero trabajables, los cuales se pueden colocar con poca o ninguna vibración o compactación, pudiendo quedar todavía libres de sangrado o segregación excesivos, este aditivo se usa en: colados de secciones delgadas, en áreas que tengan el acero de refuerzo cercanamente espaciado o muy congestionado, en colados con tubo embudo (bajo el agua), como concreto bombeable para disminuir la presión de la bomba, obteniendo con ello un aumento en la distancia de bombeo horizontal y vertical, en las áreas donde los métodos convencionales de consolidación no se puedan emplear o resulten poco prácticos y para aminorar los costos de manejo. Deberá cubrir los requisitos de la norma ASTM C-1017 y C-494, tipos F y G.

El concreto fluido queda definido por la especificación ASTM C-1017 como aquel concreto que tiene un revenimiento mayor de 19 cm y que todavía conserva sus propiedades cohesiva; los revenimientos excesivamente altos, mayores o iguales de 25 cm, pueden provocar que el concreto se segregue.

Aditivos minerales finamente divididos.

Son materiales pulverizados que se agregan al concreto antes del mezclado o durante éste para mejorar o transformar algunas de las propiedades del concreto de cemento Portland en estado plástico o endurecido

Materiales cementantes.

Son sustancias que por sí solas tienen propiedades hidráulicas cementantes (fraguan y endurecen en presencia del agua), entre éstos materiales cementantes se encuentran: la escoria granulada de alto horno molida, el cemento natural, la cal hidráulica hidratada y las combinaciones de éstos y de otros materiales, su uso va encaminado a la sustitución parcial del cemento.

La especificación ASTM C-989 clasifica a la escoria según su reactividad con los grados 80, 100 o 120, para la cal hidráulica hidratada se emplea la norma ASTM C-141.

Materiales puzolánicos.

Se utilizan para mejorar la trabajabilidad, la plasticidad, la resistencia a los sulfatos, además de reducir la reactividad con los álcalis, la permeabilidad y el calor de hidratación, también para sustituir parcialmente el cemento y en rellenos; estos materiales se clasifican según las normas: ASTM C-618, clase N y ASTM C-618, clases F y C.

Materiales puzolánicos y cementantes.

Su uso es el mismo que los materiales cementantes y puzolanas, se rigen por la norma ASTM C-618, clase C y ASTM C-989.

Materiales nominalmente inertes.

Se emplean para mejorar la trabajabilidad y relleno, están compuestos por materiales tales como mármol, dolomita, cuarzo y granito, por lo que la norma aplicable para éstos materiales es la ASTM C-618.

A continuación se presentan una serie de fichas técnicas de algunos proveedores de aditivos para concreto, con la finalidad de mostrarlas tal y como se encuentran en el mercado y que contienen las especificaciones de diseño y dosificación del fabricante apegadas a la norma del American Society For Testing and Materials (ASTM).

Aceleracreto

Acelerante del fraguado y densificador del concreto.

Descripción:

Es un aditivo acelerante del fraguado en presentación líquida.

Cumple con la norma ASTM-C-494-82, tipo C.

Usos:

En la obtención de concretos de alta resistencia a temprana edad.

Para acelerar el fraguado a bajas temperaturas.

Propiedades:

Permite descimbrar rápidamente, reduciéndose los tiempos muertos entre colado y colado.

Evita un agrietamiento excesivo por contracción de volumen.

Aplicación:

Se puede añadir directamente al concreto en la revolvedora o disolverse previamente en el agua de mezclado, homogeneizando hasta total incorporación. El aceleracreto deberá descontarse del total de agua.

Dosificación:

Temperatura ambiente (°C)	10	15	25	30
Aceleracreto líquido por cada 50 Kg. de cemento	1 1/2	1	1/2	1/4

Recomendaciones:

Deberá darse un curado adecuado al concreto para evitar agrietamientos debido a la pérdida de humedad por el calor de hidratación generado con el uso de aceleracreto.

Presentación:

Bote de 1 litro

Lata de 4 litros

Cubeta de 19 litros

Tambor de 200 litros

Aceleracreto SC

Acelerante del fraguado libre de cloruros.

Descripción:

Es un aditivo acelerante del fraguado en presentación líquida de color ámbar fabricado bajo la norma ASTM-C-494, tipo C.

Usos:

Como acelerante para obtener concretos de alta resistencia a temprana edad.

Se recomienda para las estructuras de concreto armado que trabajan sumergidas o sujetas a presión hidrostática.

Propiedades:

Reduce los tiempos muertos de construcción entre colado y colado y por descimbrado, permitiendo la puesta en uso del concreto en menos tiempo. Reduce el fraguado inicial y final en 1 hr.

Aplicación:

Agregar el aditivo al agua de mezclado para incorporarlo integralmente, descontándolo de la misma, se puede dosificar directamente a la mezcla o revolvedora.

Dosificación:

15 a 20 °C 1 litro por cada 50 Kg.

20 a 30 °C ½ litro por cada 50 Kg.

Recomendaciones:

Hacer un curado adecuado del concreto para evitar agrietamientos. No sobredosificar.

Presentación:

Cubeta de 19 litros

Tambor de 200 litros

Fraguacreto

Acelerante del fraguado instantáneo.

Descripción:

Es un aditivo de color rojizo que hace endurecer el cemento inmediatamente.

Usos:

En el taponamiento y sellado de fugas de agua, filtraciones a presión en cimentaciones bajo nivel freático, tanques de almacenamiento, túneles sistemas, canales, tubos, etc. Ideal para sellar filtraciones de agua en elementos de concreto, asbesto-cemento, aplanados, mampostería, roca, tabique, etc.

Propiedades:

Sella fugas contra presión hidrostática adhiriéndose fuertemente sobre el sustrato y endureciendo instantáneamente. Permite reparar fugas de agua sin necesidad de vaciar el contenedor.

Aplicación:

Se prepara una masilla con 1 Kg. de cemento y 250 ml. de fraguacreto diluido con 125 ml. de agua, se mezcla rápidamente y en cuanto se empieza a calentar, se presiona la masilla en contra de la fisura, se mantiene en esa posición durante 3 minutos, toda la operación deberá llevarse a cabo con guantes de plástico para evitar quemaduras.

Dosificación:

De 12.5 a 18.75 litros por saco de 50 Kg de cemento.

Recomendaciones:

En climas de temperatura menor a 23 °C se recomienda utilizar 375 ml. de fraguacreto sin diluir por un Kg. de cemento.

Presentación:

Lata de 4 litros

Cubeta de 19 litros

Lanzacreto

Acelerante instantáneo para concreto lanzado.

Descripción:

Es un aditivo en polvo soluble en agua, que adicionado a morteros y concreto produce fraguado instantáneo.

Usos:

Para la elaboración de concreto lanzado, utilizado en revestimiento de túneles, canales, bóvedas, lumbreras y todas aquellas estructuras donde se requiera que el concreto fragüe instantáneamente.

Propiedades:

Produce el fraguado instantáneo del concreto con sólo adicionar agua. La velocidad de fraguado puede regularse con la dosificación de lanzacreto de 1 a 5 minutos, reduciendo considerablemente las pérdidas por rebote. Permite obturar fugas de agua a elevadas presiones hidrostáticas.

Aplicación:

Se mezcla en seco el lanzacreto con el cemento y los agregados, hecho esto, el acelerante estará listo para funcionar en el momento en que se agregue agua a la boquilla de la pistola de lanzado.

Dosificación:

De 2 a 6 % en peso del cemento dependiendo de la velocidad de fraguado que se desee y del equipo empleado.

Recomendaciones:

Es necesario llevar a cabo pruebas en obra para determinar la dosificación apropiada para cada caso.

Presentación:

Sacos de 25 Kg.

Dispercreto A

Acelerante y dispersante para concreto. Reductor de agua.

Descripción:

Es un aditivo acelerante del fraguado, dispersante y reductor de agua.

Cumple con la norma ASTM-C-494-82, tipo E.

Usos:

Para la elaboración de concretos en climas fríos o baja temperatura ambiental, en la fabricación de concretos donde se requiera al mismo tiempo acelerar el fraguado y facilitar el colado, ideal en la fabricación de productos de concreto prefabricado tales como: tubos, blocks, celosía, tejas, etc., para economizar en el costo del concreto, ya que permite ahorrar cemento al reducir la cantidad de agua de diseño de la mezcla original, manteniendo la resistencia del proyecto.

Propiedades:

Aumenta simultáneamente la trabajabilidad de la mezcla y la resistencia del concreto a edades tempranas, disminuye los tiempos tanto de fraguado inicial como final, permitiendo descimbrar en tiempos más cortos. Hace posible la reducción del agua de mezclado de un 5 a 10%, obteniéndose concretos de mayor resistencia a todas las edades.

Aplicación:

En obra disuélvase el dispercreto A en el agua de mezclado, en las plantas premezcladoras se adiciona mediante dosificadores directamente a la revolvedora

Dosificación:

De 0.5 a 1 litro por saco de 50 Kg. de cemento.

Recomendaciones:

Debe tenerse en claro qué es lo que se quiere obtener, mayor resistencia, mayor fluidez o economía, en los tres casos con reducción en el tiempo de fraguado

Presentación:

Cubeta de 19 litros

Tambor de 200 litros

Dispercreto D

Dispersante y plastificante para concreto.

Descripción:

Es un aditivo dispersante a base de sustancias tensoactivas que reducen la tensión superficial.

Usos:

Indispensable en la elaboración de "mezclas secas" donde mejora la manejabilidad del concreto, ideal en la fabricación de durmientes y prefabricados donde la colocación de la mezcla y el vibrado sea particularmente difícil.

Propiedades:

Aumenta la manejabilidad de las "mezclas secas" facilitando su colocación y vibrado. Disminuye la capilaridad de las "mezclas secas", aumentando su durabilidad y ataque a sulfatos.

Aplicación:

El dispercreto D deberá disolverse en el agua de mezclado antes de incorporarlo a la revoltura.

Dosificación:

De 100 a 500 ml por saco de 50 Kg. de cemento.

Presentación:

Cubeta de 19 litros

Tambor de 200 litros

Dispercreto N

Dispersante y plastificante para concreto, Reductor de agua.

Descripción:

Es un aditivo reductor de agua, dispersante y fluidificante en presentación líquida.

Cumple con la norma ASTM-C-494-(1982), tipo A.

Usos:

Indispensable en la elaboración de "mezclas secas" donde mejora la manejabilidad del concreto, ideal en la fabricación de durmientes y prefabricados donde la colocación de la mezcla y el vibrado sea particularmente difícil.

Propiedades:

Aumenta la manejabilidad de las "mezclas secas" facilitando su colocación y vibrado. Disminuye la capilaridad de las "mezclas secas", aumentando su durabilidad y ataque a sulfatos.

Aplicación:

El dispercreto D deberá disolverse en el agua de mezclado antes de incorporarlo a la revoltura.

Dosificación:

De 100 a 500 ml por saco de 50 Kg. de cemento.

Presentación:

Cubeta de 19 litros

Tambor de 200 litros

Dispercreto R

Retardante y dispersante para concreto. Reductor de agua.

Descripción:

Es un aditivo retardante del fraguado inicial, reductor de agua, fluidizante y dispersante en presentación líquida para concretos y morteros.

Cumple con la norma ASTM-C-494-(1982), tipo D.

Usos:

En la elaboración de concretos, morteros y pastas en climas cálidos o altas temperaturas ambientales, cuando se requiera transportar concreto premezclado a grandes distancias, conservando su trabajabilidad inicial por un intervalo mayor de tiempo, en la fabricación de concreto pretensado y productos prefabricados tales como tubos, blocks, celosía, etc.

Propiedades:

Aumenta la trabajabilidad de concretos y morteros retardando simultáneamente el fraguado inicial, reduce el sangrado, segregación y permeabilidad, produciendo concretos y morteros más durables, permite reducir el consumo de agua de un 5 a 10% aumentando la resistencia de un 15 a 30%, brinda la posibilidad de economizar cemento y mantener la trabajabilidad y resistencia de diseño en climas cálidos, reduciendo el consumo de agua de 5 a 10%.

Aplicación:

En plantas premezcladoras se añade mediante dosificadora directamente a la revolvedora, en obra se disuelve en el agua que va a utilizarse en la preparación del concreto o mortero.

Dosificación:

Variable de 0.5 a 1 litro por saco de 50 Kg. de cemento.

Presentación:

Cubeta de 19 litros

Tambor de 200 litros

Fluidcreto

Aditivo superfluidificante para concreto

Descripción:

Es un nuevo aditivo reductor de agua y superfluidificante del concreto con mejores propiedades que cualquier aditivo conocido hasta ahora.

Usos:

El fluidcreto imparte las siguientes ventajas al concreto:

1. Permite la reducción de la relación agua/cemento.
2. Mayor rapidez en el mezclado y colocación del concreto en la cimbra o molde.
3. Incrementa la resistencia inicial y final del concreto.
4. Permite una reducción del cemento, manteniendo la misma resistencia a la compresión.
5. Permite a los prefabricadores reducir el tiempo de descimbrado y sacado de las piezas.
6. Mejora el acabado del concreto.
7. No produce corrosión en el armado ya que está totalmente libre de cloruros.
8. Reduce el tiempo de curado del concreto

Propiedades:

Este superfluidificante reduce en gran cantidad, el agua necesaria para impartir manejabilidad a la mezcla de concreto.

Aplicación:

En el caso de que se adicione fluidcreto al concreto y se mantuviera la relación agua/cemento sin reducción, podría convertir un concreto con un revenimiento de 7.5 cm., en un concreto de gran fluidez, con un revenimiento de 20 cm., sin que hubiera ninguna reducción en la resistencia a la compresión, ni cambio en el volumen de sangrado, esto es una gran ventaja ya que este concreto necesitaría muy poco vibrado y llenaría cualquier tipo de molde sin importar la forma, bajaría los costos al reducir la cantidad de cemento para llegar a una resistencia determinada.

En pruebas hechas con concreto pretensado y prefabricado utilizando fluidcreto se ha logrado reducir de un 20 a 50% el tiempo de curado necesario para llegar la resistencia óptima para desmoldar

En pruebas hechas en obra ha sido posible bombear hasta 51 m³/hr de concreto superplastificado con fluidcreto, con pocos problemas operacionales, con menores presiones de bombeo y hasta una altura de 32 m.

Dosificación:

Variable de 0.5 a 1 litro por saco de 50 Kg. de cemento.

Presentación:

Lata de 4 litros

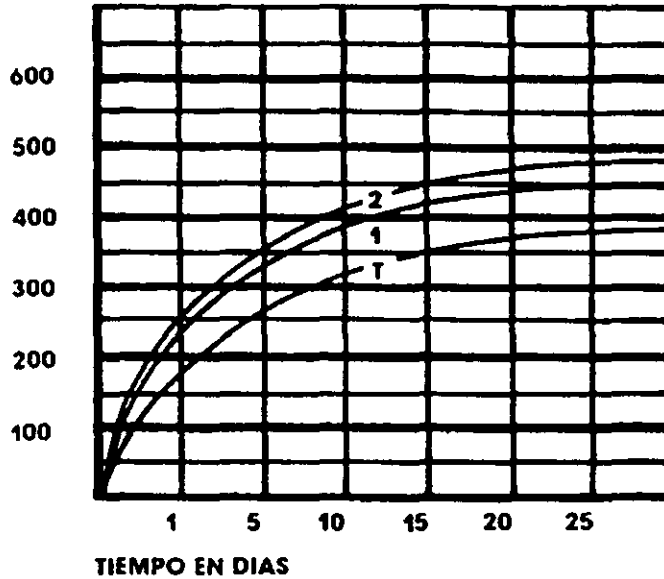
Cubeta de 19 litros

Tambor de 200 litros

Pruebas hechas con fluidcreto.

Cemento Portland tipo I.

Resistencia a la
compresión $f'c = \text{Kg/cm}^2$



T = TESTIGO
1 = 1/2 LITRO POR SACO DE CEMENTO
2 = 1 LITRO POR SACO DE CEMENTO

PRUEBAS HECHAS CON "FLUIDCRETO".

CANTIDAD DE FLUIDCRETO POR SACO DE CEMENTO	TESTIGO	1/2 LI.	1 LI.	1 LI.
AGREGADO Kg/ M³				
CEMENTO	448.4	448.4	448.4	381.8
ARENA AZUL	801.6	873.1	920.3	978.0
GRAVA AZUL (1/2")	926.3	926.3	926.3	926.3
AGUA	207.8	171.0	156.2	158.5
FLUIDCRETO (LITROS)	---	4.5	9	7.6
REVENIMIENTO (Cm)	11.4	10.2	12.7	10.8
% DE AGUA REDUCIDA	---	17.7	24.8	23.7
% DE CEMENTO REDUCIDO	---	---	---	14.8
RELACION A/C	0.46	0.38	0.34	0.41
RESULTADOS				
RESIST. COMPRESION Kg/ Cm²				
6 HORAS A 65° VAPOR	161	186	213	178
14 HORAS (ASTM C-192)	171	249	323	250
7 DIAS (ASTM C-192)	316	395	433	429
28 DIAS (ASTM C-192)	366	443	476	460

Estabilicreto

Agregado metálico para morteros y concretos.

Descripción:

Es una mezcla de partículas metálicas de granulometría uniforme que proporciona a morteros y concretos una estabilidad dimensional.

Usos:

En la elaboración de morteros sin contracción tipo metálico, utilizados en rellenos de nivelación entre la cimentación y la base metálica para el anclaje de maquinaria, fijación de pernos, tornillos y varillas que sujetan a la maquinaria o elementos estructurales de metal, para el desplante de columnas y reparación de elementos estructurales dañados (trabes, columnas, etc.). y pisos de concreto deteriorados.

Propiedades:

Aumenta la resistencia mecánica del mortero o concreto, presenta un aumento de volumen capaz de compensar la contracción por pérdida de humedad.

Aplicación:

El mortero o concreto preparado con estabilicreto, deberá estar protegido contra la humedad, ya que ésta propicia su destrucción por oxidación.

Dosificación:

50 % del cemento utilizado.

Presentación:

Sacos de 50Kg.

Sacos de 50 Kg. estabilicreto L.P.U. con cemento incluido.

Estabilicreto NF

Mortero predosificado sin contracción. No metálico

Descripción:

Es un compuesto preparado con cemento hidráulico seleccionado, agregados finos y aditivos que sólo requiere la adición de agua para proporcionar un mortero que no sufre contracción por pérdida de humedad.

Cumple con la norma CRD-C-621-83 del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de Norteamérica.

Usos:

En cualquier obra sujeta a esfuerzos de compresión donde se requiera que el volumen del mortero a los 28 días no sea menor que el volumen al tiempo de colocarlo. Ideal para utilizarse como base de maquinaria pesada, tales como bombas, compresoras, reactores, turbinas, etc., para el anclaje de pernos, varillas, tornillos, etc., en el desplante de estructuras y columnas, indispensable en la reparación de elementos estructurales dañados.

Propiedades:

El estabilicreto NF viene listo para usarse, sólo requiere la adición de agua. No contiene partículas metálicas que puedan ocasionar problemas de oxidación en ambientes húmedos y salinos, se expande en forma gradual evitando contracciones; Con sólo controlar la cantidad de agua añadida puede producirse un mortero sin contracción de la fluidez deseada (ver tabla 1)

Aplicación:

Se añade el agua poco a poco al estabilicreto NF hasta obtener la consistencia deseada, es recomendable el batido en revolvedora y deberá colocarse recién hecha la mezcla, evitando la introducción de aire durante el colado y empleando vibradores o cadenas para facilitar su acomodo y compactación. Después del fraguado deberá curarse con Curacreto blanco Jr.

Dosificación:

De 7 a 8 litros por saco de 50 Kg. de acuerdo con la fluidez y resistencia requeridas.

Presentación:

Sacos de 50Kg.

Tabla No. 1 Fluidez y resistencia a la compresión del Estabilicreto NF en función del agua añadida.

Tipo de mezcla	Seca	Plástica	Bombeable
Cantidad de agua por saco de 50 Kg. Estabilicreto NF	7 ¼ litro	7 ½ litro	8 litros
Fluidez 01	100 a 125 %	126 a 145 %	Mayor del 150 %
Resistencia a la compresión (Kg/cm ²) 02 a los días:			
1			210
3			350
7			410
28			580

01 Determinada en mesa de acuerdo a la norma ASTM-C-230.

02 Según la norma ASTM-C-109 en cubos de 5 cm.

Aircreto

Inclisor de aire para concreto.

Descripción:

Es un líquido formado por agentes tensoactivos que al mezclarse con el concreto produce la incorporación de millones de burbujas de aire, las cuales actúan como lubricantes entre las partículas de cemento, arena y grava.

Cumple con la norma ASTM-C-260-85.

Usos:

En la producción de concretos resistentes al frío y las heladas, para facilitar la colocación del concreto aumentando su manejabilidad, en la fabricación de morteros y concretos de mayor durabilidad al ambiente marino y a la intemperie, así como mayor resistencia al ataque de sulfatos.

Propiedades:

Protege a los concretos de los daños causados por la congelación y el deshielo, aumenta la trabajabilidad de la mezcla debido a la acción lubricante de las microburbujas de aire, reduce la segregación aún en concretos de granulometría deficiente, aumenta la resistencia del concreto al ataque de cloruros y sulfatos, disminuye la capilaridad, dando como resultado concretos más durables.

Aplicación:

Se disuelve en el agua de la mezcla, agitando hasta homogeneización completa.

Dosificación:

La dosificación varía de 30 a 100 ml. por saco de 50 Kg. de cemento.

Recomendaciones:

La inclusión de aire en cantidades mayores del 5% reduce notablemente la resistencia a la compresión, por lo que se recomienda dosificarlo cuidadosamente.

Presentación:

Cubeta de 19 litros

Tambor de 200 litros

Retardacreto C

Retardante del fraguado y reductor de agua.

Descripción:

Es un aditivo líquido compuesto por agentes retardantes, plastificantes y densificadores para usarse en concretos y morteros.

Cumple con la norma ASTM-C-494, tipo D.

Usos:

En la elaboración de morteros y concretos en climas calurosos, cuando se requiera transportar concreto premezclado a grandes distancias, conservando su revenimiento inicial durante un período mayor de tiempo, para la obtención de concretos más homogéneos y de mayor resistencia, ideal para retardar el fraguado en el colado de concreto monolítico sin juntas de construcción, brindando mayor tiempo para el acabado.

Propiedades:

Retarda el fraguado tanto inicial como final de concretos y morteros aumentando simultáneamente la trabajabilidad, reduce la contracción de volumen, el sangrado, la tendencia al agrietamiento y la permeabilidad produciendo concretos y morteros más durables, permite reducir la cantidad de agua de 5 a 10% aumentando la resistencia a la compresión de 15 a 30%, ofrece al constructor la posibilidad de ahorrar cemento hasta en un 15% disminuyendo la relación agua/cemento y manteniendo la trabajabilidad y resistencia de diseño.

Aplicación:

Se adiciona al agua de mezclado y posteriormente se incorpora a la revoltura, en plantas premezcladoras puede adicionarse con equipo dosificador directamente a la revolvedora.

Dosificación:

Temperatura ambiente (°C)	5-18	18 -28	28-38
Retardacreto líquido por cada 50 Kg. de cemento	60cm ³	90cm ³	120cm ³

Presentación:

Lata de 4 litros

Cubeta de 19 litros

Tambor de 200 litros

Plastoquim N

Aditivo reductor de agua y plastificante.

DESCRIPCION

PLASTOQUIM N es un aditivo líquido reductor de agua, plastificante, fluidizante e impermeabilizante integral para concretos y morteros, formulado a base de productos químicos seleccionados. Libre de Cloruro de Calcio.

Cumple satisfactoriamente con la Norma ASTM C-494 TIPO "A".

USOS

- PLASTOQUIM N como plastificante y fluidizante debe incluirse en todo tipo de concretos, para puentes, cimentaciones, estructuras, silos, pistas de aeropuertos, elementos arquitectónicos, etc.
- PLASTOQUIM N por sus propiedades especiales está recomendado para:
 - * Concretos elaborados en plantas premezcladoras y en obra.
 - * Fabricación de elementos preesforzados y prefabricados.
 - * Elaboración de concreto en colado masivo.

VENTAJAS

Utilizando PLASTOQUIM N como plastificante y fluidizante, su concreto obtendrá las siguientes propiedades:

- Mayores resistencias a todas las edades.
- Mayor fluidez a la mezcla, facilitándole el bombeo, la cohesión y la trabajabilidad.
- Homogeneidad y densificación con el concreto fresco evitando segregación y sangrado, dando como resultado un concreto endurecido de excelentes propiedades y resistencias mecánicas.
- Su gran trabajabilidad facilitará los colados en lugares confinados o densamente armados.
- Colocación más económica por su mayor fluidez y homogeneidad.
- Por ser el PLASTOQUIM N un aditivo libre de cloruros, no ataca a los refuerzos metálicos.
- A revenimientos y resistencias constantes se requiere menos cemento.

FORMA DE EMPLEO

PLASTOQUIM N se debe adicionar al concreto con la última porción de agua de amasado de la mezcla.

NOTA: Procure adicionar con la mayor precisión posible, utilizando una probeta graduada.

En plantas premezcladoras de concreto se puede agregar mediante equipo dosificador, directamente a la revolvedora de mezclado.

RECOMENDACIONES

Para obtener resultados óptimos en su concreto, se deben de observar las prácticas correctas en el mezclado, transporte, colocación, compactación y curado.

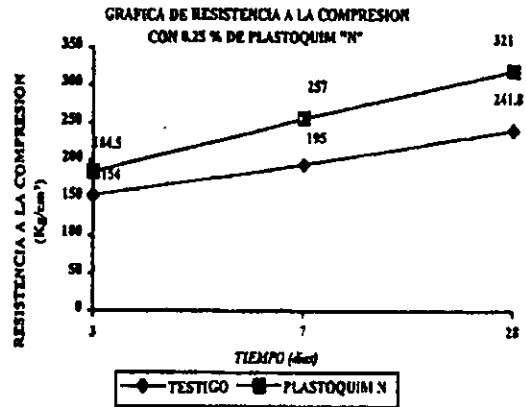
DOSIFICACION

De 0.25 a 0.30 % en base al peso del Cemento (125 - 150 ml por cada 50 Kg. de Cemento).

PRESENTACION

- Garrafón de 4lts.
- Cubeta de 19 lts.
- Tambor de 200 lts.

ESPECIFICACIONES TECNICAS



PRUEBA	METODO	ESPECIFICACION
CONSISTENCIA	—	LIQUIDO
COLOR	—	CAFE OSCURO
VISCOSIDAD (Copa Ford No.4)	ASTM D-1200	10 - 13 seg.
PESO ESPECIFICO	ASTM D-1475	1.10 - 1.20g / cc.
MATERIAL NO VOLATIL	ASTM D-2369	39 - 41 % PESO
REDUCCION DE AGUA	ASTM C-494 TIPO "A"	6 % (min.)
RESISTENCIA A LA COMPRESION	ASTM C-39	- 3 días: 120 % (prom.) * - 7 días: 130 % (prom.) * - 28 días: 135 % (prom.) *
REVENIMIENTO INICIAL:	ASTM C-143	11 cm.
- Testigo Sin PLASTOQUIM N		
- Muestra con PLASTOQUIM N al 0.25 % sobre el peso de cemento		14 cm.
TIEMPO DE FRAGUADO	ASTM C-403	* Inicial: 6.5 hrs. * Final: 9.0 hrs.

* CON RESPECTO AL TESTIGO (CONCRETO SIN ADITIVO)

NOTA: LOS DATOS INCLUIDOS FUERON OBTENIDOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO.

ALMACENAJE

PLASTOQUIM N debe mantenerse bajo techo, en un lugar seco y fresco, para que conserve sus propiedades inalteradas durante un año.

GARANTIA

IMPERQUIMIA garantiza que sus productos están libres de defectos al embarcarse desde nuestra planta, y que las recomendaciones contenidas en esta información están basadas en pruebas que consideramos confiables, sin embargo, como las condiciones en que se emplean están fuera de nuestro control, el usuario deberá hacer las pruebas necesarias para su correcta aplicación, limitándose la garantía exclusivamente a la reposición del producto probadamente defectuoso. Las reclamaciones deberán hacerse por escrito dentro de un periodo de seis meses a partir de su embarque, en caso contrario cesará nuestra responsabilidad.

Disperquim RL

Aditivo líquido fluidizante y retardante.

DESCRIPCION

DISPERQUIM RL es un líquido de color ambar libre de cloruro de calcio, a base de productos químicos seleccionados, que adicionado al concreto durante su mezclado aumenta notablemente la manejabilidad del mismo, retarda el fraguado del concreto y la resistencia en todas las edades.

Cumple la Norma ASTM C-494 TIPO "D"

USOS

- En plantas de concreto premezclado.
- Para concretos en grandes estructuras, concretos elaborados a pie de obra, concretos en puentes, presas, pistas de aeropuertos, túneles, etc.; reduciendo los costos de producción.

El DISPERQUIM RL, por sus propiedades especiales está recomendado para:

- Lugares donde la temperatura ambiente se encuentre entre 35 °C y 45 °C. Es el aditivo ideal, ya que retarda el tiempo de fraguado.
- Cuando se requiere transportar el concreto fresco a grandes distancias, manteniendo la manejabilidad y revenimiento original por un lapso mayor al acostumbrado.
- En cimientos y muros de retención, se obtienen concretos menos permeables.

VENTAJAS

El uso del DISPERQUIM RL en concretos produce las siguientes ventajas:

- Reductor de agua, permite reducir el agua de mezclado de un 5 a 10%, con lo que se obtiene:
 - a) Si se reduce solamente agua, se incrementa la resistencia del concreto a todas las edades.
 - b) Si se reduce agua y cemento en igual proporción, se obtiene economía.
 - c) En todos los casos se obtiene retardo al fraguado inicial.
- Disminuye la segregación y el sangrado.
- Produce concretos con menos contracciones y agrietamientos.
- Reduce la permeabilidad del concreto.
- Proporciona al concreto mayor resistencia a la acción de sales y sulfatos.
- Incrementa el revenimiento hasta un 20% facilitando la colocación del concreto.
- El DISPERQUIM RL viene listo para usarse.

FORMA DE EMPLEO

El DISPERQUIM RL, se agrega directamente a la revolvedora, durante el mezclado.

NOTA: Procure dosificar con la mayor precisión posible, utilizando una probeta graduada y calibrada.

Si la revolvedora tiene dosificador automático, bastará con señalar la cantidad de aditivo que se desea dosificar.

RECOMENDACIONES

Para obtener resultados óptimos en su concreto, se deben de observar las prácticas correctas en el mezclado, transporte, colocación, compactación y curado.

