

57



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

MANUAL DE CONSEJOS PRÁCTICOS EN LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN INGENIERÍA CIVIL

P R E S E N T A :

HÉCTOR DAVID MACHUCA BARBOSA

MÉXICO, D.F.

280376

2000



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

El estudiar una carrera representa grandes esfuerzos y sacrificios que no fueron sólo míos, es por eso que agradezco y dedico esta tesis para mi título profesional, así como mis logros que tenga dentro de la profesión a:

- Dios por darme salud y fe para terminar mi carrera.
- Gracias a mis padres Jesús Machuca Enciso y Josefina Barbosa Gloria, por brindarme el cariño y apoyo que siempre he recibido.
- A mi esposa e hijos por el impulso y cariño para terminar la carrera.
- Con cariño a mis hermanos: Adriana, Jesús y Wendy.
- A mis suegros Armando García Moreno y Ana María Ramírez Cornejo, por apoyarme.
- A mis asesores de tesis: Ing. Miguel Angel Rodríguez Vega, Ing. Rafael Vega Gómez.

INDICE

Tema	Pág.
Indice	1
Introducción	3
I.- Antecedentes.	4
II.- Componentes del concreto.	6
II.1.- Agregados. Características que deben tener.	7
II.2.- ¿Es buena toda clase de agua para hacer concreto?	10
II.3.- Tipos de cemento.	11
II.4.- Recomendaciones prácticas para el manejo y almacenamiento del cemento.	16
II.5.- Características de un buen concreto.	16
II.6.- Aditivos y adiciones: tipos y usos.	19
III.- Cimbrao de elementos de concreto.	22
III.1.- Cimbrados: un factor básico para obtener una buena estructura del concreto.	23
III.2.- Cuándo se debe descimbrar.	24
IV.- Muestreo y ensaye a compresión del concreto.	26
IV.1.- Toma de muestras de agua y de aditivos.	27
IV.2.- Toma de muestras de agregados.	28
IV.3.- Toma de muestras de cemento.	31
IV.4.- Manera correcta de tomar muestras de concreto fresco.	33
IV.5.- Manera correcta de realizar la medida de la consistencia con el cono de Abrams.	34
IV.6.- Manera correcta de fabricar, conservar y ensayar a compresión las probetas cilíndricas de concreto.	38
IV.7.- Como reconocer una mala fabricación de probetas cilíndricas de concreto.	40
IV.8.- Resistencia del concreto: su medida.	41
IV.9.- Ensayos no destructivos del concreto.	43
V.- Colocación del concreto.	45
V.1.- Algunas ideas básicas sobre concreto de alta resistencia inicial.	46
V.2.- Ideas básicas sobre la durabilidad del concreto.	47
V.3.- El cuidado en la colocación, compactación y curado del concreto, indispensable para una buena estructura del concreto.	49
V.4.- Como afecta la temperatura del concreto en su resistencia.	50
V.5.- Como pedir concreto premezclado.	52
V.6.- El exceso de mezclado eleva el costo del concreto.	54
V.7.- Una guía para hacer trabajos con concreto en clima cálido.	55
V.8.- Armado: tipos y usos	57
V.9.- Anclaje y empalme de acero de refuerzo.	58
V.10.- Forma correcta de tomar muestras de acero de refuerzo.	60

Tema	Pág.
VI.- Cuidados en elementos de concreto.	63
VI.1.- Trabajar concreto en tiempo frío.	64
VI.2.- Fisuras. Problema polémico del concreto.	65
VI.3.- ¿Porqué aparecen las fisuras?	68
VI.4.- Cómo evitar las fisuras en la superficie del concreto.	70
VI.5.- Las juntas en el concreto pueden evitar la fisuración	73
VI.6.- Cómo reparar los defectos superficiales en el concreto.	74
VI.7.- Cómo evitar los huecos en la superficie del concreto.	76
VI.8.- Eflorescencias en el concreto.	77
VI.9.- Cómo evitar manchas en la superficie del concreto.	79
VII.- Cimentaciones de concreto.	80
VII.1.- Cómo prevenir defectos en las cimentaciones.	81
VII.2.- Algunos tipos de cimentaciones.	82
VIII.- Diseño de elementos de concreto.	87
VIII.1.- Diseño de una viga.	88
VIII.2.- Dimensionamiento de una columna rectangular considerando el efecto de una fuerza cortante (NTC - 87).	91
VIII.3.- Diseño de una losa de concreto.	93
IX.- Conclusiones	97
Bibliografía	99

INTRODUCCIÓN

En esta tesis se proporcionan principalmente recomendaciones para obtener un concreto de buena calidad, para seleccionar y/o utilizar los componentes que se agreguen al concreto. Se define por concreto lo siguiente:

El concreto es una mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregados y agua con o sin aditivos.

Las características requeridas se rigen por el empleo que se va a dar al concreto y por las condiciones que se espera encontrar en el momento del colado. A menudo, pero no siempre, éstas se consideran en las especificaciones de obra.

La capacidad para ajustar las propiedades de concreto a las necesidades de la obra, refleja un desarrollo tecnológico que no tuvo lugar sino a partir de los primeros años de este siglo. El empleo de la relación agua/cemento como herramienta para estimar la resistencia fue reconocida alrededor del año 1918. Las notables mejoras de la durabilidad, resultantes en la inclusión de aire, fueron reconocidas a principio de los años cuarenta. Estos dos importantes adelantos en la tecnología del concreto, se han visto aumentados por las extensas investigaciones y el desarrollo de muchas áreas a fines, incluyendo el empleo de aditivos para contrarrestar posibles deficiencias, desarrollar propiedades especiales o economizar.

Las proporciones del concreto deben seleccionarse de manera tal, que sea posible obtener una facilidad de colado, densidad, resistencia y durabilidad necesarias para determinar su alcance y aplicación. Es así, que ésta tesis, recomienda en forma general, la manera de seleccionar los materiales que se requieren para elaborar el concreto y de la misma manera obtener un concreto de buena calidad, sometiendo, analizando y probando sus componentes.

Con fines de economía en la elaboración de concreto es fundamental realizar una dosificación adecuada, se define por dosificación lo siguiente:

Dosificación: Racionar los componentes adecuados para elaborar concreto de buena calidad.

La dosificación de la mezcla de concreto puede llevarse a cabo eficazmente con base a los resultados de las pruebas de laboratorio que determinan la calidad de las propiedades físicas y químicas de los materiales que se van a emplear, entre otras menciona las siguientes: relación agua/cemento, contenido de aire, contenido de cemento y la resistencia que a su vez, proporcionan información sobre las características de trabajabilidad de las diversas combinaciones de los materiales componentes.

En el caso de componentes de acero de refuerzo se define lo siguiente:

El concreto reforzado. Es el concreto que contiene el refuerzo adecuado, ya sea presforzado o no, y diseñado suponiendo que ambos materiales actúan juntos para resistir las fuerzas a las que se sujetan en una estructura.

La dosificación del concreto implica el equilibrio entre una economía razonable y los requisitos especificados de colado, resistencia, durabilidad, densidad y apariencia.

I.- ANTECEDENTES.

I.- ANTECEDENTES.

El concreto es el material más usado en la construcción, debido a su versatilidad, durabilidad y economía. Esto se puede ver en la variedad de estructuras en que se emplea, desde carreteras, puentes, edificios, presas, pisos, banquetas y obras de arte. El uso del concreto es ilimitado y no se restringe a nuestro planeta, como lo muestra el interés en estructuras lunares de concreto por la National Aeronautics and Space Administración.

El concreto aparece a fines del siglo pasado, este es un material artificial compuesto de arena, grava, cemento Portland y agua.

Dentro de las variantes para el uso de concreto, se adiciona acero de refuerzo para tomar los esfuerzos que el concreto por si solo no resiste totalmente, de esta manera se tiene concreto reforzado. Se define como concreto reforzado a lo siguiente:

El concreto reforzado es un material de construcción ideado para que la combinación de acero y concreto trabajen como unidad estructural, con lo que se aprovechan de la mejor manera posible las propiedades de cada uno de estos materiales.

El concreto y el acero trabajan juntos exitosamente porque:

Al endurecer el concreto se contrae y aprisiona firmemente al acero de refuerzo, cuando en esta unidad estructural se aplican cargas los materiales actúan como si fueran uno sólo.

A continuación se enuncian algunas ventajas y desventajas entre el concreto y el acero, ver tabla 1:

Tabla 1:

Concreto		Acero	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Moldeable	Relación baja resistencia / peso.	Relación resistencia / peso alta	Sensible al fuego.
Resistencia al fuego	Baja resistencia a tensión.	Resistencia	Sensible a la corrosión.
Alto intemperismo	Agrietamiento	Ductilidad	Necesidad de mantenimiento.
Mantenimiento casi nulo	Necesidad de moldes	Fácil de instalar en lugares difíciles.	Mano de obra especial.
Mano de obra sencilla	El procedimiento constructivo es más lento.	Facilidad de ampliación.	Costo.
Costo	Etc.	El procedimiento constructivo es más rápido.	Etc.
Etc.		Etc.	

Producir un elemento estructural económico necesita de un estudio adecuado de la estructura bajo las cargas que definan en donde se presentan los esfuerzos de tensión, compresión y cortante, así como su cantidad y valor. Y posteriormente un análisis de costo / tiempo.

II.- COMPONENTES DEL CONCRETO.

II.- COMPONENTES DEL CONCRETO.

II.1.- Agregados. Características que deben tener.

La necesidad de contar con un control de calidad severo en la fabricación de concreto, hace indispensable conocer con detalle los agregados del mismo, ya que ocupan comúnmente de 60% a 75% del volumen del concreto (70% a 85% en peso) y del cual dependen sus principales características, en las porciones de la mezcla y en su economía.

Los agregados pétreos son fragmentos duros y resistentes, libres de materiales contaminantes conforme a las especificaciones granulométricas de la tabla 2:

Tabla 2

Arena	0 - 1/4"
Grava # 1	1/4" - 3/4"
Grava # 2	3/4" - 1 1/2"
Grava # 3	1 1/2" - 3"
Grava # 4	3" - 6"

En la construcción, los tamaños máximos de agregados más utilizados son los de 3/4" y 1 1/2".

Generalmente el tamaño máximo de agregado que se elija para un concreto es el que se encuentre disponible económicamente y que además resulte compatible con las dimensiones de la estructura.

Los agregados deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la paste de cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables.

Granulometría de los agregados:

La granulometría de los agregados nos proporciona información útil sobre la distribución del tamaño de las partículas del mismo dentro de una muestra. Para su determinación se requieren tamices (mallas) con diferentes aberturas.

El juego de mallas comúnmente utilizado se cita en la tabla 3:

Tabla 3

Malla No.	Abertura, mm.
3	76.20
1 1/2	38.10
3/4	19.05
3/8	9.53
4	4.76
8	2.38
16	1.19
30	0.60
50	0.30
100	0.15
200	0.075
Charola	Charola

De acuerdo a la convención antes citada, se define como grava al material retenido en la malla No. 4. Se definirán como finos al material que pasa la malla No. 200.

De esta forma y siguiendo el criterio anterior, podemos definir como arena a todo material que pasa la malla No. 4 y se retiene en la No. 200.

Clasificación de agregado para concreto.

El agregado por su forma puede dividirse en tres grandes grupos:

- a) Canto rodado (boleo)- Podemos encontrarlos en los lechos de los ríos.
- b) Triturado (aristas vivas)- Se obtiene artificialmente a partir del rompimiento de trozos mayores.
- c) Mixto.- Mezcla de los dos anteriores.

¿Cómo debe ser la forma de los agregados?

Si se emplean agregados gruesos de formas inadecuadas, la cantidad de cemento necesaria para obtener una buena resistencia es elevada.

Estas formas inadecuadas son las de tipo lajoso, y su proporción en la mezcla se limita por el coeficiente de forma de la grava.

Se entiende por coeficiente de forma de un agregado, al obtenido a partir de un conjunto de granos, según la relación entre la suma de sus volúmenes de las esferas circunscritas a cada grano. Para obras de concreto simple y/o armado, generalmente el valor del coeficiente de forma no debe ser inferior a 0.20

¿Cómo debe ser la superficie de los agregados?

La superficie de los agregados se determina, según su rugosidad y se conoce como su textura. Una textura muy rugosa necesita una elevada proporción de finos para mejorar su docilidad.

La unión entre la pasta (cemento - agua) y los agregados son menor, cuando sea más lisa la superficie de los agregados; por esto, para obtener elevadas resistencias es conveniente utilizar agregados de superficie granular.

¿Que características deben reunir los agregados?

- No deben tener arcillas, limos y materias orgánicas.
- En general, los agregados de baja densidad son poco resistentes y porosos.
- La humedad de los agregados tiene gran importancia en la dosificación del concreto, sobre todo si se dosifica en volumen, ya que existe una adherencia entre los agregados que aumenta su volumen. Este aumento es considerable en las arenas. Al dosificar el agua de mezclado hay que tener en cuenta la humedad de los agregados.
- La arena de mina contiene demasiada arcilla y es necesario lavarla para su empleo en concreto armado.

Las características principales de un agregado sano serán las siguientes:

- 1) Limpieza de partículas extrañas.- La grava sucia altera la resistencia del concreto, ya que puede inhibir la adecuada hidratación del cemento y retrasar su endurecimiento.
- 2) Resistencia del agregado.- La roca de donde se obtiene la grava debe ser dura.
- 3) Textura y estructura.- El agregado debe ser anguloso (aristas vivas) para que posea una mayor adherencia.
- 4) Forma de la partícula.- La forma debe ser irregular y rugosa.
- 5) Porosidad.- El agregado no debe ser poroso pues de otro modo absorberá demasiado cemento y agua; en caso que se tenga que usar agregado con cierta porosidad, se tomarán las medidas necesarias para no alterar la relación agua/cemento en la mezcla.

- 6) Densidad.- Si se emplea un material con buena densidad (menor o igual a 2.25 kg/dm^3) el concreto resultante será mayor o igualmente denso, esto afectará directamente su peso volumétrico y la resistencia de la mezcla.

Los agregados deben estar constituidos por:

- Partículas duras, inertes y no reactivas con el cemento, y con granulometría adecuada.
- No presentar formas lajosos o aciculares, se entiende por aciculares, lo siguiente: que presentan figuras de aguja. Y por lajoso: piedra lisa.

Hay que comprobar, mediante los ensayos correspondientes, el comportamiento del agregado en cada caso, cuando no se tenga experiencia previa.

Pruebas a las que se someten los agregados:

1.- Prueba de dureza:

- a) Por medio del ensayo de rayado: esta prueba se utiliza para identificar materiales suaves y se realiza rayando el agregado con una varilla de bronce terminada en punta conforme una especificación que define la aplicación de la fuerza. Las partículas que se rayan no pasan la prueba.
- b) Por medio de la máquina de dureza Torry: Consiste en un espécimen cilíndrico de roca sujeto a desgaste superficial por partículas de cuarzo y finalmente trituradas en una mesa.

2.- Resistencia al desgaste y a la degradación:

- a) Con la máquina de los Ángeles y la de Val se evalúa la resistencia a la abrasión a partir del incremento en material fino que se produce al golpear los agregados con bolas de acero dentro de un recipiente metálico. Esta prueba nos determina el índice de calidad del agregado; como lo es para; la resistencia al desgaste de pisos y pavimentos.

3.- Resistencia a la congelación y deshielo:

Con esta prueba se determina el descascaramiento de la superficie del agregado, su aspereza, pérdida de sección y deformación. Reportándonos el número máximo de ciclos o periodos de inmunidad a la congelación, es decir, el "factor de durabilidad".

4.- Resistencia a la desintegración por sulfatos:

Con esta prueba determinamos la sanidad del agregado contra la acción del intemperismo. Entendiendo por sanidad lo siguiente: calidad de sano; y por intemperismo: desigualdad de las condiciones ambientales de la atmósfera respecto al tiempo.

5.- Resistencia a la flexión y a la compresión:

Esta prueba nos determina la aceptación del agregado fino cuando otras pruebas fallan, considerándose aceptable si la resistencia excede al 95% de la resistencia lograda con arena purificada.

6.- Resistencia a la reactividad con los álcalis y al cambio volumétrico:

Esta prueba nos determina la sanidad del agregado contra el cambio de volumen, reportándonos el cambio longitudinal máximo, cantidad y componentes de sílice a alcalinidad en el agregado.

Los agregados para concreto deben cumplir con una de las siguientes especificaciones, según la ASTM:

- a) "Especificaciones para agregados utilizados en el concreto" (ASTM - C - 030).
- b) "Especificaciones para agregados ligeros utilizados en el concreto estructural" (ASTM - C - 3330).

El tamaño máximo nominal del agregado grueso (grava), no será superior a:

- a) $1/5$ de la separación menor entre los lados de la cimbra, ni
- b) $1/3$ del peralte de la losa,

- c) $\frac{3}{4}$ del espaciamiento mínimo libre entre varillas o alambres individuales de refuerzo, paquetes de varillas, cables o ductos de presfuerzo.

Estas limitaciones se pueden omitir si, a juicio del ingeniero, la trabajabilidad y los métodos de compactación son tales que, el concreto se puede colocar sin la formación de vacíos o cavidades en forma de panal.

Hay que dosificar los agregados para conseguir la granulometría más graduada.

II.2.- ¿Es buena toda clase de agua para hacer concreto?

Como regla general, se puede decir que son aptas para el mezclado y curado del concreto la mayor parte de las aguas potables.

No se puede establecer por tanto de una manera absoluta, que la condición de potabilidad de un agua sea condición necesaria y suficiente de idoneidad para el mezclado de un concreto. Igualmente hay aguas insalubres que son válidas para este fin.

Por ello presento dos caminos para identificar la sanidad de un agua: (Los dos caminos han de conducir a la misma solución), ver tabla 4:

- a) Comprobar en dos series de ensayos, uno de los cuales se ha realizado con agua aceptada por la práctica como buena, y la otra con el agua objeto de ensayo, esta no debe dar una resistencia inferior al 90% de la resistencia de la primera.
- b) Dar unos valores límites a los resultados de un análisis químico del agua.

Tabla 4

DETERMINACIÓN	LIMITACIÓN
pH	> 3 pH
Sustancias disueltas	15 gr./l.
Sulfatos	1g/l.
Solubles en éter	15 gr./l.
Ion cloro	6 gr./l.
Hidratos de carbono	No deben contener

Cuando el abastecimiento de agua para la fabricación de concreto provenga de pozos, conviene analizar sistemáticamente estas aguas para comprobar que no aumenta su salinidad e impurezas a lo largo del tiempo.

La limitación del contenido máximo de cloruros expresados en ion cloro, es una medida preventiva contra posibles acciones corrosivas sobre el acero pueden producir mermas en la sección de estas, fisuraciones y disminución de adherencia.

Cuando se trata de concreto en masivo, por tanto, el límite establecido puede ampliarse, elevándolo del orden de tres o cuatro veces.

En las sustancias orgánicas solubles en éter, quedan incluidas, no sólo los aceites y las grasas de cualquier origen, sino también otras sustancias que puedan afectar desfavorablemente al fraguado y/o endurecimiento hidráulico.

En obras ubicadas en ambientes muy secos, que favorecen la posible presencia de fenómenos expansivos de cristalización, resulta recomendable restringir aún más la limitación relativa a sus sustancias solubles.

El agua empleada en el mezclado del concreto deberá ser limpia y estar libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, material orgánico, u otra sustancia que pueda ser nociva al concreto y al acero de refuerzo.

El agua de la mezcla para el concreto presforzado, o para el concreto que contendrá elementos ahogados de aluminio, incluyendo la porción de agua de la mezcla con la que contribuye la humedad libre de los agregados, no debe contener cantidades perjudiciales de iones de cloruro.

No deberá utilizarse agua no potable a menos que se cumpla con las siguientes condiciones:

- a) La selección de las proporciones debe basarse en mezclas de concreto utilizando agua de la misma fuente.
- b) Los cubos de mortero para pruebas (según ASTM C 109), hechos con agua no potable, deben tener resistencias iguales a los 7 días, de por lo menos 90% de la resistencia de muestras similares hechas con agua potable. Y el tiempo de fraguado respecto al testigo se limita de 1:00 antes a 1:30 después, (según ASTM C 191). La comparación de la prueba de resistencia debe hacerse en morteros idénticos, excepto por el agua de la mezcla, preparados y probados de acuerdo con el "Método de prueba para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico.

II.3.- Tipos de cementos

Definición de cemento:

El nombre de cemento Portland se debe originalmente por el color y calidad entre el cemento fraguado y una caliza obtenida en la cantera de Portland, Inglaterra.

En general el cemento es un material con propiedades tanto adhesivas como cohesivas, las cuales le dan la cualidad de aglutinar fragmentos minerales para formar un todo compacto.

Los cementos son conglomerantes hidráulicos, esto es, materiales de naturaleza inorgánica y mineral que finamente molidos y convenientemente mezclados con agua forman pastas que fraguan y endurecen a causa de las reacciones de hidratación de sus constituyentes, dando lugar a productos hidratados mecánicamente resistentes y estables, tanto en el aire como bajo el agua.

Cemento Portland: Es el conglomerado hidráulico que resulta de la pulverización del clinker frío, a un grado de finura determinado, al cual se le adiciona sulfato de calcio natural, o agua y sulfato de calcio natural. A criterio del productor puede incorporarse además, como auxiliares a la molienda o para impartir determinadas propiedades al cemento, otros materiales en proporción tal que no sean nocivos para el comportamiento posterior del producto, de acuerdo con lo especificado en la norma NOM - C - 133.

Cemento Portland Puzolana: Es el conglomerante hidráulico, integrado por la mezcla íntima del cemento Portland y puzolana, pudiendo adicionarse escoria granulada de alto horno y sulfato de calcio. La mezcla de cemento Portland y puzolana puede obtenerse directamente en la mezcla de estos dos materiales, o bien, mediante la molienda conjunta de clinker Portland, puzolana y sulfato de calcio, o de clinker Portland, sulfato de calcio, escoria granulada de alto horno y puzolana.

La molienda y el mezclado de estos productos, puede ser realizada por el productor, en el orden de que él estime conveniente, cuidando que las proporciones del constituyente puzolánico deben encontrarse en la mezcla, del 15 al 40% de la masa total.

Conglomerante hidráulico: Es el material finamente pulverizado, que al agregarle agua, ya sea sólo o mezclado con arena, grava, asbesto u otros materiales similares, tiene la propiedad de fraguar tanto en el aire como en el agua y formar una masa endurecida.

Clinker: Es mineral sintético granular, resultante de la cocción a una temperatura del orden de 1400°C, de materias primas de naturaleza calcárea y arcillo ferruginosa, previamente trituradas, proporcionadas, mezcladas, pulverizadas y homogeneizadas. Esencialmente el clinker está constituido por silicatos, aluminatos y aluminoferrito cálcicos.

Escoria graduada de alto horno: Es el producto no metálico esencialmente de silicatos y aluminio-silicatos de calcio, los cuales se producen simultáneamente con el hierro en los altos hornos y se origina al enfriar rápidamente en agua, vapor o aire, el material fundido.

Puzolana: Es un material silíceo o silico-aluminoso, que en sí posee poco o ningún valor cementante, pero que finalmente molido y en presencia de humedad, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio a temperatura ordinaria, para formar compuestos con propiedades cementantes.

Sulfato de calcio: Puede ser el sulfato de calcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)(yeso), hemihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$)(bassanita), sulfato de calcio anhidro (CaSO_4)(anhidrita) o combinación de los mismos.

Sulfato de calcio natural: Es el sulfato de calcio dihidratado, hemihidratado o anhidro.

El cemento Portland se emplea para la elaboración de: concretos, morteros, lechadas, productos de asbesto - cemento y productos prefabricados de mortero y de concreto; ver: normas oficiales mexicanas:

NOM - C - 056: Método de prueba para determinar la finura de cementantes hidráulicos por el método de permeabilidad del aire.

NOM - C - 059: Método de prueba para determinar el tiempo de fraguado de los cementantes hidráulicos (método de Vicat).

NOM - C - 061: Método de prueba para determinar la resistencia a la compresión de los cementantes hidráulicos.

NOM - C - 062: Método de prueba para determinar la sanidad de los cementantes hidráulicos.

NOM - C - 130: Muestreo de cementantes hidráulicos.

NOM - C - 131: Determinación del análisis químico del cemento hidráulico.

NOM - C - 132: Método de prueba para la determinación del fraguado falso del cemento Portland por el método de pasta.

NOM - C - 133: Coadyuvantes de molienda empleados en la elaboración de cementos hidráulicos.

NOM - C - 151: Método de prueba para la determinación del calor de hidratación de los cementantes hidráulicos.

El cemento Portland puzolana se emplea para la fabricación de concretos, morteros lechadas, productos de asbesto cemento y productos prefabricados de cemento y de concreto; ver: normas oficiales mexicanas:

NOM - B - 231: Industria siderúrgica.- Cribas de laboratorio para la clasificación de materiales granulares - especificaciones.

NOM - C - 001: Industria de la construcción - cemento Portland.

NOM - C - 004: Método de prueba para la determinación de la finura de cementantes hidráulicos mediante el tamiz No. 130.

NOM - C - 056: Método de prueba para determinar la finura de cementantes hidráulicos por el método de permeabilidad del aire.

NOM - C - 057: Determinación de la consistencia normal de los cementantes hidráulicos.

NOM - C - 059: Método de prueba para determinar el tiempo de fraguado de los cementantes hidráulicos (método de Vicat).

NOM - C - 061: Método de prueba para determinar la resistencia a la compresión de los cementantes hidráulicos.

NOM - C - 062: Método de prueba para determinar la sanidad de los cementantes hidráulicos.

NOM - C - 130: Muestreo de cementantes hidráulicos.

- El cemento también podrá cumplir con alguna de las siguientes especificaciones para cemento Portland:

a) "Especificaciones para cemento Portland" (ASTM - C - 150).

b) "Especificaciones para cementos hidráulicos combinados" (ASTM - C - 595); se excluyen los tipos S (cementos de escoria) y SA (cementos de escoria inclusor de aire), ya que no se emplean como constituyentes cementantes principales en el concreto estructural.

- El cemento empleado en las obras debe corresponder con el que se ha tomado como base para la selección de la dosificación del concreto.

El cemento Portland se clasifica en los cinco tipos siguientes, ver tabla 5:

Tabla 5

TIPO	NOMBRE	USO
I	Común	Para uso general en construcciones de concreto cuando no se requieran las propiedades especiales de los tipos II, III, IV y V.
II	Modificado	Destinado a construcciones de concreto expuestas a una acción moderada de los sulfatos o cuando se requiera un calor de hidratación moderado.
III	De rápida resistencia alta	Para la elaboración de concretos en los que se requiera una alta resistencia a temprana edad.
IV	De bajo calor.	Cuando se requiera un reducido calor de hidratación.
V	De alta resistencia a los sulfatos.	Cuando se requiera una alta resistencia a la acción de los sulfatos.

El cemento Portland blanco puede ser clasificado como tipo I o tipo III según satisfaga los requerimientos para los tipos mencionados.

El cemento Portland puzolana, se clasifica en dos tipos con un solo grado de calidad.

Cemento Portland puzolana Puz-1.- Para uso en construcciones de concreto en general.

Cemento Portland puzolana Puz-2.- Para uso en construcciones de concreto en donde no son requeridas resistencias altas a edades tempranas.

Especificaciones químicas para el cemento Portland: El cemento a que se refiere este manual debe satisfacer los requisitos químicos que se anotan en la tabla 6, de acuerdo con su tipo:

Tabla 6

Compuestos y características	Tipo				
	I	II	III	IV	V
Oxido silico, mín. %	---	21.0	---	---	---
Oxido de aluminio, máx. %	---	6.0	---	---	---
Oxido férrico, máx. %	---	6.0	---	6.5	---
Oxido de magnesio, máx. %	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Anhidrido sulfúrico, máx. %. Cuando el óxido de calcio y el óxido de aluminio es 8% o menos.	3.0	3.0	3.5	2.3	2.3
Cuando el óxido de calcio y el óxido de aluminio es mayor de 8%.	3.5	---	4.5	---	---
Pérdida de calcinación, máx. %	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Residuo insoluble, máx. %	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Silicato tricálcico, máx. %	---	---	---	35.0	---
Silicato dicálcico, mín. %	---	---	---	40.0	---
Aluminato tricálcico, máx. %	---	8	15	7	5
Alumino ferrito tetracálcico más dos veces el aluminato tricálcico, ó solución sólida, máx. %	---	---	---	---	20.0

El hecho de limitar los valores químicos expresados como compuestos potenciales calculados, no necesariamente implica que los óxidos estén presentes efectiva o totalmente formando esos compuestos.

Especificaciones químicas opcionales del cemento Portland: Los requisitos opcionales de la tabla 7, serán aplicables sólo en el caso de que el comprador a sí lo especifique, considerándose entonces el cemento como especial y sujeto a previo acuerdo entre el comprador y el fabricante.

Tabla 7

Características	Tipo					Observaciones
	I	II	III	IV	V	
Aluminato tricálcico, máx. %			8			Para resistencia moderada a los sulfatos
Aluminato tricálcico, máx. %			5			Para alta resistencia a los sulfatos.
Suma de silicato tricálcico y aluminato tricálcico, máx. %.		58				Para calor a hidratación moderado.
Alcalis totales, máx. %.	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	Cemento de bajo contenido de álcalis.

Especificaciones químicas para el cemento Portland puzolana: El cemento debe satisfacer los requisitos químicos que se anotan en la tabla 8, de acuerdo con su tipo:

Tabla 8

Tipo de cemento	Cemento Portland	
	Puzolana PUZ - 1	Puzolana PUZ - 2
Oxido de magnesio	máximo 5%	máximo 5%
Anhídrido sulfúrico.	máximo 5%	máximo 5%
Pérdida por calcinación	máximo 8%	máximo 8%

Especificaciones químicas opcionales del cemento Portland puzolana: Pueden ser aplicables sólo en el caso de que el comprador así lo especifique, considerándose entonces el cemento como especial y sujeto a previo acuerdo entre comprador y fabricante, ver tabla 9:

Tabla 9

Aluminato tricálcico, máx. % Nota 1	8	Para la resistencia moderadas a los sulfatos
Aluminato tricálcico, máx. % Nota 1	5	Para alta resistencia a los sulfatos.
Suma de silicato tricálcico y aluminato tricálcico, máx. %	8	Para calor de hidratación moderado.

Nota 1.- Independientemente de las características indicadas en el clinker Portland, la puzolana empleada, debe ser compatible con el mismo clinker.

Nota 2.- Este valor límite se aplica cuando se requiere calor de hidratación moderado y no se solicite la determinación de hidratación.

Especificaciones físicas del cemento Portland: El cemento debe satisfacer los requisitos que se anotan en la tabla 10, de acuerdo con su tipo:

Tabla 10

Características	Tipo				
	I	II	III	IV	V
Figura, superficie específica, cm ² /g. Método de permeabilidad al aire, mín.	2800	2800	-----	2800	2800
Sanidad (prueba autoclave), expansión máx. en %.	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Tiempo de fraguado. Método de Vicat:					
- Fraguado inicial en minutos de:	45	45	45	45	45
- Fraguado inicial en horas, no más de:	8	8	8	8	8

Resistencia a la compresión, kgf/cm ² . En cubos de mortero en masa (arena graduada estándar), relación agua/cemento constante 0.485, valores mínimos: - A las 24 horas	-----	-----	130	-----	-----
- A los 3 días	130	105	250	-----	85
- A los 7 días.	200	175	-----	70	155
- A los 28 días.	-----	-----	-----	175	210

La resistencia a la compresión a cualquier edad debe ser mayor que la correspondiente a la edad inmediata precedente.

Especificaciones físicas opcionales: Los requisitos opcionales de la tabla 11 son aplicables sólo en el caso de que el constructor así lo especifique; considerándose entonces el cemento como especial.

Tabla 11

Características	Tipo				
	I	II	III	IV	V
Fraguado falso, penetración, mínimo %.	50	50	50	50	50
Calor de hidratación. A los 7 días, en cal/g, máximo.	---	70	---	60	---
A los 28 días, en cal/g, máximo.	---	80	---	70	---

Especificaciones físicas del cemento Portland puzolana, ver tabla 12:

Tabla 12

Tipo de cemento	Cemento Portland	
	Puzolana PUZ - 1	Puzolana PUZ - 2
Cantidad retenida por método húmedo en criba F 0.045, máx. %	18.0	18.0
Superficie específica, cm ² /g método de permeabilidad del aire. - Calor promedio mínimo	3,000	3,000
- Valor mínimo en cualquier muestra.	2,800	2,800
Sanidad (prueba en autoclave), expansión o contracción máx. en %.	0.50	0.50
Tiempo de fraguado, método de Vicat. - Fraguado inicial en minutos, no menos de:	45	45
- Fraguado final en horas, no más de:	7	7
Resistencia a la compresión, en MPa., en cubos de mortero de 1:2.45 en masa (arena tipo graduada conforme a la NOM-C-61). Valores mínimos: - A los 3 días: - A los 7 días: - A los 28 días:	12.7MPa (130kg/cm ²) 19.6mpa (200kg/cm ²) 25.0mpa (255kg/cm ²)	10.0mpa (102kg/cm ²) 15.0mpa (153kg/cm ²) 20.0mpa (204kg/cm ²)

Especificaciones físicas opcionales, ver tabla 13:

Tabla 13

Tipo de cemento	Cemento Portland	
	Puzolana PUZ - 1	Puzolana PUZ - 2
Fraguado falso, penetración final mín. %	50	50
Calor de hidratación:		
- A los 7 días, en cal/g, máx.	70	70
- A los 28 días, en cal/g, máx.	80	80
Inhibición de la reacción álcali - agregado, expansión producida en el mortero.		
- A la edad de 14 días, máx. %	0.02	0.02
- A la edad de 90 días, máx. %	0.05	0.05

II.4.- Recomendaciones prácticas para el manejo y almacenamiento del cemento.

Almacenamiento:

Todo cemento debe protegerse contra la intemperie, impedir la absorción de humedad.

Para cemento a granel debe hacerse en compartimentos separados para cada tipo de cemento que se utiliza.

El cemento envasado en sacos debe ser apilado sobre plataformas, para permitir la apropiada circulación del aire. Para un período de almacenamiento de menos de 60 días, se recomienda evitar que se superpongan más de 14 sacos de cemento y para períodos mayores, no deben sobreponerse más de 7 sacos. Como precaución adicional, se recomienda que se utilice primero, hasta donde sea posible el cemento más viejo.

El cemento puede sufrir alteraciones en su calidad, debido a su almacenamiento y manejo, por lo que se recomienda que se vuelva a probar si se nota alguna irregularidad.

II.5.- Características de un buen concreto.

Selección de las proporciones de las mezclas de concreto:

- El proporcionamiento de los materiales para el concreto deberá establecerse con el fin de lograr:
 - a) La trabajabilidad y consistencia adecuadas para permitir que el concreto se trabaje fácilmente dentro de las cimbras y alrededor del esfuerzo en las condiciones de colocación que van a emplearse, sin segregación excesiva o sangrado.
 - b) La resistencia a la congelación y deshielo y otras condiciones hostiles.
 - c) Conformidad con los requisitos de la prueba de resistencia.
- Cuando se va a utilizar distintos materiales para diferentes partes de la obra, cada una de las combinaciones debe evaluarse por separado.
- Las proporciones de concreto incluyendo la relación agua/cemento, se establecerá tomando como base la experiencia en el campo o en mezclas de prueba de laboratorio con los materiales que se van a utilizar.

Requisitos para exposición especial:

El concreto que después de curado va a estar sujeto a temperaturas de congelación mientras está húmedo, deberá contener aire incluido, dentro de los límites de la tabla 14:

Tabla 14

Tamaño máximo nominal del agregado grueso en (mm).	Contenido de aire total, en porcentaje, por volumen.
10	6 a 10
13	5 a 9
20	4 a 8
25	3.5 a 6.5
40	3 a 6
50	2.5 a 5.5
75	1.5 a 4.5

El concreto que se pretenda sea impermeable debe apegarse a lo siguiente:

- a) Para concreto hecho con agregado de peso normal, la relación agua/cemento no debe exceder a 0.50 por peso si va estar expuesto al agua dulce, y de 0.45 por peso para exposiciones al agua de mar.
- b) El concreto que va a estar expuesto a concentraciones perjudiciales de soluciones que contengan sulfatos, debe hacerse con cemento resistente a los sulfatos y además:

Evaluación y aceptación del concreto:

Frecuencia de las pruebas:

Las características que debe presentar el concreto se pueden dividir en dos grupos:

- a) Características del concreto fresco, mientras permanece en estado plástico.
- b) Características del concreto endurecido.

a) Concreto fresco:

Al pedir concreto, se exige de él una serie de condiciones según el tipo de obra en que se va a emplear. Si para dicha obra ese concreto resulta manejable, transportable y fácilmente colocable, sin perder su homogeneidad, diremos que este concreto es dócil.

Para que un concreto tenga la docilidad requerida debe de presentar una consistencia y una cohesión adecuadas.

La facilidad con que un concreto se deforma de la medida de consistencia. La instrucción vigente indica que la consistencia del concreto se medirá por el revenimiento que resulte.

La facilidad con que un concreto es capaz de segregarse nos da una idea de su cohesión.

Las mezclas muy cohesivas, que llamaremos viscosas, no se segregan fácilmente; las mezclas poco cohesivas presentan una gran tendencia a segregarse.

Factores que afectan a la docilidad de un concreto:

Los agregados en formas alargadas y con aristas producen un concreto poco dócil. Si no se puede disponer de otro tipo de agregado, se recomienda usar mezclas más ricas en cemento y arena y/o el uso de aditivos.

Los concretos fabricados con agregados de machaqueo son menos dóciles que los fabricados con agregados naturales. La docilidad se ve muy afectada por la forma de los agregados y especialmente de la arena.

Al aumentar cantidad de mortero influye en el incremento de la docilidad del concreto.

El uso adecuado de elementos adicionales y el tiempo de amasado, son factores a tener en cuenta para mejorar la docilidad del concreto.

El concreto una vez colocado, debe ser homogéneo, compacto y uniforme.

¿Cómo conseguir un colado homogéneo?

Colando verticalmente, sin movimientos horizontales de la masa del concreto y evitando que el concreto caiga libremente desde gran altura. El espesor de las tongadas horizontales será inferior a 60 cm., consolidando cada tongada (capa) sin dejar transcurrir mucho tiempo entre capa y capa para evitar juntas frías.

¿Cómo conseguir un concreto compacto?

Consolidando el concreto de acuerdo con su consistencia y tipo de obra.

Compactación por apisonado, en estructuras de poco espesor, con revenimientos mayores a 8 cm. La compactación se hará en 3 capas, para moldes estándar de 15 x 30 cm. (Según NMX - C - 160).

Compactación por vibrador para concretos con revenimiento menor a 8 cm. (Según NMX - C - 160).

¿Cómo conseguir un concreto uniforme?

Regando moldes y cimbras antes de colar el concreto para que no absorban agua.

Vigilando la estanqueidad de las cimbras para que no se salga la lechada de mortero.

Impidiendo que el concreto una vez vertido, pierda el agua necesaria para la hidratación del cemento y posterior endurecimiento.

Manteniendo el curado del espécimen.