DOSIFICACION

TEMPERATURA AMBIENTE AL MEZCLAR EL CONCRETO	PROPORCIÓN DEL DISPERQUIM RL POR 50 Kg DE CEMENTO	% CON RESPECTO PESO DEL CEMENTO
23 °C a 35 °C	150 a 200 cm ³	0.3 a 0.4

PRESENTACION

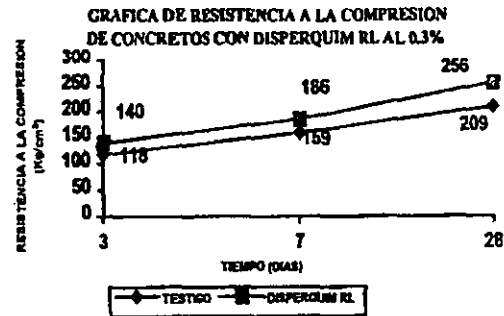
El DISPERQUIM RL se surte en:

- Cubeta de 19 lts.
- Tambor de 200 lts.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

PRUEBA	METODO	ESPECIFICACION
Consistencia	---	Líquido
Color	---	Café obscuro
Viscosidad (Copa Ford No.4)	ASTM D-1200	10 - 13 seg.
Material no volátil	ASTM D-2369	29 - 31 % PESO
Peso específico	ASTM D-1473	1.05 - 1.15 g / cc.
Reducción de agua	ASTM C-494	TIPO "D" 3 % (mín.)
Resistencia a la compresión		
- 3 días	ASTM C-39	110 % (prom). *
- 7 días		110 % (prom). *
28 días		110 % (prom). *
Tiempo de fraguado		
Inicial	ASTM C-403	- Al menos de 1:00 hr. después del Testigo y No más de 3:30 hrs después del Testigo.
Final		- No más de 3:30 hrs. después del Testigo.
Revenimiento inicial:		
- Testigo sin DISPERQUIM RL	ASTM C-143	7 cm.
- Muestra con DISPERQUIM RL al 0.3 % al peso de cemento		10 cm.

* CON RESPECTO AL TESTIGO (CONCRETO SIN ADITIVO)
NOTA: LOS DATOS INCLUIDOS FUERON OBTENIDOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO.



ALMACENAJE

En su envase original cerrado y en lugares fresco conservas sus propiedades durante un año.

GARANTIA

DISPERQUIM RL garantiza que sus productos están libres de defectos al embarcarse desde nuestra planta, y que las recomendaciones contenidas en esta información están basadas en pruebas que consideramos confiables, sin embargo, como las condiciones en que se emplean están fuera de nuestro control, el usuario deberá hacer las pruebas necesarias para su correcta aplicación, limitándose la garantía exclusivamente a la reposición del producto probadamente defectuoso. Las reclamaciones deberán hacerse por escrito dentro de un período de seis meses a partir de su embarque, en caso contrario cesará nuestra responsabilidad.

Quimiment N

Aditivo reductor de agua plastificante (1/2).

DESCRIPCION

QUIMIMENT N es un aditivo líquido de color café oscuro, formulado a base de productos químicos seleccionados, exentos de cloruros que adicionado a la mezcla permite reducir la cantidad de agua y reducir la cantidad de cemento en el concreto. Cumple con la Norma ASTM C-494 TIPO "A".

USOS

COMO PLASTIFICANTE :

- Agregado en el agua de la mezcla permite reducir hasta un 10% de ésta consiguiéndose la misma manejabilidad y obteniéndose un incremento en la resistencia del concreto a todas las edades.
- La impermeabilidad y durabilidad del concreto se ven incrementadas notablemente.

COMO ECONOMIZADOR DE CEMENTO:

- Aprovechando el incremento en la resistencia del concreto, se puede reducir la cantidad de cemento, haciendo diseños más económicos y con la resistencia original del diseño.
- **NOTA:** Recomendamos hacer pruebas para determinar los ajustes de su diseño.

COMO FLUIDIZANTE:

- Adicionando el QUIMIMENT N a la mezcla original, se obtendrá un concreto fluidizado, facilitando su colocación y haciéndolo apto para el bombeo, si el diseño del concreto fue para ese fin, sin afectar las resistencias del concreto.

VENTAJAS

COMO REDUCTOR DE AGUA:

- Aumenta la resistencia inicial del concreto en más del 30% a una edad de 7 días y en más de un 20% respecto a la resistencia final con respecto a un testigo.
- Aumenta notablemente la impermeabilidad del concreto y su durabilidad.
- Reduce en gran medida la exudación y la contracción del secado.
- Densifica al concreto.

COMO FLUIDIZANTE :

- Disminuye las oquedades del concreto en estructuras delgadas o densamente armadas.
- Disminuye tiempo de vibrado.
- Evita la segregación del concreto fluido.
- Facilita el bombeo del concreto.
- Produce acabados más tersos y permite reproducir la textura de las cimbras.
- Puede redosificarse (en caso necesario) sin alterar las resistencias finales.

FORMA DE EMPLEO

COMO REDUCTOR DE AGUA O DE CEMENTO:

Adiciónese el QUIMIMENT N agregado al agua de la mezcla durante la preparación de la misma, según la dosificación que se precisa más adelante.

COMO FLUIDIZANTE:

Adiciónese el QUIMIMENT N directamente al concreto o mortero ya mezclado o listos para colocarse, al menos cinco minutos antes de su colado y mezclar en forma suficiente para integrar el aditivo de forma uniforme, según las dosificaciones siguientes:

DOSIFICACIONES

- COMO REDUCTOR DE AGUA O CEMENTO:

Del 1.0 al 2.0% en base al peso del cemento (De 500 a 1000 ml por cada 50 Kg de cemento).

- COMO FLUIDIZANTE:

Del 1.0 al 1.5% en base al peso del cemento (De 500 - 750 ml por cada 50 Kg de cemento). Agreguese después de efectuar la mezcla de todos los ingredientes .

RECOMENDACIONES

Observe que las cimbras estén perfectamente selladas antes de usar un mortero fluido ya que de lo contrario se fugara la lechada de la mezcla alterando dramáticamente sus propiedades.

Para obtener resultados óptimos en su concreto se deben de observar las prácticas correctas en el mezclado, se recomienda realizar prueba de laboratorio a fin de determinar la dosificación idónea, así como el proporcionamiento y tipo de agregado a emplear, esto es debido a la variaciones en la temperatura y la humedad relativa del aire.

PRESENTACION

El QUIMIMENT N se surte en:

- Tambores de 200 lts.
- Cubetas de 19 lts.

Quimiment N

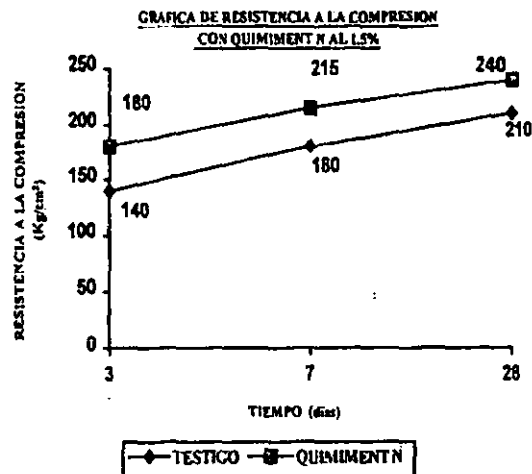
Aditivo reductor de agua plastificante (2/2).

ESPECIFICACIONES TECNICAS

PRUEBA	METODO	ESPECIFICACION
MATERIAL NO VOLATIL	ASTM D-2369	18 - 20% PESO
DENSIDAD	ASTM D-1475	1.10 g/cc
pH	ASTM E-70	10 - 10.5
DESCARGA (Copa Ford No. 4)	ASTM D-1200	9 - 11 pag.
TIEMPO DE FRAGUADO - Inicial - Final	ASTM C-494 TIPO "A"	- No más de 1:00 hr. antes del TESTIGO. Ni 1:30 hrs. después del TESTIGO. - No más de 1:00 hr. antes del TESTIGO. Ni 1:30 hrs. después del TESTIGO.
REDUCCIÓN DE AGUA	ASTM C-494 Tipo "A"	10 % (mín.)
RESISTENCIA A LA COMPRESION - 3 días - 7 días - 28 días	ASTM C-39 ASTM C-39 ASTM C-39	125 % (prom.) * 118 % (prom.) * 113 % (prom.) *
REVENIMIENTO INICIAL: - Testigo Sin QUIMIMENT N - Muestra con QUIMIMENT N al 1.5% sobre el peso de cemento	ASTM C-143	8 cm. 15 cm.

* CON RESPECTO AL TESTIGO (CONCRETO SIN ADITIVO)

NOTA: LOS DATOS INCLUIDOS FUERON OBTENIDOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO.



TIEMPO (Días)	RESISTENCIA (Kg/cm²)	RESISTENCIA (Kg/cm²)
	TESTIGO	QUIMIMENT N AL 1.5%
3	140	180
7	180	215
28	210	240

NOTA: LOS DATOS INCLUIDOS FUERON OBTENIDOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO.

ALMACENAJE

El QUIMIMENT N dura un año sin alterar sus propiedades cuando ha sido almacenado a la sombra en un lugar seco y fresco.

GARANTIA

IMPERQUIMIA garantiza que sus productos están libres de defectos al embarcarse desde nuestra planta, y que las recomendaciones contenidas en esta información están basadas en pruebas que consideramos confiables, sin embargo, como las condiciones en que se emplean están fuera de nuestro control, el usuario deberá hacer las pruebas necesarias para su correcta aplicación, limitándose la garantía exclusivamente a la reposición del producto probadamente defectuoso. Las reclamaciones deberán hacerse por escrito dentro de un periodo de seis meses a partir de su embarque, en caso contrario cesará nuestra responsabilidad.

Quimiment 100

Aditivo superfluidizante y acelerante de resistencias de alto rango.

DESCRIPCION

QUIMIMENT 100 es un aditivo líquido de color café obscuro, a base de productos químicos seleccionados, con estabilizadores para impartirle al concreto una consistencia superfluida, con gran manejabilidad, excelente reducción de agua y confiriéndole altas resistencias a edades tempranas.

El QUIMIMENT 100 no contiene cloruros.
Cumple con la Norma ASTM C-494 TIPO "F".

USOS

QUIMIMENT 100 por sus propiedades está recomendado para:

- Concretos bombeables
- Colados continuos.
- Descimbrado a corto plazo.
- Estructuras de diseño especial.
- Estructuras densamente armadas.
- Estructuras postensadas.
- Estructuras prefabricadas.
- Estructuras pretensadas, etc.

VENTAJAS

QUIMIMENT 100 es un superfluidizante- acelerante.

- Se caracteriza por un alto poder dispersante permitiendo una perfecta distribución de las partículas del cemento del concreto, provocando su hidratación completa, obteniendo el máximo efecto adherente del cemento.
- Confiere a su concreto altos índices de flexibilidad.
- Se obtiene una hidratación completa.
- Se obtiene un máximo poder adherente en el concreto
- Mayor eficiencia del equipo para el bombeo.
- Reduce el tiempo de vibrado para lograr una correcta compactación
- No provoca segregación ni sangrados.
- Produce excelentes acabados.
- Reduce costos en el cimbrado, colocación y en los tiempos de construcción.

FORMA DE EMPLEO

Como Superfluidizante el QUIMIMENT 100 se dosifica directamente al concreto recién elaborado, con la mayor precisión posible, utilizando una probeta graduada y calibrada.

NOTA: Agregue el QUIMIMENT 100 inmediatamente después de que todos los ingredientes se hayan mezclado completamente.

Como reductor de agua, dosificar el QUIMIMENT 100 junto con el agua de mezclado.

- Debe hacerse el trabajo de acabado de inmediato.
- El efecto de superfluidizante durará 30 minutos y se prolongará o acortará según la temperatura ambiente.
- Debe curarse la losa con CURAQUIM E BCO. L.P.U. para mantener la humedad de la mezcla.
- El QUIMIMENT 100 puede redosificarse si por problemas de cimbrado debe permanecer superfluidizado.
- El QUIMIMENT 100 puede usarse como acelerante de resistencias, obteniéndose hasta el 100 % f'c a 48 hrs.

DOSIFICACION

Como Superfluidizante, del 0.6 al 1.0 % en base al peso del cemento (De 300 a 500 ml por cada 50 Kg de Cemento).

Como reductor de agua de alto rango, del 1.2 al 3.0 % en base al peso del cemento (De 600 a 1500 ml por cada 50 Kg de Cemento)

PRESENTACION

El QUIMIMENT 100 se surte en:

- * Cubeta de 19 lts
- * Tambor de 200 lts.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

PRUEBA	METODO	ESPECIFICACION
CONSISTENCIA	-----	LIQUIDO
COLOR	-----	CAFE OSCURO
VISCOSIDAD (Copa Ford No.4)	ASTM D-1200	10 - 13 seg.
pH	ASTM E-70	9 - 10
MATERIAL NO VOLATIL	ASTM D-2169	20 - 22 % PESO
PESO ESPECIFICO	ASTM D-1475	1.10 - 1.15 g/cc.
REDUCCION DE AGUA	ASTM C-494 TIPO "F"	20% (min.)
RESISTENCIA A LA COMPRESION - 3 días - 7 días - 28 días	ASTM C-39	140 % (prom). * 125 % (prom). * 115 % (prom). *
TIEMPO DE RETARDO DE FRAGUADO - Inicial - Final	ASTM C-494	- Al menos 1:00 hr. antes del TESTIGO Ni 1:30 hrs. después del TESTIGO. - No más de 1:00 hr. antes del TESTIGO Ni 1:30 hrs. después del TESTIGO.
REVENIMIENTO INICIAL: - Testigo Sin QUIMIMENT 100 - Muestra con QUIMIMENT 100 al 1.5 % sobre el peso de cemento	ASTM C-143	7 cm. 15 cm.

* CON RESPECTO AL TESTIGO (CONCRETO SIN ADITIVO)

NOTA: LOS DATOS INCLUIDOS FUERON OBTENIDOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO.

ALMACENAJE

QUIMIMENT 100 mantendrá sus propiedades durante un año en un lugar seco, fresco y bajo techo.

GARANTIA

IMPERQUIMIA garantiza que sus productos están libres de defectos al embarcarse desde nuestra planta, y que las recomendaciones contenidas en esta información están basadas en pruebas que consideramos confiables. sin embargo, como las condiciones en que se emplean están fuera de nuestro control, el usuario deberá hacer las pruebas necesarias para su correcta aplicación, limitándose la garantía exclusivamente a la reposición del producto probadamente defectuoso. Las reclamaciones deberán hacerse por escrito dentro de un periodo de seis meses a partir de su embarque. en caso contrario cesará nuestra responsabilidad.

Quimiment 320-R

Aditivo retardante, superfluidizante y reductor de agua.

DESCRIPCION

QUIMIMENT 320-R es un aditivo de color café obscuro, superplastificante, reductor de agua de alto rango; economiza el uso del cemento duplicando el tiempo de manejabilidad, cumpliendo con las especificaciones ASTM C-494 TIPO G, ASTM C-1017 TIPO 2.

USOS

COMO SUPERPLASTIFICANTE:

* Al mezclar el QUIMIMENT 320-R a la mezcla normal del concreto se consigue que se fluidice haciéndolo más bombeable y más fácil de colocar.

* Es especialmente útil en climas cálidos.

* El QUIMIMENT 320-R extiende el tiempo de manejabilidad.

COMO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO:

* Se puede reducir hasta un 30% del agua de la mezcla adicionándole el QUIMIMENT 320-R en el momento de unir los componentes lográndose una mezcla con el mismo revenimiento e incrementando las resistencias del concreto a cualquier edad.

COMO ECONOMIZADOR DE CEMENTO:

* En una mezcla en donde se reduce la cantidad de agua y se incrementan las resistencias, se puede eliminar una parte del cemento para obtener concreto con las resistencias originales de diseño. Lo anterior nos permite obtener concretos más económicos.

Con el uso de QUIMIMENT 320-R se obtienen concretos de alta impermeabilidad y durabilidad.

VENTAJAS

* El QUIMIMENT 320-R imparte una gran manejabilidad a la mezcla, facilitando el bombeo en cualquier clima.

A cualquier temperatura, se tiene una buena manejabilidad de mezcla.

* Permite la transportación del concreto a grandes distancias. Dependiendo de la temperatura del concreto y la dosificación empleada

* Evita la formación de juntas frías en colados de gran volumen, debido a que incrementa el tiempo de manejabilidad.

* Alimenta sustancialmente la resistencia inicial del concreto.

* Incrementa la resistencia final del concreto en más del 40%.

* Soluciona los problemas de transportación de la mezcla en climas cálidos.

FORMA DE EMPLEO

COMO SUPERFLUIDIZANTE:

Se mezcla el concreto de la forma habitual, calculando la resistencia deseada y posteriormente se agrega el QUIMIMENT 320-R mezclándose al menos 5 minutos extra y se obtiene una mezcla muy fluida con mayor tiempo de manejabilidad.

COMO REDUCTOR DE AGUA:

Adicionando en el agua de mezcla al momento de preparar el concreto y reduciendo la cantidad correspondiente al revenimiento deseado (Hacer pruebas previas)

DOSIFICACION

COMO SUPERFLUIDIZANTE:

De 0.6 a 1% en base al peso de cemento (De 300 a 500 ml por cada 50 Kg de cemento).

COMO REDUCTOR DE AGUA:

De 1 a 1.5% en base al peso de cemento (De 500 a 750 ml por cada 50 Kg de cemento).

RECOMENDACIONES

* Se debe garantizar un adecuado contenido de los finos de la mezcla para evitar la segregación del material fluido. En caso de existir una diferencia de finos se recomienda adicionar el AIRQUIM para incorporar hasta un 4% de aire en la mezcla.

* Observe que el concreto haya sido mezclado perfectamente para lograr una buena distribución granulométrica.

* Las cimbras deben estar perfectamente bien selladas, ya que de lo contrario el agua y los finos del concreto se perderán, modificando drásticamente las propiedades finales.

* Recomendamos hacer pruebas que reflejen lo más fielmente posible las condiciones en las que se utilizará el QUIMIMENT 320-R para lograr la resistencia final del concreto.

PRESENTACION

* Cubetas de 19 litros.

* Tambores de 200 litros.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

PRUEBA	METODO	ESPECIFICACION
COLOR		CAFÉ OSCURO
PESO ESPECIFICO	ASTM D-1475	1.15 - 1.20 g/cc
REDUCCION DE AGUA	ASTM C-494 TIPO G	12% min.
TIEMPO QUE ACELERA EL FRAGUADO		
- Inicial	ASTM C-403	- Al menos 1:00 hr. después del TESTIGO y no más de 3:30 hrs. después del TESTIGO
- Final	ASTM C-403	No más de 3:30 hrs. después del TESTIGO.
RESISTENCIA A LA COMPRESION		
* 24 hrs.	ASTM C-39	125 % (prom.) *
* 3 días	ASTM C-39	125 % (prom.) *
* 7 días	ASTM C-39	115 % (prom.) *
* 28 días	ASTM C-39	110 % (prom.) *

* CON RESPECTO AL TESTIGO (CONCRETO SIN ADITIVO)

NOTA: LOS DATOS INCLUIDOS FUERON OBTENIDOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO

ALMACENAJE

QUIMIMENT 320-R se mantendrá sin alteración alguna durante un año, bajo techo y en un lugar fresco y seco.

GARANTIA

IMPERQUIMIA garantiza que sus productos están libres de defectos al embarcarse desde nuestra planta, y que las recomendaciones contenidas en esta información están basadas en pruebas que consideramos confiables, sin embargo, como las condiciones en que se emplean están fuera de nuestro control, el usuario deberá hacer las pruebas necesarias para su correcta aplicación, limitándose la garantía exclusivamente a la reposición del producto probadamente defectuoso. Las reclamaciones deberán hacerse por escrito dentro de un periodo de seis meses a partir de su embarque, en caso contrario cesará nuestra responsabilidad.

Quimicret A

Aditivo líquido acelerante y densificador del concreto.

DESCRIPCION

QUIMICRETE A es un líquido café claro formulado a partir de cloruro de calcio y otros productos químicos que adicionado al concreto genera altas resistencias a edades tempranas, con la ventaja adicional de disponer de un mayor tiempo de fraguado inicial que otros aditivos, obteniéndose superficies bien acabadas con menores tiempos de cimbrado.

Cumple con la Norma ASTM C-484 TIPO "C".

USOS

- Ideal para utilizarse en la fabricación de concretos en climas fríos.
- Para la fabricación de concretos que requieran reducir el tiempo de fraguado inicial y obtener altas resistencias a la compresión a cortas edades.
- Para reparaciones de pisos, piezas prefabricadas de concreto, etc., que se desean emplear en el corto tiempo.
- Para plantas de concreto prefabricado como blocks, celosías, tubos, paneles, muros, etc.
- Para sustituir con ventaja al cemento de resistencia rápida en el colado de estructuras.
- Para acortar considerablemente el tiempo de cimbrado en estructuras, sobre todo, aquellas en que los claros en losas no son grandes.
- Cuando se utilicen cimbras deslizantes como en silos, chimeneas, túneles, etc.

VENTAJAS

- Permite una reducción de hasta un 5% en la relación agua-cemento.
- Acelera el fraguado del concreto, facilitando su colocación.
- Incrementa la resistencia a la compresión y a la flexión en todas las edades.
- Permite descimbrar en menos tiempo y brinda un ahorro considerable en el uso de la cimbra.
- Reduce tiempos de ejecución de obras.
- Viene listo para usarse y es fácil de aplicar.

FORMA DE EMPLEO

QUIMICRETE A se agrega al agua de mezcla de la revoledora, dando el tiempo necesario para que se homogenice.

RECOMENDACIONES

Reduzca el agua de mezcla hasta un 5% para mantener la trabajabilidad. Para la fabricación de concreto en climas fríos utilice agua templada. Los concretos donde haya sido utilizado QUIMICRETE A deberán curarse inmediatamente para reducir la contracción que sufre por la rápida liberación de agua debido al calor de hidratación del cemento. QUIMICRETE A deberá ser utilizado con cuidado en climas cálidos.

DOSIFICACION

QUIMICRETE A se dosifica a razón del 1.0 al 1.5% sobre el peso del cemento (De 500 a 750 ml por cada 50 Kg de cemento), con lo cual se puede lograr resistencias equivalentes en la mitad del tiempo. Para mayores aceleramientos se puede elevar la dosis hasta un máximo de 1.0 lt. por saco de 50 Kg de cemento.

PRESENTACION

- * Botes con 4 litros.
- * Cubetas con 19 litros.
- * Tambores de 200 litros.

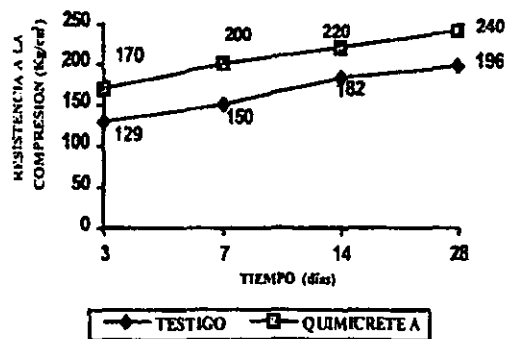
ESPECIFICACIONES TECNICAS

PRUEBA	METODO	ESPECIFICACIONES
Consistencia	-----	Líquido
Color	-----	Café obscuro
% Material no volátil	ASTM D - 2369	34 - 40 % peso
Descarga (Copa Ford #4)	ASTM D-1200	10 - 12 seg.
Peso específico	ASTM D- 1475	1.30 - 1.33 g/cc
pH	ASTM E-70	4.0 - 4.5
Reducción de agua	ASTM C-494 TIPO "C"	5 % máx.
Tiempo que acelera el fraguado		
- Inicial	ASTM C-403	- Al menos 1:00 hr. antes del TESTIGO y no más de 3:30 hrs. antes del TESTIGO.
- Final	ASTM C-403	- Al menos 1:00 hr. antes del TESTIGO
Resistencia a la compresión		
* 3 días	ASTM C-39	130 % (prom.) *
* 7 días	ASTM C-39	130 % (prom.) *
* 28 días	ASTM C-39	120 % (prom.) *

* CON RESPECTO AL TESTIGO (CONCRETO SIN ADITIVO)

NOTA: LOS DATOS INCLUIDOS FUERON OBTENIDOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO

GRAFICA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION CON 1.5% DE QUIMICRETE "A".



ALMACENAJE

En sus envases originales, cerrados y en lugares frescos, el QUIMICRETE A mantiene sus propiedades durante un año.

GARANTIA

IMPERQUIMIA garantiza que sus productos están libres de defectos al embarcarse desde nuestra planta, y que las recomendaciones contenidas en esta información están basadas en pruebas que consideramos confiables, sin embargo, como las condiciones en que se emplean están fuera de nuestro control, el usuario deberá hacer las pruebas necesarias para su correcta aplicación, limitándose la garantía exclusivamente a la reposición del producto probadamente defectuoso. Las reclamaciones deberán hacerse por escrito dentro de un periodo de seis meses a partir de su embarque, en caso contrario cesará nuestra responsabilidad.

Quimicret LC líquido y polvo

Aditivo acelerador de resistencias, libre de cloruros.

DESCRIPCION

QUIMICRETE LC LIQUIDO Y POLVO son aditivos libres de cloruros, formulados a base de agentes acelerantes y dispersantes, que adicionados a la mezcla producen concretos con altas resistencias mecánicas a tempranas edades con la ventaja adicional de disponer de una acción de aceleramiento sobre el tiempo de fraguado inicial.

USOS

QUIMICRETE LC LIQUIDO Y POLVO, se recomiendan para:

- Plantas de prefabricados que tengan cámaras de curado de vapor.
- Concreto preesforzado.
- Obras que requieran aumentar la resistencia a edades tempranas.
- Para acortar considerablemente el tiempo de cimbrado en estructuras sobre todo aquellas en que los claros en las losas no son grandes.
- Para reparaciones de pisos, piezas prefabricadas de concreto, que se desee emplear a las 24 hrs. de colado.

VENTAJAS

Utilizando el QUIMICRETE LC LIQUIDO Y POLVO, el concreto obtendrá las siguientes ventajas:

- Acortar el tiempo de fraguado e incrementar la resistencia a la compresión o a la flexión en todas las edades, sin modificar el diseño original.
- Permite una reducción del 7 al 10% en la relación agua/cemento, por lo que hay un ahorro en el consumo del cemento.
- Aumenta la fluidez y facilita la colocación.
- Reduce los tiempos de ejecución de obras.
- Se obtienen concretos con mayor peso volumétrico.
- Reduce de un 7 a 10% la cantidad del agua de mezclado.
- No ataca al acero de refuerzo.

FORMA DE EMPLEO

El QUIMICRETE LC LIQUIDO se debe adicionar directamente al agua de mezcla, con la mayor precisión posible, de ser posible utilice el aditivo directamente en la revolvedora.

Para los casos en donde se transporta el concreto, debe dosificarse a pie de obra, e integrarse durante cinco minutos de mezclado.

El QUIMICRETE LC POLVO se debe agregar directamente a la mezcla, de acuerdo con el número de sacos de cemento que y procurando dar la agitación necesaria para su completa integración.

DOSIFICACION

El QUIMICRETE LC LIQUIDO se dosifica del 7.0% en base al peso del cemento (De 3500 ml por cada 50 Kg de cemento), se recomienda usar 3500 ml por cada saco de 50 Kg de cemento normal.

El QUIMICRETE LC POLVO se dosifica a razón de 3.0% en base al peso del cemento (1.5 Kg. por saco de 50 Kg de cemento). Para mayor aceleramiento, se puede subir la dosis hasta un máximo de 5.0 % en base al peso de cemento (2.5 Kg de material por cada saco de 50 Kg de cemento).

El QUIMICRETE LC da los siguientes incrementos de Resistencias :

3 Días	155 %	Sobre Testigo
7 Días	137 %	Sobre Testigo
28 Días	126 %	Sobre Testigo

RECOMENDACIONES

Para obtener resultados óptimos en su concreto se deben de observar las prácticas correctas en el mezclado, se recomienda realizar pruebas de laboratorio a fin de determinar la dosificación idónea, así como el proporcionamiento y tipo de agregado a emplear, esto es debido a las variaciones en la temperatura y con la humedad relativa del aire.

PRESENTACION

QUIMICRETE LC LIQUIDO

- Tambor de 200 lts.

- Cubeta de 19 lts.

QUIMICRETE LC POLVO

- Sacos de 20 Kg.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

PRUEBA	METODO	ESPECIFICACION	
		QUIMICRETE LC POLVO	QUIMICRETE LC LIQUIDO
REDUCCION DE AGUA	ASTM C-494	7% (min)	7% (min)
TIEMPO DE FRAGUADO	ASTM C-494	- Al menos 1:00 hr. antes y no más de 3:30 hrs. después del Testigo.	- Al menos 1:00 hr. antes y no más de 3:30 hrs. después del Testigo.
		- Final	ASTM C-494
RESISTENCIA A LA COMPRESION	ASTM C-39	120 % (prom.)	110 % (prom.) *
- 3 días *	ASTM C-39	120 % (prom.)	110 % (prom.) *
- 7 días *	ASTM C-39	120 % (prom.)	110 % (prom.) *
- 28 días *	ASTM C-39		

* CON RESPECTO AL TESTIGO (CONCRETO SIN ADITIVO)

NOTA: LOS DATOS INCLUIDOS FUERON OBTENIDOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO.

ALMACENAJE

En sus envases originales, cerrados y en lugares frescos, el QUIMICRETE LC POLVO y LIQUIDO mantienen sus propiedades durante 1 año.

GARANTIA

IMPERQUIMIA garantiza que sus productos están libres de defectos al embarcarse desde nuestra planta, y que las recomendaciones contenidas en esta información están basadas en pruebas que consideramos confiables, sin embargo, como las condiciones en que se emplean están fuera de nuestro control, el usuario deberá hacer las pruebas necesarias para su correcta aplicación, limitándose la garantía exclusivamente a la reposición del producto probadamente defectuoso. Las reclamaciones deberán hacerse por escrito dentro de un período de seis meses a partir de su embarque, en caso contrario cesará nuestra responsabilidad.

Airquim

Aditivo inclusor de aire para concreto.

DESCRIPCION

AIRQUIM es un aditivo líquido de color café claro, formulado a base de una solución estable de resinas orgánicas neutralizadas, que al adicionarse al concreto durante su mezclado, desarrolla un sistema de microburbujas de aire, casi esféricas y uniformemente dispersadas, que permiten aumentar notablemente la manejabilidad del concreto. Cumple con la Norma ASTM C-260.

USOS

AIRQUIM se emplea para:

- Concretos que se vayan a colocar por medio de bombeo y a transportar en camiones de volteo a largas distancias.
- Colocar concretos con caídas libres altas.
- Concretos que están expuestos a la acción de sales y sulfatos.
- Concretos con bajo contenido de cemento y con granulometría deficiente en finos.

AIRQUIM se usa en el concreto cuando se requiera:

- Incrementar la impermeabilidad del concreto.
- Aumentar la durabilidad del concreto y su resistencia a ambientes agresivos (agua de mar, aguas o suelos sulfatados, entre otros).
- Impedir la exudación del concreto y la correspondiente formación de capilares.
- Evitar la segregación del concreto durante el transporte.
- Mejorar la bombeabilidad de concreto con deficiencia de finos.
- Aumentar la manejabilidad de mezclas con agregados de trituración.

VENTAJAS

- Incluye al concreto la cantidad exacta de aire necesario, del 3 al 5% dependiendo de la dosificación empleada.
- Controla la exudación de la mezcla.
- Hace al concreto más durable y resistente al medio ambiente marino.
- Evita la segregación y reduce el sangrado.
- Mejora los acabados en concreto.
- Disminuye la fricción en las tuberías al bombear concreto.