No regar la superficie del concreto antes de su fraguado.

b) Concreto endurecido:

Un concreto será bueno si es durable y resistente.

La durabilidad expresa su resistencia al medio ambiente.

La impermeabilidad, directamente relacionada con la durabilidad, se consigue con la compactación, relación agua / cemento adecuada y curado convenientes, según el lugar donde se encuentre la obra.

El ensayo de resistencia es el más importante de los aplicados al concreto y constituye la base para determinar la calidad del producto. Por lo general, un concreto de resistencia elevada se considera que es un buen concreto.

II.6.- Aditivos y adiciones: tipos y uso.

Aditivos

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

Los aditivos pueden ser usados para modificar las propiedades del concreto en forma tal que lo haga más adecuado para las condiciones de trabajo o por cuestión de economía.

Los aditivos se utilizan para los siguientes fines:

- Aumentar la resistencia (sin modificar la relación agua/cemento).
- Retardar o acelerar el fraguado inicial.
- Reducir la permeabilidad (impermeabilizador).
- Mejorar las condiciones de bombeo.
- Aumentar la adherencia entre el concreto viejo y el nuevo.
- Para resanes y reparaciones de concretos mal trabajados.
- Para lograr color en los concretos.

Grupo de aditivos:

- 1.- Reductores de agua.
- 2.- Aditivos acelerantes.
- 3.- Aditivos minerales.
- 4.- Aditivos inclusores de aire.
- 5.- Aditivos para adherencia.
- 6.- Retardantes.
- 7.- Colorantes.
- 8.- Para resistir la humedad.
- 9.- Superfluidificantes.

Los aditivos que deben emplearse en el concreto estarán sujetos a la aprobación previa del ingeniero.

Debe mostrarse que el aditivo es capaz de mantener esencialmente la misma composición y comportamiento en el concreto en toda la obra donde se use el producto y en las porciones establecidas.

Los aditivos que contengan iones de cloruros no deben utilizarse en el concreto, al igual los que contenga elementos de aluminio ahogados si su uso produce una concentración perjudicial de iones de cloruro en el agua de mezclado.

También pueden utilizarse como componentes del concreto los aditivos, siempre que se justifique mediante los oportunos ensayos, que la sustancia agregada en las proporciones y condiciones previstas, produce el efecto deseado sin perturbar excesivamente las características del concreto, ni representar peligro para la durabilidad del concreto, ni para la corrosión de armaduras.

Se llaman aditivos a aquellas sustancias o productos que incorporados al concreto, antes o durante el amasado y/o durante un amasado suplementario, en una proporción no superior al 5 % del peso del cemento, producen la modificación deseada en estado fresco y/o endurecido, de alguna de sus características, de sus propiedades habituales o de su comportamiento.

Aditivos que modifican la reología del concreto:

En este grupo se encuentran:

Plastificantes, que mejoran la trabajabilidad del concreto para determinada relación agua/cemento. Permiten

una modificación de la cantidad de agua para una misma trabajabilidad.

Reductores de agua (Fluidificantes) que permiten disminuir el contenido de agua, la para trabajabilidad dada. Aumentan la trabajabilidad de un concreto para un mismo contenido de agua sin producir segregación. Obtener simultáneamente los efectos anteriores.

Superplastificantes (Superfluidificantes) que aumentan significativamente la trabajabilidad del concreto para una relación agua/cemento dada.

Reducción considerable de la relación agua/cemento, para una determinada trabajabilidad.

Obtener simultáneamente los dos efectos anteriores.

Producen en la mezcla fresca una elevación de la cohesión, conservando su homogeneidad y disminuyendo su deformabilidad.

El tratamiento con estos aditivos conduce, en general, a concretos más plásticos, menos segregables y más dóciles.

Aditivos que modifican el fraguado y/o endurecimiento del concreto:

Aceleradores de fraguado que modifican el fraguado del cemento acelerándolo con relación al testigo patrón.

Retardadores de fraguado que modifican el tiempo de fraguado del cemento.

Determinados retardadores de fraguado pueden producir, generalmente, una disminución de las resistencias mecánicas iniciales (efecto secundario), sin embargo las resistencias mecánicas aumentan frecuentemente, a medio plazo, con relación a las del concreto.

Aceleradores de endurecimiento. Aditivos cuya función principal es aumentar o acelerar el desarrollo de las resistencias mecánicas iniciales del concreto.

Aditivos que modifican el contenido de aire (o de otros gases) del concreto.

Inclusores de aire. Aditivos cuya función principal es producir en el concreto un número elevado de finas burbujas de aire (efecto secundario).

Ciertos inclusores de aire pueden mejorar la trabajabilidad, la resistencia al hielo, etc. (función secundaria).

Generadores de gas. Aditivos cuya función principal es producir un gas por medio de una reacción química durante la colocación del concreto.

Generadores de espuma. Aditivos cuya función principal es producir, por medios mecánicos, una espuma estable formada por burbujas de aire de tamaño variable, que se encuentran homogéneamente distribuida dentro de la masa, a la que confiere una estructura alveolar.

Desaireantes y antiespumantes. Aditivos cuya función principal es eliminar el exceso de aire introducido en la masa por el empleo de ciertos áridos o de ciertos aditivos utilizados para obtener otra función principal, distinta a la introducción del aire.

Aditivos generadores de expansión. Aditivos cuya función principal es producir una expansión controlada y permanente en el concreto.

Aditivos que mejoran la resistencia a las acciones físicas. Son sustancias o productos cuya función principal es conseguir que el concreto presente mayor resistencia a la acción de los fenómenos de la naturaleza física, que los testigos correspondientes.

Aditivos protectores contra las heladas. Son sustancias o productos cuya función principal es mejorar las resistencias a las heladas del concreto.

-Para concretos en estado endurecido. Inclusiones de aire.

-Para concretos en estado fresco: Aceleradores de fraguado y aceleradores de endurecimiento.

Aditivos que mejoran la resistencia a la congelación:

-Anticongelantes. Son sustancias o productos cuya función principal es disminuir el punto de congelación del agua de amasado; además pueden impedir la aparición de cristales de hielo en el concreto.

Aditivos que reducen la penetrabilidad del agua (permeabilidad). Son sustancias o productos que añadidos al concreto durante el amasado, tienen como función principal incrementar la resistencia al paso del agua bajo presión del agua a través del concreto endurecido.

-Repulsores de agua o hidrófugos. Aditivos que tienen como función principal disminuir la capacidad de absorción capilar o la cantidad de agua que pasa a través de un concreto saturado y sometido a un gradiente hidráulico.

Aditivos que mejoran la resistencia a las acciones físico – químicas:

Son sustancias o productos que tienen como función principal incrementar la resistencia de los concretos, así como de las armaduras de los mismos, a los ataques de la naturaleza físico - químico, internos y externos.

Inhibidores de corrosión de armaduras. Aditivos cuya función principal es reducir la posibilidad de corrosión de las armaduras embebidas en el concreto.

Modificadores de la reacción álcalis - agregados. Aditivos cuya función principal es el impedir o dificultar la reacción entre ciertos agregados y los álcalis del cemento y reducir sus efectos expansivos.

Otros aditivos.

Aditivos para el bombeo. Son sustancias o productos que tienen como función principal, reducir el rozamiento externo del concreto contra la tubería de conducción sin modificar la relación agua/cemento.

Aditivos para concretos proyectados. Son sustancias o productos que tienen como función principal mejorar las condiciones de proyección al disminuir el descuelgue del material proyectado y el rechazo.

Aditivos para inyecciones. Son sustancias o productos que tienen como función principal aumentar la fluidez de los rellenos (de inyección) y reducir los riesgos de exudación y decantación.

Colorantes. Son sustancias o productos cuya función principal es colorear al concreto.

Adiciones

Como adiciones al concreto se podrán utilizar las cenizas volantes.

Las cenizas volantes son los residuos sólidos que se recogen por precipitación electrostática o por captación mecánica de los polvos que acompañan a los gases de combustión de los quemadores de centrales termoeléctricas alimentadas por carbones pulverizados.

El uso de cenizas en el concreto se realizará en centrales de fabricación de concreto preparado, con control de producción, siendo preceptiva la realización de ensayos previos o bien en central que esté en posesión de un sello o marca de conformidad oficialmente homologado u otro sello de calidad que tenga un nivel equivalente.

III.- CIMBRADO DE ELEMENTOS DE CONCRETO.

III.- CIMBRADO DE ELEMENTOS DE CONCRETO.

III.1.- Cimbras: un factor básico para obtener una buena estructura del concreto.

El concreto puede dar lugar a elementos de forma compleja y para ello es necesario moldearlo y mantenerlo en esa forma hasta su endurecimiento.

La misión de las cimbras es dar forma al concreto fresco.

Las cimbras pueden ser de madera, de metal o de cualquier otro material que reúna las condiciones análogas de eficiencia, que se citan a continuación:

Condiciones que debe reunir una cimbra:

1.- Resistencia y rigidez: Las cimbras así como las uniones de distintos elementos, tendrán una resistencia y rigidez suficiente para resistir, sin asentos ni deformaciones perjudiciales, las cargas y acciones de cualquier naturaleza que puedan producirse sobre ellos como consecuencia del proceso de colado y, especialmente, las debidas a la compactación de la masa.

Como datos orientativos, en cuanto a los límites máximos que pueden alcanzar los movimientos de las cimbras se pueden fijar los de 5mm para movimientos locales y a milésimas de la luz para los de conjunto.

La presión estática ejercida por el concreto fresco sobre la cimbra, aumenta con la altura de concreto, asimismo, la vibración para la compactación y el empleo de fluidificantes origina presiones adicionales.

En consecuencia cuando la velocidad del colado sea elevada, se compacte por vibración o se utilicen fluidificantes es preciso cuidar la buena terminación de las cimbras, y adoptar las adecuadas precauciones que garanticen su necesaria rigidez.

Para cualquier presión estática ejercida por el concreto fresco sobre la cimbra se recomienda utilizar los datos citados en la tabla 15:

Tabla 15

Velocidad del vertido (m, de espesor por h.)	Profundidad en m, a la cual se produce la máxima presión		Presión máxima en kg/m ² ejercida sobre la cimbra	
	a 21°C	a 10°C	a 21°C	a 10°C
0.60	1.20	1.50	1.650	2.150
0.90	1.45	1.80	2.150	2.400
1.20	1.65	2.10	2.650	3.600
1.50	1.90	2.40	3.200	4.500
1.80	2.10	2.70	3.650	5.100

2.- Estanqueidad: Las cimbras están suficientemente estancos para impedir pérdidas apreciables de lechada, cualquiera que sea el modo de compactación previsto.

La superficie interior será lisa y sin agujeros y nudos.

Las grietas deberán rellenarse y hacerse estancas para evitar la acumulación de suciedad y la penetración de la lechada.

Para mantener las superficies de la cimbra en condiciones adecuadas, se recomienda mantener embebidas en agua hasta el momento del colado.

No es conveniente que la madera este verde porque puede retraerse antes del colado, ni demasiado seca porque puede pandearse cuando se humedezca al colar.

3.- No atacar al concreto: Las superficies interiores de las cimbras aparecerán limpias en el momento del colado y los productos para descimbrar no contendrán sustancias perjudiciales para el concreto.

Antes de reutilizar las cimbras se recomienda limpiar perfectamente con cepillo de alambre para eliminar todo el mortero que haya podido quedar adherido a su superficie.

Algunas maderas sin tratamiento y algunos contrachapados, tienen una cantidad de ácido tánico en su superficie, para que el endurecimiento de los paramentos de concreto que en ellos se construya sea irregular y se produzcan paramentos deslavados. En estos casos deben ancalzarse o lavarse con agua caliza las superficies interiores de la cimbra.

Otras recomendaciones:

Las cimbras deben quedar perfectamente sujetas para evitar movimientos ascendentes o laterales por el efecto del viento o durante el colado.

Cuando vaya a procederse el vertido del concreto se mojarán las cimbras o inyectarán interiormente con aceite soluble u otra sustancia adecuada y debidamente homogeneizada, que responda a la doble condición de no atacar ni al concreto, ni a la cimbra. Esta mano de pintura debe darse antes de colocar las armaduras con objeto de que estas no se engrasen, y quede perjudicada su adherencia con el concreto.

III.2.- Cuando se debe descimbrar.

Las cimbras y demás elementos que soportan las cargas de los elementos estructurales durante su construcción, deberán ponerse en posición hasta que el concreto haya alcanzado la resistencia necesaria para que sean capaces de soportar, con el suficiente margen de seguridad su propio peso y el de las cargas permanentes o temporales, que puedan actuar sobre ellos durante la construcción de la estructura.

En general, si las temperaturas son normales, las cimbras verticales pueden retirarse dos días después del colado.

Los elementos de la cimbra soportan directamente el peso del concreto, deben, en cambio, mantenerse durante un plazo más largo que depende de factores tales como: tipo y tamaño de la pieza colada, cargas previstas, características del cemento utilizado, del concreto, etc.

Las cimbras se irán retirando de forma que el elemento de concreto vaya entrando en carga gradualmente y de modo uniforme.

En la operación de descimbrado, es recomendable, mantener los fondos de vigas y elementos análogos, durante 12 h., despegados del concreto y a unos dos o tres cm. del mismo, para evitar los perjuicios que pudiera ocasionar la rotura, instantánea o no, de una de estas piezas al caer desde gran altura.

Todos los tiempos mencionados, en caso de temperaturas medias diarias inferiores a 4°C, se recomienda prolongarse un número de días igual al de aquellos en que la temperatura haya sido inferior a ese límite.

Para orientación, se recomienda utilizar los plazos de descimbrado con la fórmula siguiente:

$$j = \frac{400}{(Q/G + 5)(T + 10)}$$

En la que:

j = Número de días

T = Temperatura media, en °C, de las máximas y mínimas diarias, durante los n días.

G = Carga que actúa sobre el elemento al descimbrar (incluyendo el peso propio)

Q = Carga que actuará posteriormente (Q + G = carga máxima total)

Esta fórmula es aplicable para concretos fabricados con cemento Portland, y en el supuesto de que su endurecimiento sea llevado a cabo en condiciones ordinarias.

Además de las indicaciones de carácter general hasta ahora señaladas, deberán también tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a) La parte superior de las cimbras inclinadas de concreto se quitará, tan pronto como este haya alcanzado la rigidez suficiente para que no deslice.
- b) Las cimbras de madera para formar los huecos en los muros se retirarán tan pronto como pueda hacerse, sin dañar el concreto.
- c) Los fondos y apeos de las cimbras utilizadas para soportar el peso del concreto en vigas, placas y otros elementos estructurales, se mantendrán colocados hasta que el concreto haya alcanzado la resistencia mínima especificada en el pliego de prescripciones para poder realizar el descimbrado.
- d) Cuando el plazo para el descimbrado o el retiro de los respectivos puntales, se supedita a que el concreto haya alcanzado una determinada resistencia, se supondrá que esta resistencia ha sido obtenida cuando se cumpla alguna de las siguientes condiciones:
 1. Cuando las probetas curadas en obra, en las mismas condiciones que el concreto, hayan alcanzado la resistencia especificada. Excepto en lo relativo al proceso de curado y edad de las probetas.
 2. Cuando el período, durante el cual el concreto del elemento construido ha estado sometido al proceso de curado, sea igual a la edad de las probetas que curadas en el laboratorio hayan dado en el ensayo, una resistencia igual a la especificada. El período de curado del concreto de la estructura se determina sumando el número de días, no necesariamente consecutivos, durante los cuales la temperatura del aire en contacto con el concreto a sido superior a los 10°C, el concreto se ha mantenido húmedo y perfectamente protegido contra la evaporación y pérdida de la humedad.

IV.- MUESTREO Y ENSAYE A COMPRESIÓN DEL CONCRETO.

IV.- MUESTREO Y ENSAYE A COMPRESIÓN DEL CONCRETO.

IV.1.- Toma de muestras de agua y aditivos.

Toma de muestra de agua:

Los envases para la toma de muestras del agua pueden ser de vidrio, polietileno o caucho endurecido, siempre que no contaminen la muestra.

Cuando se trate de apreciar valores muy pequeños de dureza, sílice, sodio o potasio, son recomendables los envases de polietileno o de caucho.

Antes de utilizar los envases, cualquiera que sea su naturaleza, se recomienda retirar toda materia extraña, mediante un cuidadoso lavado con agua destilada o disolución diluida de hidróxido sódico. Los envases de cristal sódico-cálcico deben recubrirse interiormente con parafina.

En cada envase deben consignarse los siguientes datos:

- Número de la muestra.
- Fecha de la toma.
- Origen de la muestra.
- Lugar donde se verificó la toma con el suficiente detalle que permita repetir el ensayo, en igualdad de circunstancias.
- Condiciones de temperatura y velocidad (tiempo caluroso, superficies heladas, remanso de corrientes, pozo, manantial, etc.).
- Resultado del ensayo realizado "in situ"
- Firma del muestreador.

También se pueden fijar mediante abrazaderas con muelle. Para evitar pérdidas durante el transporte, deben asegurarse los tapones convenientemente. Es aconsejable dejar libre, en el interior de los envases, un espacio equivalente al 1% de la capacidad de los mismos, para permitir la expansión del líquido.

En el exterior del envase se debe consignar, además de los usuales datos de destino y origen, las indicaciones convenientes, tales como: "frágil", "líquido", "vidrio", "manténgase en esta posición", etc. En tiempo frío se debe añadir: "preservarlo de la congelación".

La frecuencia de las tomas estará de acuerdo con las presumibles alteraciones en la composición del agua.

El volumen de la muestra depende del número de análisis o ensayos que haya de realizar. En general, suelen ser suficientes dos litros de agua.

Conservación de muestras:

Se guardará también muestras de 2 litros, representativas de las aguas utilizadas, hasta la recepción oficial de la obra, es decir, hasta un año después de su terminación.

Cuando, de acuerdo con el apartado anterior, no sea necesario realizar ensayos del agua, se conservará solo una muestra. Si hay que efectuar ensayos, se guardará una muestra por cada partida ensayada.

Toma de muestra de aditivos:

Aditivos líquidos.

Si el número de recipientes de la partida es menor de 6, se toma una muestra de cada uno de los envases. En caso contrario, el número de recipientes de la partida se divide en lotes de 6 recipientes o fracción y de cada lote se toma una muestra de un recipiente elegido al azar.

Los recipientes de donde se toma la muestra se agitan durante el tiempo suficiente para poner en

suspensión los materiales eventualmente sedimentadas. Cualquier depósito que, después de la agitación, no se haya puesto en suspensión no se debe tener en cuenta y, por consiguiente, se debe prescindir de él.

A continuación se mezclan todas las tomas efectuadas con cuidado y, a partir de esta mezcla, una vez homogeneizada, se toma nuevamente por lo menos 1 l., que guardará en un recipiente estable frente al aditivo, con cierre hermético, evitando el contacto con el aire.

Por último, al recipiente se le pone una etiqueta en la que haga constar:

- a) Persona que ha tomado la muestra.
- b) Fecha que ha tomado la muestra.
- c) Lugar de la toma de muestra.
- d) Método utilizado.
- e) Origen del aditivo.
- f) Cantidad que representa la muestra.
- g) Cuantas observaciones se consideren oportunas.

Aditivos sólidos:

Se tomará una muestra de al menos 1Kg, procediéndose del modo siguiente:

Si el número de la partida es menor de 6, se toma una muestra de cada uno; en caso contrario, el número de envases se divide en lotes de 6 envases o fracción, y de cada lote se toma una muestra de un envase elegido al azar.

Cada fracción de la muestra se debe tomar en diferentes puntos de cada envase; se recomienda separar la capa externa y tomar la muestra del interior del mismo.

Seguidamente se mezclan íntimamente dichas muestras parciales y, por cuarteo, se toma de esta mezcla homogénea, aproximadamente, 1 Kg, que guardará en un recipiente apropiado provisto de cierre hermético, de tal modo que no se ataque por el aditivo y que evite el contacto con el aire.