FORMA DE EMPLEO

El AIRQUIM se agrega directamente al agua de mezcla, agitando para obtener una incorporación homogénea.

RECOMENDACIONES

- Para uso estructural verifique el contenido de aire por medio de la olla de medición, según la Norma ASTM C-231.
- Nunca adicionar el AIRQUIM en el cemento.
- El tiempo de mezcla, se debe incrementar un 25% aprox. para favorecer la formación de las burbujas.
- El contenido del aire obtenido no debe sobrepasar el 5%.

DOSIFICACION

El AIRQUIM se dosifica de 30 a 100 ml por 50 Kg de cemento, dependiendo de la cantidad de aire que se desea incluir.

NOTA: El contenido de aire debe verificarse por medio de un medidor de aire y la dosificación ajustarse según el resultado.

- Los concretos de agregados ásperos requieren más AIRQUIM que la proporción indicada.
- Evítase incluir más del 5% de aire para no provocar el abatimiento de la resistencia.

El contenido de aire se puede ver afectado por la temperatura, la cantidad y finura del cemento, así como la proporción del polvo en los agregados. La dosificación óptima se debe determinar mediante ensayos con los materiales y en las condiciones de obra.

PRESENTACION

- Tambor de 200 lts.
- Cubeta de 19 lts.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

PRUEBA	METODO	ESPECIFICACION
APARIENCIA	-----	LIQUIDO TRANSLUCIDO
COLOR	-----	CAFE CLARO
MATERIAL NO VOLATIL	ASTM C-233	15 - 17 % PESO
DENSIDAD	ASTM C-233	1.01 - 1.03 g cc
pH	ASTM E-70	12 - 12.5
DESCARGA (Copa Ford No. 4)	ASTM D-1200	9 - 11 seg.
TIEMPO DE FRAGUADO	ASTM C-403	- Al menos 1: 30 hrs. después del TESTIGO.
RESISTENCIA A LA COMPRESION		
- 3 días	ASTM C-39	90 % (min) *
- 7 días	ASTM C-39	90 % (min) *
- 28 días	ASTM C-39	90 % (min) *

* CON RESPECTO AL TESTIGO (CONCRETO SIN ADITIVO)

NOTA: LOS DATOS INCLUIDOS FUERON OBTENIDOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO

ALMACENAJE

En su envase original, cerrado y en lugares frescos el AIRQUIM conserva sus propiedades durante un año.

GARANTIA

IMPERQUIMIA garantiza que sus productos están libres de defectos al embarcarse desde nuestra planta, y que las recomendaciones contenidas en esta información están basadas en pruebas que consideramos confiables, sin embargo, como las condiciones en que se emplean están fuera de nuestro control, el usuario deberá hacer las pruebas necesarias para su correcta aplicación, limitándose la garantía exclusivamente a la reposición del producto probadamente defectuoso. Las reclamaciones deberán hacerse por escrito dentro de un periodo de seis meses a partir de su embarque. en caso contrario cesará nuestra responsabilidad.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

Expansquim

Aditivo expansor para concreto, morteros y lechadas.

DESCRIPCION

EXPANQUIM es un aditivo en polvo para mortero y concreto, formulado a base de productos químicos seleccionados que adicionado al concreto, mortero o lechada genera burbujas diminutas que causan la expansión de la mezcla, mientras se encuentra ésta en estado plástico.

Cumple con la Norma CRD C-566.

USOS

El EXPANQUIM es un aditivo que produce una expansión controlada en pastas de cemento y mortero que se utilizan en: moldes cerrados, rocas fisuradas, relleno o empaque de suelos, cimentaciones, calafateo y anclajes de piezas de construcción.

VENTAJAS

- Expande el concreto, mortero, lechadas.
- Retarda el fraguado inicial.
- Elimina las contracciones de las mezclas.
- Reduce el agrietamiento y la permeabilidad.
- Produce una mezcla de gran fluidez y poder de retención de agua.
- Tiende a mantener el cemento y la arena en suspensión, lo cual garantiza un relleno completo de la cavidad.
- Aumenta la resistencia de pastas endurecidas en cavidades cerradas herméticamente.
- No contiene cloruros u otros productos químicos que corroen el acero de refuerzo.

FORMA DE EMPLEO

El EXPANQUIM se debe agregar a la mezcla inmediatamente después de los agregados pétreos y el cemento, hasta una completa incorporación; agregar agua hasta la formación de una pasta homogénea, vaciando la mezcla inmediatamente.

Se emplean generalmente mezcladoras de altas revoluciones con aspas de acción cortante.

Se recomienda usar moldes o cimbras totalmente cerrados, para evitar sobre-expansiones que bajen demasiado la resistencia del concreto endurecido.

DOSIFICACION

EXPANQUIM se dosificó normalmente del 0.3 al 0.7% del peso de cemento. (De 150 a 350 gr por cada 50 Kg de cemento), dependiendo del porcentaje de expansión requerido.

RECOMENDACIONES

Para obtener resultados óptimos en su concreto se deben de observar las prácticas correctas en el mezclado, se recomienda realizar pruebas de laboratorio a fin de determinar la dosificación idónea, así como el proporcionamiento y tipo de agregado a emplear, esto es debido a las variaciones en la temperatura y la humedad relativa del aire.

PRESENTACION

El EXPANQUIM se surte en:

- Sacos de 20 Kg

ESPECIFICACIONES TECNICAS

PRUEBA	METODO	ESPECIFICACION
DENSIDAD	ASTM D-1475	0.7 - 0.8 g/cc
EXPANSION LIBRE	CRD C-566	20 % Para una relación agua/cemento de 0.53 Dosificación 0.7% del EXPANQUIM
TIEMPO DE RETARDA EL FRAGUADO		
- Inicial	ASTM C-494	- Al menos 1:00 hr. antes y no más de 1:30 hrs. después del TESTIGO.
- Final	ASTM C-494	- Al menos 1:00 hr. antes y no más de 1:30 hrs. después del TESTIGO.
RESISTENCIA A LA COMPRESION *		
- 3 días *	ASTM C-39	90 % (min) *
- 7 días *	ASTM C-39	90 % (min) *
- 28 días *	ASTM C-39	90 % (min) *

* CON RESPECTO AL TESTIGO (CONCRETO SIN ADITIVO)

NOTA: LOS DATOS INCLUIDOS FUERON OBTENIDOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO.

ALMACENAJE

En lugares secos y envase cerrado, el EXPANQUIM mantiene sus propiedades durante 1 año.

GARANTIA

IMPERQUIMIA garantiza que sus productos están libres de defectos al embarcarse desde nuestra planta, y que las recomendaciones contenidas en esta información están basadas en pruebas que consideramos confiables, sin embargo, como las condiciones en que se emplean están fuera de nuestro control, el usuario deberá hacer las pruebas necesarias para su correcta aplicación, limitándose la garantía exclusivamente a la reposición del producto probadamente defectuoso. Las reclamaciones deberán hacerse por escrito dentro de un periodo de seis meses a partir de su embarque, en caso contrario cesará nuestra responsabilidad.

Guncrete L.C.

Aditivo acelerante instantáneo libre de cloruros para mortero lanzado.

DESCRIPCION

GUNCRETE L.C. es un aditivo en polvo de color blanco soluble al agua, formulado a base de productos químicos diseñados para acelerar el fraguado inicial y final en concretos y morteros lanzados.

USOS

GUNCRETE L.C. por sus propiedades especiales, está recomendado como aditivo indispensable en morteros y concretos aplicados por lanzado mecánico para revestir taludes, túneles, bóvedas, etc.

VENTAJAS

Además de la gran ventaja de estar libre de cloruros, el GUNCRETE L.C. produce las siguientes ventajas en concretos y morteros lanzados:

- Se obtienen tiempos de fraguados prácticamente instantáneos.
- Se evita la pérdida excesiva de mortero por "rebote".
- La velocidad de fraguado, es controlable de acuerdo a la dosificación empleada y al cemento utilizado.
- Se puede aplicar el mortero sin necesidad de cimbra, aun contra presiones hidrostáticas.
- Al no contener cloruros, no corroe el acero estructural.
- Buena resistencia a la compresión a cualquier edad.
- Excelente impermeabilidad.

FORMA DE EMPLEO

a) PREPARACION DE LA SUPERFICIE:

Estas deberán ser preparadas en la forma usual para trabajos de mortero lanzado, la cual consiste en picar las superficies lisas, remover toda clase de polvo y material extraño.

En caso de existir filtraciones por fuertes presiones, es aconsejable instalar tubos de escape para la salida de agua y aplicar el sistema de taponamiento con FRAGUARRAPID (Sellador instantáneo para Obturación de Veneros) o FRAGUAPLUG.

b) PREPARACION DEL CONCRETO LANZADO:

El GUNCRETE L.C. deberá mezclarse en seco con el cemento y los agregados en polvo, procurando lograr una homogeneidad total, con lo cual se obtiene el aceleramiento al entrar en contacto con el agua en la boquilla de la pistola de la máquina lanzadora.

DOSIFICACION

Segun el tipo de cemento, la distancia de lanzado y las condiciones especiales de la obra, el GUNCRETE L.C. se dosifica del 2 al 5% sobre el peso del cemento (De 1.0 a 2.5 Kg por cada 50 Kg de cemento).

RECOMENDACIONES

Para obtener resultados óptimos en su concreto se deben de observar las prácticas correctas en el mezclado, se recomienda realizar pruebas de laboratorio a fin de determinar la dosificación idónea, así como el proporcionamiento y tipo de agregado a emplear, esto es debido a las variaciones en la temperatura y la humedad relativa del aire.

El GUNCRETE L.C. es un material higroscópico y por lo tanto los envases deben guardarse bien tapados y en lugar fresco y seco.

La temperatura de aplicación será superior a 5 °C del sustrato y del producto

Los agregados deberán estar secos y bien graduados.

En caso de salpicadura en los ojos, lavarse abundantemente con solución de ácido bórico o agua sola

PRESENTACION

El GUNCRETE L.C. se surte en:

- Sacos de 20 Kg.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

PRUEBA	METODO	ESPECIFICACION
CONSISTENCIA	—————	POLVOS
COLOR	—————	BLANCO
DENSIDAD	ASTM D-1475	0.68 - 0.70 g/cc.
TIEMPO DE FRAGUADO		
- Inicial	ASTM C-191	3 minutos (max)
- Final	ASTM C-191	5 minutos (max)
RESISTENCIA A LA COMPRESION		
- 24 hrs. *	ASTM C-109	100 % (min)
- 3 días. *	ASTM C-109	90 % (min)
- 7 días. *	ASTM C-109	85% (min)
- 28 días *	ASTM C-109	80% (min)
REBOTABILIDAD *	FUNCIONAL	Menor al 10%

* CON RESPECTO AL TESTIGO (CONCRETO SIN ADITIVO)

NOTA: LOS DATOS INCLUIDOS FUERON OBTENIDOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO.

ALMACENAJE

En envases cerrados, en lugares secos, el GUNCRETE L.C. conserva sus propiedades durante un año.

GARANTIA

IMPERQUIMIA garantiza que sus productos están libres de defectos al embarcarse desde nuestra planta, y que las recomendaciones contenidas en esta información están basadas en pruebas que consideramos confiables, sin embargo, como las condiciones en que se emplean están fuera de nuestro control, el usuario deberá hacer las pruebas necesarias para su correcta aplicación, limitándose la garantía exclusivamente a la reposición del producto probadamente defectuoso. Las reclamaciones deberán hacerse por escrito dentro de un periodo de seis meses a partir de su embarque, en caso contrario cesará nuestra responsabilidad.

Fiberquim

Adicionante de fibras de polipropileno para disminuir el fisuramiento y reforzar el concreto por temperatura.

DESCRIPCION

FIBERQUIM es una fibra blanca de polipropileno modificado para mejorar la compatibilidad con mortero o concreto, impartiendoles refuerzo multidireccional, aumentando su resistencia y ayudando a reducir las grietas por contracción en el concreto de cemento portland. Cumple con la Norma ASTM D-1116-89.

USOS

El FIBERQUIM por sus propiedades especiales, está recomendado como adicionante en el concreto para evitar los fisuramientos generados por la segregación de los componentes de la mezcla. Además refuerza el concreto para aumentar la impermeabilidad e incrementar la flexibilidad, así como la reducción de asentamientos plásticos en el concreto.

VENTAJAS

- Reduce el agrietamiento por contracción originado por la segregación de los agregados durante el fraguado inicial.
- Incrementa la resistencia al impacto.
- No sufre degradación al contacto con los alcalis del cemento; a diferencia del poliestir y la fibra de vidrio, el polipropileno es un material más estable.
- Confiere a su concreto mayor resistencia a la compresión, a la flexión y a la tensión que produce fisuras.
- FIBERQUIM viene listo para usarse y sólo requiere de 3 a 5 minutos de mezclarlo, a diferencia de las fibras de multifilamentos que necesitan abrirse y separarse para una correcta integración.
- Se obtienen excelentes acabados debido a que NO quedan las superficies con fibras peludas (fibras sueltas).
- Reduce la permeabilidad a la humedad y a cloruros.

FORMA DE EMPLEO

Hasta con agregar una bolsa de FIBERQUIM de 900 grs. por cada metro cúbico de concreto y revolverse de 3 a 5 minutos a velocidad de mezclador, o bien mezclarse manualmente con la arena y el cemento, o bien una bolsa de FIBERQUIM de 150 grs. por cada saco de 50 Kg. de cemento, posteriormente al incorporar la grava continuar el mezclador. Al emplear FIBERQUIM usted podrá sustituir la malla electrosoldada en cualquier aplicación en que sea usada como refuerzo por temperatura. Para lograr una adecuada sustitución se debe diseñar correctamente el espaciamiento y profundidad de las juntas de dilatación.

DOSIFICACION

FIBERQUIM se dosifica a razón de:
 900 grs. por cada metro cúbico de concreto.
 150 grs. por cada saco de 50 Kg. de cemento.

RECOMENDACIONES

Las fibras de polipropileno del FIBERQUIM son inertes, insolubles en agua y permanecen estables dimensionalmente con los cambios de humedad. Son durables y ofrecen excelente resistencia química, al clima y a la abrasión. El polipropileno es superior al poliestir en condiciones de alta alcalinidad. Adicionalmente el polipropileno es altamente resistente a las manchas y al ataque bacterial (No promueve el crecimiento de hongos o moho).

PRESENTACION

El FIBERQUIM se surte en:
 - Bolsas de 900 grs. - Bolsas de 150 grs.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

PRUEBA	METODO	ESPECIFICACION
MATERIAL	-----	POLIPROPILENO
DIAMETRO	-----	0.0048 cm.
LONGITUD	-----	1.905 cm (3/4")
PESO ESPECIFICO	ASTM D-1475	0.90 - 0.91 g/cc
RESISTENCIA A LA TENSION	ASTM D-634	> 40,000 Psi
ELONGACION	ASTM D-1682	> 60 %
RETENCION A LA HUMEDAD (70 °F, 65 % Humedad Relativa)	FUNCIONAL	Menos del 0.1 %
EFFECTO EN FRIO EXTREMO (-73 °F a -100 °F)	FUNCIONAL	PERMANECE FLEXIBLE
REVENIMIENTO INICIAL* - Mezcla Testigo - Mezcla con FIBERQUIM **	ASTM C-143 ASTM C-143	10.0 cm 6.0 cm.
PESO VOLUMETRICO* - Mezcla Testigo - Mezcla con FIBERQUIM **	ASTM C-138 ASTM C-138	2240 Kg/m ³ 2230 Kg/m ³
TRABAJABILIDAD* - Mezcla Testigo - Mezcla con FIBERQUIM **	FUNCIONAL	BUENA EXCELENTE
RESISTENCIA A LA COMPRESION (28 días)* - Mezcla Testigo - Mezcla con FIBERQUIM **	NOM C-83 NOM C-83	237 Kg/cm ² (prom.) 253 Kg/cm ² (prom.)
RESISTENCIA A LA TENSION (28 días)* - Mezcla Testigo - Mezcla con FIBERQUIM **	NOM C-163 NOM C-163	24.7 Kg/cm ² (prom.) 27.3 Kg/cm ² (prom.)
RESISTENCIA A LA FLEXION (28 días)* - Mezcla Testigo - Mezcla con FIBERQUIM **	NOM C-191 NOM C-191	36.7 Kg/cm ² (prom.) 40.9 Kg/cm ² (prom.)
AGRIETAMIENTO DEL CONCRETO* - Mezcla Testigo - Mezcla con FIBERQUIM **	FUNCIONAL	- PRESENTA AGRIETAMIENTO - NO PRESENTA AGRIETAMIENTO

NOTA: LOS RESULTADOS OBTENIDOS FUERON EN CONDICIONES DE LABORATORIO. * LOS RESULTADOS INCLUIDOS FUERON OBTENIDOS EN LOS LABORATORIOS DEL IMCIC
 ** LA DOSIFICACION EMPLEADA PARA LAS PRUEBAS FUERON DE 900 gr. POR CADA METRO CUBICO DE CONCRETO

ALMACENAJE

En las bolsas cerradas las propiedades del FIBERQUIM permanecerán sin alteración durante tiempo indefinido, manteniendose en un lugar techado, a la sombra y seco.

GARANTIA

IMPERQUIMIA garantiza que sus productos están libres de defectos al embarcarse desde nuestra planta, y que las recomendaciones contenidas en esta información están basadas en pruebas que consideramos confiables, sin embargo, como las condiciones en que se emplean están fuera de nuestro control, el usuario deberá hacer las pruebas necesarias para su correcta aplicación, limitándose la garantía exclusivamente a la reposición del producto probadamente defectuoso. Las reclamaciones deberán hacerse por escrito dentro de un periodo de seis meses a partir de su embarque, en caso contrario cesará nuestra responsabilidad.

Capítulo 3

Efectos de la temperatura en el concreto hidráulico.

C a p í t u l o III.

Efectos de la temperatura en el concreto hidráulico.

3.1 Efectos que se producen.

La República Mexicana se localiza entre los 15 y 33 grados de latitud Norte, de manera que el trópico de Cáncer (23° 17'), la divide en dos porciones aproximadamente iguales, de este modo, astronómicamente, a la porción Sur le corresponde clima tropical y a la porción Norte clima templado, sin embargo, de acuerdo con las condiciones locales de altitud y distancia al mar hay cierta tendencia a la definición de tres zonas que presentan diferente clima regional y que se describen a continuación:

- Zona A.- Corresponde a la región centro-norte, en donde el medio ambiente suele ser seco, caluroso en verano y frío en invierno.
- Zona B.- Rodea a la anterior, pero con un clima menos extremo, pues exhibe mayor grado de humedad y más moderación en las variaciones estacionales de temperatura.
- Zona C.- Comprende principalmente la región sur-sureste y la llanura costera del litoral del Golfo de México, en donde el clima es sensiblemente tropical, cálido y húmedo, con relativamente menos variaciones entre el verano y el invierno.

En la figura 3.1.1, se ilustra una delimitación tentativa de estas tres zonas climáticas, cuyas principales características de temperatura y humedad aparecen en la parte inferior de la misma.

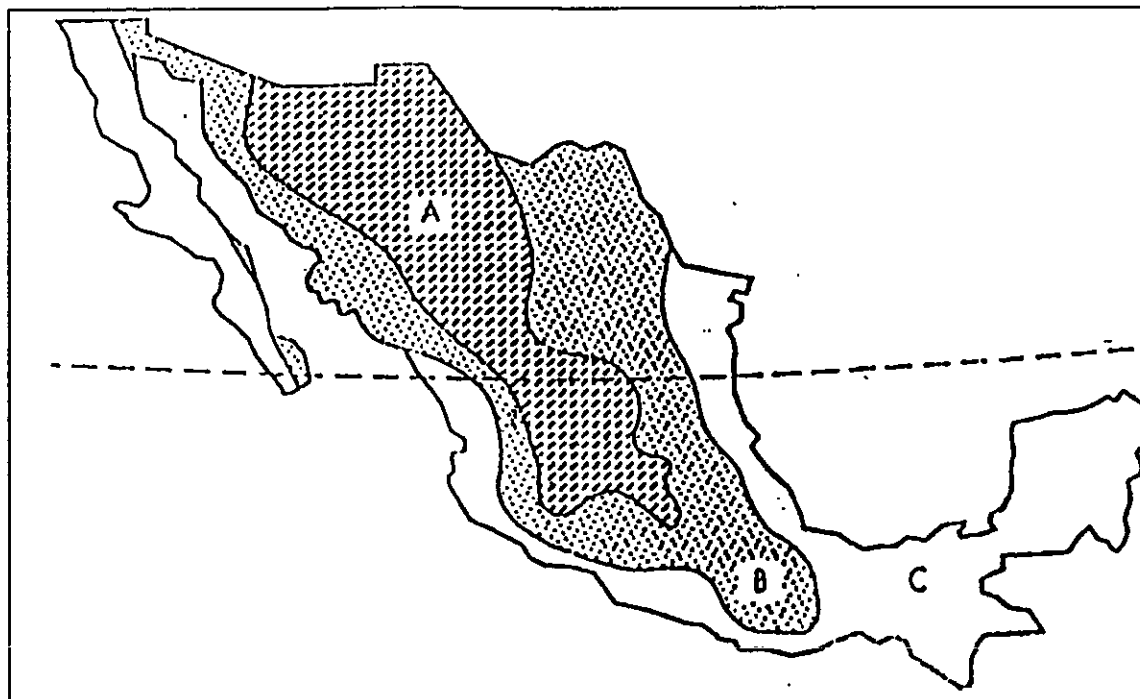


Fig. 3.1.1 Delimitación de las zonas climáticas en México, tomada del informe Técnico Huites, Consorcio Mexicano para la Construcción de Huites.

Zonas climáticas	Temperatura (mínima en invierno) (°C)	Temperatura (máxima en verano) (°C)	Humedad Relativa (%)
A	-22/-8	36/50	30/40
B	-12/0	36/48	40/46
C	0/12	40/46	60/80

De acuerdo con estos datos, es evidente que durante el verano se manifiestan de manera general elevadas temperaturas ambientales en la mayoría del territorio nacional, aunque con diferentes condiciones de humedad relativa, de esta manera, las condiciones más desfavorables se presentan en la zona A, en donde se conjugan las altas temperaturas con las bajas humedades relativas, lo cual origina situaciones propicias para que se incremente la velocidad de evaporación del agua y por consiguiente para que se produzca una rápida desecación del concreto recién colado.

En la zona B, las condiciones se presentan menos desfavorables, puesto que las temperaturas máximas probables, tienden a disminuir mientras que las humedades relativas ambientales tienden a aumentar, pero aún así, continúan representando condiciones riesgosas para el concreto durante su colocación.

Por último, en la zona C, la humedad relativa suele ser bastante alta, pero como la temperatura ambiental también lo es, existe el riesgo de que se conjunten condiciones propicias para la desecación prematura del concreto en un momento dado, por ejemplo, si la humedad relativa es del 70 %, el riesgo de que se produzca la velocidad de evaporación crítica ($1.0 \text{ kg/m}^2/\text{hr}$), ocurre cuando la temperatura del concreto es de $35 \text{ }^\circ\text{C}$, lo que no es difícil que suceda en esta zona si no se adoptan las medidas necesarias para evitarlo.

La figura 3.1.2 nos permite calcular la rapidez de evaporación, tomando en cuenta todos los factores principales que contribuyen al agrietamiento por contracción plástica del concreto, tales como: la temperatura del aire, la humedad relativa, la temperatura del concreto y la velocidad del viento. Si la rapidez de la evaporación se aproxima a $1.0 \text{ kg/m}^2/\text{hr}$ es necesario tomar precauciones contra el agrietamiento por contracción plástica.

Como ejemplo, ilustraremos el siguiente caso en la figura 3.1.2, donde un concreto a una temperatura de 16°C , colocado a una temperatura ambiente de 18°C , con humedad relativa del 45% y una velocidad del viento de 32 Km/h , tendrá una rapidez de evaporación de $0.6 \text{ kg/m}^2/\text{hr}$.

Para usar la gráfica mencionada seguiremos los siguientes pasos:

1. Iniciar con temperatura del aire (18°C) y avanzar hacia arriba hasta cruzar con la humedad relativa (45%).
2. Avanzar hacia la derecha hasta cruzar con la temperatura del concreto (16°C).
3. Descender hasta alcanzar la velocidad del viento (32 Km/h).
4. Retroceder hacia la izquierda y leer el valor de la rapidez de la evaporación (0.6 kg/m²/hr).

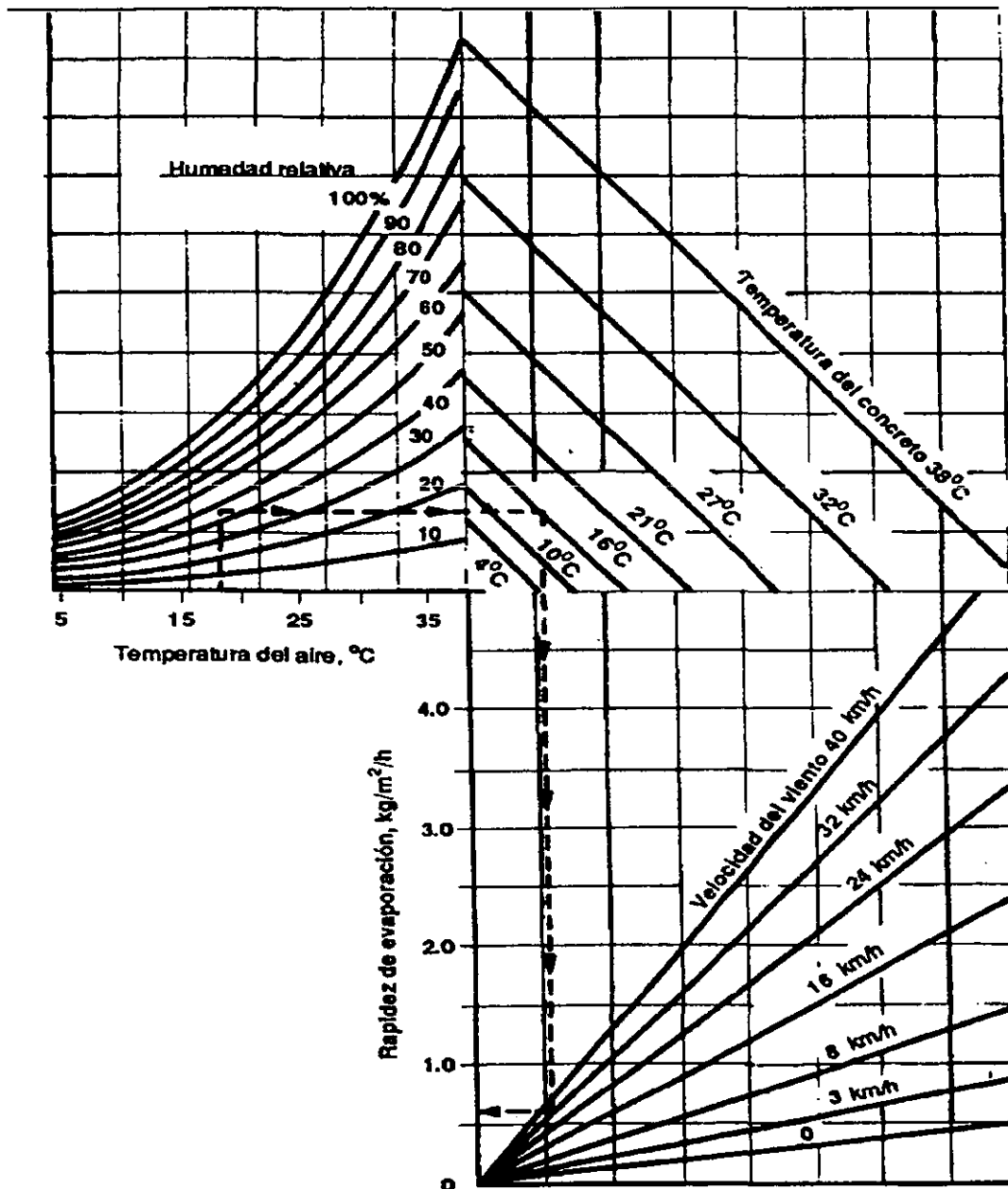


Figura 3.1.2 Gráfica para calcular la pérdida de humedad, tomada del ACI 305, Elaboración, colocación y protección del concreto en clima caluroso.

Efectos perjudiciales del clima en el concreto.

Las altas temperaturas suelen afectar al concreto recién elaborado y en proceso de fraguado y endurecimiento, principalmente sobre las siguientes propiedades:

- Hidratación del cemento.
- Evaporación del agua.
- Cambios de volumen del concreto.

Estos efectos se interrelacionan y acumulan para afectar las propiedades del concreto y el acortamiento de su duración potencial en servicio.

Hidratación del cemento.

El proceso de hidratación del cemento, como sucede en cualquier reacción química, se vuelve más rápido conforme aumenta la temperatura, lo cual se manifiesta por una mayor resistencia mecánica del concreto en sus primeras edades, sin embargo, esta manifestación inicial no persiste, pues a edades posteriores la adquisición de la resistencia se vuelve más lenta, de modo que al alcanzar la edad de proyecto, el concreto hidratado en alta temperatura registra menos resistencia a la compresión que el mismo concreto hidratado en baja temperatura.

A causa del calor que se genera durante la hidratación del cemento, hay tendencia a que se incremente la temperatura del concreto después de su colocación, incremento que depende de aspectos tales como:

- El tipo y consumo de cemento.
- Los espesores de los miembros estructurales, y,
- Las facilidades para la disipación del calor interno.

Debido a la gran variación que pueden presentar estos factores, no es factible establecer un tope de carácter general para la temperatura de colocación del concreto, de modo que al incrementarse no rebase un cierto límite máximo considerado como perjudicial, por tal motivo, cuando así se requiere, lo recomendable es que el nivel máximo permisible de temperatura del concreto al ser colocado se defina individualmente de acuerdo con las condiciones específicas de cada caso, sin embargo, a manera de orientación, para la construcción de estructuras ordinarias (no voluminosas) en el USBR (United States Bureau of Reclamation) suele especificarse una temperatura máxima de colocación del concreto igual a 27°C para trabajos en clima árido y caluroso y de 32°C cuando el clima es caluroso pero no seco.

Evaporación del agua.

La excesiva pérdida anticipada de agua en el concreto, puede ocasionarle perjuicios desde su elaboración hasta que se encuentra en servicio, por esta razón, las condiciones de exposición que estimulan la pérdida de agua por evaporación resultan indeseables, ya que como se ha dicho, el ambiente caluroso en que se conjugan temperaturas altas, humedades relativamente bajas y presencia de viento, representa las peores condiciones en este aspecto.

La continua presencia de humedad suficiente en el concreto, durante sus primeras edades de endurecimiento, es una condición esencial e insustituible, para que el proceso de hidratación del cemento se desarrolle con normalidad y por consiguiente, para que el concreto pueda adquirir todas sus propiedades potenciales, mientras que en comparación, la falta de agua suficiente para que el cemento se hidrate en forma suspendida, es por si misma una condición detrimental que no requiere necesariamente acompañarse de una elevada temperatura para perjudicar al concreto.