Por último, el envase con la muestra del aditivo se le pone una etiqueta en su exterior y otra en el interior del envase, de las mismas características que se indican para los aditivos líquidos.

IV.2.- Toma de muestras de agregados.

La toma de muestras de los agregados varía según la fuente de suministro que se trate y según los casos que se citan a continuación:

Canteras:

Se deben tomar muestras en distintos lugares de la cantera que no hayan estado sometidos a la acción de la intemperie. Lo más indicado es tomar muestras de cada uno de los estratos y zonas que parezcan distinguirse por su color o estructura.

No deberán incluir en la muestra piezas que hayan sido dañadas por la voladura, se encuentren mezcladas con el terreno que circunda la cantera, o presenten síntomas de meteorización por su proximidad a la superficie.

Depósito de bloques de piedra sueltos y cantos rodados de gran tamaño:

Deben relacionarse muestras separadas de todas las clases de piedra que fueron detectadas en la inspección visual y que puedan ser de utilidad para el fin propuesto.

Depósito de grava y arenas naturales:

Las muestras deben ser representativas de los diferentes materiales existentes en el depósito, o de las mezclas de ellos si se encuentran en esta situación. También se tomarán muestras separadas en los lugares donde, sin existir diferencia en la naturaleza y estado del material, se observen cambios apreciables, en la granulometría.

Si los agregados están al descubierto, se deben tomar las muestras del fondo y laterales de zanjas realizadas en el depósito, teniendo cuidado de separar cualquier material extraño que haya podido caer al abrir la zanja.

En el caso de depósitos enterrados, con un frente de explotación, se realizará la primer serie de pozos y sondeos para la toma de las muestras, algo detrás y paralelamente al frente de la explotación, alejándose después, progresivamente, de dicho frente, para determinar las posibles variaciones de material y la extensión del depósito. El número y profundidad de las perforaciones depende de la cantidad de material que se vaya a utilizar. El material que constituye la capa que cubre el depósito y que no se va a utilizar, no debe mezclarse con las muestras. Si lo que desea es conocer las variaciones que presenta el depósito, se mantendrán las muestras sin mezclar; pero si lo que se trata es averiguar la calidad media solamente, las muestras, una vez extraídas, se mezclarán en las proporciones en que, aproximadamente, se encuentren en el depósito, obteniendo una muestra media ponderada.

En depósitos en los que no exista frente de exploración, el orden de los sondeos para la toma de muestras dependerá de las condiciones particulares en cada caso. Por lo demás, es también de aplicación en esta clase de depósitos lo que se dicen en los párrafos anteriores.

Estaciones suministradoras de agregados:

Las muestras deben tomarse de los agregados ya preparados, a menos que exista un convenio especial entre suministrador y comprador, y se sacarán en la propia estación suministradora.

El proceso general es el siguiente: en primer lugar, el material existente se clasifica en tantas unidades como se considere necesario, según las características a estudiar posteriormente en los ensayos, y que permita el proceso de fabricación y clasificación empleado. A continuación, de cada unidad se extraen, de distintos lugares o en distintos momentos, y al azar, 10 porciones aproximadamente iguales que posteriormente se combinarán para formar la "muestra bruta" de esa unidad. Posteriormente, cada "muestra bruta" se reduce a "muestra de envío al laboratorio".

Para la toma de muestras sobre bandas transportadoras, se para la banda mientras se toman cada una de las porciones. Se inserta un juego de placas metálicas, cuya forma se adapte a la de la banda, en un tramo de ésta, de manera que la cantidad de material atrapado entre las dos placas será establecida para cada una de las porciones. Finalmente se pasa todo el material retenido entre las dos placas a un recipiente adecuado recogiendo los finos con un cepillo.

Para la toma de muestras de un flujo o corriente de agregados (descarga de bandas o silos), se toma cada porción de la totalidad de la sección del flujo según se produce la descarga. Es casi siempre necesario tener un aparato especial para su uso en cada planta o estación. Este aparato, definido en la norma, será de tamaño suficiente como para interceptar toda la sección del flujo de descarga y tendrá capacidad como para recoger la cantidad estipulada sin que se desborde ésta.

Se tomarán muestras de silos llenos o casi llenos, para reducir al mínimo la capacidad de obtener material segregado. La unidad seleccionada para la toma de muestras no deberá incluir la descarga inicial de la banda transportadora o de un silo recién llenado.

Para la toma de muestra de acopios, la experiencia recomienda evitar siempre el tomar muestras de acopios, particularmente cuando el muestreo se hace con el fin de determinar propiedades de los agregados que dependen de la granulometría de la muestra. Si por otro lado las circunstancias hacen inevitable que haya de

obtener muestras de un acopio de grava o de un agregado mezcla de arena y gravas, conviene diseñar un plan de toma de muestras adaptado a cada caso particular. Este procedimiento permitirá a la empresa que realizan el muestreo usar un plan que, además de proporcionar confianza en los resultados que se vayan a obtener de las muestras así conseguidas, sea un documento y método concertado y aceptado por todas las partes interesadas.

Como recomendación se describe el siguiente método: Se tomarán tres porciones de cada unidad de acopio: una de la parte superior, otra junto a la base y la tercera en un punto intermedio, introduciendo un tablero en el montón justamente encima del lugar de donde se vaya a sacar la muestra, con el fin de que no se mezcle el material que hay en la parte superior.

Centro de suministro de fillers:

Siempre que sea posible la muestra se tomará en espacio protegido de corrientes de aire.

La toma se hará siempre de forma tal que la muestra obtenida sea representativa del fillers muestreado.

El tamaño mínimo de la muestra bruta será de 5 Kg, que se sacarán siguiendo el procedimiento general expuesto en el caso anterior, a través de diez porciones iguales a 500 g. como mínimo cada una. Cada porción se tomará de un lugar distinto de la unidad escogida, por un método al azar, para ser rastreada.

Tener cuidado en no tomar porciones de aquellas partes que hayan podido sufrir segregación o contaminación durante el transporte previo a la toma.

Si el filler se suministra a granel, tomar las porciones de la salida del silo o camión, espaciándolas de forma que cada una represente a 50 Kg distintos.

Si se encuentra acopiado formando filas o montones (poco recomendable), se tendrá en cuenta el mismo criterio que en la toma de muestras de acopios de montón descrito anteriormente, de no hacer un muestreo sin programar un plan que establezca los pasos a dar y que sea aceptado por las partes afectadas.

Como recomendación, en casos de no ser importante la granulometría, se puede adoptar el siguiente procedimiento: se toman 10 porciones de cuatro alturas distintas del montón. Las 4 primeras de cuatro puntos distintos de la base, las 3 siguientes de tres puntos distintos de la segunda zona; las dos siguientes en dos lugares distintos de la tercera zona y, por fin, la última se toma de la cúspide.

Se deben tomar las precauciones necesarias para que al realizar estas operaciones no haya desprendimientos de las partes superiores hacia las de abajo.

Obra

Al igual que en las estaciones de suministro se establece el mismo proceso general y los mismos procedimientos para la obtención de las porciones que luego, juntas, formarán la muestra bruta.

Acta de la toma de muestras

Cada muestra deberá ir acompañada de un acta de la persona responsable de la realización de la toma de que la misma fue realizada de acuerdo con la normativa.

El actual incluirá tanto como sea necesario de la siguiente información:

En todos los casos:

- a) Nombre y localización de la fuente.
- b) Descripción nominal del material.

Con muestras agregados y fillers:

- a) Definición de la masa muestreada.
- b) Detalles del lugar y método empleado para la obtención de la muestra incluyendo fechas, condición y tiempos y condiciones climáticas en que fueron tomadas las porciones.

Con muestra de roca sólida:

- a) Localización exacta de las distintas piezas de la muestra.
- b) Algunos comentarios relevantes acerca de la roca muestreada.

Embalaje y envío de las muestras.

Las muestras de envío a laboratorio deben ser pasadas en su totalidad a recipientes específicos que eviten la contaminación, deterioro o pérdida parcial de la muestra durante el transporte, los cuales deben ser sellados o recintados para su envío. Cada paquete conviene que no exceda de 30 Kg para facilitar su manipulación.

Cada paquete contendrá en su interior una tarjeta, debidamente protegida contra los daños producidos por la humedad y abrasión, dando el nombre y dirección del remitente, así como descripción del material.

Este paquete irá exteriormente identificado de igual manera.

IV.3.- Toma de muestras de cemento

La verificación del cumplimiento de las prescripciones impuestas al cemento contratado bajo las especificaciones, realizarán con arreglo a los métodos de ensayo descritos en el mismo y sobre muestras tomadas por el comprador y fabricante en el lugar de la entrega, de acuerdo con las definiciones y criterios que se describen a continuación:

Definiciones.

Lugar de entrega: Será aquel en el que el fabricante deja de ser responsable del suministro.

Partida o remesa: Es la cantidad de cemento entregada en un momento dado por un fabricante o un centro de distribución. Puede consistir en uno o varios lotes.

Lote: Cantidad definida de cemento homogéneo que corresponde, o no, a las normas.

Toma: Cantidad de cemento tomado en una sola operación por el dispositivo de toma de muestra utilizado.

Muestra: Término general para cualquier cantidad de cemento, en relación con los ensayos planificados, extraída al azar ó según una regla de toma de una cantidad más importante (silo, almacenamiento de sacos, vagones, camiones, etc.) o de un lote determinado.

Muestra puntual: Cantidad de cemento, en relación con los ensayos proyectados y extraída en el mismo momento en un único y mismo lugar. Puede obtenerse mediante una o varias tomas inmediatamente consecutivas.

Muestra media: Mezcla homogénea de muestras puntuales extraídas en diferentes puntos o en diferentes momentos, de una masa más importante de un mismo cemento. La muestra media se obtiene por homogeneización de las muestras puntuales unidas en una sola masa y eventualmente por reducción de la mezcla obtenida.

Muestra de laboratorio: Muestra preparada por homogeneización y eventualmente por reducción, a partir de

una muestra más importante (puntual o media) y destinada a un laboratorio encargado de las pruebas previstas por el pedido o la regulación de certificación.

Muestra testigo: Toda muestra destinada a ser conservada para pruebas eventuales posteriores, por ejemplo en caso de controversia con los resultados de las muestras de laboratorio.

Muestra testigo: Muestra tomada sistemáticamente en el caso de entregas regulares, eventualmente en presencia de las partes interesadas; destinadas a ser conservadas eventualmente en caso de duda o litigios posteriores.

Criterios generales para la toma de muestras.

Formación de la muestra.

Cemento ensacado.

Cuando el lote sea de cemento ensacado se tomará un saco al azar, respectivamente, de su primer, segundo y tercer tercio.

De cada uno de estos tres sacos se recomienda tomar en partes iguales y con un medio adecuado y limpio, la suficiente cantidad de cemento para formar un total de 16 Kg, como mínimo, que, tras su homogeneización, se dividirá en dos partes sensiblemente iguales que constituirán las muestras. Una de ellas se conservará en la obra, a efectos de contraste, y la otra servirá para ensayos de recepción.

Cuando no sea preceptivo los ensayos de recepción, de los tres sacos se tomará un total de 8 Kg que, tras su homogeneización, constituirá la muestra preventiva y se conservará en la obra.

Cemento a granel.

Si el lote es de cemento a granel, se tomará un total de 16 Kg, procedentes de al menos tres tomas realizadas durante la descarga, a intervalos sensiblemente iguales, una vez establecido el régimen permanente y después de transcurridos algunos minutos de iniciada la descarga.

Una vez homogeneizada las tomas, el total se dividirá en dos partes sensiblemente iguales, que constituirán las muestras. Una muestra se conservará en la obra, a efecto de contraste, y la otra servirá para que la dirección de obra realice los ensayos de recepción.

Cuando no sea preceptivos los ensayos de recepción, las tres tomas formarán un total de 8 Kg que, tras su homogeneización, constituirán la muestra que se considerará preventiva y se conservará en la obra.

Envasado de la muestra.

Las distintas partes de la muestra se envasarán en recipientes idóneos, con doble tapa, una a presión y otra a rosca. Estos recipientes deben impedir el paso de la humedad a su interior, al menos durante el tiempo de conservación de la muestra.

Los envases, una vez cerrados, se precintarán de forma que ofrezcan garantías de inviolabilidad para cada una de las partes.

En todos los casos, en el interior de cada envase se dispondrá un rótulo que permita la identificación del lote de procedencia. Igual identificación figurará en el exterior del envase.

Conservación de las muestras.

Las muestras se recomienda conservar en obra al menos durante 100 días, a no ser de que sea precisa su utilización, en un lugar cerrado, de la dirección de obra podrá exigir del contratista, donde

las muestras queden protegidas de la humedad, el exceso de temperatura o la contaminación producida por los materiales.

Se evitará que las manipulaciones durante su almacenamiento puedan dañar el envase o romper el precinto. En este caso la muestra perderá su representatividad.

Preparación de la muestra en el laboratorio.

Recibida la muestra en el laboratorio, se conservará en condiciones de inalterabilidad en el mismo envase en que fue tomada, hasta el momento de su preparación para la realización de los ensayos.

Llegado el momento de realizar estos, en un lugar debidamente acondicionado, se procederá a romper los precintos y abrir el envase.

De la muestra se tomará una fracción para los ensayos, conservándose el resto en un envase adecuado y debidamente identificado, por un periodo de dos meses después de haberse comunicado los resultados.

Plazo de reclamaciones.

En caso de incumplimiento de alguna de las especificaciones, el cemento podrá ser rechazado explícitamente.

Si en el plazo de 45 días, a partir del acto de recepción del lote, no se ha manifestado ninguna reclamación por parte del comprador, dicho lote se considerará aceptado.

IV.4.- Manera correcta de tomar muestras de concreto fresco.

La etapa más crítica en el ensayo del concreto es la primera: la obtención de la muestra. Un error en este punto hace a los resultados finales falsos e inútiles.

El fabricante de concreto preparado responsable vende su producto sobre la base de la calidad. Su producto es suministrado a las obras con los componentes y amasados requeridos para obtener una cierta resistencia. Cuando las muestras de concreto se toman en las obras de forma adecuada, se obtendrán los resultados especificados.

Si las muestras se toman sin cuidado no reflejarán la calidad de concreto que se está ensayando.

¿Cuándo y cómo se tomarán las muestras?

Para obtener las muestras de concreto se debe seguir lo indicado en las NMX - C - 160 y 161

No se tomarán muestras tanto al principio como al final de la descarga.

La toma de muestras se hará pasando un recipiente a través de toda la corriente, hacer que toda la corriente vaya a parar al depósito.

Remezclar la muestra tomada.

Todas las muestras de concreto fresco, independientemente del método empleado para obtenerlas, deberán ser mezcladas con una pala para asegurar su uniformidad.

Además, la muestra deberá ser protegida del sol, del viento y de la lluvia durante el periodo durante su toma y su utilización. El tiempo transcurrido entre la toma de la muestra y su utilización no deberá ser superior a quince minutos.

Una falta bastante común observada en las obras es la fabricación de probetas cerca de donde el concreto está siendo descargado, y luego su transporte a otro lugar para su almacenamiento. Esto es incorrecto.

Las probetas nunca deben ser alteradas por movimientos o sacudidas, especialmente durante las primeras 24 horas. Esto puede ser evitado en todos los casos, tomando la muestra en una carretilla y llevándola al lugar donde las probetas serán fabricadas y almacenadas durante 24 horas.

¿Se deberán tomar muestras del concreto vertido en las cimbras de muros?

Tal práctica es mala especialmente en cimbrados de muros, a causa de la dificultad de obtener una muestra representativa.

En el caso de concreto preparado, el concreto deberá ser muestreado tal como viene en el camión, si el ensayo es para determinar la resistencia del concreto tal como se suministra.

Las muestras tomadas de las cimbras pueden contener agua exudada, partes segregadas de la mezcla, etc., que harían que no fuesen representativas de la masa de concreto.

Las razones de estas precauciones son obvias; el fabricante de concreto no tiene control sobre lo que puede suceder a su producto en la colocación, compactación y curado.

En este sentido su reputación esta en las manos de un hombre sobre el cual no tiene control, lo que hace que sea crítico para él lo concerniente al ensayo de su producto.

IV.5.- Manera correcta de realizar la medida de la consistencia con el cono de Abrams.

La resistencia del concreto a la compresión se mide en Kg/cm^2 y se representa por medio del símbolo: "f'c", variando de 50 en 50 unidades. En construcciones normales se llega a construir hasta con f'c de 350 y 400 Kg/cm^2 .

Además de la resistencia, en la construcción utilizamos, de acuerdo a las necesidades de la obra 2 tipos principales de concreto:

- a) El "concreto normal", fabricado con cemento tipo normal, que alcanza la resistencia de diseño a los 28 días.
- b) El "concreto de resistencia rápida", con cemento tipo III, alcanzará la misma resistencia a los 14 días.

A continuación se citan algunas características entre estos dos tipos de concreto, ver tabla 16:

Tabla 16: características principales

Características	Concreto normal (Tipo I)	Concreto de resistencia rápida (Tipo II).
Prueba de resistencia, en días:	7 - 14 - 28	3 - 7 - 14
f'c, en Kg/cm ² .	100 - 350	100 - 350
T.M.A.	¾" - 1 ½"	¾" - 1 ½"
Tipo de arena	Limpia	Limpia
Revenimiento	8 a 18 cm + 2	8 a 18 cm + 2

El concreto especial es un concreto de alta calidad, elaborado con grava de alta densidad y arena de características mayormente controlables, para entregar al consumidor un producto que satisfaga plenamente las especificaciones más estrictas.

Constituye una respuesta tecnológica rápida y oportuna.

Está destinado a estructuras de concreto de importancia, debido a que su comportamiento es adecuado para las condiciones de servicio de estas obras.

Características principales del concreto.

Entre las principales características del concreto fresco podemos considerar las siguientes:

1.- Uniformidad

Considerando que el concreto es un material heterogéneo producido mediante la mezcla de diferentes componentes en cantidades establecidas, es necesario que dicha mezcla sea uniforme, de buena cohesión y no segregable.

Para lograr lo anterior se requiere conjugar dos condiciones indispensables:

- a) Que la mezcla esté correctamente diseñada y con la consistencia sea adecuada a las condiciones de ejecución de la obra.
- b) Que se utilicen equipos y procedimientos de elaboración y colocación adecuados.

2.- Trabajabilidad

Significa la facilidad que presenta un concreto para ser transportado, colocado y compactado. Es importante hacer notar que esta trabajabilidad es relativa.

3.- Segregación y sangrado.

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

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

4.- Fraguado.

Se refiere al cambio de un fluido al estado rígido. En concreto se emplea para describir la rigidez de la mezcla. En forma arbitraria para el concreto se emplean dos términos: fraguado inicial y fraguado final.

Se dice que el concreto alcanza el fraguado inicial cuando su resistencia a la penetración es de 35 Kg/cm²; el fraguado final se alcanza cuando la resistencia a la penetración es de 280 Kg/cm².

Estas características son muy importantes, ya que para formar criterios de aceptación y rechazo es necesario conocerlas mediante las pruebas que se realizara dicho concreto fresco.

Pruebas que se realizan al concreto:

Al concreto se le hacen varias pruebas, en este caso sólo citaremos 4 que resultan indispensables para saber la calidad del concreto y ver si cumple con las especificaciones que marca el proyecto.

1.- Prueba de revenimiento:

Sirve para determinar la fluidez o trabajabilidad que tiene el concreto. Se puede considerar como indicativo de la uniformidad de la relación agua/cemento para una relación agua/arena determinada, por lo que es posible mediante esta prueba aceptar o rechazar el concreto fresco en vista de las variaciones que podría ocasionar en la resistencia.