En la figura 3.1.3, se presenta la adquisición de la resistencia a compresión del concreto con la edad, en diferentes condiciones de humedad, pero sin la influencia de la temperatura; se observa que a medida que el concreto padece más deficiencia de humedad (23°C y 49°C), se manifiesta mayor detrimento en su resistencia, mientras que en presencia de mayor humedad (13°C), ésta se incrementa. Es pertinente mencionar que este efecto detrimental no es completamente irreversible (como el que produce la excesiva temperatura), pues una aportación tardía de agua externa que reponga la húmeda necesaria en el concreto, puede permitirle una cierta recuperación de la resistencia potencial no adquirida por falta de la misma.

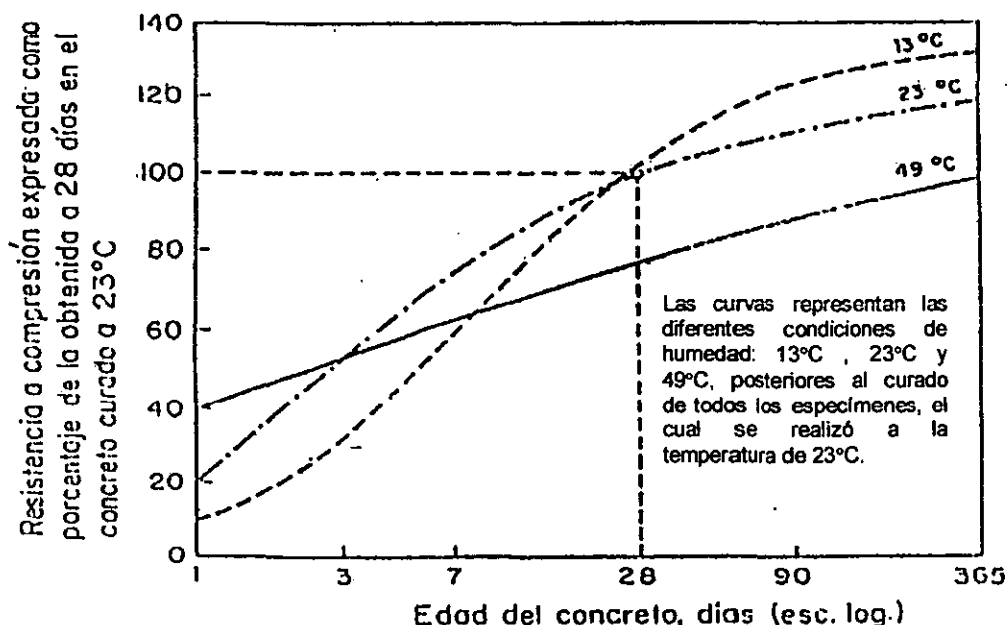


Figura 3.1.3 Resistencia a la compresión del concreto con la edad en diferentes condiciones de humedad, tomada del informe Técnico Huites, Consorcio Mexicano para la Construcción de Huites.

Se sabe que para la completa hidratación de la pasta de cemento, se requiere una proporción de agua del orden del 25% del peso del cemento que contiene, en tanto que para mezclar el concreto se utilizan cantidades de agua que normalmente representan entre el 35% y el 75% del cemento, en peso; es decir, en el momento de elaborar el concreto siempre existe agua en exceso de la que el cemento estrictamente necesita para hidratarse, sin embargo, a partir de su elaboración el concreto comienza a perder agua por las siguientes causas:

- Agua de sangrado que asciende a la superficie.
- Agua superficial que se evapora.
- Agua que se infiltra al terreno.
- Agua que se fuga por las juntas.
- Agua que es absorbida por los agregados.

De las pérdidas anteriores, prácticamente todas, excepto la evaporación, cesan de actuar una vez que el concreto adquiere su fraguado final, de esta manera, si la pérdida por evaporación subsiste en el concreto recién fraguado, al cabo de algún tiempo, la proporción de agua remanente se reduce a menos de la que el cemento requiere para continuar su hidratación y ésta se frena, incluso se suspende por falta de agua. (Ver figura 3.1.4)

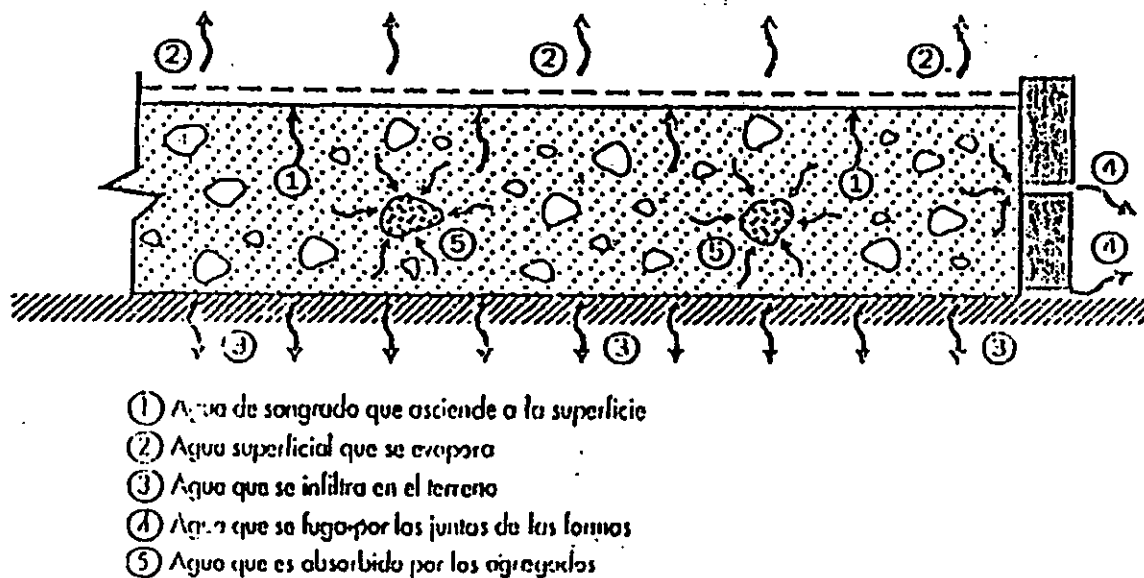


Figura 3.1.4 Pérdidas de agua en el concreto, tomada del informe Técnico Huites, Consorcio Mexicano para la Construcción de Huites.

Cambios volumétricos.

El concreto experimenta normalmente cambios volumétricos de diversa índole, desde que se encuentra recién colado en la estructura hasta el final de su vida de servicio, dichos cambios, que pueden ser predecibles, no suelen afectar la durabilidad de las estructuras cuando son moderados y se toma adecuadamente en cuenta en el diseño estructural; sin embargo, cuando se trata de contracciones que resultan mayores de lo previstas y/o no se previenen las medidas estructurales necesarias, pueden ocurrir agrietamientos, que con cierta frecuencia se convierten en puntos débiles por donde se inicia el deterioro de las estructuras de concreto.

Las causas de los principales cambios volumétricos del concreto, son sus variaciones de humedad y temperatura, de modo que al referirse en particular a las contracciones, éstas se relacionan con la disminución de la humedad y el descenso de la temperatura, en tal concepto, las condiciones ambientales más desfavorables son las que propician la evaporación del agua, como sucede en las zonas donde existe clima cálido y seco y en las que se manifiestan grandes intervalos de variación entre las temperaturas máximas y mínimas.

La contracción debida al primer descenso de temperatura del concreto, se produce en el curso del tiempo que el concreto de la estructura tarda en igualar su temperatura con la del medio ambiente y su magnitud depende básicamente del coeficiente de expansión térmica del concreto y de la diferencia que existe entre la temperatura máxima del concreto y la del ambiente (hay que tomar en cuenta que una diferencia de 20°C entre el interior de la masa y el exterior puede producir agrietamientos, por lo que ésta debe tratar de evitarse); el coeficiente de expansión térmica del concreto, lo determina principalmente la naturaleza de los agregados que lo constituyen. Para moderar al menos, este efecto de contracción, se debe evitar una sobreelevación en la temperatura del concreto al momento de su colocación.

3.2 Preparación de los materiales.

La necesidad de controlar los efectos indeseables del clima caluroso que se presentan al momento de la fabricación del concreto, demandan acciones de precaución y control para contrarrestar tales efectos, por lo que es necesario aplicar técnicas que reduzcan la temperatura de los componentes del concreto hidráulico.

La necesidad de controlar los agrietamientos en las estructuras de concreto masivo, como lo son las presas entre algunas otras, demanda de procedimientos de diseño especiales, que incluyen los de la mezcla de concreto, el tamaño de los bloques de concreto a colar, el control de la temperatura del concreto antes de la colocación y durante el curado, por lo que la preparación de los materiales que intervendrán en la fabricación del concreto resulta indispensable.

Por ejemplo, el calor de hidratación del concreto provoca cambios volumétricos significativos en las estructuras, desde su colocación hasta su estado de curado final. Minimizando la temperatura pico de curado, el agrietamiento se puede limitar al espacio entre monolitos de concreto (juntas), por esta razón y por las mencionadas con anterioridad, la preparación de los materiales va encaminada a minimizar los efectos perjudiciales del clima cálido sobre el concreto y siendo que sus componentes principales son: el cemento, agregados y agua, se enlista una serie de prácticas para la preparación de estos materiales:

- Generalmente en proyectos de gran magnitud, los agregados se obtienen de bancos cercanos para su explotación, por lo que se deberá contar con el equipo necesario para el suministro requerido en el proyecto, así como los espacios destinados para su almacenamiento y posterior uso.
- El cemento deberá adquirirse de plantas productoras cercanas al sitio de la obra, destinando para este material un sitio cerrado para el correcto almacenamiento del mismo, de acuerdo a las indicaciones mencionadas en el capítulo 1, almacenamiento del cemento.
- El agua de mezclado, al igual que los agregados, debe utilizarse de acuerdo a su disponibilidad en el sitio, en proyectos de construcción de presas, comúnmente se aprovecha el agua del río sobre el cual se realizará la construcción, previo estudio de las propiedades de ésta. Su uso queda determinado por el reglamento del American Concrete Institute ACI 318-95, descrito en el Capítulo 1, Agua de mezclado.

- Una vez realizada la mezcla, adicionalmente, se requieren una serie de medidas para evitar pérdidas de humedad y por ende de trabajabilidad; por ejemplo, si el transporte del concreto es por medio de mezcladoras móviles, es útil pintarias de color blanco para reflejar el calor del sol y si se coloca con bombas es conveniente cubrir las tuberías con aislamiento térmico.
- Cuando sea necesario la aplicación de aditivos para modificar las propiedades del concreto ya sea por trabajabilidad, economía o para superar ciertas eventualidades durante las operaciones de colado, deberá contarse con ensayos previos a los colados definitivos para justificar su uso y la disponibilidad de los aditivos en el sitio de la obra, debiendo seguir las recomendaciones del fabricante para asegurar la eficacia de éstos.
- Contar con plantas de fabricación de hielo en el sitio del proyecto o en su defecto el método de enfriamiento que más convenga para reducir la temperatura del concreto.

3.3 Precauciones a seguir.

Debido a los múltiples efectos perjudiciales que las altas temperaturas climáticas ejercen sobre las propiedades del concreto hidráulico en estado plástico y endurecido, se deben tomar todas las precauciones posibles con la finalidad de minimizar tales efectos, garantizando de esta manera, una larga vida útil de servicio de las estructuras de concreto.

Entre las principales precauciones a seguir, podemos mencionar las siguientes:

- Evitar el incremento en los requerimientos de agua de las mezclas, ya que éstas, son diseñadas para proporcionar una determinada resistencia del concreto, en dicho diseño ya están contempladas todas las características de los materiales que la componen, lo que un incremento de agua no especificado se reflejará en la pérdida de la resistencia del concreto.
- En los climas calurosos, es común la pérdida del revenimiento de las mezclas, por esta razón se debe tener la precaución de no añadir agua en la mezcla para obtener el revenimiento deseado, en tal caso, se debe tener en consideración el uso de un aditivo para mantener la trabajabilidad del concreto.
- Se debe llevar un control estricto del proceso de colado, desde la colocación hasta el curado, ya que se presenta un incremento en la rapidez de fraguado, lo que obviamente dificultará las actividades de manejo, colocación, acabado y curado del concreto, la velocidad con que se realicen estas actividades deben ser compatibles entre ellas.
- Se debe evitar la formación de juntas frías, las cuales se producen por la mala ejecución del proceso de colado del concreto durante su estado plástico; algunas causas para la formación de las juntas frías pueden ser: una demora excesiva en el tiempo de colado, no colar el concreto en capas horizontales y un vibrado deficiente.
Especialmente en la colocación de concreto en climas cálidos, una mezcla rica en cemento aumenta el calor de hidratación ayudando a propiciar una junta fría, para lo cual se debe prever la utilización de un aditivo retardante para disminuir la aparición de ésta.
- Se debe tratar de evitar el agrietamiento plástico, éste tipo de agrietamiento generalmente atraviesa el espesor del concreto y se presenta con frecuencia en los climas calurosos con vientos fuertes, es causado por la evaporación del agua; en caso de presentarse este agrietamiento debe repararse lo más pronto posible, añadiendo agua en la superficie ayudará a minimizarlo.

- El concreto debe depositarse en su posición final o en se caso lo más cerca posible, para lo cual debe preverse con anticipación el equipo requerido para su transporte y el necesario para su colocación final.
- Contar con programas de colocación del concreto y de aquellos para realizar el post-enfriamiento del mismo, antes de colocar nuevos lotes de concreto.
- Se debe tener la precaución de contratar personal de obra acostumbrado a este tipo de climas cálidos, ya que en caso contrario, el rendimiento de éstos puede verse afectado significativamente originando a su vez el riesgo de alargar los periodos de ejecución de la obra que se trate.
- Una vez colocado el concreto, es importante medir constantemente la temperatura interior de la masa de éste, con la finalidad de verificar la eficacia del sistema de enfriamiento utilizado.

3.4 Calor de hidratación.

El calor de hidratación, es el calor que se genera cuando reaccionan el agua y el cemento y se determina de acuerdo con la norma ASTM C-186. La cantidad de calor generado, depende principalmente de la composición química del cemento; entre sus componentes, el Aluminato Tricálcico (C_3A) y el Silicato Tricálcico (C_3S), son los responsables del elevado desarrollo de calor de la mezcla.

Entre otros factores que al incrementarse, aumentan el calor de hidratación de la mezcla se encuentran los siguientes:

- La relación agua/cemento.
- La finura del cemento.
- La temperatura de curado.

En ciertas estructuras, como ocurre con aquellas de masa considerable, la velocidad, así como la cantidad de calor generado son de gran importancia, ya que si éste no se disipa en los primeros 45 minutos de su colocación, puede ocurrir un aumento considerable en la temperatura del concreto; este efecto puede ser indeseable en climas cálidos, puesto que después del endurecimiento del concreto a una elevada temperatura, el enfriado no uniforme en el concreto hasta alcanzar la temperatura ambiente, puede crear esfuerzos nocivos debidos a contracción térmica, sin embargo, en climas fríos, el aumento en la temperatura del concreto provocado por el calor de hidratación ayuda a mantener temperaturas de curado adecuadas.

Las cantidades aproximadas de calor de hidratación generado, durante los primeros siete días, tomando como 100% al del cemento Portland normal Tipo I, son las siguientes:

Cemento	Característica.	Calor de hidratación
Tipo II	Moderado.	80% a 85%
Tipo III	Alta resistencia a edad temprana.	Hasta 150%
Tipo IV	Bajo calor de hidratación.	40% a 60%
Tipo V	Resistente a los sulfatos	60% a 75%

El calor de hidratación del concreto provoca cambios volumétricos significativos en las estructuras, desde su colocación hasta su estado de curado final, por lo que para conseguir que la temperatura del concreto recién mezclado no rebase el límite máximo que se especifique, deben seguirse diversas medidas aplicables para obtener la temperatura requerida al menor costo posible. Entre estas medidas se encuentran el pre-enfriamiento de los materiales y el post- enfriamiento de la masa de concreto, las cuales se detallarán en el capítulo 5, inciso 5.3.1.

Capítulo 4

Transporte, colocación y acabado del concreto.

Capítulo 4

Transporte, colocación y acabado del concreto.

4.1 Recomendaciones

Aunque no existe una forma perfecta para transportar y manejar al concreto, se recomienda una planeación anticipada de estas actividades, con la finalidad de ayudar en la elección del método más apropiado para transportar, colocar y dar acabado al concreto, evitando de esta manera la ocurrencia de problemas; dicha planeación deberá tener en consideración tres eventos que podrían presentarse durante el manejo y la colocación y que pueden afectar seriamente la calidad del trabajo terminado:

1. Retrasos.- El objetivo que se persigue al planear cualquier programa de obra, es realizar el trabajo con la mayor rapidez, contando con la fuerza de trabajo necesaria y con el equipo adecuado para su ejecución. Afortunadamente las máquinas para transportar y manejar al concreto se han ido modernizando continuamente, logrando de esta manera una productividad máxima, evitando retrasos durante la colocación del concreto, productividad que está íntimamente ligada al aprovechamiento máximo del personal y a la adecuada elección del equipo para cada tipo de trabajo a ejecutar.
2. Endurecimiento temprano y secado.- El concreto comienza a endurecer en el momento en que se mezclan el cemento con el agua, pero el grado de endurecimiento que ocurre durante los primeros 30 minutos, normalmente no presenta problemas; por lo general, el concreto que se haya mantenido en agitación, se puede colocar y compactar dentro de la primera hora y media posterior al mezclado, por lo que la planeación deberá eliminar o minimizar cualquier variable que permita que el concreto endurezca hasta el grado en que no se pueda lograr una completa consolidación y se dificulte efectuar el acabado, es importante señalar que se dispone de menos tiempo cuando existen condiciones que aceleran el proceso de endurecimiento, como ocurre en los climas cálidos y secos y con el uso de aditivos acelerantes.
3. La segregación.- Es la tendencia que presenta el agregado grueso a separarse del mortero cemento-arena, lo que trae como consecuencia, que parte de la mezcla tenga una cantidad demasiado pequeña de agregado grueso y que el resto tenga agregado grueso en cantidades excesivas, probablemente, la primera parte se contraerá más y se agrietará, por lo que tendrá una baja resistencia a la abrasión, mientras que la segunda, será demasiado áspera para lograr una consolidación y acabado totales, reflejándose en la aparición de apanamientos. Los métodos y equipos que lleguen a usarse para transportar y manejar concreto no deberán ser causa de segregación.

4.2 Preparación antes de iniciar.

El objetivo principal del colado es depositar al concreto lo más cerca posible de su posición final, de la manera más rápida y eficaz, evitando los retrasos, el endurecimiento temprano y la segregación y logrando una correcta compactación del concreto; para lograr este objetivo se deben realizar las preparaciones necesarias del equipo y del lugar de colocación, antes de iniciar el mezclado, el transporte, la colocación, el curado y el acabado del concreto; el reglamento del American Concrete Institute (ACI 318-95) recomienda las siguientes:

Preparación del equipo y del lugar de colocación.

- A) Todo el equipo de mezclado y transporte del concreto deberá estar limpio.
- B) Deberán retirarse todos los escombros y el hielo (en su caso), de los espacios que serán ocupados por el concreto.
- C) Las cimbras deberán estar adecuadamente recubiertas.
- D) La mampostería de relleno que va a estar en contacto con el concreto deberá estar humedecida.
- E) El acero de refuerzo debe estar completamente libre de recubrimientos nocivos y de hielo (en su caso).
- F) El agua deberá ser retirada del lugar de colocación del concreto antes de depositarlo, a menos que se vaya a emplear un tubo de colado (tremie) o que lo permita el Director Responsable de Obra (D.R.O.).
- G) La superficie del concreto endurecido deberá estar libre de lechada y de otros materiales inadecuados antes de colocar concreto adicional sobre ella.

Mezclado.

- a) Todo el concreto se deberá mezclar hasta que se logre una distribución uniforme de los materiales y se deberá descargar completamente antes de que se vuelva a cargar la mezcladora.
- b) El concreto premezclado se deberá mezclar y entregar de acuerdo con la norma de la American Society for Testing and Materials (ASTM C-94 o ASTM C-685).
- c) El concreto mezclado en obra se mezclará de acuerdo con lo siguiente:
 - El mezclado deberá hacerse en una mezcladora del tipo aprobado.
 - La mezcladora deberá hacerse girar a la velocidad recomendada por el fabricante.
 - El mezclado deberá prolongarse por lo menos durante 1.5 minutos después de que todos los materiales estén dentro del tambor, a menos que se demuestre que en un tiempo menor es satisfactorio mediante las pruebas de uniformidad en el mezclado según la norma ASTM C-94.

- El manejo, la dosificación y el mezclado de los materiales deben cumplir con las disposiciones aplicables de la norma ASTM C-94.
- Debe llevarse un registro detallado para identificar el número de mezclas producidas, las proporciones de los materiales empleados, la ubicación aproximada del depósito final de la estructura, así como la hora, la fecha del mezclado y del colado.

Transporte.

- A) El concreto se deberá transportar de la mezcladora al sitio final de colocación, empleando métodos que eviten la segregación o la pérdida de materiales.
- B) El equipo de transporte debe ser capaz de llevar el suministro del concreto al sitio de colocación sin segregación y sin interrupciones que pudieran causar pérdidas de plasticidad entre colados sucesivos.

Colocación.

- A) El concreto se debe depositar lo más cerca posible de su ubicación final para evitar la segregación debido al recolado o al flujo.
- B) El colado se debe efectuar a tal ritmo, que el concreto conserve su estado plástico en todo momento y fluya fácilmente dentro de los espacios entre las varillas de refuerzo y la cimbra.
- C) No debe colocarse en la estructura, el concreto que se haya endurecido parcialmente, o que se haya contaminado con materiales extraños.
- D) El concreto retemplado o aquél que se haya remezclado después del fraguado inicial no se debe utilizar, a menos que el ingeniero responsable lo apruebe.
- E) Una vez iniciado el colado, éste se deberá efectuar en una operación continua hasta que se termine el colado del elemento o la sección, de acuerdo con sus propios límites o juntas predeterminadas.
- F) La superficie superior de las capas coladas verticalmente, por lo general debe estar a nivel.
- G) Todo el concreto se deberá compactar cuidadosamente por los medios adecuados durante la colocación.

Acabado.

- A) El concreto utilizado debe ser del menor revenimiento posible para una consolidación apropiada, para que después de ésta, los trabajos de acabado tengan el resultado deseado.
- B) Cada paso en la operación del acabado, desde el primero hasta el último aplanado, deben posponerse tanto como sea posible para lograr el grado deseado de textura superficial.
- C) Si existieran excesos de agua en la superficie del concreto debe secarse o drenarse antes de iniciar el tipo de acabado deseado.

Curado.

- A) El concreto se debe mantener a una temperatura arriba de los 10°C y en condiciones de humedad por lo menos durante los primeros 7 días después del colado (exceptuando el concreto de resistencia rápida RR).
- B) El concreto de resistencia rápida se debe mantener arriba de los 10°C y en condiciones de humedad los primeros 3 días.

Curado Acelerado.

- A) El curado con vapor a alta presión, vapor a presión atmosférica, calor y humedad, u otro proceso aceptado, se puede emplear para acelerar la adquisición de resistencia y reducir el tiempo de curado.
- B) El curado acelerado deberá proporcionar una resistencia a la compresión del concreto en la etapa de carga considerada, por lo menos igual a la resistencia de diseño requerida en esa etapa de carga.
- C) El proceso de curado debe ser tal que produzca concreto con una durabilidad por lo menos equivalente al concreto curado por el método indicado en los incisos a) y b) anteriores.
- D) Cuando se requiera, se pueden realizar las pruebas complementarias de resistencia para asegurar que el curado sea satisfactorio.

4.3 Transportación del concreto.

A pesar de que en los últimos 50 años han habido pocos cambios importantes para transportar al concreto, la tecnología actual se ha encargado de desarrollar una mejor maquinaria para ejecutar el trabajo con mayor eficiencia y mientras que las antiguas carretillas aún se emplean, han evolucionado de tal modo que las podemos encontrar motorizadas, la tolva arrastrada por una rueda de polea, ahora se han transformado en cucharón y grúa y el vagón tirado por caballos ahora es el camión de concreto premezclado.

Antiguamente, la construcción de edificios de concreto reforzado, por mencionar un ejemplo, requería colocar el concreto mediante una torre contraventeada, colocada en el centro del sitio de la obra, con un embudo en su parte superior, por donde se llevaba el concreto mediante un malacate y largos canalones, suspendidos desde la torre, permitían que el concreto fluyera por gravedad directamente al punto requerido; sin embargo, la necesidad de construir edificios más altos, que requerían levantar a niveles superiores el refuerzo, la cimbra y el concreto, obligó el desarrollo de la torre grúa para cumplir estos objetivos, por la rapidez para transportar materiales diversos y por su versatilidad, a pesar de que solamente posee un gancho.

Para ejemplificar y abundar en la evolución mínima que han sufrido los equipos de transportación del concreto, mencionaremos que el concepto de la banda transportadora ha permanecido sin cambio con el paso de los años, aunque se ha modificado y optimizado su operación, implementando motores más potentes, lo mismo sucede con el proceso neumático para el concreto lanzado, que fue patentado en 1911 y ha permanecido literalmente sin cambio, aunque es preciso mencionar que la bomba mecánica para concreto, desarrollada y empleada en la década de los treinta, así como la bomba hidráulica, desarrollada en los cincuenta, presentaron una innovación sencilla, para desarrollar la bomba móvil con pluma colocadora hidráulica, equipo que actualmente se requiere en todo tipo de obras indistintamente que se realicen colados grandes o pequeños.

Equipo para transportar concreto.

A continuación se presenta un resumen de los métodos y equipos más comunes para la transportación del concreto, mismos que tienen como objetivo principal mover el concreto hasta el punto donde se requiera.

Todas las figuras ilustrativas de este capítulo, fueron tomadas de la publicación Proyecto y control de mezclas de concreto, IMCYC.

Bandas transportadoras.

Se utilizan para transportar horizontalmente el concreto a distintos niveles, normalmente se emplean entre un punto de descarga principal y uno secundario, la principal ventaja que ofrece es que puede colocar grandes volúmenes de concreto de manera rápida, cuando el acceso esta limitado, esto es posible gracias a su alcance ajustable y a su velocidad variable ya sea hacia adelante o en reversa, aunque deben de efectuarse arreglos en el extremo de descarga para evitar la segregación del concreto y para no dejar residuos sobre la banda de regreso, en climas cálidos con exposición al viento, los tendidos de bandas largas necesitan ser cubiertos. (Ver figura 4.3.1)



Figura 4.3.1 Bandas transportadoras.

Bandas transportadoras montadas sobre camiones mezcladores.

Se utilizan para transportar concreto a distintos niveles como la anterior, la principal característica es que el equipo de transporte llega junto con el concreto y la principal ventaja que presenta es que tienen alcances ajustables y cuenta con velocidades variables aunque su capacidad de transportación de concreto está limitada al volumen del camión, al igual que el caso anterior se deben efectuar los mismos arreglos en la descarga para evitar segregación del concreto y no dejar residuos en la banda de retorno. (Ver figura 4.3.2)

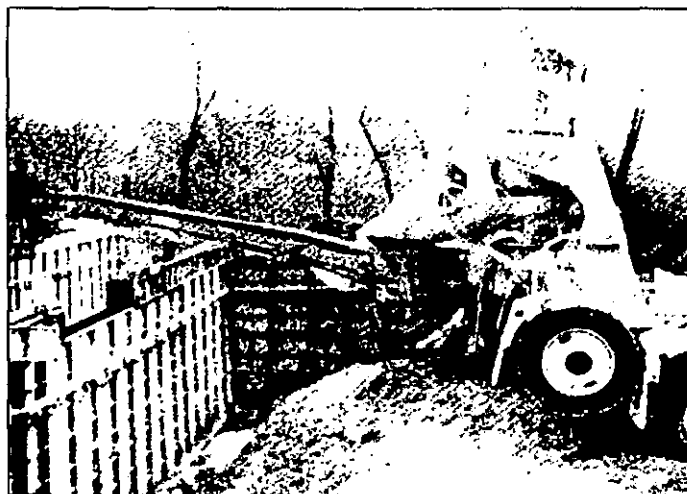


Figura 4.3.2 Banda transportadora montada en camión mezclador.

Cucharones.

Se emplean como accesorios adaptables a diversos equipos como grúas, cablevías y helicópteros, principalmente en la construcción de edificios y de presas, transportan el concreto directamente desde el punto central de descarga hasta la cimbra o a un punto de descarga secundario, sus ventajas son que permiten explotar totalmente la versatilidad de grúas, cablevías y helicópteros, además de que tienen una descarga limpia y un amplio rango de velocidades; se requiere seleccionar adecuadamente la capacidad del cucharón para que concuerde con el tamaño de la mezcla de concreto y con la capacidad del equipo de colocación, con el objeto de que la descarga sea controlable. (Ver figura 4.3.3)

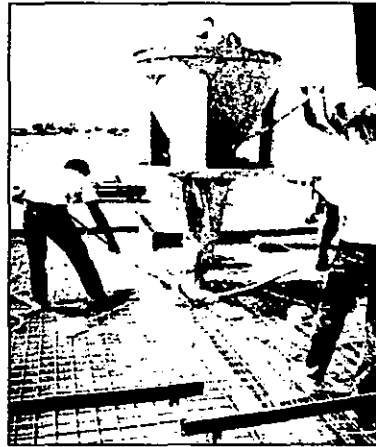


Figura 4.3.3 Cucharón.

Canalones.

Se utilizan normalmente para transportar concreto a niveles por debajo del nivel del terreno, entre sus ventajas se encuentran el bajo costo que implica su utilización y la facilidad de maniobra, ya que no se necesita fuerza motriz alguna, ya que la gravedad efectúa la mayor parte del trabajo, la precaución que debe observarse radica en soportarlos adecuadamente en todas las posiciones, las pendientes deben variar entre 1 a 2 y 1 a 3, lo anterior para evitar la segregación del concreto a la bajada. Se fabrican con diversos materiales. (Ver figura 4.3.4)



Figura 4.3.4 Canalón de camión mezclador.

Canalones de desnivel.

Son utilizados para colar concreto en cimbras verticales de todo tipo, algunos son de una pieza y otros se arman en segmentos conectados entre si, los canalones de desnivel se dirigen al concreto dentro de la cimbra y lo conducen hasta el fondo sin segregarlo, su uso evita el derrame de lechada y de cemento en los lados de la cimbra, lo cual resulta dañino cuando se especifican acabados aparentes, además que evitan la segregación de partículas gruesas; los canalones de desnivel deben contar con aberturas adecuadas suficientemente grandes para que el concreto se pueda descargar sin ser derramado, la sección transversal del canalón deberá ser seleccionada cuidadosamente para que pueda insertarse dentro de la cimbra sin que interfiera con el acero de refuerzo.

Grúas.

Son la herramienta adecuada para trabajar sobre el nivel del terreno, pueden manejar concreto, acero de refuerzo, cimbras y diversos artículos para la construcción, la desventaja que presentan es que solamente cuentan con un gancho, por lo que se deben programar cuidadosamente las operaciones que efectuará para mantenerla ocupada.