2.- Prueba de resistencia a la compresión:

Esta prueba resulta ser la más importante debido a que mediante la resistencia de un concreto, se define generalmente la calidad del mismo.

Existen factores que pueden afectar los resultados, por ejemplo:

- Las condiciones de curado.
- La esbeltez.
- Velocidad de carga.
- Velocidad de deformación.
- Las condiciones de humedad y temperatura durante la prueba.
- El tamaño del espécimen sobre la resistencia.
- El tamaño del molde y el tamaño del agregado.
- La edad.
- Las condiciones de apoyo y contacto entre el cilindro y el aparato.

3.- Prueba de peso volumétrico:

Con esta prueba se puede aceptar o rechazar el concreto, si es que el peso volumétrico no está entre el rango de 2,200 y los 2,500 kg/m³.

4.- Prueba de corazones:

Esta prueba se utiliza para confirmar la resistencia del concreto en el lugar, o porque los cilindros pudieron ser afectados y cambiar sus características, si las muestras son sacadas del mismo elemento colado, las características entre muestra y elemento serán mucho más similares y las muestras obtenidas serán mucho más representativas del elemento colado en obra.

En la mayoría de los casos la aceptación de un suministro de un concreto depende de una variación de 2 a 3 cm. en el revenimiento obtenido con el cono de Abrams. Esta variación corresponde al error propio del método.

Toma de muestras. Si el ensayo se realiza para determinar la aceptabilidad del concreto preparado, las muestras deberán tomarse entre $\frac{1}{4}$ y los $\frac{3}{4}$ de la descarga del concreto.

Si el ensayo se realiza para comprobar la uniformidad del concreto preparado para las muestras deberá tomarse aproximadamente a $\frac{1}{4}$ y a los $\frac{3}{4}$ de la descarga de la olla.

Cada muestra deberá contener una cantidad de concreto por lo menos algo mayor del doble de la necesaria para hacer el ensayo, y se volverá a mezclar en una carretilla antes de hacerlo.

Manual de consejos prácticos en la elaboración del concreto

Por: Héctor David Machuca Barbosa

1º Colocar el cono sobre una bandeja o chapa rígida.

Humedezca el interior del cono y colóquese sobre una superficie plana, horizontal y firme, también humedecida, cuya área sea superior a la base del cono. Cuando se coloque el concreto manténgase el cono firmemente sujeto en su posición mediante sus estribos.

2º Llenar el cono en tres capas.

Llénese el cono hasta 1/3 de su capacidad y compáctese con una varilla metálica de 16 mm de diámetro, 60 cm de longitud y de extremo redondeado, dando 25 golpes repartidos uniformemente por toda la superficie.

Llénese el cono con la segunda capa hasta 2/3 de su volumen y compactar esta capa con 25 golpes uniformemente repartidos por la superficie del concreto y penetrando en él, cuidando el que penetre ligeramente en la capa anterior llenando todos los huecos.

Llénese el cono de forma que haya un ligero exceso de concreto y luego compáctese esta última capa con 25 golpes que penetren uniformemente y cuidando de que penetre ligeramente en la capa anterior, llenando todos los huecos.

3º Retirar el exceso de concreto.

Retírese el exceso de concreto con una regla metálica de forma que el cono quede perfectamente lleno y enrasado.

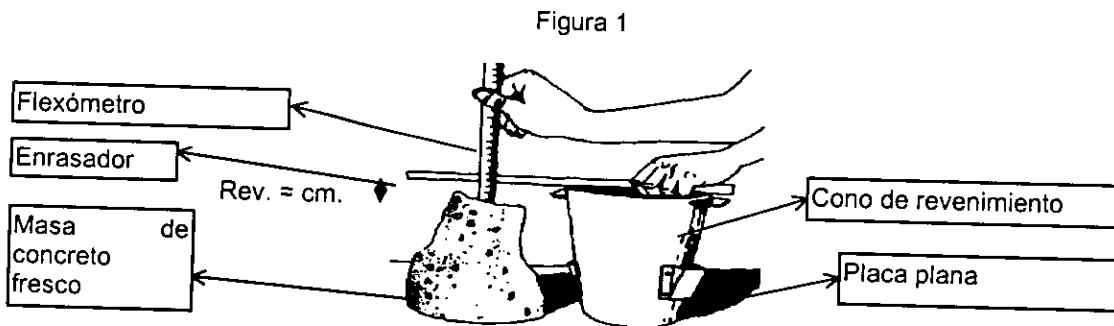
Quitar el concreto que haya caído alrededor de la base del cono.

4º Sacar el molde con cuidado

Sáquese el molde levantándolo con cuidado en dirección vertical, tardándose de 3 a 7 segundos, ver NMX - C- 156.

5º Medida del revenimiento.

Mídase el revenimiento como se indica en la figura 1:



Si la superficie superior del cono es irregular, el índice de consistencia se determina midiendo la diferencia entre la altura del molde y la del punto más alto de la muestra después del ensayo.

Se recomienda realizar tres ensayos para obtener la determinación de la consistencia.

No utilizar nunca el concreto usado en el cono para fabricar probetas destinadas al ensayo de resistencia, se puede clasificar el revenimiento de la siguiente manera, ver tabla 17.

Tabla 17:
Clasificación de las consistencias según los revenimientos medidos con el cono de Abrams.

Consistencias	Revenimiento en el cono de Abrams en cm.	Tolerancia en cm.
Seca (S)	0 - 2	0
Plástica (P)	3 - 5	+1
Blanda (B)	6 - 9	+1
Fluida (F)	10 - 15	+2

IV.6.- Manera correcta de fabricar, conservar y ensayar a compresión las probetas cilíndricas de concreto.

Una probeta de concreto rara vez parece muy importante cuando se está haciendo; pero si más tarde hay dificultades en la obra, llega a ser inmediatamente un factor crítico tanto si la obra es de cientos como de millones de pesos.

Solamente se puede garantizar la resistencia del concreto si las probetas son realizadas y curadas de acuerdo con métodos normalizados.

Los ensayos de compresión del concreto se efectúan para determinar la calidad del concreto. Si se permiten que varíen las condiciones de curado, toma de muestras y métodos de llenado y acabado de las probetas, los resultados obtenidos carecen de valor, porque no se puede determinar si una resistencia baja es debida a una mala calidad del concreto a faltas en la confección de las probetas.

Para obtener resultados dignos de confianza se deberán seguir las siguientes técnicas operativas.

1° Usar solamente moldes no absorbentes.

Se utilizarán moldes no absorbentes ni deformables, estancos, de 15 cm. de diámetro por 30 cm. de altura.

Antes de llenarlos deberán colocarse sobre una superficie lisa, dura y horizontal. Es muy conveniente hacer más de una probeta por cada amasada y cada edad en que se realice el ensayo, normalmente a 3, 7, 14 y 28 días.

2° Toma de muestras

Las muestras se obtendrán de acuerdo con lo indicado en la norma NMX - C- 161. Antes de llenar los moldes, las muestras deberán ser completamente remezcladas en un recipiente grande, carretilla u otra superficie limpia y no absorbente.

Si parte del agregado que contiene el concreto es de tamaño superior a 50mm. se cribará el concreto fresco, para que cumpla con la condición del párrafo anterior.

3° Utilizar una varilla con punta redondeada.

Cada capa deberá ser picada uniformemente con una varilla metálica de 16mm. de diámetro, con el extremo de forma semiesférica, los golpes deberán producirse de tal forma que cosan ligeramente cada una de las capas subyacentes.

La finalidad de picar el concreto en los moldes con una varilla es la de compactar el concreto y liberarlo de huecos de aire que reducen la resistencia.

Hay muchas personas que se valen para ello de una barra de acero para construcción que será siempre a la mano. Otros se limitan exclusivamente a golpear el molde. Se ha comprobado que la varilla de punta semiesférica de 16mm. de diámetro, hace mejor el trabajo por dos razones:

a) Se desliza entre los agregados en vez de empujarlos como hace una varilla de punta semiesférica, con lo cual deja espacios libres al retirarse esta varilla.

b) Al retirarse la varilla del concreto debe cerrarse suavemente tras ella. La punta redondeada facilita esta, como se ve en la figura 1, en tanto que una punta de forma plana o irregular obra como se ve en la figura 2 y 3.

Figura 2

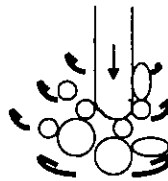
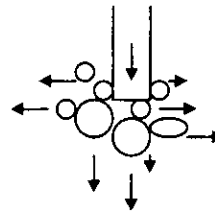


Figura 3



4° Si los moldes se compactan mediante picado, llenarlos en tres capas y compactar

Todos los moldes se llenarán uniformemente, es decir, colocación y compactación de la primera capa en todos los moldes, después la segunda en todos los moldes, etc.

La tercera capa contendrá un exceso de concreto.

Se sugiere que si durante el picado de las capas quedarán marcadas las huellas de la barra, se deberá golpear ligeramente los lados del molde con un mazo de goma hasta que desaparezcan las citadas huellas.

Después de la compactación se procederá a retirar el concreto sobrante, tratándose su superficie y manipulándose lo menos posible para dejar la cara lisa de forma tal que cumpla las tolerancias de acabado.

5° Dejar las probetas sin desmoldar 24 horas entre 16° C 27° C de temperatura.

Las probetas se dejarán sin tocarlas, hasta que han endurecido lo suficiente para resistir el manejo, al menos, 24 horas después del moldeo.

La parte superior deberá quedar tapada para que no haya pérdida de humedad.

La temperatura no deberá ser inferior a los 16° C ni superior a los 27° C en el sitio en que se guarden las probetas. Las probetas que se dejen en el sitio de trabajo durante varios días a temperaturas bajas o altas darán resultados erróneos a menos que estén cuidadosamente protegidas.

6° Cuidar y manejar cuidadosamente las probetas.

Después de 24 horas mínimo de su elaboración se desmoldarán las probetas y se colocarán en un ambiente de saturación (95% de humedad relativa) o en agua, a una temperatura $20^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Se tendrá mucho cuidado en el manejo de las probetas, ya que las que se dejen mover cuando se transportan sufrir un daño considerable. Como elemento de amortiguamiento se sugiere usar aserrín u otro material análogo.

IV.7.- Cómo reconocer una mala fabricación de probetas cilíndricas de concreto.

La probeta cilíndrica de concreto es la pedida en la NMX - C - 083 para la resistencia del concreto. Un fabricante de concreto puede garantizar la resistencia de su concreto solamente si las probetas son hechas y curadas de acuerdo con los métodos indicados en la NMX - C - 160.

Cuando la toma de muestras, cabeceado y curado de las probetas cilíndricas se aparta de las normas aceptadas, las resistencias resultantes no tienen mucho significado.

Es difícil probar cuándo han tenido lugar faltas y deficiencias en la preparación de las probetas cilíndricas. Sin embargo, hay unos pocos detalles que pueden ayudar al operador que ha fabricado concienzudamente un concreto de alta calidad, a reivindicar dicha calidad. Estos detalles son:

Muestreo deficiente.

Si una probeta cilíndrica rompe baja y muestra una distribución irregular de agregados desde la parte superior a la inferior, o exceso de arena o de grava, puede indicarse que ha habido un muestreo deficiente. Un ensayo de resistencia debe ser representativo de la masa entera del concreto.

Las muestras tomadas serán completamente remezcladas en una superficie no absorbente, antes de hacer las probetas.

A veces, un exceso de agregado grueso en el fondo de la probeta indicará el uso de su compactación de una barra con extremo plano, en vez de redondeado.

En este caso, hay generalmente una notable cantidad de finos, en algunos centímetros, en la parte superior de la probeta.

Lo mismo sucede en el caso que haya habido un exceso de vibración, si las probetas se compactan por éste método.

Desperfectos en las superficies de las probetas.

Grandes huecos sobre la superficie de las probetas cilíndricas indican, que las probetas no fueron llenadas en tres capas de un tercio de altura de la probeta cada una, ni compactadas con 25 penetraciones por cada capa. Los huecos reducen la sección transversal de la probeta con el consiguiente descenso en la resistencia.

Huecos internos

La observación de un número de huecos internos, después de la rotura puede indicar una inapropiada compactación de la probeta. Se debe utilizar si se compacta por picado, una barra de extremo redondeado y con especificaciones normalizadas, y cada una de las tres capas en que se llena la probeta, picadas con 25 penetraciones.

No deben nunca compactarse las probetas con métodos inadecuados.

Así se tendrá en cuenta que los concretos con revenimientos en el cono de Abrams mayor de 8 cm. se compactarán por picado; los concretos con revenimientos entre 8 y 3 cm. podrán ser compactados por picado o por vibración, y los concretos con asentamiento menor a 3 cm. serán compactados siempre por vibración.

Evaporación de agua rápida en la probeta.

El curado es una de las más importantes etapas en la buena fabricación de la probeta.

Cuando una probeta rompe "baja" debido a una evaporación de agua de la probeta, se observan variaciones extremas en el color interior de la superficie de rotura. Aunque esto no sea siempre el caso, estas condiciones, emparejadas con una revisión de las condiciones atmosféricas cuando las probetas fueron hechas, son indicativas de un curado inadecuado.

Manejo poco cuidadoso.

Aunque un manejo poco cuidadoso es difícil de señalar, es denotado fuertemente cuando las probetas muestran líneas de rotura anormales y grandes variaciones en los resultados. Las probetas cilíndricas deberán siempre ser llevadas al laboratorio, tan pronto como sea posible, después de las primeras 24 horas de su fabricación.

Las probetas deberán ir almohadilladas con serrín o materiales similares para transporte, y cuidadosamente empaquetadas para evitarles daños.

Cabeceado deficiente.

La importancia del paralelismo de las caras de las probetas cilíndricas es fundamental para obtener un resultado representativo.

Concavidades en las caras pueden producir un descenso de hasta un 30%.

No deben emplear un material de menos resistente que el concreto que se esté ensayando.

Líneas de rotura anormales indican la posibilidad de que no haya habido paralelismo entre caras.

Resumen

Es conveniente recordar siempre que aún cuando todos los métodos y equipos especificados sean estrictamente tomados en cuenta, todavía pueden ocurrir cosas a las probetas cilíndricas de concreto, que dejen asombrados a los expertos. Esto es probablemente verdad en la mayoría de los ensayos y en la mayoría de los materiales.

Es, además, una buena razón por la que deben seguirse todas las etapas aprobadas para evitar las complicaciones descritas aquí.

Las demandas de nuevos proyectos y nuevas técnicas incrementan la necesidad de una calidad uniforme en el concreto. Esto hace a la humilde probeta cilíndrica más importante que hasta el presente.

IV.8.-Resistencia del concreto: su medida.

La resistencia del concreto se puede medir a compresión, tracción, flexotracción, flexión y tracción indirecta.

Por lo general el control del concreto se realiza por ensayos de rotura a compresión. Hay casos sin embargo, en los que el ensayo de flexión es más apropiado por reflejar más fielmente las condiciones de trabajo del concreto, como puede ser el caso de los concretos empleados en la construcción de carreteras.

Como influyen los materiales en la resistencia del concreto.

La calidad del cemento mejora la resistencia del concreto a igualdad de todo lo demás.

La calidad del agua puede influir en la resistencia al perturbar el fraguado y endurecimiento.

Las sustancias perjudiciales en los agregados disminuyen la resistencia del concreto.

Cómo influye la dosificación.

El valor de la resistencia a compresión aumenta, al disminuir la relación agua/cemento.

La resistencia aumenta con la cantidad de cemento.

Aun en los casos excepcionales, no es aconsejable una dosificación de cemento superior a los 500 kg./m.

La resistencia del concreto disminuye al aumentar la cantidad de agua.

Los agregados se han de dosificar con objeto de que su granulometría dé un volumen de huecos mínimo, con relación a una superficie específica mínima.

Cómo influye el método de fabricación y puesta en obra

Una mezcla incorrecta disminuye el valor de la resistencia, y puede producir segregaciones.

Un curado deficiente perjudica el desarrollo de las resistencias.

Cómo influye el método de ensayo en la determinación de la resistencia del concreto.

El tipo de probeta empleado en los ensayos de rotura a compresión influye en el valor de la resistencia.

Las probetas empleadas son las cilíndricas de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de altura. Las probetas cúbicas suelen ser de 15 cm. y 20 cm. de arista.

La resistencia aumenta con la velocidad de carga de la empresa, con la edad del concreto y con la temperatura de conservación de las probetas.

Vistos los factores que influyen en la resistencia del concreto, vamos a determinar el valor de su resistencia a compresión.

Supongamos que tenemos "n" probetas y las rompemos a compresión según un ensayo normalizado, obteniendo "n" resultados. ¿Qué valor damos a la resistencia del concreto a compresión?

Parece lógico pensar que la resistencia de ese concreto será el valor medio de los "n" valores de rotura, ya que la probabilidad de que se presente un valor bajo es la misma de que se presente un valor alto. Este valor medio es el que nos daría un laboratorio, que busca la carga unitaria de rotura del material.

Sin embargo el punto de vista del proyectista de estructuras de concreto no es éste, ya que no es posible la compensación de resistencia entre los diversos puntos de una estructura, de igual forma que una cadena no se compensan los eslabones resistentes con los débiles. Por tanto, existe una mayor probabilidad de fallo en los puntos donde la resistencia es inferior a la media. Definimos como resistencia característica el resultado de la distinta ponderación de los "n" resultados.

Se entiende por resistencia característica de un concreto (representado por una serie de probetas, cuyas cargas de rotura se distribuyen según una ley normal) a aquella que tiene una probabilidad del 95 por 100 de ser superada, o, lo que es lo mismo, un 5 por 100 de probabilidades de que presenten valores inferiores a ella.

IV.9.- Ensayos no destructivos del concreto:

Los ensayos no destructivos comprenden una serie de técnicas destinadas a inspeccionar o probar un material sin perjudicar su empleo futuro. Es decir, sin disminuir sus propiedades típicas.

Se aplica por lo general al concreto dos tipos de ensayos no destructivos: índice de rebote y los ensayos de medición de la velocidad de los impulsos ultrasónicos.

Índice de rebote, ensayo esclerométrico. (Ver: N.M.X. - C - 192)

Los ensayos esclerométricos son ensayos superficiales.

Los elementos utilizados para la realización del ensayo son los martillos esclerométricos, que miden el rebote de una masa que golpea sobre un pivote en contacto con la superficie del concreto a ensayar. La masa a rebotar arrastra un índice que se desplaza sobre una escala graduada. El número indicado en la escala por el índice se denomina índice esclerométrico.

Los ensayos sobre concreto, realizados por esclerometría, no se consideran substitutivos de ensayos normalizados sino únicamente ensayos complementarios o adicionales.

Estos ensayos ofrecen, exclusivamente, información sobre la capa superficial (aproximadamente 30 mm.) del concreto.

El utilizador de estos métodos de ensayo tiene que saber que, con la aplicación, únicamente obtiene una medida de la dureza relativa o superficial del concreto, y que la relación con otras propiedades del concreto es puramente empírica.

Las circunstancias que justifican el uso de métodos esclerométricos son:

- La comprobación de la uniformidad de la calidad del concreto en relación con una calidad promedio y en términos de índice esclerométrico.
- La comparación de un concreto con otro de referencia.
- La estimación de la resistencia del concreto en probetas, correlacionada con su índice esclerométrico. El uso de esta estimación depende, en su precisión, de la eliminación afortunada de las influencias que no se hayan tenido en cuenta en la calibración del esclerómetro.

Ensayos de medición de la velocidad de los impulsos ultrasónicos. (Ver: N.M.X. - C - 275)

El objeto de este método es medir la velocidad de los impulsos de los impulsos longitudinales que pasan a través del concreto. Estas mediciones se pueden utilizar para establecer:

- La homogeneidad del concreto.
- La presencia de fisuras y huecos.
- La comparación de un concreto con otro de referencia.
- Los valores del módulo elástico del concreto.
- La calidad del concreto en comparación con los ensayos normalizados.