Actualmente el tipo grúa torre, se utiliza con frecuencia en la construcción urbana y en obras de gran magnitud, ya que pueden desplantarse directamente sobre la cimentación o sobre la estructura de la construcción formando parte de ésta, teniendo la ventaja de abarcar radios de trabajo bastante altos, pudiendo elevarse sobre su propia estructura, lo que reditúa en el acortamiento de los períodos de ejecución de la obra, la principal precaución que debe tomarse en cuenta es contar con un adecuado ensamble de la estructura y con personal capacitado para su operación. (Ver figura 4.3.5)

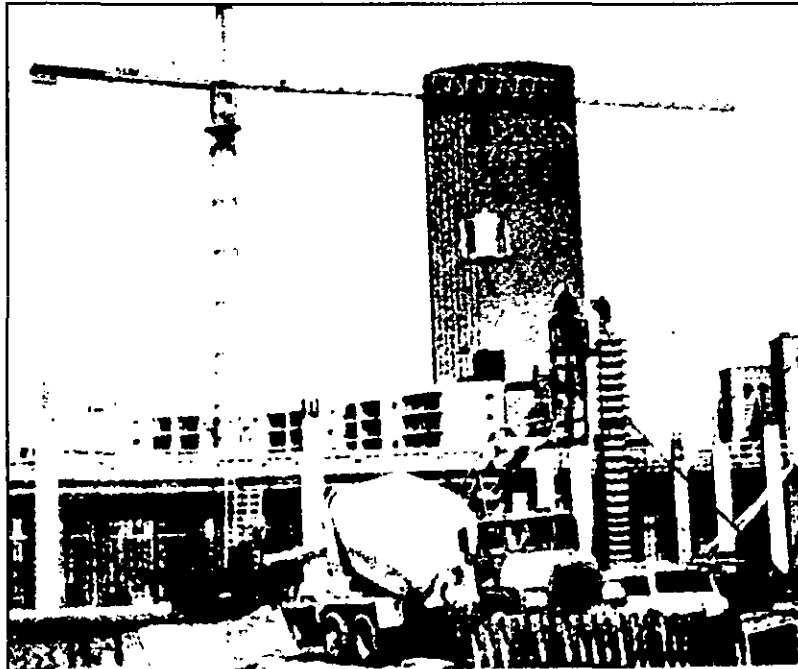


Figura 4.3.5 Grúa torre con cucharón.

Mezcladoras de dosificación móviles

Son empleadas para la construcción intermitente de concreto en obra, es un sistema combinado de transporte, dosificación y mezclado móvil para efectuar el proporcionamiento del concreto especificado de manera precisa y rápida, su operación la lleva a cabo un solo hombre, pero se debe vigilar que el equipo tenga un adecuado programa de mantenimiento preventivo y que los materiales sean idénticos a los empleados en el diseño original de la mezcla. (Ver figura 4.3.6)

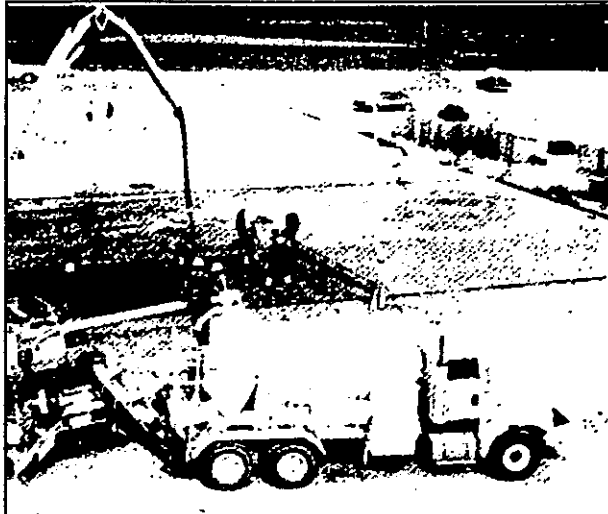


Figura 4.3.6 Dosificadora móvil.

Camiones agitadores.

Son empleados para transportar concreto para todo uso, las distancias de acarreo deben permitir la descarga de concreto dentro de la primera hora y media de su fabricación, aunque ese límite se puede ignorar bajo ciertas circunstancias, las ventajas que presenta es que no se necesitan plantas de mezclado central, solamente una dosificadora, porque el concreto se mezcla completamente en el camión, aunque la precaución a seguir será vigilar el tiempo de entrega, por lo que será necesario llevar una buena organización del trabajo, el personal y el equipo para el colado deberán estar listos en el sitio de la entrega del concreto, la desventaja que presenta es que el control de calidad del concreto no es tan bueno como en el mezclado central. (Ver figura 4.3.7)

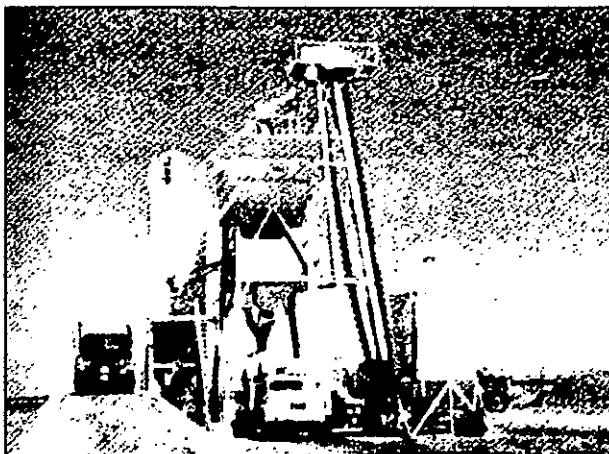


Figura 4.3.7 Camión agitador.

Camiones no agitadores.

Son empleados para transportar concreto en trayectos cortos y en caminos en buen estado, su ventaja es el menor costo de operación en comparación con los camiones agitadores o mezcladores, se deberá limitar el revenimiento del concreto y prever espacio suficiente para levantar la caja del camión para la descarga.

Pistolas neumáticas (concreto lanzado).

Son empleadas en lugares difíciles de colar y donde se necesitan secciones delgadas y áreas extensas, son ideales para reparar y reforzar edificios, así como para recubrimientos protectores en taludes y cubiertas delgadas, se debe tener especial cuidado en la calidad del trabajo ya que depende principalmente de la habilidad y experiencia de los operarios del equipo para obtener los espesores especificados en proyecto, por lo que se debe intensificar la supervisión al respecto.

(Ver figura 4.3.8)

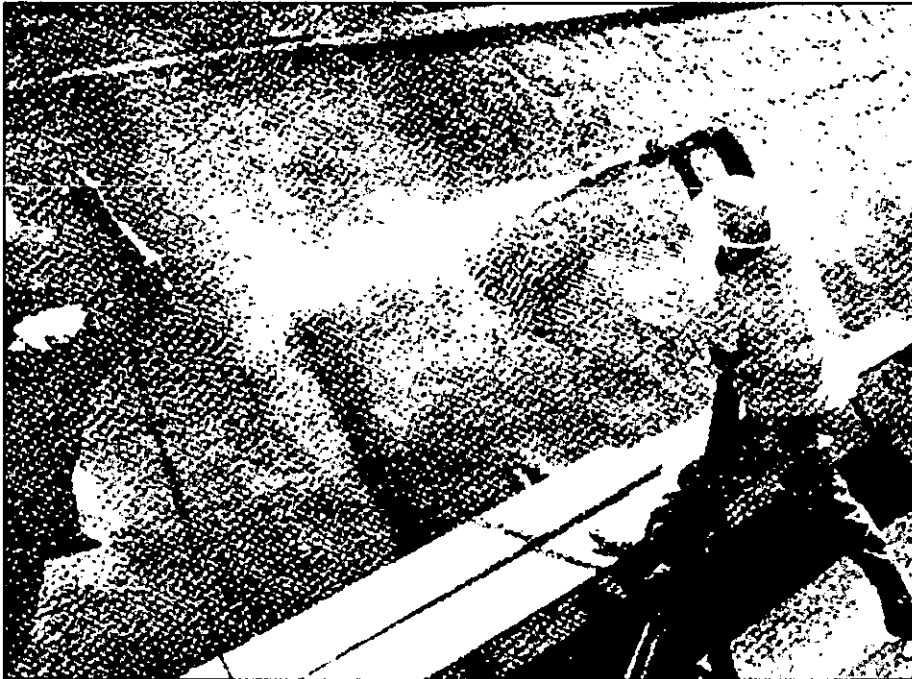


Figura 4.3.8 Pistolas neumáticas para concreto lanzado.

Bombas.

Son empleadas para transportar directamente el concreto desde el punto central de descarga hasta la cimbra o hasta el punto de descarga secundario, sus ventajas son que las tuberías ocupan poco espacio y se pueden tender fácilmente, entregan concreto en flujo continuo y pueden mover concreto ya sea de manera vertical u horizontal, en construcciones de gran altura se utilizan las plumas de bombas estacionarias.

Los puntos a vigilar serán los de mantener el suministro constante de concreto fresco, con una consistencia promedio y sin ninguna tendencia a segregarse, además de los cuidados que aseguren la limpieza de la bomba al termino de su operación y asegurar la correcta conexión de las tuberías, ya que la intensa presión dentro de éstas, puede provocar fallas en un enlace defectuoso. (Ver figura 4.3.9)



Figura 4.3.9 Bomba y pluma montada sobre un camión.

Extendedores de tornillos.

Son usados para extender concreto en áreas planas y extensas, con este equipo se puede tender rápidamente una mezcla de concreto descargada de camión o cucharón sobre un área grande con un espesor uniforme, con buena uniformidad de compactación, aún antes de que se use la compactación final con los vibradores, los extendedores de tornillos se utilizan comúnmente en la pavimentación. (Ver figura 4.3.10)



Figura 4.3.10 Extendedor de tornillos.

Tubo embudo (tremie).

Es empleado para colocar concreto bajo el agua, las ventajas que presenta consisten en que se puede usar para verter el concreto por medio de un embudo a través del agua, dentro de la cimentación u otra parte de la estructura por colar, aunque se necesitan precauciones para asegurarse que el extremo de descarga del tubo siempre se encuentre enterrado en concreto fresco, de modo que se tenga un sello entre el agua y la masa de concreto, a menos que se cuente con presión, el diámetro deberá ser de 25 a 30 cm, con este método de colocación, la mezcla de concreto requiere de una mayor cantidad de cemento por metro cúbico y un revenimiento superior a los 15 cm., pues el concreto deberá fluir y consolidarse sin ninguna vibración. (Ver figura 4.3.11)

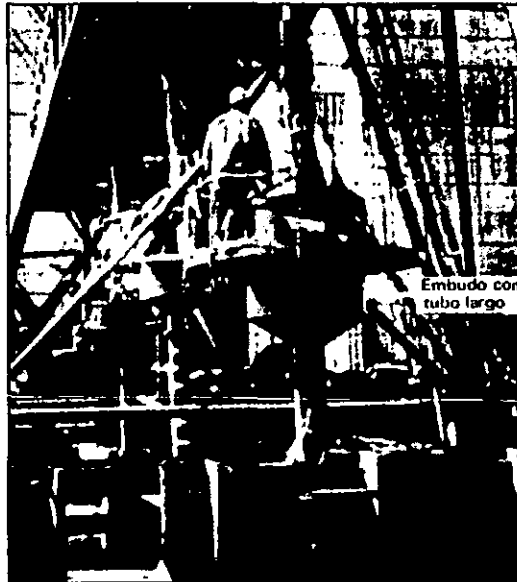


Figura 4.3.11 Tubo Tremie para colocar concreto bajo el agua.

Carretillas manuales y motorizadas.

Se utilizan para acarrearos planos y cortos en todos los tipos de construcción de concreto, en especial donde el acceso al área de trabajo esté restringido, son muy versátiles e ideales, debido a que las condiciones del colado cambian constantemente, la única desventaja que presentan es su lentitud y su poca capacidad. (Ver figura 4.3.12)



Figura 4.3.12 Carretilla motorizada.

Elección del mejor método.

Una vez que se han descrito los equipos para transporte del concreto, la primera cuestión por analizar es el tipo de trabajo a ejecutar, su tamaño físico, la cantidad total de concreto por colar y el programa de obra por cumplir, el estudio de los detalles de la obra determinará además, la cantidad de trabajo que se debe realizar por debajo, por encima o a nivel del terreno, esto nos ayudará a determinar, la selección del equipo para manejo del concreto necesario para colar el concreto en los niveles que se requieran.

Trabajo a nivel del terreno y por debajo del mismo.

En cualquier obra, normalmente se encuentran los mayores volúmenes de concreto por debajo o a nivel del terreno y por consiguiente, pueden ser colados por métodos distintos a los empleados para la superestructura; el trabajo con el concreto por debajo del nivel del terreno puede variar enormemente (desde el colado de pilas perforadas de gran diámetro o de losas masivas de cimentación hasta el intrincado trabajo que se involucra en los muros de cimentación), en este tipo de trabajos, es conveniente usar una grúa para manejar la cimbra, el acero de refuerzo y el concreto, aunque ésta, puede ser empleada solamente para levantar la cimbra y el acero de refuerzo y para el manejo del concreto, se pueden usar otros métodos para colar el mayor volumen en la menor cantidad de tiempo, tales como el uso de canalones, bombas y bandas transportadoras, aunque es preciso mencionar que esta decisión debe ser tomada por el ingeniero responsable de la obra.

Los canalones deben ser metálicos o recubiertos de metal, no deben tener una pendiente mayor de 1 vertical a 2 horizontal, ni menor de 1 vertical a 3 horizontal, aquellos de gran longitud (mayores de 6 metros), o aquellos que no satisfacen las condiciones de pendiente, deberán descargar en una tolva antes de distribuir el concreto al punto en que se necesite.

El uso de bombas de concreto para transportarlo hasta su posición final, deben ser de capacidad adecuada y capaces de mover al concreto sin producir segregación, la pérdida de revenimiento desde la tolva de la bomba hasta la descarga al final de la tubería, deberá ser mínima (no mayor de 5 cm.), las tuberías no deberán ser de aluminio ni de aleaciones de aluminio, con el objeto de evitar una inclusión excesiva de aire debida a la reacción del aluminio con los hidróxidos de los álcalis del cemento, que provocan una seria reducción de la resistencia del concreto.

Finalmente, son muy útiles las bandas transportadoras en los trabajos de colocación del concreto bajo el nivel del terreno, frecuentemente presentan un movimiento horizontal auxiliado por la gravedad, se pueden usar transportadores portátiles ligeros para lograr capacidades altas a un costo relativamente bajo.

Trabajo por encima del nivel del terreno.

En los trabajos por encima del nivel del terreno, el concreto se puede elevar por medio de bandas transportadoras, cucharones y grúas, malacates, bombas, o con helicóptero (Ver figura 4.3.13); la torre grúa y la pluma de bombeo son las herramientas adecuadas para los edificios elevados, ya que se puede disponer de grúas de alta velocidad que operan a 245 metros por minuto o más y reducir el tiempo del ciclo de la grúa utilizando un malacate de concreto para la elevación y una grúa para la distribución lateral, en lo que respecta al uso de las bombas, influye el volumen de concreto que se necesite en cada nivel, los volúmenes grandes minimizan los movimientos de la tubería con relación a su capacidad.

Continuamente se van mejorando las especificaciones y el comportamiento del equipo de transporte y de manejo del concreto, pero no debemos olvidar que los mejores resultados y los menores costos dependen de una adecuada planeación de obra y de la acertada selección de los equipos a utilizar para llevar a buen fin el término de la obra.

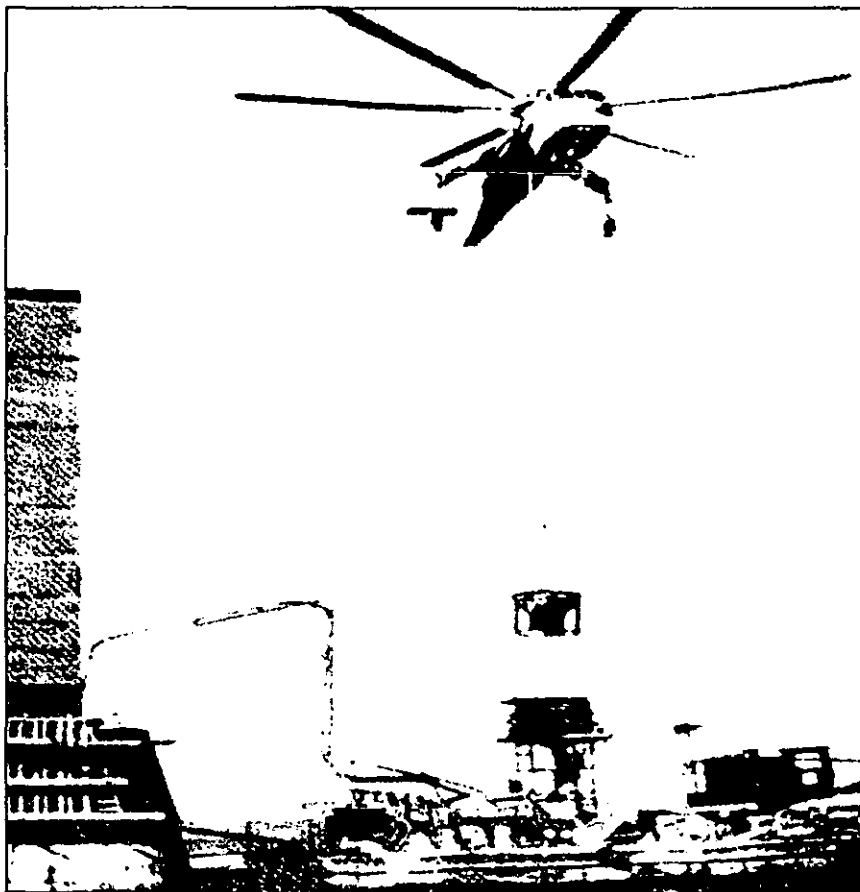


Figura 4.3.13 Uso del helicóptero como forma de depositar concreto en lugares de difícil acceso.

4.4 Colocación del concreto.

Preparación previa al colado.

Previo a la colocación del concreto, es necesario realizar diversas actividades como son: el montaje de las cimbras, la correcta fijación del acero de refuerzo y los elementos que quedarán ahogados dentro del concreto, el humedecimiento de las superficies donde se colocará el concreto (especialmente en los climas cálidos), para incrementar el nivel de humedad del aire, logrando con esto disminuir la evaporación de la superficie del concreto y evitando que el terreno absorba agua del concreto; en climas fríos la superficie donde se colocará el concreto debe estar libre de nieve, hielo y otros desechos y cuando se requiera depositar concreto fresco sobre concreto endurecido, se deberá retirar todo el material suelto.

En el caso particular de las cimbras, se debe cuidar que éstas, queden fijas de manera exacta, que estén limpias, firmes y apuntaladas y deben ser construidas con materiales que brinden el acabado especificado en proyecto al retirarlas; las cimbras de madera son usadas comúnmente por la facilidad para su fabricación y antes de realizar el colado deben estar aceitadas o tratadas con algún agente (puede ser algún tipo de solvente o derivados parafínicos) que permita su remoción, aunque se debe prever que dicho agente no cause manchas en el concreto, en caso de aplicar estos productos a la cimbra, se deben humedecer, para evitar que se absorba agua del concreto fresco, es importante mencionar que al retirar las cimbras no deben ocasionarse daños al concreto.

En el caso del acero de refuerzo, éste deberá estar limpio y libre de óxidos o de costras de cemento o concreto, aunque no es necesario retirar el mortero que salpica en el acero de refuerzo de los colados previos, siempre y cuando el colado siguiente se complete en unas cuantas horas, lo cual no es aceptado para el caso de los elementos que vayan a quedar ahogados en el concreto.

Todo el equipo que se utilice para colar concreto deberá estar limpio y en buenas condiciones de operación, debiendo prever equipo de reserva para utilizarlo en caso de que ocurra alguna falla.

Cuando se requiera depositar concreto fresco sobre concreto endurecido, éste último deberá ser tratado con una limpieza mecánica y un picado previo a la colocación del concreto fresco, con la finalidad de producir una mejor liga entre ellos; mientras no exista lechada, polvo o partículas sueltas en el concreto ya endurecido, se necesita poca preparación antes de colar concreto fresco sobre él.

Forma de depositar el concreto.

Como ya se ha mencionado con anterioridad, el concreto deberá depositarse sin interrupciones lo más cerca posible de su posición final, evitando prácticas constructivas que provoquen la segregación del concreto, por lo general el concreto deberá colarse en capas horizontales de espesor uniforme (de 15 a 50 cm. de espesor para los elementos reforzados y de 38 a 50 cm. de espesor para trabajos masivos, el espesor dependerá del ancho entre las cimbras y también de la cantidad de refuerzo), consolidando adecuadamente cada capa antes de colar la siguiente, la velocidad de colocación deberá ser lo suficientemente rápida para que la capa de concreto no haya fraguado cuando se le coloque encima la nueva capa, evitando así la filtración, fisuras y planos de debilidad (juntas frías), que se producen cuando el concreto fresco se cuela sobre el concreto endurecido.

El uso de canalones para la colocación del concreto, evita la segregación y el salpicamiento del mortero sobre el acero de refuerzo y las cimbras, se ha permitido la caída libre de concretos diseñados adecuadamente hasta de varias decenas de metros dentro de cajones.

En ocasiones se cuela concreto a través de aberturas, denominadas ventanas, a los lados de cimbras altas y estrechas, en donde el canalón descarga directamente a través de la abertura, cuando existe el peligro de que se presente segregación, se deberá usar un embudo recolector afuera de la abertura, para permitir el flujo más suave del concreto a través de la abertura.

Cuando el concreto se va a colar en cimbras altas a una velocidad relativamente rápida, se puede llegar a recolectar cierta agua de sangrado en la superficie superior, especialmente si el concreto no tiene aire incluido, el sangrado se puede reducir haciendo un colado más lento y empleando un concreto con una consistencia más seca y cuando sea práctico, el concreto se deberá colar en un nivel de aproximadamente 30 cm. debajo de la parte superior de las cimbras altas y se deberá dejar pasar aproximadamente una hora, con la finalidad de que el concreto fragüe parcialmente, reiniciando el colado una vez que la superficie endurezca, para evitar la formación de una junta fría; es buen hábito sobrellenar la cimbra unos 2 o 3 cm. y retirar el exceso de concreto luego que ha endurecido y que el sangrado ha cesado.

Para evitar agrietamientos, se deberá permitir que el concreto en columnas y muros permanezca dos horas como mínimo y de preferencia toda la noche antes de continuar con el colado de cualquier losa, cerramiento o trabe que los enmarque; las ménsulas y capiteles de las columnas se consideran parte del piso, o de la losa de techo y deberán colarse íntegramente con las losas.

Consolidación del concreto.

La consolidación es el proceso que consiste en compactar al concreto fresco para amoldarlo dentro de las cimbras y alrededor del acero de refuerzo y de las instalaciones que quedarán ahogadas dentro de éste, con la finalidad de eliminar los apanalamientos y las cavidades de aire atrapado; en los concretos con aire incluido se debe tener la precaución de no retirar cantidades importantes de aire intencionalmente incluido con la consolidación, que puede lograrse por medio de métodos manuales o mecánicos, métodos que dependerán de la consistencia de la mezcla, la complejidad de la cimbra y la cantidad y el espaciamiento del acero de refuerzo para su aplicación.

Las mezclas fluidas y trabajables se pueden consolidar por varillado manual, es decir, introduciendo repetidamente una varilla pisonadora u otra herramienta adecuada dentro del concreto, la cual deberá ser lo suficientemente larga para llegar hasta el fondo de la cimbra y lo suficientemente delgada para pasar entre el acero de refuerzo y la cimbra; los concretos de bajo revenimiento se pueden transformar en concretos más fluidos utilizando algún tipo de aditivo superplastificante, evitando así la adición de agua a la mezcla de concreto y por tanto facilitar la consolidación.

Cuando sea suficiente el método manual para lograr la consolidación del concreto, no se deberá pensar en la utilización de métodos mecánicos, ya que una consolidación intensa de la mezcla provocará la tendencia a la segregación, en cambio, una consolidación mecánica apropiada posibilita la colocación de mezclas rígidas con relaciones Agua/Cemento bajas y con contenidos elevados de agregado grueso, características que normalmente se asocian con concretos de alta calidad, incluso en los elementos altamente reforzados.

Algunos de los métodos mecánicos de consolidación son: la centrifugación, usada para consolidar concretos de revenimiento moderado a alto que se emplean para fabricar tubos, postes y pilotes, las mesas de golpeo o de caída, empleadas para compactar concretos muy rígidos de bajo revenimiento, utilizados en la manufactura de unidades precoladas arquitectónicas y por último la vibración interna o externa.

Vibración del concreto.

La vibración, ya sea interna o externa, es el método comúnmente más usado para consolidar concreto, ya que al vibrar el concreto, la fricción interna entre las partículas de agregado se destruye temporalmente y el concreto se comporta como un líquido, se asienta en las cimbras por acción de la gravedad y los vacíos grandes de aire atrapado suben más fácilmente a la superficie, por lo que la fricción interna se restablece en el momento en que la vibración se detiene; para lograrla se utilizan los vibradores y éstos pueden ser vibradores externos o internos, se caracterizan normalmente por la frecuencia de vibración, expresada como el número de vibraciones por minuto y por la amplitud de la vibración, que es la desviación en centímetros desde el punto de apoyo. Siempre que se consolide el concreto por vibración, se deberá contar con un vibrador de repuesto para usarlo en caso de que se presente alguna falla mecánica.

(Ver figura 4.4.1)



Figura 4.4.1 Vibración del concreto.

Vibración interna.

Para lograr la adecuada vibración interna del concreto que permita la consolidación de éste, se utilizan diversos tipos de vibradores internos o de inmersión, llamados a menudo vibradores machos, se utilizan normalmente para consolidar concreto en muros, columnas, vigas y losas. Este tipo de vibradores presentan una cabeza vibratoria (2 a 18 cm. de diámetro) conectada a un motor que puede ser accionado con electricidad, gasolina o aire por medio de una flecha flexible, dentro de la cabeza se encuentra un peso desbalanceado conectado a la flecha, el cual gira a alta velocidad, provocando que la cabeza gire en una órbita circular, logrando así la vibración, el comportamiento del vibrador se ve afectado por las dimensiones de la cabeza del vibrador así como por su frecuencia y amplitud. (Ver figura 4.4.2)

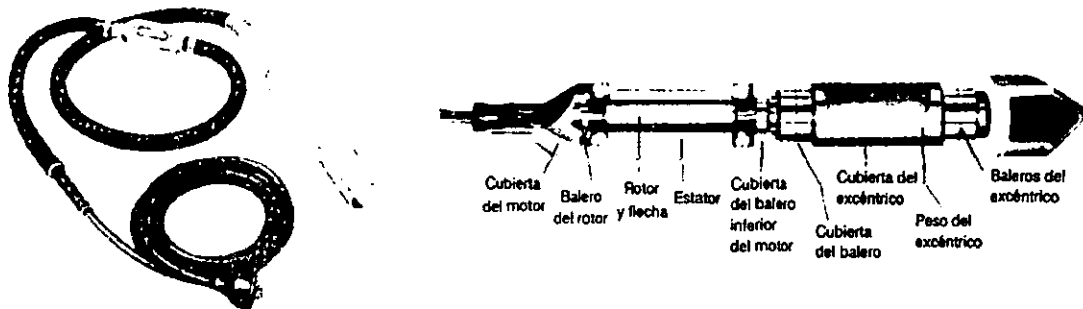
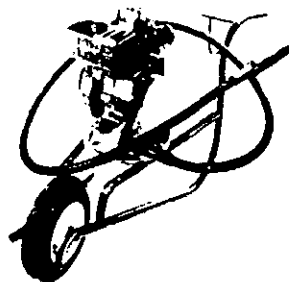
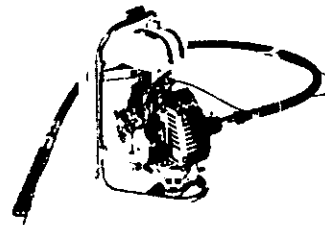


Figura 4.4.2 Vibrador eléctrico con motor en la cabeza, a la derecha aspecto interno.

Existen distintos tipos de vibradores que pueden ser accionados por medio de electricidad, gasolina o aire y que incluso pueden adaptarse en carretillas manuales y a espaldas del operador, como los que se ilustran en la figura 4.4.3.



Vibrador eléctrico montado sobre carretilla manual



Vibrador de motor de gasolina montado a espaldas del operador



Vibradores de aire para concreto masivo

Figuras 4.4.3 Equipos de vibración interna.

Para obtener los mejores resultados, es importante darle un uso adecuado a los vibradores y siempre que sea posible, el vibrador debe introducirse verticalmente en el concreto a intervalos regulares, permitiendo su descenso por gravedad y penetrando rápidamente hasta el fondo de la capa que se esté colando, por lo menos 15 cm; además cada capa colada será de aproximadamente la misma longitud de la cabeza del vibrador o en cimbras comunes normalmente de 30 cm como máximo, el vibrador deberá mantenerse estacionario de 5 a 15 segundos hasta lograr una consolidación adecuada y luego se deberá retirar lentamente.

La revibración de concretos previamente compactados se puede efectuar de manera intencional o también puede ocurrir sin darse cuenta cuando la capa inferior haya endurecido parcialmente y se utiliza para mejorar la adherencia entre el concreto y el acero de refuerzo, para liberar el agua atrapada debajo de barras horizontales de refuerzo y para remover vacíos adicionales de aire atrapado, si el concreto se vuelve trabajable durante el revibrado, este no es perjudicial y puede resultar benéfico.

Vibración externa.

Los vibradores externos consisten en mesas vibratorias, o vibradores de superficie como lo son las plantillas vibratorias, las placas vibratorias, las plantillas de rodillo vibratorias, o las llanas manuales vibratorias, además de los vibradores para cimbra, diseñados para quedar asegurados en la parte exterior de las cimbras y cuya utilidad se aprovecha para:

1. Consolidar el concreto en elementos que sean muy delgados o que estén muy congestionados de acero de refuerzo.
2. Complementar la vibración interna, y,
3. Mezclas rígidas en las que no se puedan usar vibradores internos.

No se recomienda fijar directamente a la cimbra un vibrador para cimbra, es preferible fijar el vibrador a una placa de metal, la que a su vez quede fija a vigas tipo I de metal o a canales que pasen a través de los atiesadores de la cimbra en tramos continuos, ya que las fijaciones que queden sueltas producirán pérdidas importantes de energía de vibración y en consecuencia, consolidaciones inadecuadas. La operación de los vibradores externos para cimbra, puede ser por medios eléctricos o neumáticos y deben estar espaciados de tal manera que se distribuya uniformemente la intensidad de vibrado en toda la cimbra; en ocasiones puede ser necesario operar algunos vibradores para cimbra a diferentes frecuencias para lograr mejores resultados, por lo tanto, se recomienda que los vibradores para cimbra estén equipados con controles que regulen su amplitud y frecuencia, la duración de la vibración externa es considerablemente mayor que para la vibración interna, por lo general, entre 1 y 2 minutos.

En las secciones densamente reforzadas donde no se pueda insertar un vibrador interno, a veces es útil vibrar las varillas de refuerzo fijando un vibrador para cimbra a las partes expuestas de las varillas y mediante esta práctica se elimina el aire y el agua atrapados bajo las barras de refuerzo y mejora la adherencia entre las varillas y el concreto que las rodea, siempre y cuando el concreto se mantenga aún trabajable bajo la acción del vibrado.