Los ensayos sobre concreto, realizados por ultrasonidos, no se consideran substitutivos de ensayos normalizados, sino únicamente ensayos complementarios o adicionales.

La relación entre la velocidad del pulso ultrasónico y la resistencia del concreto, tal como se obtiene por la

aplicación de ensayos normalizados, no es única para todos los tipos de concreto, ya que está influenciada por gran número de factores, como la edad, condiciones de endurecimiento, grado de humedad, tipo y contenido de cemento y tipo de agregado. Cuando se precise una correlación entre velocidad del impulso y resistencia, es necesario establecerla para el tipo determinado de concreto empleado.

V.- COLOCACIÓN DEL CONCRETO.

V.- COLOCACIÓN DEL CONCRETO.

V.1.- Algunas ideas básicas sobre concreto de alta resistencia inicial.

El ritmo de trabajo que actualmente adopta la industria de la construcción, y las exigencias en aquellas obras en las que se materializan proyectos en concreto armado y concreto pretensado necesitan no solamente que el concreto utilizado alcance una resistencia elevada, sino además que esta resistencia se alcance en un período breve y que en este momento dicha resistencia alcance un porcentaje tan elevado como sea posible de la resistencia final.

Los conocimientos actuales dividen los métodos utilizados para acelerar el endurecimiento del concreto en:

1. Métodos basados en la tecnología del concreto.
2. Métodos químicos.
3. Métodos físicos.

1.- Métodos basados en la tecnología del concreto.

1.1.- Mejora de la curva granulométrica de los agregados.

Para conseguir la mayor compacidad deberá presentarse especial cuidado a la granulometría de la totalidad de agregados.

La proporción de finos de 0 a 0.2 mm. pueden influir notablemente en la resistencia. Las investigaciones demuestran que la proporción en dichos tamaños deberá estar comprendida entre el 4.5% y el 9% de agregados totales y así alcanzar la máxima resistencia.

1.2.- Aumento de la cantidad de cemento.

Dada la superficie específica que presentan los agregados y para poder cubrirlos en su totalidad, influye sobre manera la cantidad de cemento. Aumentando la cantidad de cemento se consiguen resistencias más altas a todas las edades y, por tanto, también las iniciales.

1.3.- Empleo de cementos de endurecimiento rápido.

En esta denominación se incluyen los cementos de alta resistencia inicial, que son utilizados en prefabricación y en aquellas obras donde se precise un descimbrado rápido.

1.4.- Empleo de cementos de elevada finura de molido.

La hidratación de cemento es más rápida y más completa cuanto mayor sea la finura de su molido.

Se debe sin embargo de tener en cuenta que un incremento de la resistencia, únicamente en base a la finura y, sobre todo, con elevadas dosificaciones sin cuidados especiales en su curado, da lugar a importantes fenómenos de retracción.

1.5.- Disminución de la relación agua / cemento.

La resistencia del concreto está afectada por su porosidad. La porosidad es menor cuanto menor es la relación agua / cemento.

1.6.- Compactación del concreto fresco.

El objeto de la compactación es eliminar los huecos y conseguir la máxima compacidad. Los huecos incluyen tanto a los ocupados por el aire atrapado, como a los ocupados por el exceso del agua.

Por ello es necesario realizar un ajuste, dependiendo de las condiciones de colocación, entre una adecuada trabajabilidad y la necesidad de reducir la relación agua / cemento.

2.- Métodos químicos.

2.1.- Adición del cloruro cálcico

El empleo del cloruro de calcio, puede ser beneficioso cuando se trate de concreto en masa, y se debe utilizar este producto en debidas proporciones. Estas proporciones son del orden del 1.5% al 2% del peso del cemento.

Sin embargo, su efecto sobre el concreto armado provoca y favorece fenómenos más o menos retardados de corrosión de armaduras. Por esta razón, si su empleo resulta necesario, es fundamental la consulta de textos especializados.

3.- Métodos físicos.

El espacio de tiempo necesario para acelerarse a la resistencia final de un concreto depende de la humedad y de la temperatura durante el proceso de endurecimiento.

Basándose en ello, los métodos físicos para conseguir resistencias iniciales elevadas, actúan mediante la aportación de calor.

Existen diversos tratamientos, cada uno de los cuales con características particulares en relación con los periodos preliminares, hasta el comienzo del calentamiento; con la presión empleada, con la temperatura máxima utilizada, con la duración del tratamiento, etc.

V.2.- Ideas básicas sobre la durabilidad del concreto.

Se entiende por durabilidad de un concreto, a su capacidad de comportarse satisfactoriamente frente a las acciones ambientales físicas o químicas agresivas, o cualquier otro proceso que determine el concreto para proteger adecuadamente al acero de refuerzo y demás elementos metálicos embebidos en el mismo durante la vida de servicio de la estructura.

Por lo que respecta a la durabilidad del concreto, se deberá elegir cuidadosamente en el proyecto el tipo de cemento que haya de ser empleado, según las características particulares de la obra o parte de la misma y la naturaleza de las acciones o ataques que se hayan de prever en dado caso.

No se mezclarán masas frescas de concretos fabricados con cementos no compatibles. Antes de comenzar la fabricación de una masa con un tipo de cemento no compatible con el de la masa anterior, debe limpiarse perfectamente las ollas de concreto.

Deberán adoptarse medidas especiales de protección del concreto ya endurecido, mediante revestimientos o tratamientos superficiales adecuados, en función de la naturaleza e intensidad de las acciones nocivas actuantes.

Una condición para garantizar la durabilidad del concreto, así como su colaboración a la protección de las armaduras frente a la corrosión, consiste en obtener un concreto con una permeabilidad reducida.

Para obtenerla son decisivos la elección de una relación agua / cemento, que deberán ajustarse a las indicadas en la tabla 18, la compactación idónea del concreto, un contenido adecuado de cemento y la hidratación suficiente de curado.

Las limitaciones al contenido de cemento y agua del concreto (esta última a través de la limitación agua / cemento).

Tabla 18: correspondencia típica entre la relación agua / cemento y la resistencia a compresión del concreto.

Resistencia a compresión a los 28 días (Kg/cm ²)	Relación agua - cemento en peso.	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
420	0.41	----
350	0.48	0.40
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

Recomendaciones sobre los agregados.

Los agregados deben ser manejados y almacenados de tal forma que la segregación y degradación sean mínimas y se evite la contaminación. Los montones de material deben quedar formados en capas delgadas de espesor uniforme para minimizar la segregación. El método más aceptable y económico para formar montones de material es el método de volteo con camión, en que se descargan las cargas de modo que se les mantiene juntas estrechamente. Después se recupera el agregado con un cargador frontal u otra forma semejante. Cuando no se entregan en camiones, se obtienen resultados aceptables y menores costos formando los montones en capas con un cucharón de quijadas (método de tirar y tender); de cualquiera de las dos formas los montones no se deberán formar en pilas altas en forma de cono porque esto produce segregación. No obstante, si las circunstancias demandan la construcción de una pila cónica o si algún montón se ha segregado, se pueden minimizar las variaciones en la granulometría al recuperar la pila si se cargan los agregados con un movimiento continuo al rededor del perímetro de la pila para mezclar los tamaños en vez comenzar en un lado y trabajar en línea recta a través de la pila.

Los agregados triturados se segregan menos que los agregados redondeados (grava natural) y los agregados de mayor tamaño, se segregan más que los de tamaños menores. Para evitar la segregación de los agregados gruesos, las diversas fracciones de tamaño se pueden amontonar y dosificar de manera separada. No obstante, si se siguen los procedimientos adecuados de amontonamiento de material se elimina este requisito. Las especificaciones permiten una variación en la cantidad de agregados en cualquier fracción de tamaño debido en parte a la segregación en las operaciones de amontonamiento y de dosificación.

Los agregados que han sido lavados se deben de amontonar con suficiente anticipación para que drenen hasta conservar un contenido de humedad uniforme. El material fino presenta una menor tendencia a segregarse en estado saturado que en estado seco. Cuando se descarga material fino en estado seco de los contenedores o de los transportadores, el viento puede llevarse los finos. Esto se debe evitar en la medida de lo posible.

Para evitar la contaminación de los montones de agregado se debe usar mamparas o divisiones. Las paredes divisorias entre los compartimentos de los depósitos deben ser lo suficientemente altos para prevenir el entremezclado de los materiales. Los depósitos de almacenamiento de preferencia deberán ser circulares o casi cuadrados, la pendiente mínima de su fondo debe ser de 50 grados con respecto a la horizontal en todas las caras hasta un escurrimiento central. El material deberá caer verticalmente sobre el escurridor dentro del depósito. Si se tira el material dentro del depósito y contra los lados del depósito, se provocará que se segregue. Las placas de desviación o los divisores ayudan a mantener mínima la segregación. Los depósitos deberán conservarse tan llenos como sea posible puesto que así se reduce el rompimiento de las partículas de agregado y la tendencia a segregarse.

Recomendaciones sobre el agua.

El agua de mezclado puede afectar a la durabilidad del concreto, debido a las sustancias disueltas que contenga y por la proporción en que actúa, esto es, por la relación agua/cemento que determina la porosidad del concreto.

Recomendaciones sobre los aditivos.

Se mejora la durabilidad del concreto utilizando aquellos aditivos que incrementan la trabajabilidad e impermeabilidad de los mismos, así como los que reduzcan la relación agua/cemento.

Los aditivos deberán utilizarse cuando, a criterio de ensayos previos, se demuestre que dicha sustancia en las proporciones previstas, produce el efecto deseado sin perturbar las restantes características del concreto y sin presentar un peligro para el acero de refuerzo.

Recomendaciones sobre la ejecución.

Se debe mantener un amasado adecuado para conseguir la uniformidad deseable, un transporte con la duración adecuada para mantener la homogeneidad, evite la segregación y principio de endurecimiento.

Vibrado adecuado que evite la segregación y la porosidad.

Curado adecuado.

Evitar las sustancias que en general poseen carácter agresivo para el concreto son:

Gases: que posean olor amoniacal o que por su carácter ácido, enrojecen el papel azul de tornasol.

Líquidos: que desprendan burbujas gaseosas, posean olor nauseabundo, dejen residuos o tierra al evaporarlos o que por su carácter ácido enrojecen el papel azul de tornasol; aguas muy puras o de alta montaña y aceites vegetales.

Tierras o suelos con humus o sales cristalizadas, sólidos secos o húmedos cuyas dispersiones acuosas enrojecen el papel azul de tornasol.

V.3.- El cuidado en la colocación, compactación y curado del concreto, indispensable para una buena estructura del concreto.

La operación más importante durante el proceso de ejecución de un elemento, es la de vertido y la colocación del concreto. El hecho de que un concreto haya sido correctamente dosificado y llegue a obra con la consistencia adecuada, no es razón suficiente para no extremar cuidados durante el vertido y colocación.

Un buen proceso de colocación debe evitar que se produzca la segregación y conseguir que la masa llene perfectamente todas las esquinas de la cimbra y recubra bien las armaduras.

Para garantizar el cumplimiento de estos requisitos se deberán observar los siguientes puntos:

1. No debe depositar toda la masa en un punto, confiando que por si misma irá escurriendo y llenando la cimbra. Con ello se evita la segregación del agua y del agregado fino.
2. Evitar un exceso de compactación de la masa. Con ello se evita la segregación del agregado grueso que en el caso de los concretos normales se depositaría en el fondo de la cimbra y en el caso de concretos ligeros ascendería a la superficie.
3. Evitar una compactación insuficiente. Con ello se evita que se formen "coqueras" en la masa y en la superficie de las piezas en contacto con la cimbra.
4. Realizar un correcto vertido del concreto en las cimbras. El vertido del concreto en caída libre produce, inevitablemente la segregación si no se realiza desde pequeñas alturas. Para evitar estas segregaciones la dirección del vertido del concreto en la cimbra debe ser en forma vertical, haciendo que la masa pase por un trozo corto de tubo mantenido verticalmente. En general el peligro de la segregación es mayor

cuando más grueso sea el agregado y menos continua sea su granulometría. Sus consecuencias son más graves cuando la sección del elemento a colar sea menor.

5. No arrojar el concreto con la pala a gran distancia o distribuirla con rastrillos o hacerlo avanzar más de un metro dentro de las cimbras.
6. Cuidar que el espesor de cada capa no sea superior a 50cm, con espesores superiores el compactado no es eficaz.

Compactación.- La compactación del concreto es la operación mediante la cual se dota a la masa de la máxima capacidad compatible con la dosificación del concreto.

Se realizará la compactación por vibrado cuando se emplean mezclas con revenimiento menor a 8 y por picado para mezclas mayores a 3.

Cuando se empleen vibradores internos, su frecuencia no deberá ser inferior a 6000 ciclos por minuto. Los vibradores se deben sumergir rápida y profundamente en la masa, cuidando de retirar la aguja con lentitud y a velocidad constante.

La distancia entre los sucesivos puntos de inmersión debe de ser la adecuada para producir en toda la superficie de la masa una humectación brillante. Es preferible vibrar poco tiempo en muchos puntos, a vibrar más tiempo en menos puntos. La duración de la vibración debe de estar comprendida entre un minuto y minuto y medio, y la distancia entre los puntos de inmersión debe de ser próxima a los 50cm.

Cuando el colado se realice por capas, el vibrador se debe introducir hasta que penetre en la capa inmediatamente inferior.

La aguja del vibrador se procurará mantenerla en posición vertical, evitando moverla transversalmente.

No se debe introducir el vibrador a menos de 10 ó 15 cm. de la pared de la cimbra, con el objeto de evitar la formación de burbujas de aire y lechada a lo largo de dicha pared.

Curado.- Es el conjunto de operaciones necesarias para evitar la evaporación o pérdida del agua del concreto.

El curado deberá realizarse manteniendo húmedas las superficies de los elementos colados desde el primer momento de su colocación, y prolongándose como mínimo durante los primeros siete días, evitándose así el secado de la masa durante su fraguado y primer endurecimiento.

Si el curado no se realiza adecuadamente se incrementará el riesgo de fisuraciones plásticas del concreto. En caso de producirse es recomendable evitarlas.

V.4.- Como afecta la temperatura del concreto en su resistencia.

Cuando se prepara la dosificación de un concreto para responder a unas determinadas características resistentes, se comienza definiendo la relación agua/cemento necesaria, seguidamente se decide sobre la dosificación del agua teniendo en cuenta el revenimiento solicitado, el tamaño máximo del agregado y sus características.

Este estudio de las dosificaciones se ha realizado en la mayoría de los casos para unas condiciones térmicas que mantengan los valores de dichas dosificaciones. La incidencia de las temperaturas influye sobre los efectos de evaporación del agua de amasado, sobre la velocidad de hidratación del cemento y sobre las características físicas de los agregados.

Efecto de las temperaturas en tiempo caluroso:

1. La velocidad de hidratación del cemento aumenta a medida que se eleva la temperatura, lo cual acelera el proceso de adquisición de la resistencia correspondiente a esa dosificación. La incidencia sobre el concreto fresco es una pérdida de trabajabilidad.
2. La elevación de la temperatura determina un proceso de evaporación del agua de la mezcla y una disminución en la trabajabilidad del concreto fresco con un aumento de la resistencia. El incremento de la dosificación del agua que comprende la evaporación, si bien, teóricamente conserva los valores de trabajabilidad y la resistencia en la práctica se observa un ligero descenso de la resistencia.
3. El efecto de la temperatura sobre los agregados es importante, dado el volumen que ocupan en un m³ de concreto, incrementando el efecto de la evaporación del agua, produciendo los mismos efectos que en el número anterior.
4. La elevación de la temperatura incide también en la variación por dilatación térmica del agregado, determinando para la dosificación prevista una disminución de la trabajabilidad.

Recomendaciones:

1. Mantener los acopios de los agregados con la protección que impida un excesivo asoleamiento.
2. Tener en cuenta los efectos de la evaporación para la corrección de las dosificaciones.
3. Procurar que la permanencia del concreto fresco, en la olla, sea la menor posible y mantenerla cuando sea posible fuera de la acción directa del sol.
4. Empleo de fluidificantes - retardantes.

Efecto de las temperaturas en tiempo frío:

1. La velocidad de hidratación del cemento disminuye a medida que desciende la temperatura, lo que determina un lapso de tiempo superior, para alcanzar la resistencia correspondiente a esa dosificación.
2. La congelación del agua de amasado determina un incremento en su volumen y crea tensiones internas que determinan la rotura de la estructura de concreto.

Recomendaciones:

1. Elevar artificialmente las temperaturas del agua de amasado y de los agregados, para permitir la normal hidratación del cemento y evitar los problemas de la helada. Mantener las condiciones de temperatura y humedad durante el proceso de curado.
2. Utilizar aditivos de acuerdo con las características de la obra, como son, anticongelantes y aceleradores.

Relación temperatura - grado de endurecimiento.

La relación entre la temperatura y el curso de endurecimiento puede expresarse de forma aproximada mediante la regla de Saúl. El estado de madurez o grado de hidratación de la pasta de cemento se expresa por el producto del tiempo y de la temperatura, representada por la siguiente fórmula:

$$R = a(T+10)$$

siendo:

a = La edad de endurecimiento en días u horas.

T = temperatura dada.

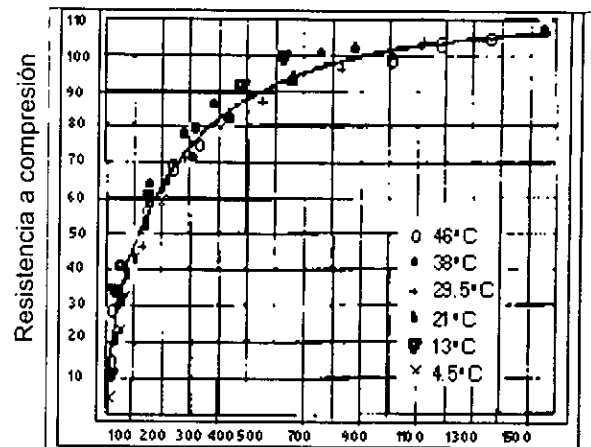
En la gráfica siguiente, se dan los resultados de la resistencia a compresión del concreto, respecto del estado de madurez según Price.

En el eje horizontal se representa el grado de madurez del concreto y, en el vertical, la resistencia a compresión, en tanto por ciento, la resistencia a 28 días en condiciones normales de humedad y temperatura.

A la vista de este gráfico resultan claras las normas que exigen mantener unas temperaturas mínimas del concreto a diferentes edades. Así, por ejemplo, para concreto normal, que durante los tres primeros días se mantenga a una temperatura de 21°C, hasta los 7 días de 10°C, y a 28 días como mínimo de 4°C: Esto da un estado de madurez de:

$$R = 93 + 140 + 392 = 625$$

Según el gráfico se alcanzan resistencias a los 3 días, 7 días y 28 días del 40%, 60% y 85%, respectivamente y la resistencia a 28 días en condiciones normales del 95 a 100%.



"Estado de madurez" = $a (T + 10)$

V.5.- Como pedir concreto premezclado:

El concreto preparado puede pedirse por dosificación, sólo se requiere una determinada cantidad de cemento por metro cúbico de cemento, o por resistencia, el fabricante ha de comprobar en el caso de concreto normal a 7 y a 28 días una determinada resistencia a compresión y para concreto de resistencia rápida a 3 y a 14 días.

En la actualidad la gran mayoría del concreto preparado se pide por resistencia y, dentro de ésta, la tendencia actual y recomendable o la utilización de concreto de 250 Kg/cm² para obras de edificación.

¿Cómo pedir concreto preparado?, ejemplos:

1.- Oiga. Queremos concreto de inmediato,... Para la obra junto a la iglesia... Como el del miércoles pasado... Este es un buen ejemplo de cómo NO debe pedirse el concreto preparado.