Las mesas vibratorias se emplean en las plantas de elementos precolados, deberán estar equipadas con controles que permitan variar la frecuencia y la amplitud de acuerdo con el tamaño del elemento a colar y con la consistencia del concreto ya que las mezclas trabajables generalmente requieren de mayores frecuencias que las mezclas rígidas; la consolidación mejorará si se va aumentando la frecuencia y se va disminuyendo la amplitud conforme el vibrado vaya progresando. (Ver figura 4.4.4)



Figura 4.4.4 Mesa vibratoria.

Los vibradores de superficie tales como las plantillas vibratorias, se emplean para consolidar el concreto en pisos y en otros trabajos en plano, éstas proporcionan un control efectivo a las operaciones de nivelación y ahorran una gran cantidad de trabajo, sin embargo, este equipo no se debe usar para concretos con revenimientos mayores de 7.5 cm. ya que la vibración superficial de tales concretos, tendrá como resultado la acumulación excesiva de mortero y de material fino en la superficie y con ello, se reducirá la resistencia al desgaste, por esta razón, los vibradores de superficie no se deberán operar después de que el concreto haya sido consolidado adecuadamente. (Ver figura 4.4.5)



Figura 4.4.5 Plantilla vibratoria.

Como la vibración superficial de las losas de concreto es menos efectiva a lo largo de sus bordes, se podrá usar un vibrador de inmersión a lo largo de tales bordes inmediatamente antes de que la plantilla vibratoria entre en operación.

Las plantillas vibratorias se utilizan para consolidar losas hasta de 25 cm de espesor, siempre y cuando esas losas no estén reforzadas o sólo tengan refuerzo muy sencillo (malla de alambre soldado), mientras que para las losas reforzadas, se recomienda el vibrado interno o una combinación de vibrado interno con vibrado superficial.

4.5 Acabado del concreto.

Acabado de losas de concreto.

El acabado de losas de concreto puede darse mediante diversos procedimientos dentro del espacio denominado "periodo de acabado", el cual se realiza una vez que el concreto ha sido colocado, consolidado, aplanado y nivelado; dependiendo del uso a que se destinen estas losas, pueden aplicarse diferentes texturas e inclusive colores a éstas, aunque generalmente se puede requerir solamente nivelación y enrasado, especificándose en ocasiones, acabados de emparejado, alisado o escobillado.

Colado y tendido.

El colado deberá comenzar en el punto más lejano e ir avanzando hacia la fuente de suministro del concreto, éste deberá vaciarse lo más cerca posible de su posición final, rebasar ligeramente las cimbras y ser nivelado de manera aproximada con palas cuadradas de mango corto, o tipo azadón con una hoja de 100 mm (4") de alto y 500 mm (20") de ancho y curvadas y con rastrillos para concreto, los vacíos grandes de aire atrapados en el concreto durante la colocación, deberán removerse por medio de la consolidación.

Nivelación (enrasado).

La nivelación o enrasado, es el proceso que consiste en retirar el exceso de concreto de la superficie superior de una losa para dejarla en el nivel apropiado; la plantilla que se utiliza en el método manual es una regla que puede tener el borde inferior recto o ligeramente curvo, dependiendo de las especificaciones del proyecto en la superficie, realizando un movimiento de vaivén o de aserrado sobre el concreto, debiendo existir un exceso o sobrecarga de concreto contra la cara frontal de la regla para ir rellenando las partes bajas a medida que la regla pase sobre la losa.

En losas de 15 cm. de espesor se requiere una sobrecarga de aproximadamente 2.5 cm. de concreto; la nivelación y la consolidación deberán haber sido terminadas antes de que el agua de sangrado se acumule sobre la superficie, pudiendo utilizar llanas rectas de magnesio o enrasadoras mecánicas, además de enrasadores vibratorios de 3000 a 6000 vibraciones por minuto (50 a 100 Hertz) y alta amplitud.

Aplanado.

Inmediatamente después del enrasado, se deberá usar una alizadora con el propósito de eliminar los puntos altos o bajos de las losas e incrustar las partículas grandes de agregado, se emplea una alizadora de mango largo para áreas demasiado extensas en donde una alizadora de mango corto no puede realizar la función; en concretos sin aire incluido estas herramientas deberán ser preferentemente de madera mientras que para concretos con aire incluido deberán ser de aluminio o de aleación de Magnesio.

El aplanado se deberá finalizar antes de que el agua de sangrado se acumule sobre la superficie, teniendo la precaución de no sobretrabajar al concreto, ya que con esto se obtendría una superficie menos durable.

En la mayoría de las losas, el aplanado se complementa con alguna de las siguientes operaciones de acabado-bordeado y junteado, emparejado, alisado y escobillado, pudiendo consumir cantidades extras de pasta de cemento, además se necesita contar con un ligero endurecimiento en el concreto antes de poder iniciar cualquiera de estas operaciones, siendo el indicativo más representativo cuando el brillo del agua de sangrado ha desaparecido y el concreto pueda sostener la presión provocada por los pies de una persona, hundiéndose solamente medio centímetro con lo cual se considerará que la superficie está lista para proseguir la operaciones de acabado. (Ver figura 4.5.1)

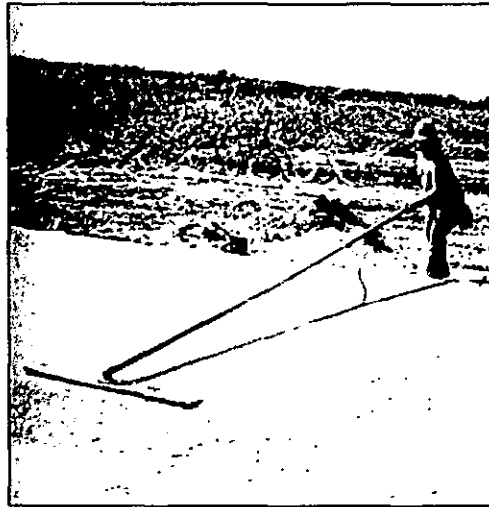


Figura 4.5.1 Aplanado

A continuación se describen los tipos de acabados del concreto que se utilizan generalmente:

Bordeado y junteado

El bordeado densifica y compacta al concreto cercano a la cimbra; en esos lugares el alisado y el emparejado son menos efectivos, por lo que con el bordeado se proporciona una mayor durabilidad y una menor vulnerabilidad al descascaramiento y a la fragmentación. El bordeado se debe efectuar a lo largo de todos los bordes de las cimbras y de las juntas de aislamiento y construcción en los pisos y en las losas exteriores, como lo son las losas de banquetas, calzadas y patios.

En losas que tienen hasta 125 mm. (5") de espesor es necesario emplear un formador de juntas o ranurador con una cuchilla profunda para cortar por lo menos $\frac{1}{4}$ del espesor de la losa para formar un plano débil a lo largo de ésta, el cual se fracturará cuando se contraiga la losa, cuando se utilizan métodos manuales para formar juntas de control, la losa deberá juntarse durante la operación de bordeado o justo después de ella, las juntas de contracción también se pueden hacer en el concreto endurecido utilizando una sierra.

Emparejado

Posterior al proceso de bordeado y junteado, el concreto se podrá emparejar con una llana de madera o de metal o con una máquina para acabado que esté equipada con cuchillas de emparejar, el propósito del emparejado se debe a tres razones:

1. Para insertar las partículas del agregado justo debajo de la superficie.
2. Para eliminar pequeñas imperfecciones, salientes y vacíos; y
3. Para compactar el mortero en la superficie como preparación de otras operaciones adicionales de acabado.

La herramienta que se utiliza en la ejecución de esta actividad son las llanas de mano, de madera o metal, esta última abrevia el trabajo ya que el rastreado se reduce y la llana se puede deslizar más fácilmente sobre la superficie del concreto, aunque para emparejar manualmente concretos con aire incluido es esencial contar con una llana de Aluminio o de Magnesio, ya que una llana de madera tiende a adherirse a la superficie y a rasgarla, mientras que las llanas de este tipo de metal ligero, conforman superficies más lisas que las llanas de madera. Cuando se practique el acabado en áreas extensas, se pueden emplear llanas mecánicas para reducir el tiempo de acabado.

El emparejado produce una textura relativamente pareja aunque no lisa, que posee una buena resistencia contra resbalones y patinamientos y por eso se usa a menudo como acabado final, especialmente en las losas exteriores, cuando se requiera un acabado final de este tipo, puede llegar a ser necesario emparejar una segunda vez la superficie después de que haya endurecido parcialmente y se debe evitar trabajar en exceso al concreto, porque con eso se acarrearía un exceso de agua y de material fino a la superficie, produciendo defectos posteriores en la superficie.

(Ver figura 4.5.2)

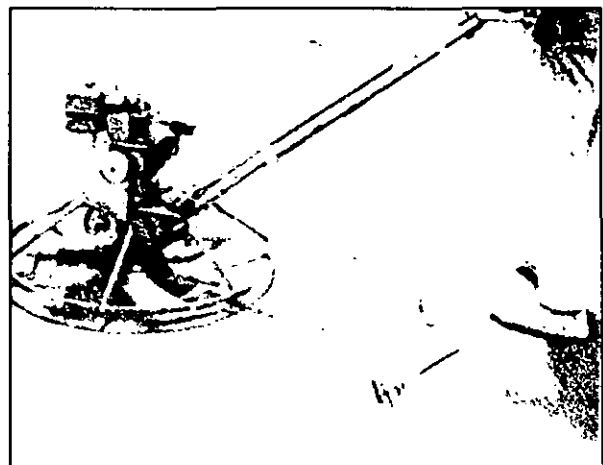


Figura 4.5.2 Emparejado manual izquierda, emparejado mecánico derecha.

Alisado

Cuando se desea obtener una superficie densa, dura y lisa, es necesario aplicar posterior al emparejado el alisado metálico, este alisado no se deberá ejecutar en una superficie que no haya sido emparejada previamente ya que alisar después de sólo haber aplanado no es un procedimiento adecuado de acabado, las operaciones de alisado se deben retrasar hasta después de que el concreto haya endurecido lo suficiente, de tal suerte que el agua y el material fino no se desplacen hasta la superficie, aunque se deben evitar retrasos demasiado prolongados ya que de no ser así, se encontrará una superficie extremadamente dura para emparejar y alisar; es importante mencionar que el emparejado y el alisado prematuros pueden ser causa de descascamientos, agrietamientos irregulares o levantamientos de polvos, lo que se producirá superficies con una baja resistencia a la abrasión.

El primer alisado puede producir la superficie deseada libre de defectos, no obstante, la resistencia al desgaste, la densidad y la tersura de la superficie se pueden mejorar con alisados adicionales, siempre y cuando se permita que transcurra un cierto tiempo entre los alisados sucesivos para permitir que el concreto se vaya endureciendo, a medida que la superficie se endurece, cada alisado sucesivo deberá efectuarse con llanas de menor tamaño, usando progresivamente una mayor inclinación y presión sobre la hoja de la llana, en la pasada final se deberá producir un sonido metálico cuando la llana se pase por la superficie.

Cuando la primera alisada se reduce a máquina, se deberá efectuar al menos una alisada a mano adicional para eliminar las pequeñas irregularidades, después del alisado, si llegara a hacerse necesario, los bordes labrados y las juntas deberán recorrerse para conservar la uniformidad y las líneas genuinas.

Escobillado

El escobillado es la impresión en el concreto de un rayado que produce superficies resistentes contra patinamientos y que se aplica antes de que el concreto haya endurecido completamente, aunque debe estar lo suficientemente dura para retener la impresión del rayado, un rayado tosco se puede obtener con un rastrillo, con un cepillo de cerdas de acero o con un cepillo de cerdas de fibra gruesa y rígida; si se desea obtener una textura más fina, el concreto se deberá emparejar y alisar hasta lograr una superficie tersa para posteriormente cepillar con una escoba de cerdas suaves, aunque se obtienen mejores resultados con escobas fabricadas especialmente para texturizar concreto. Es importante mencionar que las losas de piso comúnmente se rayan en dirección transversal a la dirección principal del tránsito.

Capítulo 5

Construcción de la cortina de la presa Huites.

Capítulo 5

Construcción de la cortina de la presa Huites.

5.1 Localización de la presa

La región donde se localiza el proyecto de la presa Huites se encuentra al poniente del altiplano norte de la República Mexicana, abarcando la parte sur del estado de Sonora, el suroeste del estado de Chihuahua, el noroeste del estado de Durango y casi la mitad hacia el norte del estado de Sinaloa; específicamente la presa Huites se encuentra ubicada dentro del municipio de Choix, Sinaloa, muy próximo a los límites de los estados de Sonora y Chihuahua, con coordenadas geográficas del sitio del proyecto de $26^{\circ} 50' 32''$ de latitud norte y $108^{\circ} 22' 12''$ de longitud oeste (Ver Figura 5.1.1).

La zona donde se realizó la construcción de la presa, forma parte de la importante región agropecuaria del noroeste del país que cuenta con las siguientes vías de comunicación:

- La carretera estatal No. 123, en el tramo Los Mochis-Choix, con un desarrollo de 128 Km.
- El ferrocarril Chihuahua-Pacífico que comunica a la región de Topolobambo, Los Mochis y San Blas en el estado de Sinaloa y Creel, Cuauhtémoc y Ojinaga en el estado de Chihuahua.
- El aeropuerto internacional de Los Mochis, Sinaloa.

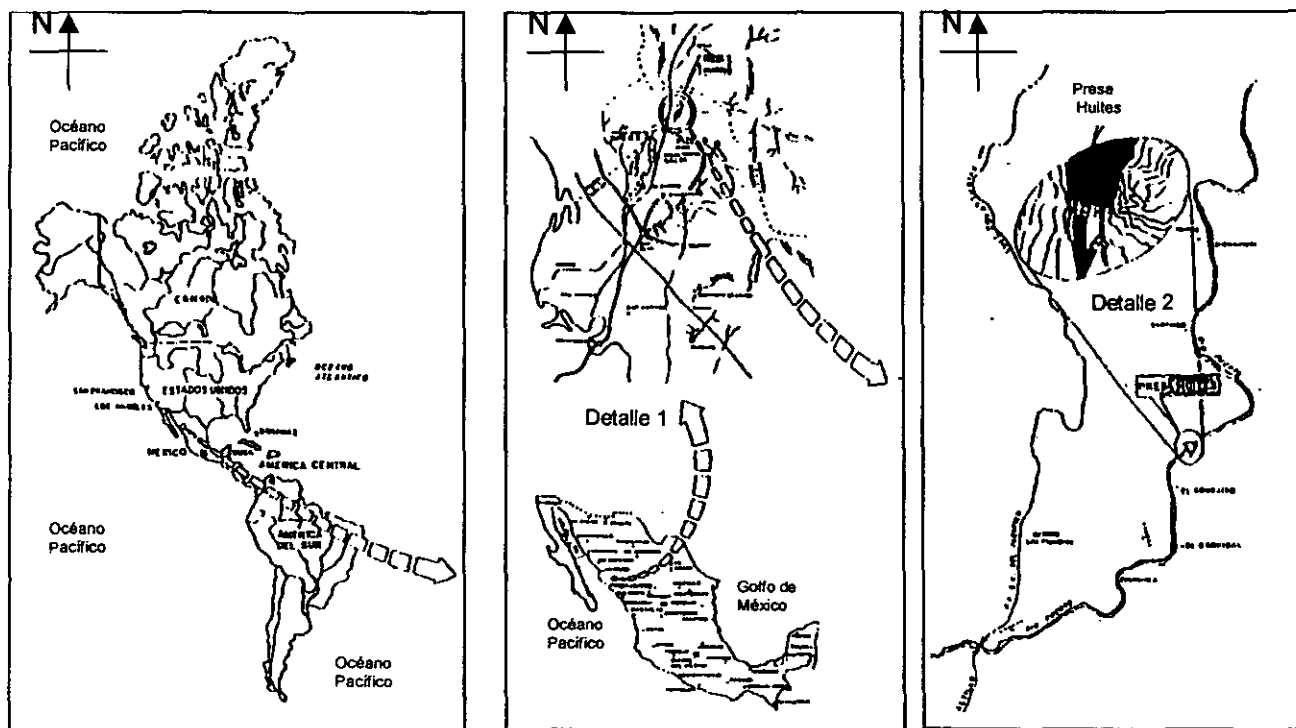


Figura 5.1.1 Localización

5.2 Aspectos geotécnicos e hidráulicos.

Antecedentes.

En 1968, la Secretaría de Recursos Hidráulicos (S.R.H.), desarrolló el llamado Plan Hidráulico del Noroeste (PLHINO), con el objeto de lograr un aprovechamiento combinado de las aguas de 13 ríos de la vertiente del Pacífico, localizados en el estado de Sinaloa y en el sur del estado de Sonora, para llevar sus aguas, mediante acciones de transferencia, liberación y conducción de una cuenca hacia la inmediata del norte, regando una parte de la superficie de cada margen y liberar volúmenes que pudieran ser conducidos hacia la siguiente cuenca y así sucesivamente, siempre hacia el norte; los 13 ríos considerados originalmente fueron los siguientes: Baluarte, Presidio, Quelite, Piaxtla, Elota, San Lorenzo, Culiacán, Mocorito, Sinaloa, Fuerte, Mayo, Yaqui y Guaymas, posteriormente, la S.R.H. realizó un replanteamiento del PLHINO, ya que de acuerdo a los balances hidrológicos se determinó que el agua de los ríos de Sinaloa no alcanzaba para satisfacer las necesidades del propio estado, lo que hizo necesario extender el PLHINO hacia el sur, por lo que se incluyó al estado de Nayarit en este plan, aportando grandes volúmenes de agua con sus ríos Santiago, San Pedro y Acaponeta.

De esta manera se estimó que el agua de los ríos de Nayarit y Sinaloa podrían satisfacer sus necesidades y las del sur de Sonora, arrojando excedentes de agua que serían conducidos a la costa de Hermosillo, Sonora. En 1973, funcionarios de la S.R.H. anunciaron al entonces presidente de la República, Lic. Luis Echeverría Alvarez, que en 1974 iniciarían la obras del Plan de acción inmediata de Plan Hidráulico del Noroeste (PLHINO), que consideraban iniciar las obras de sur a norte, lo que se consolidó con la construcción de la presa Bacurato en el estado de Sinaloa, mediante financiamiento del Banco Mundial, en donde quedó establecido el compromiso de un aprovechamiento integral de los recursos hidráulicos en el propio distrito de la presa, lo que obligo a segregar las aguas del río Sinaloa del plan de acción inmediata del PLHINO y considerar la construcción de la presa Huites para controlar las aguas excedentes en el río Fuerte.

Aspectos Geotécnicos.

El proyecto de la presa Huites, ubicada sobre el río Fuerte, se localiza en la porción más al norte del estado de Sinaloa, a 20 Km. del poblado denominado Choix, cerca de los límites de los estados de Sonora y Chihuahua. El sitio conocido como "boquilla de Huites" ha sido explorado y estudiado desde hace más de cinco décadas, en donde la topografía original del sitio de la presa y sus zonas aledañas se obtuvo con levantamientos aerofotogramétricos, lo que sirvió para realizar el anteproyecto de la presa. Los estudios geotécnicos realizados por la Secretaría de Recursos Hidráulicos y por la Comisión Federal de Electricidad se iniciaron en 1962, con reconocimientos de la zona y algunas exploraciones y en 1973 se iniciaron estudios detallados de la boquilla con un amplio programa de perforación y muestreo que determinaron las características mecánicas de los diferentes materiales que encontraron en la zona que determinó el diseño del proyecto y sus alternativas.

Dado que las características de la boquilla permitía el diseño de varios tipos de presa, se desarrollaron distintos anteproyectos de presas tales como la de materiales graduados, de gravedad aligerada, de gravedad masiva, de enrocamiento compactado y cara de concreto, varias de estas alternativas fueron desarrolladas con mayor detalle como la de gravedad aligerada y de enrocamiento compactado, pero fueron abandonadas por considerar que el diseño de una presa de concreto común y sección gravedad de 166 m de altura, con obra de excedencias ubicada en la margen izquierda y controlada por compuertas radiales con descarga a cuatro tramos de vertedor hacia un canal de cielo abierto, ofrecía las mejores condiciones de seguridad, costo y menor tiempo de construcción.

El 15 de Junio de 1992, el gobierno de la República, a través de la Comisión Nacional del Agua (C.N.A.) designó al Consorcio Mexicano para la Construcción de Huites, la ejecución del proyecto en un periodo de tan solo 28 meses a partir de la fecha de inicio. En el mes de Julio de 1992 se iniciaron los trabajos, pero en el mes de Noviembre del mismo año se detectó una falla geológica en la parte superior de la ladera izquierda, justo donde se empotraba el vertedor, situación que determinó correr el eje de la cortina 120 m hacia aguas abajo y con el objeto de garantizar un empotramiento en la margen derecha sobre roca sana, se decidió cerrar mediante una cortina de arco, quedando así el proyecto definitivo.

De acuerdo a los estudios realizados por la C.N.A. se determinó la existencia de varios bancos de materiales que servirían para la fabricación del concreto para la presa, entre estos se encontraron los depósitos aluviales del río Fuerte y del arroyo Choix, además de un gran depósito de roca basáltica que se localiza aguas abajo de la boquilla sobre la margen derecha del río Fuerte, que proveerían los 3.9 millones de metros cúbicos de agregados necesarios para esta presa.

Aspectos hidráulicos.

El proyecto de la presa Huites fue desarrollado con la idea de cumplir tres objetivos fundamentales: control de avenidas del río Fuerte, irrigación y generación de energía eléctrica.

Control de Avenidas.

Con la construcción de la presa Huites se aumentará la capacidad de manejar adecuadamente las avenidas del río Fuerte, reduciendo así los posibles daños al sector agrícola, como el que se presentó en el mes de Diciembre de 1990, en donde el gasto máximo que transmitió el río Fuerte, afectó a 40,000 habitantes de la zona, provocando pérdidas económicas al sector agrícola en un orden superior a los 150 millones de pesos, lo cual de haber existido la presa en ese momento se hubieran evitado, protegido alrededor de 50,000 hectáreas cultivadas, ya que las características de ésta hubieran controlado el gasto máximo de la avenida.

Para lograr el control de las avenidas, la presa tendrá un altura máxima de 166 m, con la obra de control y excedencias ubicada en la margen izquierda, la cual consiste en una estructura que alojará cuatro compuertas radiales sobre un cimacio que se liga a una rápida, dividida en dos canales por un muro central, en donde el canal del lado derecho será de servicio para el manejo de las avenidas ordinarias, mientras que el canal del lado izquierdo será destinado para el manejo de avenidas mayores, descargando el agua mediante un deflector que lanzará el chorro de agua lejos de la cimentación, esta estructura tiene una capacidad de descarga de 22,445 m³/s.

Irrigación.

Con la operación conjunta de las presas Huites, Miguel Hidalgo, Josefa Ortiz de Domínguez en el río Fuerte y la presa Gustavo Díaz Ordaz (Bacurato) en el río Sinaloa, se permitirá mejorar la producción de las zonas de riego que forman parte del subsistema Sinaloa-Fuerte-Mayo, ampliando en 70,000 hectáreas la superficie irrigable, logrando beneficios económicos importantes para el país, teniendo además un potencial mayor con el riego de las zonas denominadas: Los Musos, Alto Sinaloa, Vegas del Fuerte y Fuerte-Mayo; bajo este esquema se aprovechará un volumen de 6,057 millones de metros cúbicos para el riego de 446,000 hectáreas.

Una vez construida la presa Huites, las nuevas áreas por irrigar plantean un patrón de cultivos que incluyen trigo, maíz, frijol, garbanzo, soya, cártamo, ajonjolí, papa y hortalizas, con lo que la producción agrícola esperada será de 480,000 toneladas con lo que los niveles de productividad tendrán un valor de más de 347 millones de pesos anuales.

Generación de energía eléctrica.

La toma para generación de energía eléctrica se ubica en la margen derecha del cuerpo de la cortina y la planta hidroeléctrica se localiza al pie de la cortina (Ver figura 5.2.1), con una capacidad instalada de 400 MW, utilizando dos turbinas tipo Francis de 200 MW cada una, la capacidad útil del vaso de la presa, permitirá el almacenamiento de 2,408 millones de metros cúbicos de agua para riego y generación de electricidad y 1,102 millones de metros cúbicos para el control de avenidas.

Con la central hidroeléctrica de Huites se participará de manera importante en el suministro de energía eléctrica en el sistema eléctrico nacional en su sector noroeste, con una generación media anual de 875 GWH.

Otros beneficios.

Como resultado de la ejecución de la presa Huites se lograron beneficios importantes en la zona ya que se generaron empleos de manera directa e indirecta durante la fase de construcción de la obras, adicionalmente se tendrán otros beneficios al concluir las obras, utilizando el embalse de la presa para desarrollar actividades de acuicultura y recreación, tal como se lleva a cabo en otros embalses del país.

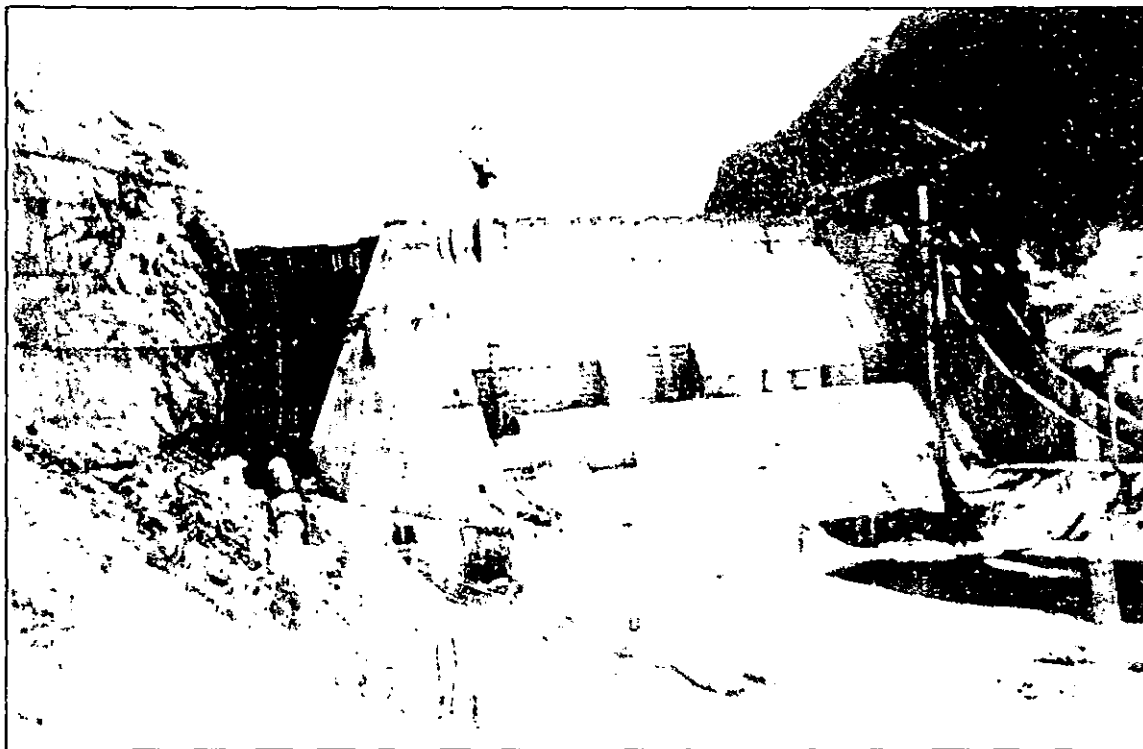


Figura 5.2.1 Vista general de la presa Huites, cortina, obra de toma margen izquierda y toma para generación de energía eléctrica margen derecha.

5.3 Sistema de enfriamiento del concreto.

En la construcción de la presa Huites fue necesario conocer los datos de las temperaturas de ambiente y del agua en el río, así como la composición de las mezclas y la temperatura de los materiales y finalmente, las especificaciones del concreto requerido, para determinar el tipo y tamaño del sistema de enfriamiento del concreto.

Temperaturas de ambiente y del agua del río en Huites.

Las temperaturas promedio mensuales del aire y del agua del río en Huites se muestran en el siguiente cuadro y fueron proporcionadas por la Comisión Nacional del Agua (C.N.A.) con base a los datos de la estación del río Fuerte durante el periodo 1960-1993.

Mes	Temperatura del Aire °C			Temperatura del agua del río °C
	Mínima	Media	Máxima	
Enero	6.0	19.0	34.0	16.5
Febrero	7.0	21.0	36.0	19.0
Marzo	8.0	23.0	39.0	21.5
Abril	10.0	26.5	42.0	24.5
Mayo	16.0	29.0	44.0	28.0
Junio	17.0	33.0	46.0	32.0
Julio	21.0	31.5	43.5	30.5
Agosto	21.0	31.0	41.0	29.0
Septiembre	19.0	29.0	42.0	27.0
Octubre	14.0	28.0	41.0	24.0
Noviembre	8.0	24.0	37.0	21.0
Diciembre	7.0	20.0	35.0	18.0
Promedios	13.0	26.0	40.0	25.0

La altitud del sitio de la obra es de 200 m.s.n.m.

Las temperaturas promedio en verano son:

Temperatura de bulbo seco: 30°C

Temperatura de bulbo húmedo: 24°C

Composición de las mezclas.

La mezcla del concreto utilizado en la construcción de la presa Huites tiene los siguientes componentes:

Material	Contenido (Kg/m ³)	Temperatura (°C)
Cemento de bajo calor de hidratación (Tipo IV)	150	50
Agua del río Fuerte	110	25
Arena	600	40
Agregado 3/4"	450	40
Agregado 1 1/2"	550	40
Agregado 3"	600	40

Nota: Se usaron aditivos inclusores de aire para la fabricación del concreto debido a que en algunas zonas de los bancos de agregados, el contenido de materia orgánica en la fracción de arena, excedió el límite máximo. Con el uso de este tipo de aditivos, se contrarrestó la presencia de contenidos de materia orgánica en el concreto, aumentando la permeabilidad y la duración de éste.

Humedad de la arena: 4%

Humedad de los agregados gruesos: 1%

Especificación del concreto.