Pida el concreto con tiempo. No es usted el único que necesita concreto, por tanto si quiere estar seguro de recibirlo en el momento que lo necesita pídalo por lo menos una día anterior. El fabricante podrá planificar sus producciones y entregas del día siguiente y usted tendrá base para pedir un servicio impecable.

Identifíquese con la obra en cuestión y el tipo de concreto deseado: Recuerde que en la central de concreto no saben nada de la obra, más que usted.

Por ejemplo, ¿qué le parece encargar el concreto así? :

2.- "¡Hola!, Habla el capataz Rodríguez, de la constructora X. Necesito para la obra en la calle de Buenavista No. 10, que está a un lado de la Plaza Buenavista, para mañana martes a las 10:15 h., 24 metros cúbicos de concreto de 250 Kg./cm² de resistencia, con tamaño máximo de agregado 20 mm. y revenimiento de 10 cm.

Estamos colando el segundo techo de la planta superior con grúa; cada media hora un camión de 6 m³ es suficiente".

- "De acuerdo. ¿Alguna otra cosa que hubiera que tener en cuenta?".
- "Hay allí un sitio con mucho hierro en la cabeza de un pilar. Para ello quisiera agregado de 15mm. Estaría bien 3 m³ en el tercer camión".
- "De acuerdo, esto se lo podemos arreglar".

Un pedido tarde y sin dar los datos completos origina consultas y pérdidas de tiempo.

Prepárese a recibir el concreto.

Tenga en cuenta que, en general, cada suministro de concreto marcha tal como transcurran los primeros diez minutos.

Por ejemplo el capataz Rodríguez ha fijado el suministro de tal forma que el acceso pueda realizarse sin impedimentos y sobre firme duro hasta el lugar preparado de descarga; que el camión siguiente no obstaculice la salida del vacío, que el acceso no sufra daños por las maniobras, el punto de descarga, la grúa y el lugar de llegada estén situados de tal forma que se consiga un tiempo óptimo de descarga.

Los obreros han tenido previamente un descanso y comienzan con nuevas fuerzas seguidamente de llegar el primer camión con el proceso de mezclado del concreto.

¿No cree que Rodríguez obtiene un mejor servicio, que si tuviera el punto de descarga obstruido con maderas, hierros, cables, etc., o si el punto de descarga sólo se alcanzan tras maniobras considerables, el terreno está blando y se atascan los camiones... o si los obreros están aún ocupados con preparativos, o empezando con períodos de descanso cuando llega el camión?

5.- Suministro:

No crea que un buen concreto le ocultará los defectos de la ejecución. Si los camiones no están limpios, si ha añadido exceso de agua para facilitar la puesta en obra, etc., aparecerán defectos en la superficie del concreto.

El concreto llegará en las cantidades pedidas, normalmente en cargas de 4, 5 y 6 m³. Este preparado para recibirlo y colarlo. Calcule bien la cantidad que necesita.

No haga esperar innecesariamente a los camiones de concreto, de lo contrario es posible el próximo vehículo destinado a Ud. sea desviado a otro cliente más rápido.

Nunca incite a un conductor a que estropee el concreto añadiéndole agua.

6.- Colaboración:

El fabricante de concreto preparado y sus empleados están para servirle. Considérelos colaboradores suyos.

Informe de inmediato al fabricante de cualquier deficiencia observada, o consúltelo la duda que tenga.

Usted puede estar al frente de muchas responsabilidades. El sólo tiene que saber de concreto.

También las máquinas y vehículos alguna vez se averían. Sea comprensivo.

V.6.- El exceso de mezclado eleva el costo del concreto.

El control de agua de amasado en la dosificación del concreto es esencial para obtener los mejores resultados en todo tipo de construcciones de concreto. Un exceso de agua de mezclado es un peligro ya reconocido por la mayoría de los constructores y por desgracia, los perjuicios que acarrea un exceso de agua aparecen a una edad demasiado tardía como para ser remediados sin costos excesivos.

Ejemplos de deterioros diferidos debidos al exceso de agua de mezclado.

1.- Fisuras en cimentaciones

Los muros de cimentación y los pisos se fisuran excesivamente debido a la elevada retracción y a la débil resistencia a tracción del concreto; efecto producido por un exceso de agua de mezclado.

2.- Deterioros en pavimentos por efectos de los ciclos hielo - deshielo.

Con objeto de proteger el concreto de los ciclos hielo - deshielo se incluye en su masa un porcentaje de aire. Si la consistencia es fluida existe el peligro de que disminuya el contenido de aire ocluido y como consecuencia que empeore la protección del concreto al hielo y al deshielo.

3.- Deterioros en superficies de concreto.

Si el concreto tiene un exceso de agua, esta exuda por la cimbra, llevándose la pasta de cemento y dejando una superficie con defectos.

4.- Efectos de segregación y fisuración en pavimentos.

El concreto exuda y en consecuencia el agua asciende a la superficie. Si la exudación es excesiva, el agua eleva los finos a la superficie, lo que con frecuencia produce fisuras en el concreto.

5.- Porosidad en elementos estructurales

Como resultado de un exceso de huecos en el concreto, producidos por el exceso de agua.

Relación entre el exceso de agua y el costo del concreto.

Se ha hablado y escrito mucho acerca del control de la dosificación de agua; se expresará esta influencia en términos económicos. El efecto de variar la dosificación del agua en la mezcla, pasando de un revenimiento de 5 cm a un revenimiento de 20 cm, supone un incremento en el costo del m^3 , suponiendo que la resistencia se conserva. La explicación es la siguiente:

1.- Para una resistencia característica del concreto de 180 Kg/cm^2 , utilizando agregado de 40mm, un cemento Portland de tipo I y relación agua/cemento de 0.55.

Suponiendo la siguiente cantidad de agua:

Agua utilizada para un revenimiento de 5cms.: 170 l/m^3

Agua utilizada para un revenimiento de 20 cm.: 200 l/m^3

El exceso de agua es de $200 \text{ l.} - 170 \text{ l.} = 30 \text{ l.}$

2.- Para mantener la relación agua / cemento se tiene:

Para revenimiento de 5 cm. = 309 Kg de cemento.

Para revenimiento de 20 cm. = 364 Kg de cemento

La cantidad de cemento adicional necesaria para mantener la resistencia característica de 180 Kg/cm^2 , vale por tanto $364 \text{ Kg} - 309 \text{ Kg} = 55 \text{ Kg}$

3.- El incremento del costo por exceso en la dosificación del agua vale por m^3 $(55)(p)$, siendo p el precio del Kg de cemento.

Es decir, que el costo extra por 6 m^3 es de $(55)(p)(6)$

El exceso del agua de amasado no debe por tanto ser desestimado. Además de la visualización económica

que se ha presentado, se debe tener en cuenta factores mucho más importantes, como son los procedentes de las posibles reparaciones estructurales que, además de su valor económico real, puedan mermar la reputación del constructor.

Todas estas consideraciones que son de gran importancia para el concreto fabricado a pie de obra y para el que se puede variar las dosificaciones de cemento al incrementar la dosificación del agua, adquieren vital interés para el fabricante de concreto preparado. Un añadido de agua en obra del camión que transporta el concreto no se compensa con un incremento en la dosificación del cemento y, por tanto, la relación agua / cemento se incrementa, disminuyendo la resistencia del concreto.

El concreto ha dejado de ser el solicitado, tanto en resistencia como en consistencia. Las consecuencias que de esto se derivan son graves:

- 1.- Elementos estructurales con seguridad por debajo de la descrita.
- 2.- Defectos en las superficies del concreto.
- 3.- Posibilidad de reparaciones estructurales.
- 4.- Pérdida de garantía del suministro del concreto.

Cuando se hace un pedido de concreto por resistencia éste debe venir solicitado de la forma siguiente:

- 1.- Por su resistencia característica, que es la indicada en los planos del elemento estructural que se va a colar.
- 2.- Por el tamaño máximo del agregado, que debe venir indicado en prescripciones técnicas del proyecto para cada elemento.
- 3.- Por la consistencia, que debe decidir el Director de la Obra, previamente a la solicitud del concreto.

Una vez llegado el camión a obra, la adición de agua hace bajar la resistencia y la consistencia y como consecuencia el no cumpliendo de los requisitos de provecho.

V.7.- Una guía para hacer trabajos con concreto en clima cálido.

- 1.- Temperatura máxima del colado.

Se recomienda que si la temperatura ambiente es superior a 40°C o hay un viento excesivo, se suspenderá el concreto, salvo que se adopten medidas especiales.

- 2.- Debe entenderse por tiempo caluroso.

Teniendo en cuenta los propósitos que animan estas recomendaciones de carácter práctico, se va a definir como tiempo caluroso, toda combinación de altas temperaturas, baja humedad relativa y alta velocidad del viento conducente a empeorar la calidad del concreto fresco o endurecido.

Así como el tiempo frío afecta al concreto cuando la temperatura del aire se encuentra por debajo de 4°C y se aproxima al punto de congelación del agua, el tiempo caluroso es difícil de definir solamente en función de la temperatura.

- 3.- Los efectos del tiempo caluroso.

Si no se toman precauciones especiales, entre los efectos que alteran la calidad del concreto en tiempo caluroso se encuentran :

- Incremento en la dosificación de agua para la misma consistencia.
- Dificultades en el control del aire ocluido.
- Variaciones rápidas de consistencia.
- Rápida evaporación del agua de mezclado.
- Fraguado acelerado.
- Dificultades en la norma propuesta en obra, acabado y curado.
- Mayores cambios dimensionales durante el enfriamiento del concreto endurecido.
- Incremento de las deformaciones plásticas.
- Incremento en la tendencia a la fisuración.
- Disminución de la durabilidad como consecuencia del incremento en la dosificación del agua y fisuración.
- Disminución de la resistencia.
- Aumento de la permeabilidad.

4.- Preparativos para la puesta en obra y curado.

- Si se espera que la temperatura del concreto a colar exceda los 24°C, se debe prever que el transporte, colocación y consolidación del concreto se realicen a un ritmo muy rápido.
- En primer lugar el suministro de concreto a obra debe ser programado de tal manera que su colocación se realice tan pronto como se recibe.
- El equipo para colocación del concreto tiene que tener la capacidad adecuada para que la obra no sufra retrasos. El equipo para compactación debe ser tal que permita la consolidación del concreto tan pronto como haya sido colado. Todos los equipos estarán en condiciones óptimas de trabajo.
- Debido a la más rápida variación de consistencia en tiempo caluroso, el trabajo que realizan los vibradores es mayor. Por tanto es necesario prever con amplitud un número de vibraciones adecuados.
- Los preparativos para la colocación, deben incluir la exacta localización y preparación de las juntas de construcción. En tiempo caluroso debido al más rápido fraguado y endurecimiento del concreto, el tiempo de preparación de dichas juntas se hace más crítico.
- Los desfavorables efectos de las altas temperaturas aumentan con ellas y en consecuencia se debe prever que la situación de las cimbras, tuberías de bombeo, etc., esté fuera de la radiación solar o si no pintadas de blanco para absorber menos calor.

Cuando la temperatura del día y las condiciones de humedad sean críticas, la colocación del concreto debe empezar a media tarde. Si la colocación del concreto se comienza por la mañana, se debe alcanzar temperaturas muy elevadas durante el mediodía, en que coinciden el máximo de asoleamiento y la máxima generación del calor de hidratación.

- Finalmente los preparativos para la colocación del concreto en tiempo caluroso incluyen las previsiones de protección y curado necesarios, con objeto de evitar una rápida desecación. Son elementos imprescindibles el agua, y en obras de pavimentación y construcción de canales la experiencia ha demostrado que la pronta aplicación de productos de curado es más práctica.

La aplicación del agua de curado debe ser continua, y esto se asegura si se prevé el cubrimiento de la superficie del concreto con material saturado. Este material tiene que mantenerse en contacto continuamente con la superficie del concreto. Si se alteran ciclos de humedad y sequedad se favorecen el desarrollo de fisuras. El agua de curado no debe de estar mucho más fría que el concreto, porque las tensiones térmicas que pueden originar son posible causa de fisuración.

Alambre recocido:

Se usa para amarrar entre sí las varillas, es normalmente alambre del No. 18 y se utilizan 30 Kg por tonelada colocada. No tienen función estructural.

Barras corrugadas.

Se entienden por barras de acero corrugadas a las que presentan resaltes o estrías que, por sus características, mejoran su adherencia con el concreto.

Mallas electrosoldadas.

Las mallas electrosoldadas para elementos resistentes de concreto armado se presentan en paneles rectangulares, constituidos por barras soldadas a máquina.

En los paneles las barras se disponen aisladas o aparentes.

Su principal beneficio es el abaratamiento de la mano de obra, se facilita y agiliza mucho el refuerzo de un elemento mediante el simple tendido de la malla.

Las normas fijan un límite elástico de 3,900 Kg./cm², para el alambre de acero estirado en frío.

Aplicaciones:

- Losas planas.
- Losas de cascarón
- Pisos industriales de concreto.
- Pavimentos de concreto para calles, carreteras y aeropuertos.
- Tubo de concreto.
- Todo tipo de precolados
- Muros de concreto.
- Recubrimientos de estructura dañada.
- Refuerzo para pisos de terracerías
- Tanques y albercas
- Etc.

V.9.- Anclaje y empalme de acero de refuerzo:

Anclaje

El anclaje se realizará mediante las disposiciones que marque el proyecto y en general se sujetarán a las disposiciones del A.C.I., debiendo cumplir además con los siguientes requisitos:

1. En estribos, los dobleces se harán alrededor de un perno que tenga un diámetro ≥ 2 veces el diámetro de la varilla.
2. Los ganchos de anclaje deben hacerse alrededor de un perno que tenga un diámetro ≥ 6 veces el diámetro de la varilla.
3. En el anclaje de estribos se deberán especificar los tamaños, espaciamientos, ubicación y tipos de estribos a utilizar. Al diseñar el anclaje se deberá permitir un margen para asegurar que los

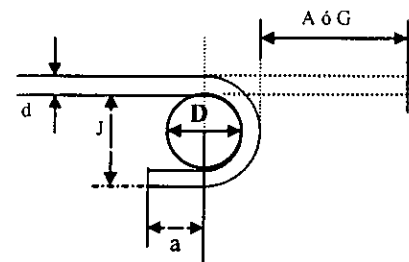
extremos del gancho del estribo estén bien confinados en el concreto.

- En varillas mayores de 2.5 cm de diámetro, los ganchos de anclaje deberán hacerse alrededor de un perno ≥ 8 veces el diámetro de la varilla.
- Es importante que mientras se efectúa el doblado de la varilla la aplicación de la fuerza sea continua y uniforme.
- No permitirá el enderezado y desdoblado de varilla.
- Con los ganchos se remata el extremo de la varilla = 40 diámetros.

Tabla 19:
Detalles de ganchos (A.C.I.):

(D = 6d Para varillas de 1/4" a 7/8", D = 8d para 1" a 1 1/2")

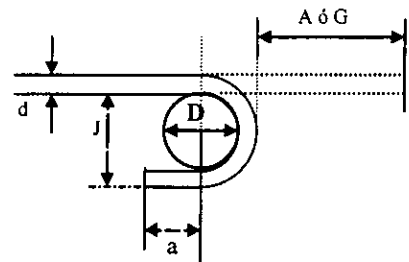
Diámetro varilla	A ó G cm	Diámetro pulgadas	Diámetro cm	a cm	j cm
1/4"	8	1 1/2"	3.8	3	5.1
3/8"	10	2 1/2"	5.7	4	7.6
1/2"	15	3"	7.6	5	10.1
5/8"	18	3 3/4"	9.5	6	12.7
3/4"	20	4 1/2"	11.4	8	15.2
7/8"	25	5 1/4"	13.3	9	17.7
1"	33	8"	20.3	10	25.4
1 1/8"	38	9"	22.9	12	28.7
1 1/4"	43	10"	25.4	13	31.8
1 1/2"	48	12"	30.5	16	38.1



(D = 5d como mínimo en todas las varillas,

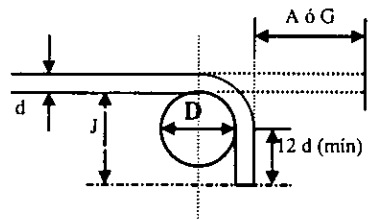
Diámetro varilla	A ó G cm	Diámetro pulgadas	Diámetro cm	a cm	j cm
1/4"	8	1 1/4"	3.2	3	4.4
3/8"	10	1 7/8"	4.8	4	6.7
1/2"	13	2 1/2"	6.4	5	8.9
5/8"	15	3 1/8"	7.9	6	11.1
3/4"	20	3 3/4"	9.5	8	13.3
7/8"	23	4 3/8"	11.1	9	15.6
1"	25	5"	12.7	10	17.8
1 1/8"	28	5 5/8"	14.3	12	20.0
1 1/4"	33	6 1/4"	15.9	13	22.2
1 1/2"	38	7 1/2"	19.1	16	26.7

D = 11d como máximo)



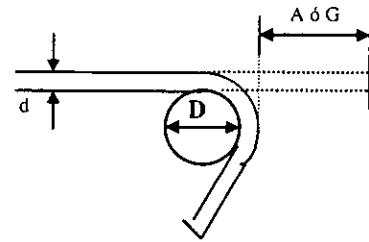
(D = 7d como mínimo en todas las varillas)

Diámetro varilla	A ó G cm	Diámetro pulgadas	Diámetro cm	a cm	j cm
1/4"	8	1 3/4"	4.4	3	9.5
3/8"	13	2 5/8"	6.7	4	15.6
1/2"	18	3 1/2"	8.9	5	21.0
5/8"	23	4 3/8"	11.1	6	27.3
3/4"	25	5 1/4"	13.3	8	30.5
7/8"	30	6 1/8"	15.6	9	36.2
1"	36	7"	17.8	10	42.5
1 1/8"	38	7 7/8"	20.0	12	45.7
1 1/4"	43	8 3/4"	22.2	13	52.1
1 1/2"	50	10 1/2"	26.7	16	61.1



(D = 5d como mínimo en todas las varillas)

Diámetro varilla	A ó G cm	Diámetro pulgadas	Diámetro cm	a cm	j cm
1/4"	8	1 1/4	3.2		
3/8"	13	1 7/8	4.8		
1/2"	18	2 1/2	6.4		
5/8"	23	3 1/8	7.9		
3/4"					
7/8"					
1"					
1 1/8"					
1 1/4"					
1 1/2"					



Empalme:

Todas las juntas en el acero de refuerzo se harán por medio de traslapes con una longitud = 40 diámetros de la varilla que resulte de mayor diámetro entre las dos empalmadas, salvo indicación de lo contrario.

Los empalmes no deben hacerse en las secciones de máximo esfuerzo, salvo indicación de lo contrario y tomando en cuenta las precauciones debidas, tales como aumentar la longitud de traslape o usar como refuerzo adicional estribos en toda la longitud y alrededor de dicho traslape.

En ningún caso deberá traslaparse ni soldarse más de 50% del acero de refuerzo en una misma sección.

V.10.- Forma correcta de tomar muestras de acero de refuerzo.

Toma y preparación de muestras para análisis químico.

- Toma de muestras.- Las muestras pueden tomarse de uno o varios de los productos sometidos a control.

La cantidad total de material de muestra no será superior a la necesaria para la totalidad de las muestras parciales previstas para los análisis químico y en general no inferior a 200gr.