Se utilizarán concretos con las siguientes especificaciones (Ver figura 5.3.1):

- $f'c=180 \text{ kg/cm}^2$, para la elevación 125.00 a la 160.00
- $f'c=160 \text{ kg/cm}^2$, para la elevación 160.00 a la 220.00
- $f'c=120 \text{ kg/cm}^2$, para la elevación 220 a la 290.75

El volumen requerido de concreto para la construcción de la presa Huites es de 2,600,000.00 m³, teniendo los siguientes parámetros para su fabricación:

Se requieren 2 plantas de concreto en la margen izquierda con las siguientes capacidades:

- 360 m³/Hr
- 6,000 m³/Día
- 15,000 m³/Semana
- 130,000 m³/Mes

Se requiere una planta de concreto en la margen derecha con la siguiente capacidad :

- 180 m³/Hr
- 3,000 m³/Día
- 15,000 m³/Semana
- 62,500 m³/Mes

Los parámetros de enfriamiento son los siguientes:

Temperatura de colocación:	18°C
Temperatura de los agregados:	40°C
Temperatura del cemento:	50°C
Temperatura del agua:	25°C

La figura 5.3.1 muestra las diferentes resistencias del concreto, especificadas para las distintas elevaciones en la cortina de la presa Huites:

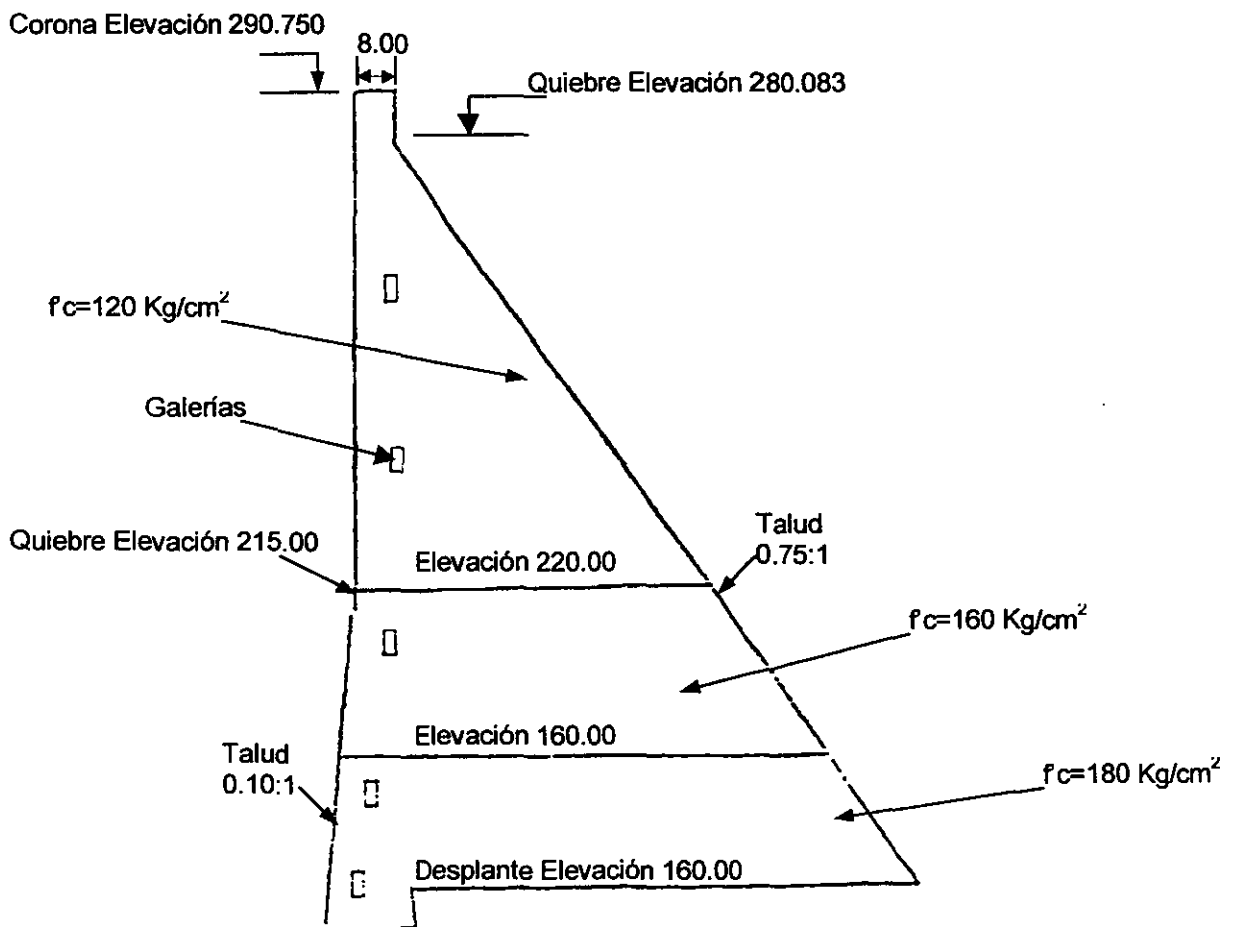


Figura 5.3.1 Resistencias del concreto en la cortina de la presa Huites.

Con estos elementos se está en condiciones de realizar el análisis de las condiciones térmicas de los materiales para elegir el mejor sistema de enfriamiento del concreto para esta obra.

5.3.1 Pre-enfriamiento del concreto.

Pre-enfriamiento.

Los diversos métodos para reducir la temperatura del concreto, previo al momento de su colocación, se denominan sistemas de pre-enfriamiento; en el caso práctico de la colocación del concreto hidráulico en la cortina de la presa Huites, se analizaron los sistemas de enfriamiento que se describen a continuación, para determinar el método de enfriamiento más adecuado a las necesidades de este proyecto.

Riego de los agregados pétreos.

Los agregados pétreos pueden regarse con agua de río; el efecto de la evaporación los enfría hasta en 2.85°C de la temperatura del lugar, aunque esto no permite reducir la temperatura del concreto en cantidades considerables, por lo que no se recomienda como método de enfriamiento.

Aplicación de agua helada en la mezcla.

Con el uso de un enfriador de agua, se puede enfriar el agua de la mezcla a 4.5°C en climas no muy severos (aproximadamente temperaturas húmedas de 21°C y temperaturas secas de 32°C), la mezcla de concreto puede enfriarse hasta 26°C, dependiendo de la cantidad de agua de la mezcla.

Aplicación de hielo en la mezcla.

La sustitución de agua en la mezcla por hielo en escamas, es el método más efectivo de enfriamiento, limitado únicamente por el total especificado para la mezcla.

El hielo tiene los mejores efectos de enfriamiento, debido a su calor de fusión (79 kcal por kg, a 0°C), en muchos proyectos, se determina usar la mayor cantidad de hielo posible y únicamente el agua necesaria para diluir la mezcla (con tiempo de mezclado de 2.5 minutos).

El hielo una vez fabricado, se almacena en depósitos especiales a 15 °C o menos, lo cual nos proporciona efectos adicionales de enfriamiento, se puede conservar para manejar grandes volúmenes de colocación de concreto; generalmente 4 kg. de hielo reducen la temperatura de 1 m³ de concreto en 1°C y bajo condiciones climáticas favorables, una mezcla con agregados de 150 mm. puede ser enfriada a 15°C.

Enfriamiento de los agregados pétreos regándolos con agua fría mientras viajan sobre bandas transportadoras.

Este es un método muy efectivo, pero requiere espacio para las bandas transportadoras y la colocación en tanques de decantación para desalojar finos acumulados en el agua; después que los agregados han sido enfriados con este método, deberán ser usados inmediatamente o mantenerse fríos en cajas de almacenamiento.

En condiciones normales, los agregados pétreos se enfriarán con este método a 5°C, obteniendo temperaturas en la mezcla de 10°C.

Aplicación de Nitrógeno líquido en la mezcla.

Este método es muy efectivo, pero su costo es muy elevado y es poco utilizado en proyectos de construcción, consiste en aplicar el Nitrógeno líquido directamente a la mezcla en el momento de la elaboración del concreto, se requiere tener un depósito anexo a la planta de concreto y líneas de conducción hacia el mezclador.

Enfriamiento de los agregados pétreos con aire frío recirculando en las cajas de almacenamiento de la planta de concreto.

Este es un método muy efectivo pero requiere de cajas de almacenamiento lo suficientemente grandes para que permitan tener un período de enfriamiento con la duración necesaria para remover la cantidad de calor requerida, por lo que además, se deberán instalar ductos de lámina y cámaras de aire para recircularlo a través de los agregados.

Este método es muy efectivo sólo en agregados muy grandes ya que los agregados de diámetros menores de 1" producen una caída de presión tan grande que prácticamente bloquearían el flujo de aire.

5.3.2 Selección del mejor sistema.

Siendo la presa Huites un proyecto donde el volumen de concreto a utilizar es considerable y las temperaturas del sitio son extremosas, se requiere de un sistema de enfriamiento del concreto que permita cumplir las especificaciones para su colocación (18°C), por lo que se analizarán 4 alternativas aplicando los balances térmicos de los materiales componentes de un metro cúbico de concreto, para de esta manera seleccionar el mejor sistema.

Los balances térmicos y sus cálculos se basan en la fórmula $Q=PC\Delta T$, donde:

Q= Cantidad de calor, expresado en Kcal/Kg°C, para cambiar la temperatura del material.

P= Peso del material a enfriar en Kg.

C= Es el valor del calor específico del material en Kcal/Kg°C

ΔT = Diferencial de temperatura.

La ecuación que se aplica para el cálculo del equilibrio térmico de la mezcla es la siguiente:

$$PcCc(tc-to)+PARCAR(tAR-to)+PGCG(tG-to)+PUACA(tUA-to)+PUGCA(tUG-to)+$$
$$(PA-PH)CA(tA-to)+PH(tHCH-toCA)-PHF+M=0$$

Donde:

P= Peso del material.

C= Calor específico del material.

c= Cemento.

t= Temperatura inicial del material.

to= Temperatura final del material (concreto).

AR= Arena.

G= Grava

UA= Humedad de la arena.

UG= Humedad de las gravas.

H= Hielo.

A= Agua.

F= Calor de fusión del hielo.

M= Calor generado por el mezclado.

Características fijas adoptadas:

t_o =Temperatura del concreto 18°C (en la salida de la planta)

C_c = Calor específico del cemento= 0.22Kcal/Kg°C

$CAR=CG$ = Calor específico de los agregados= 0.18Kcal/Kg°C

$CH=CA$ = Calor específico del hielo y del agua= 1.0Kcal/Kg°C

F = Calor de fusión del hielo= -80Kcal/Kg°C

M = Calor generado durante el mezclado= 750Kcal

U_A = Humedad de la arena= 6%

U_A = Humedad de las gravas= 2%

t_H = Temperatura del hielo= -4°C

Balance térmico de la mezcla de concreto, utilizando como método de enfriamiento la sustitución de agua por hielo en escamas.

Material	Peso (Kg/m ³)	Calor específico	Calor del material	Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	ΔT (°C)	Kcal
Cemento	150	0.22	33	50	18	32	1056
Arena	600	0.18	108	40	18	22	2376
Humedad	24	1.0	24	40	18	22	528
Agregados	1600	0.18	288	40	18	22	6336
Humedad	16	1.0	16	40	18	22	352
Agua libre	70	1.0	70	0	18	-18	-1260
Hielo	70						-5600
Calor de mezclado							750
Concreto	2570	0.22	539				4538

Calor específico de todos los componentes, incluyendo al agua y hielo= 11,398 Kilocalorías

Calor específico de los componentes, sin considerar hielo y agua= 4,538 Kilocalorías

Calor específico del agua y hielo que contrarrestará al resto de los materiales= 6,860 Kilocalorías

Aplicando la fórmula de equilibrio térmico obtenemos el incremento de la temperatura del concreto, la cual será sumada a la temperatura requerida en el proyecto que es de 18 °C:

$$T = \frac{\text{Calor específico de todos los materiales} - \text{Calor específico del hielo y agua}}{\text{Calor específico de todos los materiales}}$$

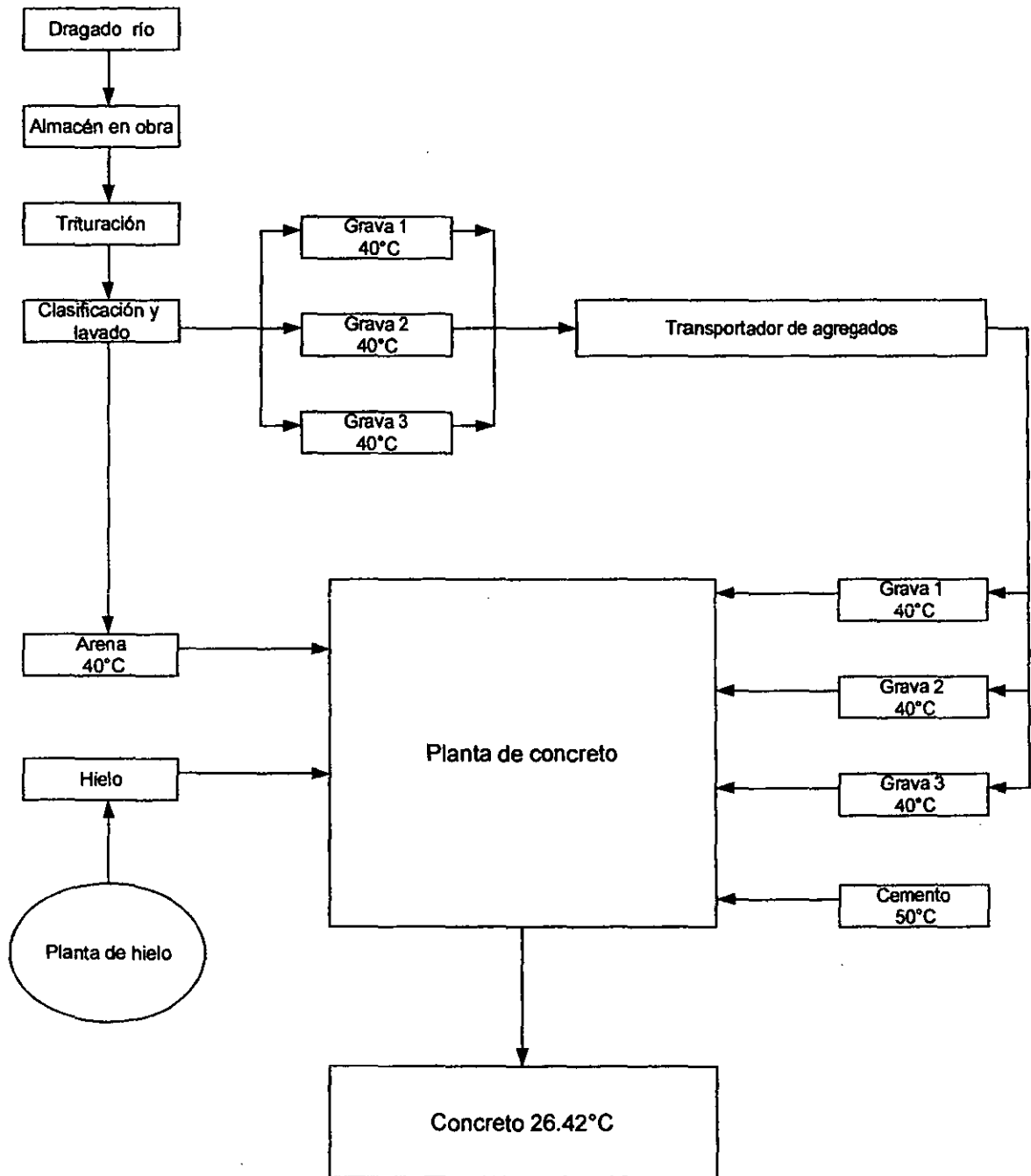
$$T = \frac{11,398 - 6,860}{539} = 8.42 \text{ °C};$$

$$T = 18 \text{ °C} + 8.42 \text{ °C} = 26.42 \text{ °C}$$

En este balance térmico se está asumiendo que los agregados pétreos no son enfriados con ningún método y por lo tanto sus temperaturas son de 40°C y al final de la mezcla deberán ser de 18°C, que es la temperatura final del concreto requerida, además se está considerando que la dosificación de agua en forma de hielo es de 100%, aunque en realidad se tiene que dosificar algo de agua para facilitar el mezclado de los materiales y la fusión del hielo, en este método se puede apreciar que la temperatura del concreto se eleva a 26.42 °C en el caso más ideal, con lo cual queda fuera de la especificación.

Diagrama de flujo de materiales

Solución "a" Aplicación de hielo en escamas en la mezcla.



Balance térmico de la mezcla de concreto, utilizando como método de enfriamiento la aplicación de agua helada y hielo en la mezcla.

Material	Peso (Kg/m ³)	Calor específico	Calor del material	Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	ΔT (°C)	Kcal
Cemento	150	0.22	33	50	18	32	1056
Arena	600	0.18	108	40	18	22	2376
Humedad	24	1.0	24	40	18	22	528
Agregados	1600	0.18	288	40	18	22	6336
Humedad	16	1.0	16	40	18	22	352
Agua libre	62	1.0	62	0	18	-18	-1116
Hielo	62						-4960
Agua helada	8	1.0	8	4		-14	-112
Calor de mezclado							750
Concreto	2522	0.22	539				5210

Calor específico de todos los componentes, incluyendo al agua y hielo= 11,398 Kilocalorías

Calor específico de los componentes, sin considerar hielo y agua= 5,210 Kilocalorías

Calor específico del agua y hielo que contrarrestará al resto de los materiales= 6,188 Kilocalorías

Aplicando la formula de equilibrio térmico obtenemos el incremento de la temperatura del concreto, la cual será sumada a la temperatura requerida en el proyecto que es de 18 °C:

$T = \frac{\text{Calor específico de todos los materiales} - \text{Calor específico del hielo y agua}}{\text{Calor específico de todos los materiales}}$

$$T = \frac{11,398 - 6,188}{539} = 9.66 \text{ °C};$$

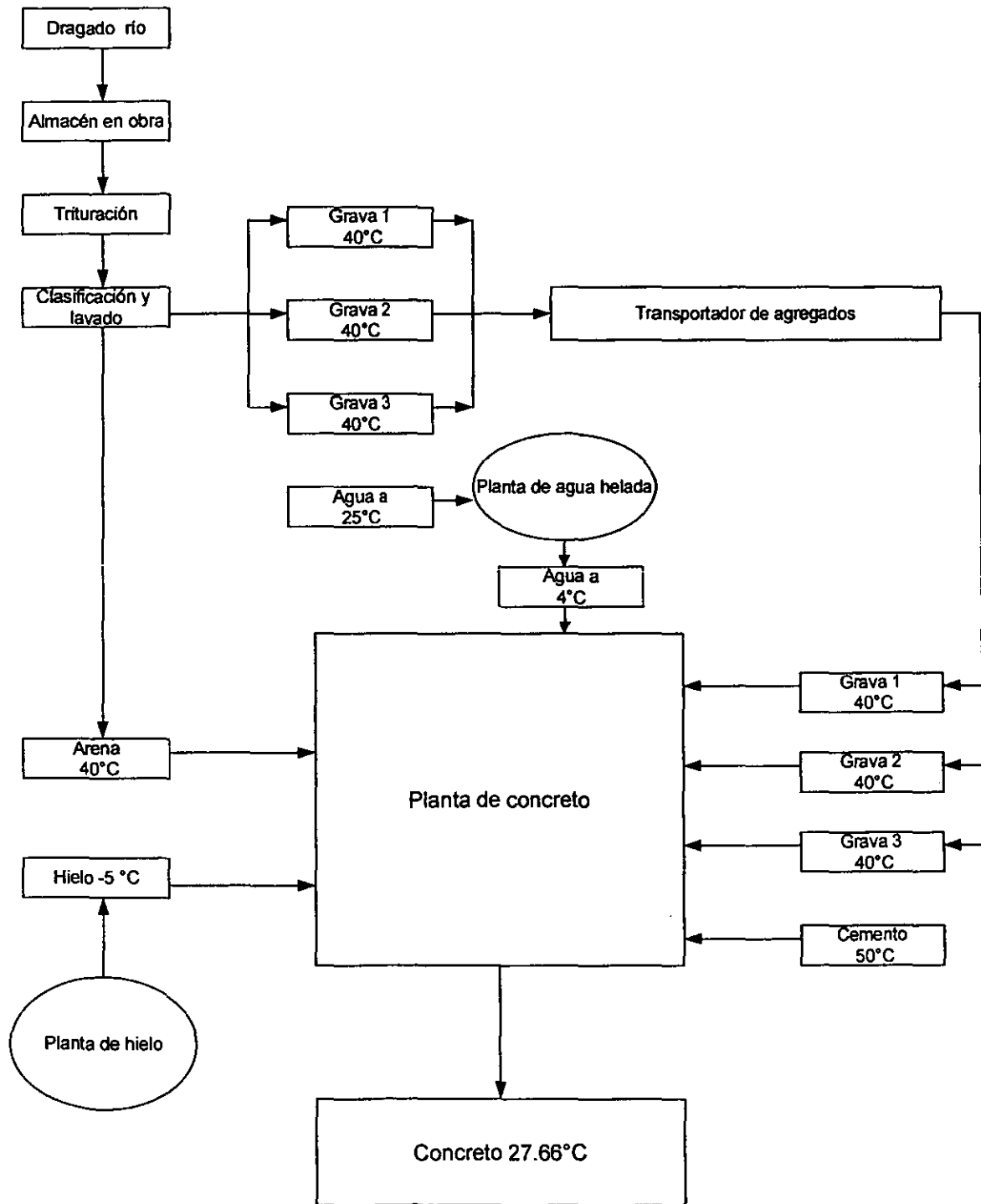
$$T = 18 \text{ °C} + 9.66 \text{ °C} = 27.66 \text{ °C}$$

539

Al igual que el balance térmico anterior, se está asumiendo que los agregados pétreos no son enfriados con ningún método y por lo tanto sus temperaturas son de 40°C y al final de la mezcla deberán ser de 18°C, que es la temperatura final del concreto requerida, además se está considerando que la dosificación de hielo es de 62 Kg/m³ y de 8 Kg/m³ de agua helada a 4°C, en este método se puede apreciar que la temperatura del concreto se eleva a 27.66 °C, nótese que al reducir la proporción de hielo-agua, la temperatura final del concreto tiende a aumentar, con lo cual queda fuera de la especificación.

Diagrama de flujo de materiales

Solución "b" Aplicación agua helada y hielo en la mezcla.



Balance térmico de la mezcla de concreto, utilizando como método de enfriamiento la aplicación de agua helada, hielo en la mezcla, además de aire frío en el depósito de gravas.

Material	Peso (Kg/m ³)	Calor específico	Calor del material	Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	ΔT (°C)	Kcal
Cemento	150	0.22	33	50	17	33	1089
Arena	600	0.18	108	40	17	23	2484
Humedad	24	1.0	24	40	17	23	552
Grava 1	450	0.18	81	7	17	10	-810
Humedad 1	6	1.0	6	7	17	10	-60
Grava 2	550	0.18	99	10	17	7	-693
Humedad 2	6	1.0	6	10	17	7	-42
Grava 3	600	0.18	108	16.5	17	0.5	-54
Humedad 3	4	1.0	4	16.5	17	0.5	-2
Agua a 25 °C	27	1.0	27	25	17	8	216
Agua a 5 °C	8	1.0	8	5	17	12	96
Hielo	35						-2800
Hielo	35	1.0	35	0	17	-17	-595
Calor de mezclado							750
Concreto	2460	0.22	539		17		131

Calor específico de todos los componentes sin incluir al agua, hielo y humedad= 5,187 Kilocalorías

Calor específico del agua, hielo y humedad que contrarrestará al resto de los materiales= 5,056 Kilocalorías

Aplicando la fórmula de equilibrio térmico obtenemos el incremento de la temperatura del concreto, la cual será sumada a la temperatura requerida en el proyecto que es de 17 °C, ya que en este método se aplicará mayor capacidad calorífica:

$T = \frac{\text{Calor específico de todos los materiales} - \text{Calor específico del hielo, agua y humedad}}{\text{Calor específico de todos los materiales}}$

$$T = \frac{5187 - 5056}{2460} = 0.22 \text{ °C};$$

$$T = 17 \text{ °C} + 0.22 \text{ °C} = 17.22 \text{ °C}$$

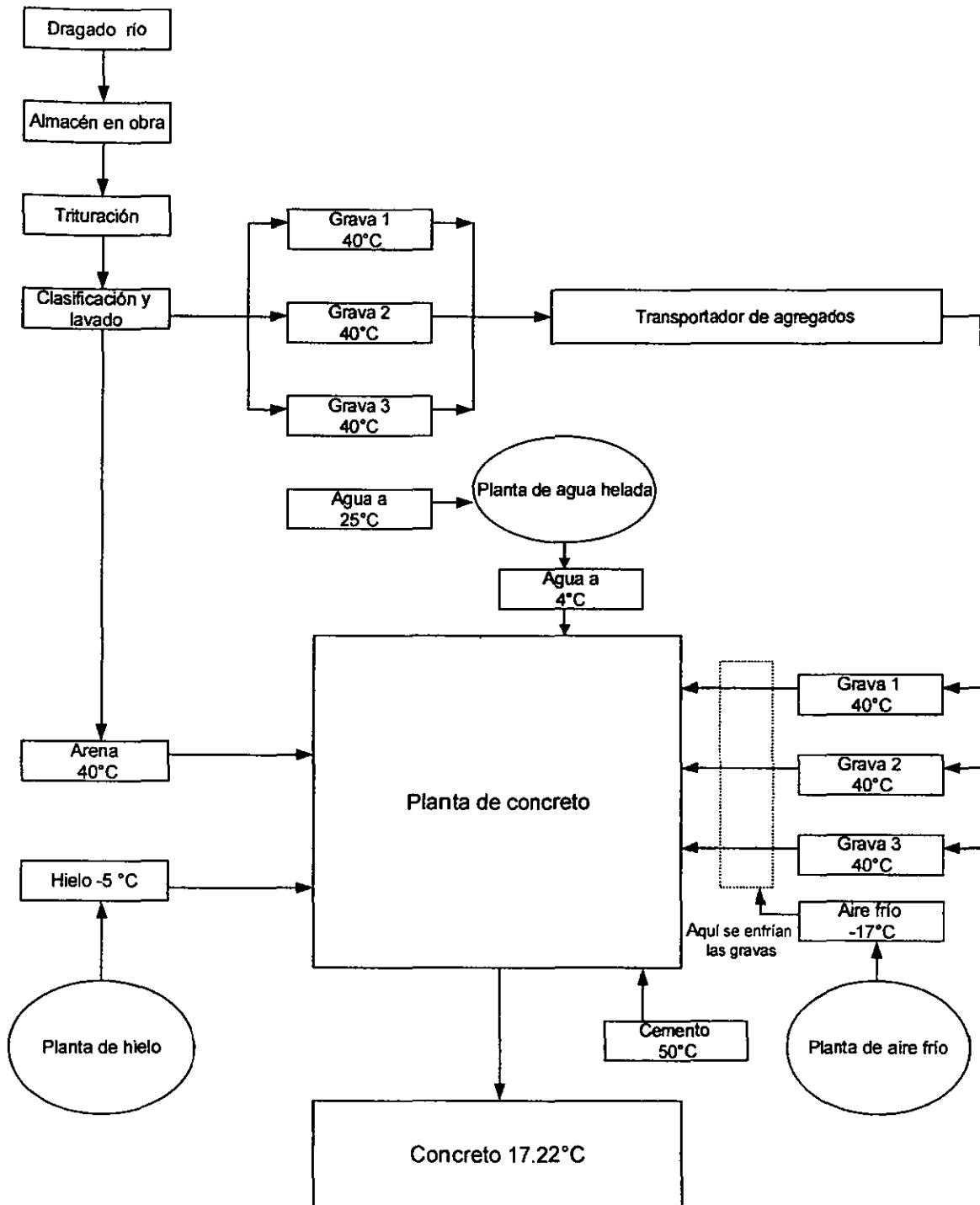
539

En este balance térmico, podemos apreciar que las gravas han sido enfriadas con aire frío en la tolva de gravas de la planta de concreto y sus temperaturas al entrar al mezclador son de 7,10 y 16.5°C, respectivamente, y ya que el cemento y la arena no se pueden enfriar fácilmente mantendrán su temperatura de 50 y 40°C, respectivamente.

De un total de 70 Kg/m³ de agua libre, se aplicaron 27 Kg/m³ de agua del río a 25 °C, 8 Kg/m³ de agua helada a 4 °C y 35 Kg/m³ de hielo, obteniendo como resultado una temperatura del concreto de 17.22 °C, lo cual está dentro de la especificación solicitada de 18 °C.

Diagrama de flujo de materiales

Solución "c" Aplicación agua helada, hielo en la mezcla, además de aire frío en el depósito de gravas.



Balance térmico de la mezcla de concreto, utilizando como método de enfriamiento la aplicación de hielo en la mezcla y el enfriamiento de los agregados pétreos en la banda transportadora.

Material	Peso (Kg/m ³)	Calor específico	Calor del material	Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	ΔT (°C)	Kcal
Cemento	150	0.22	33	50	17	33	1089
Arena	600	0.18	108	40	17	23	2484
Humedad	24	1.0	24	40	17	23	552
Grava 1	450	0.18	81	9.5	17	-7.5	-607.5
Humedad 1	18	1.0	18	9.5	17	-7.5	-135
Grava 2	550	0.18	99	9.5	17	-7.5	-742.5
Humedad 2	18	1.0	18	9.5	17	-7.5	-135
Grava 3	600	0.18	108	9.5	17	-7.5	-810
Humedad 3	12	1.0	12	9.5	17	-7.5	-90
Agua a 25 °C	14	1.0	14	25	17	8	112
Hielo	24						-1920
Hielo	24	1.0	24	0	17	-17	-408
Calor de mezclado							750
Concreto	2484	0.22	539		17		139

Calor específico de todos los componentes sin incluir al agua y hielo = 4,987 Kilocalorías

Calor específico del agua y del hielo que contrarrestará al resto de los materiales= 4,848 Kilocalorías

Aplicando la formula de equilibrio térmico obtenemos el incremento de la temperatura del concreto, la cual será sumada a la temperatura requerida en el proyecto que es de 17 °C, ya que en este método también se aplicará mayor capacidad calorífica:

$T = \frac{\text{Calor específico de todos los materiales} - \text{Calor específico del agua y hielo}}{\text{Calor de todos los materiales}}$

Calor de todos los materiales

$$T = \frac{4.987 - 4.848}{0.22} = 0.25^\circ\text{C};$$

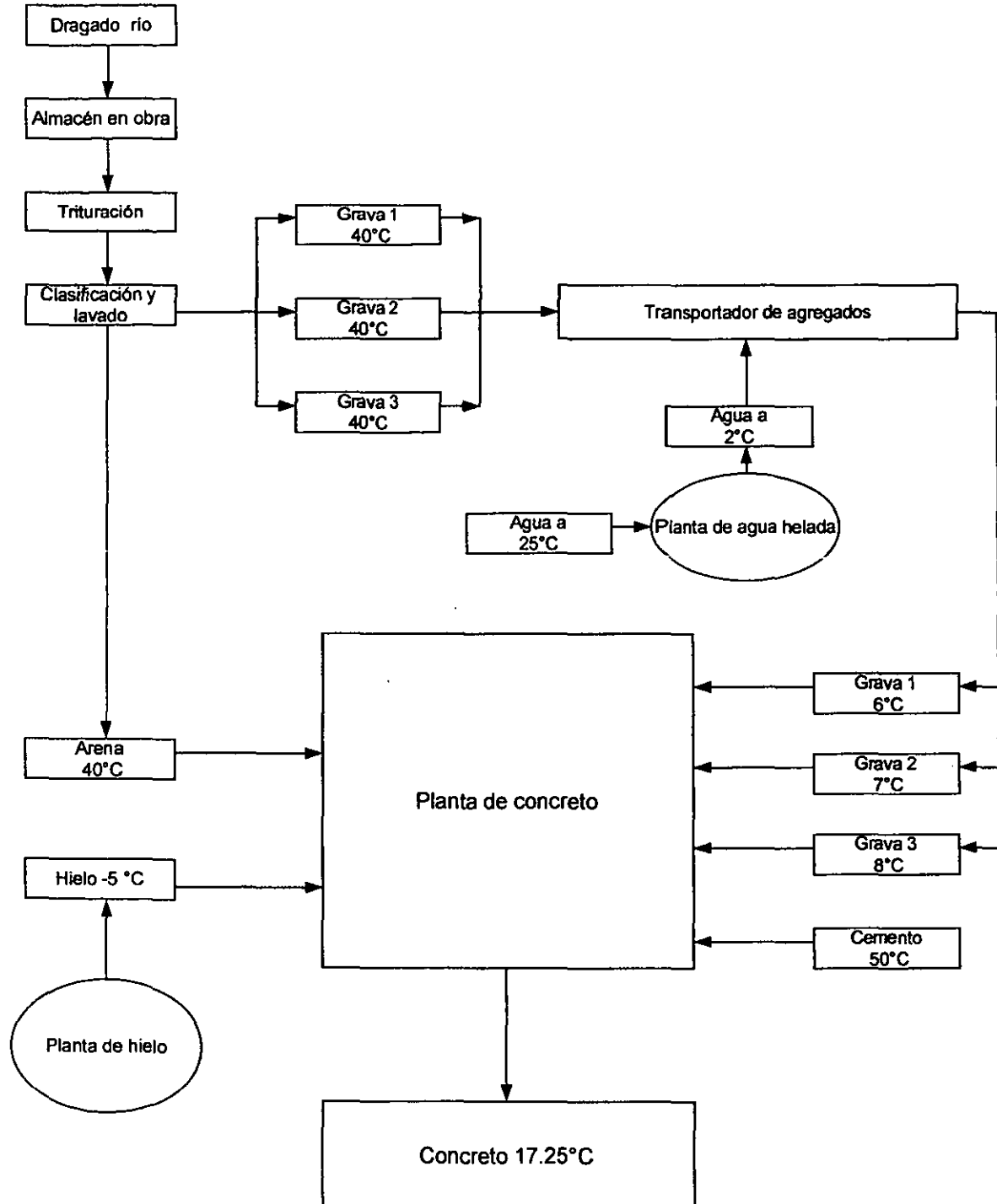
$$T = 17^\circ\text{C} + 0.25^\circ\text{C} = 17.25^\circ\text{C}$$

En este balance térmico, podemos apreciar que las gravas han sido enfriadas con agua a 2 °C en la banda transportadora y su temperatura al entrar al mezclador es de 9.5°C, respectivamente, y ya que el cemento y la arena no se pueden enfriar fácilmente mantendrán su temperatura de 50 y 40°C, respectivamente.

Se aplicaron 24 Kg/m³ de hielo y 14 Kg/m³ de agua del río a 25 °C, obteniendo como resultado una temperatura del concreto de 17.25 °C, lo cual está dentro de la especificación solicitada de 18 °C.

Diagrama de flujo de materiales

Solución "d" Aplicación de hielo en la mezcla y el enfriamiento de los agregados pétreos en la banda transportadora.



Cuadro comparativo

Solución	Método	Dosis de hielo	Fabricación de hielo	Escala de costos	Escala de plazo	Temperatura de colocación	Observaciones y/o Resultados
A	Aplicación de hielo.	70 Kg/m ³	26 Ton/Hr	3	3	26.5°C	Fuera de especificación
B	Aplicación de agua helada y hielo.	62 Kg/m ³	23 Ton/Hr	2	2	27.66°C	Fuera de especificación
C	Aplicación de agua fría, hielo y aire frío.	35 Kg/m ³	13 Ton/Hr	1	1	17.22°C	Cumple con la especificación
D	Aplicación de hielo y enfriamiento de los agregados con agua helada	24 Kg/m ³	9 Ton/Hr	4	4	17.25°C	Cumple con la especificación

Nota: A menor escala los costos y plazos se incrementan, es decir la escala 1 corresponde al mayor costo y plazo.

Elección del mejor sistema.

Una vez analizados los cuatro métodos de enfriamiento del concreto, procederemos a determinar cual es el más adecuado, considerando que la producción de concreto será de 450 m³/Hr, con tres plantas de fabricación de concreto Erie Strayer con régimen de trabajo de 20 Hr/Día.

Las alternativas A y B están fuera de especificación de la temperatura de colocación del concreto, la cual es de 18 °C, además de ser el segundo y tercer lugar de mayor costo y plazo de entrega de acuerdo a las cotizaciones de algunos proveedores, por lo tanto se decidirá entre la solución C y D puesto que cumplen con la especificación de la temperatura final de la mezcla.

La solución C es más cara y de mayor plazo de ejecución, ya que implica mayor producción de hielo y el equipo e instalación del aire frío, tendrían que ser muy grandes y con ventiladores de altas potencias, debido a que los silos para agregados pétreos Erie Strayer son muy altos y estrechos, en cambio la solución D, considera en el diseño de la planta de producción de agregados, la instalación de bandas transportadoras que recogen los agregados dentro de los túneles y se aplica el riego con agua helada sobre la misma banda transportadora, lo cual representa una ventaja para la instalación del sistema enfriamiento de los agregados.

Por lo anterior, se tomo la decisión de adoptar el método de enfriamiento de agregados pétreos por medio de la aplicación de hielo en la mezcla y enfriamiento de éstos con agua a 2°C sobre la banda transportadora. (Ver figura 5.3.2)

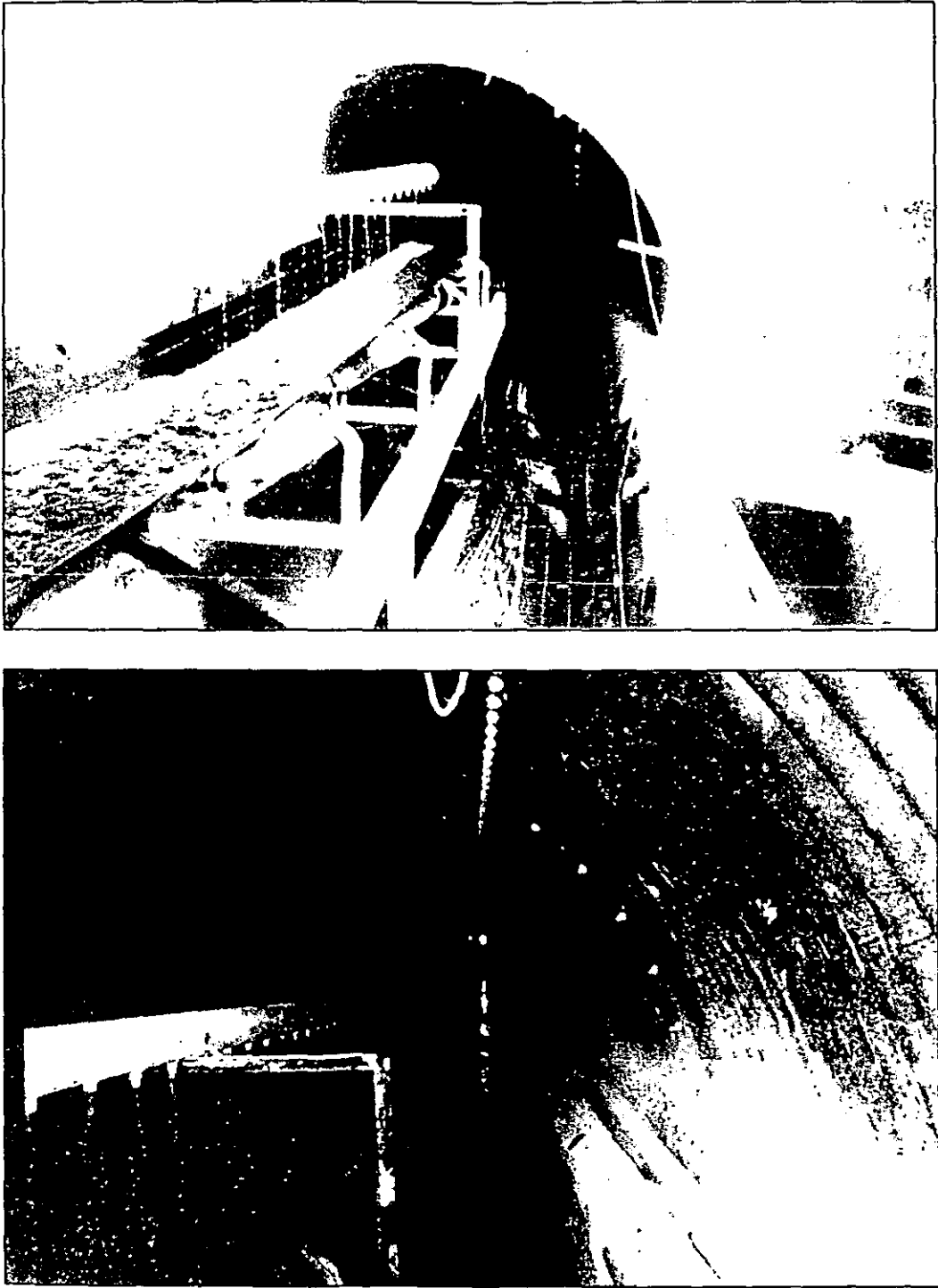


Figura 5.3.2 Enfriamiento de los agregados pétreos mientras viajan sobre bandas transportadoras.

5.3.3 Post-enfriamiento del concreto.

Como su nombre lo indica, el post-enfriamiento del concreto es el enfriamiento del concreto después de su colocación y se requiere para evitar que el calor de hidratación del concreto, que se desarrolla durante el fraguado, provoque tensiones excesivas y fisuras, por otro lado, la necesidad de sellar las juntas de contracción, previo a la terminación de la obra, requiere un análisis detallado del desarrollo de las temperaturas de cada colado durante la construcción de la cortina y el primer llenado del embalse.

El método de post-enfriamiento del concreto en el caso de la cortina de la presa Huites, se realizó en dos etapas, la primera consistió en circular agua del río Fuerte a 25°C, dentro de serpentines de PVC de 1 1/2" de diámetro, con separación de 1.5 m entre ellos y embebidos en cada colado de todos los bloques, actividad que se realizó posterior al curado del concreto con membranas de curado base, que evitaron en primera instancia la pérdida de agua; cada serpentín fue conectado por medio de tuberías independientes (de acero del mismo diámetro) a la galería de inspección subyacente más cercana o a la pasarela ubicada aguas abajo de la cortina de arco. Esta etapa inicia el mismo día del colado con la conexión de los serpentines al sistema de control de temperaturas (termómetros), ubicado en las galerías y tendrá una duración de 59 días o hasta que la temperatura media del colado respectivo haya alcanzado temperaturas ligeramente superiores a los 24°C.

Una vez realizada esta actividad entrará en operación la segunda etapa, la cual consistirá en circular agua refrigerada, con temperatura de ingreso a los serpentines de 6°C, iniciando al día siguiente del término de la primera etapa, es decir, el día sexagésimo y durará hasta que la temperatura promedio del concreto alcance los 24°C (Ver figura 5.3.3).

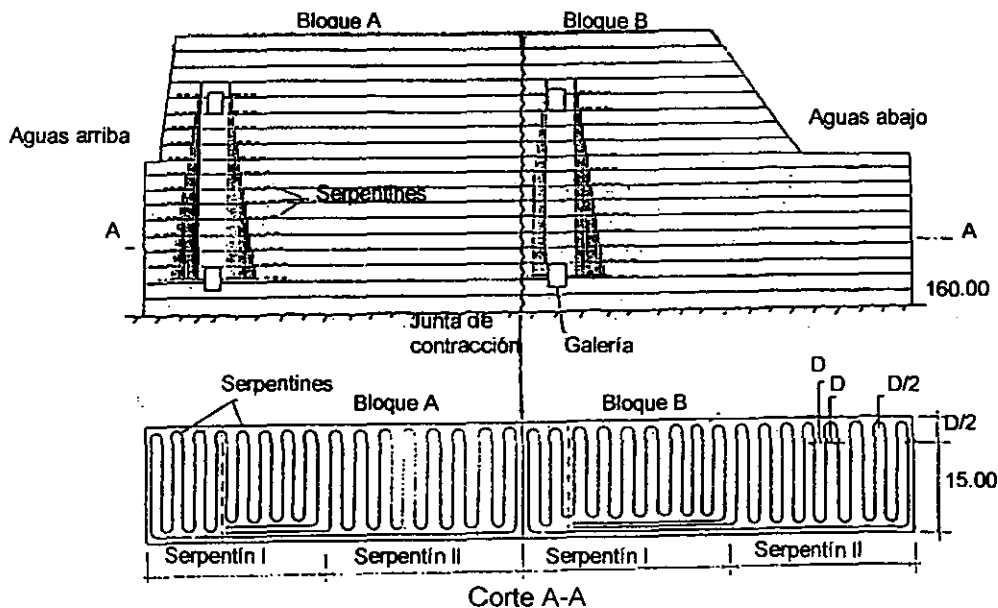


Figura 5.3.3 Sistema de post-enfriamiento en la cortina de la presa Huites.

En la figura 5.3.4 se observa el sistema de post-enfriamiento del concreto en la cortina de arco, señalando las zonas donde se colocaron los serpentines de PVC para el proceso de inyección, denominados campo 1, 2, 3 y 4.

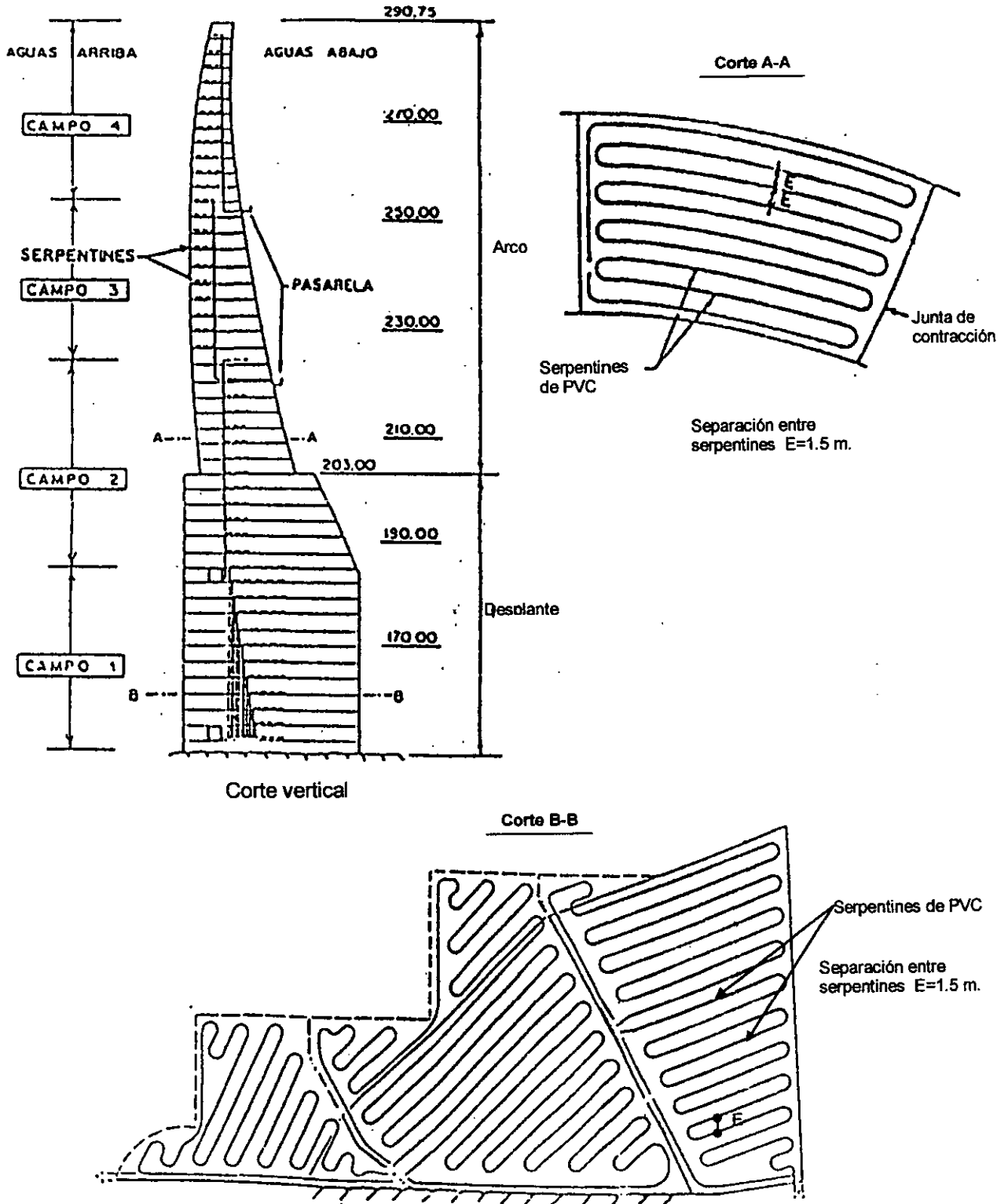


Figura 5.3.4 Sistema de post-enfriamiento en la cortina de arco de la presa Huites.

5.4 Descripción y equipos del sistema.

El sistema de enfriamiento del concreto en la presa Huites, consistente en la aplicación de hielo en la mezcla y el enfriamiento de los agregados con agua helada a 2 °C, mientras viajan sobre bandas transportadoras, estuvo conformado por los siguientes equipos:

- Planta de hielo margen derecha, marca Sullair (Ver figura 5.4.1) con capacidad de producción de 2 Ton/Hr.
- Planta de hielo margen izquierda, marca Sullair con capacidad de producción de 2 Ton/Hr.
- Planta de hielo vertedor, marca North Star con capacidad de producción de 2.5 Ton/Hr.
- Planta de hielo Matal, marca Matal con capacidad de producción de 1.5 Ton/Hr.
- Planta de agua fría para agregados, marca Sullair con capacidad de 1,700 HP.
- 4 Plantas de agua fría para cortina, marca Sabroe con capacidad de 200 HP.

Con estos equipos se tiene la capacidad de producción nominal de 8 Ton/Hr de hielo en escamas, considerando un régimen de trabajo de 22 Hr/Día, 25 Días /Mes, obtenemos una capacidad de producción de 4,400 Ton/Mes.

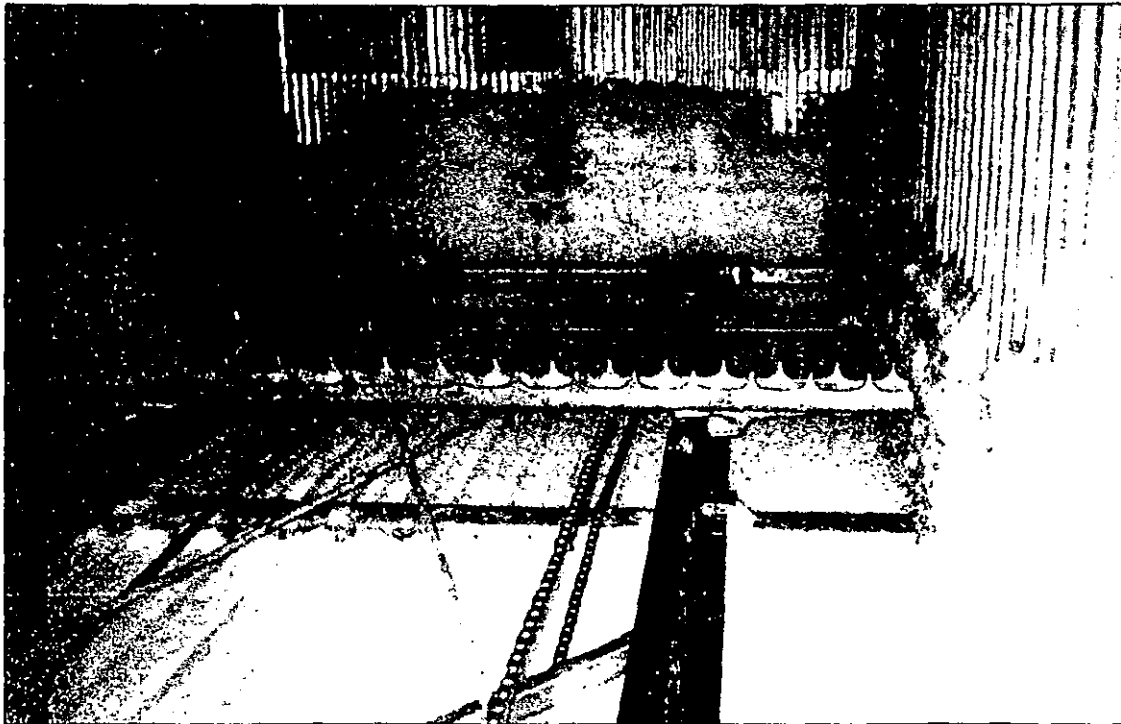


Figura 5.4.1 Vista interior de una planta de hielo Sullair.

La planta de hielo de la margen derecha se instaló a un costado de la planta de concreto Erie Strayer No. 1, la cual suministró concreto a la banda transportadora de la torre de colocación TC-1, mientras que la planta de hielo de la margen izquierda se instaló junto a las plantas de concreto Erie Strayer No. 2 y 3, las cuales suministraron concreto a las bandas transportadoras de las torres de colocación TC-2 y TC-3.

La planta de hielo North Star se instaló junto a la planta de concreto Ross que suministró concreto para el vertedor y casa de máquinas; la planta de hielo Matal se instaló a un costado de la planta de concreto Erie Strayer No. 4 que alimentó de concreto a la torre de colocación TC-1.

En el área de trituración de la margen izquierda se instaló la planta de enfriamiento de agua para agregados pétreos con la cual se realizó el riego de las bandas transportadoras que suministraron agregados a las plantas de concreto No. 2 y 3, mientras que en la cortina se instalaron las 4 plantas de enfriamiento de agua para realizar el post-enfriamiento de los bloques de concreto, el cual consistió en circular el agua dentro de serpentines de PVC embebidos en cada colado de todos los bloques de concreto de la cortina, cada serpentín se conectó por medio de tuberías independientes a la galería de inspección más cercana o la pasarela aguas abajo de la presa de arco, el enfriamiento se realizó por medio de sistemas independientes, el sistema 1 utilizó agua de enfriamiento con temperatura igual a la del río, inició el mismo día de colado, durando 59 días, mientras que el sistema 2 utilizó agua refrigerada a 6, °C e inició al día 60, con una duración tal que el concreto pudiera alcanzar los 24 °C. Las plantas de post-enfriamiento fueron colocadas de acuerdo a los requerimientos de enfriamiento de los bloques de concreto.

5.5 Resultados.

Durante el desarrollo de la construcción de la presa Huites, se presentaron necesidades de enfriamiento que no estaban contempladas originalmente y que fue necesario resolver en el sitio para adaptar el proceso de colocación de concreto a las nuevas condiciones de la obra. Dichas necesidades y soluciones se presentan a continuación:

Aumento del gasto de agua fría hacia la cortina para el post-enfriamiento de los bloques de concreto, debido al acelerado ritmo de la obra.

Para resolver esta necesidad se dividió el sistema de enfriamiento de agregados de la margen izquierda en dos partes, de tal forma que 2/3 de la capacidad total del sistema se usaron para el enfriamiento de los agregados y 1/3 de la capacidad del sistema se utilizó para enviar agua fría al post-enfriamiento de la cortina; con esta acción se trató de enviar agua fría a la cortina sin interrumpir el enfriamiento de los agregados para la producción de concreto en la margen izquierda, este sistema de enfriamiento trabajó con un gasto de 120 l.p.s. y un diferencial de temperatura de 20 a 24 °C, con retorno de agua en un 75 %, mientras que los requerimientos de post-enfriamiento de la cortina fueron de agua a 6 °C, con un gasto de 30 l.p.s.

La modificación al sistema original consistió en seccionar por medio de válvulas el chiller No.2, cambiando así, la alimentación de agua que viene del tanque de recirculación por una alimentación nueva de agua limpia del río y conectando la salida del chiller No.2 a una bomba que enviaría el agua a la cortina, con esta modificación se logró que los agregados fueran enfriados a 8°C en lugar de los 4°C originales, además de enviar agua a 8°C para el post-enfriamiento de la cortina con un gasto de 20 l.p.s.; posteriormente, en el mes de Diciembre de 1994, cuando las temperaturas del ambiente fueron menos severas y que los agregados no requirieron el sistema de enfriamiento, se modificó el sistema a su diseño original para el post-enfriamiento de la cortina a su máxima capacidad, enviando agua fría a 4°C con un gasto de 70 l.p.s.

Enfriamiento del agua de río que se suministró a las plantas de hielo dadas las altas de éstas en verano (32°C), lo cual afectó considerablemente la fabricación de hielo (30%).

Para solucionar este problema se instalaron dos enfriadores de agua (Chillers), uno en cada planta de hielo Sullair, para de esta manera, reducir la carga térmica a vencer por el compresor, mejorando así, la eficiencia del condensador y del equipo en su totalidad.

Las características de los enfriadores son:

Capacidad: 37.8 l.p.m. con 40°C de temperatura de condensación.
30°C Temperatura del agua a la entrada del equipo.
7°C Temperatura del agua a la salida del equipo.

Carga: 40 Amperes, 460 Volts, 3 fases, 60 Hertz.

Marca: Krack

Modelo: KPWC-20-H2

Tipo: Enfriador estándar de 6" x 6" , 2000 libras de peso.

Este equipo consiste en un paquete compresor-condensador con el control eléctrico acoplado a un evaporador, con válvula reguladora de agua que abre cuando la presión del condensador se incrementa. El compresor es del tipo recíprocante semihermético, con enfriamiento de motor con refrigerante que además incluye:

- Protección trifásica interna.
- Calentador para el cárter.
- Mirilla para el nivel de aceite.
- Bomba de aceite interna.
- Válvulas de servicio de succión y descarga.
- Interruptor de presión para alta presión de descarga.
- Reset automático por baja presión.
- Interruptor por falla de aceite con restablecedor manual.
- Válvula de alivio para el condensador.
- Filtro secador.
- Sistema de autoevacuación.

Con estos equipos instalados, se logró mejorar el sistema de las plantas de hielo, logrando así la producción de 2 Ton/Hr especificadas originalmente.

Conclusiones

Conclusiones.

El colocar un concreto hidráulico, en cualesquiera de las circunstancias climáticas, requiere una plena comprensión de los elementos que lo componen, es decir, se deben conocer las características físicas y químicas del material cementante y su interrelación con los agregados pétreos (grava y arena) y con el agua de mezclado, con el fin de lograr la fabricación de un concreto que cumpla con los requerimientos de resistencia especificados en cada proyecto, ahora bien, al aplicar el factor climático de altas temperaturas se deben tomar en cuenta otras acciones para tratar de contrarrestar los efectos negativos que éstas ocasionan al concreto hidráulico, principalmente la pérdida de humedad, que ocasiona contracciones por secado y agrietamientos térmicos diferenciales, con lo que se reduce de manera significativa la vida útil de las estructuras.

En el caso de la colocación de concreto hidráulico en la cortina de la presa Huites, se implementaron todos los recursos técnicos y económicos, además de la tecnología de punta que existía en ese momento, enfocados principalmente a contrarrestar los efectos de las altas temperaturas existentes en la zona sobre el concreto, tanto en estado fresco como en endurecido y en donde los parámetros pronosticados del ambiente, del cemento y de los agregados estuvieron muy cerca de la realidad, no así el caso del agua del río que alcanzó en verano los 32°C contra los 27°C de pronóstico, hecho que influyó de manera importante en la producción de hielo para la fabricación de concreto, que debía ser colocado a una temperatura máxima de 18°C, lo cual se logró al implementar un sistema de enfriamiento consistente en la aplicación de hielo en escamas en la mezcla y con un enfriamiento previo de las gravas con agua helada mientras viajaban sobre bandas transportadoras hacia las plantas de fabricación de concreto, sistema que se implementó después de un análisis detallado de otros sistemas de enfriamiento, para posteriormente, implementar un sistema de post-enfriamiento del concreto en dos etapas, la primera consistente en la inyección de agua de río a 25°C a través de serpentines de PVC embebidos en el concreto, durante 59 días, iniciando inmediatamente después del colado hasta que la temperatura interior de la masa alcanzara temperaturas ligeramente superiores a los 24°C, una vez que esto se logró, se implementó la segunda etapa, consistente en inyectar agua refrigerada por los mismos serpentines de PVC a 6°C, iniciando al día sexagésimo y con duración tal que el concreto pudiera alcanzar los 24°C, evitando de esta manera que el calor de hidratación provocara agrietamientos y fisuras en la masa de concreto. Con la aplicación del sistema descrito, se lograron reducir los efectos indeseables que las altas temperaturas climáticas ejercen sobre la colocación de cualquier concreto hidráulico.

El sistema de enfriamiento y post-enfriamiento del concreto utilizado en esta presa, mostró resultados que permiten señalarlo como el más eficiente para nuestro tipo de clima, a pesar de los problemas que se presentaron durante la construcción y que no estaban contemplados originalmente, tales como: las necesidades de agua de enfriamiento de los agregados a la par del agua de suministro para el post-enfriamiento de la cortina, lo que motivó la división de los sistemas de enfriamiento y la necesidad de enfriar el agua de río para el suministro a las plantas enfriadoras del hielo, situación que de igual forma se tuvo que resolver en el momento para evitar las pérdidas en la capacidad de fabricación de hielo, ambos problemas no contemplados en el sistema original, motivaron que con su solución, se añadieran nuevas experiencias para la Ingeniería Civil, para su aplicación en futuras obras de este tipo.

Es importante mencionar que proyectos de este tipo, requieren de fuertes inversiones del gobierno federal y de la iniciativa privada para llevarlos a cabo, pero que sin duda reflejan el avance y modernidad de nuestro país.

Bibliografía

Bibliografía.

- 1.- IMCYC
"Proyecto y control de mezclas de concreto".
Segunda reimpresión 1987
México D.F.
Editorial LIMUSA
- 2.- IMCYC
"Práctica recomendable para la medición, mezclado, transporte y colocación del concreto".
Edición 1977
México D.F.
Editorial LIMUSA
- 3.- IMCYC
"Reglamento de las construcciones de concreto reforzado (ACI318-95) y comentarios (ACI318R-95)".
Edición 1991
México D.F.
Editorial LIMUSA
- 4.- IMCYC
"Colocación del concreto bajo temperaturas extremas ACI 305 y 306".
Segunda reimpresión 1982
México D.F.
Editorial LIMUSA
- 5.- IMCYC
"Aditivos para el concreto".
Edición 1990
México D.F.
Editorial NORIEGA-LIMUSA
- 6.- Ing. Sergio E. Zerecero Galicia
"Control y verificación de la calidad del concreto reforzado".
Edición 2000
México D.F.
Cursos Institucionales, Facultad de Ingeniería UNAM, División de Educación Continua.
- 7.- Ing. Sergio E. Zerecero Galicia
"Aplicaciones prácticas de aditivos de concreto hidráulico".
Edición 2000
México D.F.
Cursos Institucionales, Facultad de Ingeniería UNAM, División de Educación Continua.
- 8.- Consorcio Mexicano para la Construcción de Huites
"Informe técnico del sistema de enfriamiento de los agregados del concreto hidráulico".
Sinaloa Choix, México.

- 9.- IMCYC
"Producción de grandes volúmenes de concreto".
Segunda reimpresión
México D.F.
Editorial NORIEGA-LIMUSA
- 10.- IMPERQUIMIA
"Aditivos para concreto hidráulico ASTM".
México D.F.
- 11.- CURACRETO
"Aditivos para concreto, mortero y asfalto".
México D.F.