- Identificación.- Todas las muestras se identificarán de forma que en cualquier momento puede saberse el producto o lote a que pertenecen, así como, si fuera preciso, su localización y orientación.
- Localización y orientación.- Las muestras se tomarán en las zonas y con la orientación que se prescribe en las normas específicas de cada producto. En ausencia de prescripciones concretas, las muestras se tomará uniformemente de toda la sección transversal.
- Preparación de la zona de toma muestra.- En los casos que sea posible, se someterá la muestra bruta a un chorreado de arena, amolado u otro método adecuado para limpiar la superficie de material ajeno, y si fuera necesario se desengrasará completamente mediante un disolvente apropiado. Cuando cualquier fenómeno de alteración superficial del producto pueda afectar la representatividad química de la muestra, se acordará la forma de eliminar la parte correspondiente. Una vez efectuada esta preparación, se preservará la muestra bruta de toda suciedad.
- Modo de efectuar la toma.- Si la muestra debe tomarse de toda la sección del producto, la viruta puede obtenerse mediante cepillo, torno o fresa. Si debe tomarse sólo de parte de la sección, además de los medios antes citados, puede emplearse el taladro.

Deberá cuidarse especialmente que la herramienta empleada esté limpia y libre de grasa, lubricantes u otras

materias extrañas.

Durante la toma no se empleará agua u otro tipo de lubricante y se evitará que el calentamiento sea tal que pueda oxidar o descarburar la viruta obtenida.

Las condiciones de mecanizado serán tales que la viruta obtenida sea lo suficientemente delgada y corta para que no requiera su fragmentación posterior, pero debe evitarse la formación de viruta muy fina o de tamaño irregular.

Durante y después de las operaciones de la toma de muestras se preservará a éstas de la oxidación, así como de cualquier tipo de suciedad.

- Muestras de comprobación.- Se reservarán dos muestras adicionales para eventuales análisis de arbitraje o comparación.
- Conservación de las muestras.- Las muestras no utilizadas se conservarán en recipientes, preferentemente de vidrio, bien tapadas para evitar cualquier contaminación o alteración, preservándolas de todo contacto susceptible de alterarlas. En especial se evitará el contacto de las muestras con papel o cartón.

Los recipientes estarán debidamente identificados y se juzga necesario precintarlos.

Toma de muestras y preparación de probetas para ensayos mecánicos u otras determinaciones:

Opciones de preparación de la muestra.- Salvo casos especiales o previamente convenidos, la muestra no se cortará hasta que el producto haya sido sometido a todos los tratamientos térmicos previstos, debiendo quedar unida al producto hasta el momento de su recepción

En los casos en que esto no sea posible, previamente se acordará la fase de fabricación en que puede separarse la muestra. Las muestras se someterán a los mismos tratamientos que los productos, simultáneamente con ellos y en los mismos hornos, procurando que por la situación de éstas las condiciones de tratamiento sean las mismas que las del producto.

El corte deberá realizarse de forma que no se alteren las características de las partes de la muestra de las que deben obtenerse las probetas, o si esto fuera inevitable, prever las creces necesarias para las zonas alteradas sean eliminadas en las operaciones posteriores. En el caso de que el ensayo deba llevarse a cabo en un estado distinto del de suministro, debe cuidarse que el corte no de lugar a alteraciones que permanezcan después del tratamiento térmico final.

Enderezado: En algunos casos puede ser preciso enderezar la muestra para la obtención correcta de las probetas. Dicho enderezado no deberá considerarse como un tratamiento mecánico si no da lugar a una actitud apreciable. Se realizará en frío admitiéndose que para los aceros de bajo contenido en carbono, y previo acuerdo, la muestra se enderece en caliente a una temperatura inferior a los 650°C aproximadamente. En el caso que la probeta deba someterse a un tratamiento térmico o mecánico, el enderezamiento puede hacerse también en caliente.

Si el enderezo lleva consigo una modificación notable de la forma de la muestra, debe convenirse previamente las formas en que puede realizarse. Si no existe un acuerdo en este sentido, deberán tomarse nuevas muestras de forma que no precisen enderezado. El enderezado no está permitido en aquellas muestras de las que se obtendrán probetas destinadas al ensayo de resiliencia.

Si el ensayo debe realizarse en las condiciones de suministro, las muestras no se someterán a manipulaciones posteriores.

Operaciones de operación de muestras si el ensayo debe realizarse en condiciones diferentes al de suministro: Cuando el ensayo deba realizarse en dimensiones o en estado de tratamiento distintos a los de suministro, después del enderezado de la muestra, ésta puede ser sometida a una varias de las siguientes operaciones que deben ser establecidas en la norma del producto:

- Forja con prensa o martillo hasta las dimensiones adecuadas para la preparación de la probeta.
- Mecanizado, igualmente, hasta las dimensiones de preparación de la probeta.
- Tratamiento térmico para obtener las condiciones de ensayo previstas.

Operaciones de preparación de la probeta.- La muestra preparada previamente, puede someterse en las condiciones que se especifiquen en las normas del producto o en las del ensayo a realizar, a una varias de las operaciones siguientes:

- Mecanizado.
- Acondicionado.
- Tratamiento térmico o mecánico.

VI.- CUIDADOS EN ELEMENTOS DE CONCRETO.

VI.- CUIDADOS EN ELEMENTOS DE CONCRETO.

VI.1.- Trabajar concreto en tiempo frío.

1.- Temperaturas mínimas de colado.

En general se suspenderá el colado siempre que se prevea que dentro de las 48hrs. siguientes puede descender la temperatura ambiente por debajo de los 0°C.

2.- Requisitos generales para el colado en tiempo frío.

- Prevenir al concreto de los daños que se pueden producir a tempranas edades, por los ciclos de hielo-deshielo. El grado de saturación del concreto fresco se va reduciendo a medida que endurece el concreto y el agua se utiliza en el proceso de hidratación.

El tiempo en el que el fraguado de saturación alcanza el nivel en que no se producen daños por la helada, corresponde más o menos con el tiempo en el que el concreto alcanza una resistencia a la compresión de 35 Kg./cm². Para temperaturas de 10°C la mayoría de los concretos bien dosificados alcanzan esta resistencia durante el segundo día.

- Mantener las condiciones de curado que protegerán el normal desarrollo de la resistencia, sin un excesivo calentamiento ni una saturación crítica del concreto al final del periodo de protección.
- Limitar los cambios rápidos de temperatura, sobre todo antes de que la resistencia se haya desarrollado lo suficiente como para soportar las tensiones térmicas. Una helada repentina de la superficie del concreto puede dar lugar a la fisuración en detrimento de la resistencia y la durabilidad.

Acabado el periodo de protección, la transición e la temperatura de cualquier porción del concreto será gradual y no excederá durante 24hrs.

- Obtener la protección adecuada a la finalidad de la estructura. Una resistencia satisfactoria a los 28 días en probeta cilíndrica no será suficiente si la estructura muestra esquinas deterioradas por las heladas, fisuración por un calentamiento excesivo o superficies deshidratadas como consecuencia de una protección y curado inadecuados.

Por idénticas razones, una resistencia temprana y una buena apariencia estructural, conseguida a base de un exceso de cloruro cálcico, no serán suficientes si el concreto se fisura años más tarde o se corroen los armados. La economía en la construcción no se debe conseguir a la costa de sacrificar la durabilidad.

3.- Preparativos para el colado.

Antes de la colocación del concreto, todo el hielo y toda la nieve tienen que retirarse de las superficies que van a estar en contacto con el concreto.

Las temperaturas de las superficies que van a estar en contacto con el concreto deben de ser tan próximas, como se pueda, a la del concreto.

Ningún concreto se debe de colocar sobre un lecho helado o que tenga materiales helados. Cuando sea preciso colocar el concreto sobre un lecho que esta permanentemente helado, la superficie exterior del lecho tendrá que ser deshelada hasta la profundidad suficiente para asegurar que no se helará el concreto durante el periodo de protección previsto, o ser cubierto el lecho con un material granular seco de altura suficiente.

4.- Temperaturas del concreto.

- Para estar prevenidos frente a la eventualidad de una helada y hasta que pueda establecerse la protección del concreto, la temperatura del concreto durante su colocación no debe ser inferior a lo indicado en la línea 1 de la tabla 20.

La protección contra la helada no aumenta proporcionalmente a la temperatura del concreto, ya que las pérdidas de calor son mayores, cuanto más elevada sea la diferencia térmica.

Por otra parte a mayores temperaturas se exigen mayores cantidades de agua para mezclado que producen variaciones en la consistencia y a veces del fraguado rápido.

Las rápidas pérdidas de humedad de las superficies calientes del concreto pueden ser causa de la aparición de fisuras.

Por tanto la temperatura del concreto fresco en su momento de colocación se debe de mantener tan próxima como se pueda a los mínimos indicados.

- Cuando la temperatura del aire este hasta -1°C y los agregados no tengan hielo ni terrones helados, la temperatura que debe de alcanzar el concreto se puede conseguir calentando únicamente el agua del mezclado hasta una temperatura máxima de 40°C . Para temperaturas del aire inferiores a -1°C es generalmente necesario calentar los agregados. Si el agregado grueso está seco y libre de hielo y nieve, las temperaturas adecuadas del concreto fresco se pueden obtener aumentando únicamente la temperatura de la arena.
- Cuando se calientan los agregados, en ningún punto su temperatura debe superar los 100°C y su medida debe de ser inferior a los 65°C .

5.- Duración de la protección.

La duración de la protección depende para las temperaturas indicadas en la línea 1 de la tabla 20, de la característica que se quiera proteger, únicamente la durabilidad o únicamente la resistencia, y para cada uno de estos conceptos del tipo de cemento utilizado y de las características de la estructura.

Por condiciones de durabilidad, la duración de las protecciones recomendable no sea inferior a tres días.

Por condiciones de resistencia, la duración de la protección varía entre amplios límites, dependiendo de la temperatura previsible.

TABLA 20

	Secciones muy delgadas	Secciones delgadas	Secciones medias	Secciones grandes.
Temperatura mínima del concreto $^{\circ}\text{C}$	13	10	7	4.5
Caída granular máxima permisible de la temperatura durante las primeras 24 h., después de finalizada la protección, en $^{\circ}\text{C}$.	28	22	17	11

VI.2.- Fisuras: problema polémico del concreto

Agrietamiento superficial del concreto

El agrietamiento superficial consiste en el desarrollo de una red de grietas muy finas o hendiduras, que aparecen al azar sobre la superficie del concreto o del mortero debido a la contracción de la capa superficial. Estas grietas tienen rara vez una profundidad mayor de 3 mm y son más visibles cuando la superficie se termina con una llana de acero. Las áreas hexagonales irregulares definidas por estas grietas, generalmente no miden más de 40 mm de lado a lado y pueden ser tan pequeñas que esta longitud sólo sea de 9 a 12 mm en casos

excepcionales. Generalmente las grietas superficiales se desarrollan a edades tempranas y se manifiestan un día después de colado el concreto o cuando más, al final de la primera semana. Frecuentemente no son fácilmente visibles hasta que la superficie de concreto se humedece y empieza a secarse.

¿Por qué el concreto se agrieta superficialmente?

Generalmente se agrieta porque no se siguen una o más reglas para la colocación, curado y protección del concreto. Las más frecuentes omisiones de esta regla son:

- Curado insuficiente e inadecuado, que permite que el concreto se seque rápidamente y origine el agrietamiento.
- Utilizar mezclas de revenimiento alto, aplanado excesivo, o manipular el concreto con movimientos exagerados concentrando la pasta de cemento y finos en la superficie.

...

Reglas generales para prevenir el agrietamiento superficial.

1.- Emplear concreto con revenimiento moderado de 7 a 12 cm.

2.- Realizar un adecuado acabado del concreto:

- Eliminar el agua de sangrado antes de llevar a cabo alguna operación de acabado. Nunca espolvorear cemento sobre la superficie para absorber agua del sangrado.
- Evitar la manipulación excesiva sobre la superficie, que pudiera segregar el concreto, hundiendo el agregado y concentrando las pastas de cemento en la superficie, incrementando y alterando la relación agua/cemento en la superficie.
- Realizar la operación de aplanado con llana de acero, hasta que desaparezca el brillo acuoso de la superficie.
- Curar correctamente tan pronto se haya terminado el acabado del concreto.

El conocimiento de las fisuras, su origen y desarrollo, entraña el de las tensiones en el material.

Las fisuras son las roturas que aparecen en el concreto, como consecuencia de tensiones superiores a su capacidad resistente.

Las tensiones que actúan en el concreto son las sollicitaciones por unidad de superficie que resultan de la distribución de las cargas que actúan sobre el material y determinan variaciones en las dimensiones del elemento de concreto.

Tales variaciones pueden ser originadas directamente por las cargas. A su vez, las variaciones de las dimensiones del concreto pueden desarrollar fuerzas importantes.

Cuando las variaciones son originadas directamente por las cargas, se denominan deformaciones. Cuando las fuerzas son originadas por las variaciones, llamaremos a aquellas, fuerzas espontáneas.

Las fisuras del primer caso son las originadas por los esfuerzos de compresión, tracción, flexión, cortantes y

torsión.

Las fisuras del segundo caso son las debidas a las retracciones y a los entumecimientos del concreto.

Fisuras de retracción

Hay que distinguir cuando se habla de retracción, la retracción hidráulica y la retracción térmica.

Dentro de la retracción hidráulica conviene a su vez distinguir entre la retracción hidráulica que se puede presentar antes del fraguado y la retracción hidráulica posterior.

Las fisuras de retracción hidráulica, previas a la finalización del fraguado, se producen por la desecación superficial del concreto en las primeras horas. En elementos de espesor uniforme y sin direcciones preferentes, las fisuras se distribuyen al azar, orientándose paralelamente a direcciones preferentes en caso de haberlas.

Las fisuras de retracción hidráulica posteriores al fraguado aparecen en elementos cuya libre contracción está impedida. El trazado de estas fisuras es perpendicular al eje del elemento y son de anchura pequeña y constante.

Las fisuras de retracción térmica tienen como origen la disminución de temperatura en elementos estructurales que tienen coartados los movimientos de contracción. Las fisuras de origen térmico son por lo general típicas y requieren un estudio particular en cada caso.

Fisuras de entumecimiento

Los entumecimientos son debidos a la dilatación térmica, a un exceso de expansión en el cemento, a la corrosión debida a los sulfatos, a la oxidación del acero y a la congelación del agua que ocupa las discontinuidades entre agregados y pasta.

Algunos esfuerzos que originan tensiones:

a) Esfuerzos de compresión

Originan fisuras en la dirección del esfuerzo. Son peligrosas pues su aparición viene a coincidir prácticamente con el estado de agotamiento. Son típicas de los elementos estructurales que trabajan a compresión.

b) Esfuerzos de tensión.

Originan fisuras en dirección perpendicular al esfuerzo.

c) Esfuerzos de flexión

Son las más frecuentes en vigas y aparecen en la zona de esfuerzos máximos, que corresponden al centro de la viga, su zona de aparición es la inferior de la viga y son de trazado vertical.

También aparecen sobre apoyos en la parte superior de la viga o en zonas próximas al apoyo combinadas con esfuerzo cortante en la zona inferior de la viga, con trazado de 45°.

d) Esfuerzos cortantes

Origina fisuras inclinadas y a veces con tramos casi horizontales.

e) Esfuerzos de torsión

Originan fisuras cuyo trazado rodea el perímetro del elemento, buzando en direcciones contrarias opuestas en uno y otro parámetro.

Agrietamiento

Factores que influyen en el agrietamiento:

- Tamaño de la varilla.
- Recubrimiento de la varilla.
- Esfuerzo del acero.
- Área de concreto que rodea a las varillas.

Desventajas psicológicas:

La Presencia de grietas grandes puede significar la posibilidad de corrosión del acero que tenemos.

La adherencia depende del tamaño de la varilla; esto es, a mayor diámetro menores corrugaciones y viceversa. Por lo tanto, la adherencia para mayores corrugaciones hace que el agrietamiento se distribuya uniformemente mejor que en varillas de menores corrugaciones.

VI.3.- ¿Por qué aparecen las fisuras?

Según las variaciones de las dimensiones de un elemento de concreto, se distinguirán fisuras debidas a las deformaciones, cuando estas deformaciones son consecuencia directa de las fuerzas aplicadas, o fisuras debidas a variaciones espontáneas, cuando estas variaciones son las que originan las fuerzas, se citan a continuación las fisuras producidas por estas variaciones:

1.- Fisuras debidas a las deformaciones.

a) Tensión.

La aplicación de esfuerzos instantáneos de tensión a un elemento de concreto de sección unidad, da lugar a incrementos de longitud que varían en función del esfuerzo instantáneo aplicado. El incremento de longitud, que da lugar a la rotura del concreto, corresponde a un esfuerzo instantáneo de tensión que llamamos tensión de rotura instantánea del material. Los módulos de deformación instantánea disminuyen con la tensión aplicada, hasta alcanzar el módulo de rotura instantánea que es el menor de ellos.

Evidentemente, para tensiones aplicadas durante tiempo más o menos largo, corresponden tensiones de rotura menores que para tensiones instantáneas y mayores que para tensiones permanentes, correspondiendo a ello módulos de deformación intermedios.

La experiencia ha demostrado que de una manera general, el alargamiento de rotura de distintos concretos es mayor cuando menor es la tensión de rotura, lo cual se puede expresar diciendo que el aumento de la resistencia va acompañado de una disminución del alargamiento de rotura y de un aumento proporcionalmente mayor de módulos de rotura.

Estos módulos son menores, cuando la dosificación es menor, menor el período de conservación en agua y mayor el número de ciclos de deformación.

b) Compresión

La compresión de rotura en el concreto son mucho mayores que por tensión, la relación entre ambas es del orden de 10.

2.- Fisuras debidas a variaciones espontáneas.

a) Retracción hidráulica.

La retracción hidráulica es la variación de contracción del concreto, originada por compresiones locales que son consecuencia de la evaporación progresiva del agua de los poros del concreto que se encuentra en un ambiente seco.

Si la evaporación del agua del concreto comienza, antes de finalizar el fraguado del cemento la retracción hidráulica puede alcanzar valores superiores

La fisuración por retracción hidráulica tiene lugar cuando el concreto no admite una deformación correspondiente a la de retracción.

La retracción, tensión de rotura y módulo de deformación son variables que dependen del tiempo, y por tanto, la fisuración por retracción hidráulica se producirá en aquel instante en el que el valor de la retracción sea igual en la relación entre la tensión de rotura del material a tensión y su módulo de deformación.

b) Retracción térmica.

La retracción térmica es la variación de contracción del concreto, originada por compresiones locales que son consecuencia de las diferencias térmicas entre el concreto y en medio ambiente.

La fisuración por retracción térmica tiene lugar cuando el concreto no admite una deformación correspondiente a la retracción.

Al igual que la retracción hidráulica, se producirá la fisuración en el instante que el valor de la retracción térmica sea igual a la relación entre la tensión de rotura del material a tensión y su módulo de deformación.

c) Dilatación térmica.

La dilatación térmica es la variación de expansión del concreto, originada por tensiones locales, que son consecuencia de las diferencias térmicas entre el concreto y el medio ambiente.

De forma similar a lo indicado en las retracciones, la fisuración se producirá en el momento en que el valor de la dilatación sea igual a la relación entre la tensión de rotura del material a compresión y su módulo de deformación.

Las fisuras debidas a la dilatación térmica son mucho menos frecuentes que las debidas a la retracción, ya que la resistencia a la compresión es mucho mayor que a la tensión.

d) Entumecimiento debido a la oxidación del armado.

Este tipo de fisuración constituye un importante problema para estructuras de concreto armado. El aumento de volumen de acero, aproximadamente unas 10 veces, somete al concreto circundante a tensiones.

Las fisuras que origina son paralelas a los armados y permite la propagación de la corrosión química.

VI.4.- Como evitar las fisuras en la superficie del concreto.

Las losas delgadas de gran longitud, como las utilizadas en pavimentación y canalización son especialmente susceptibles a la fisuración al verse sometidas a condiciones ambientales desfavorables.

El terreno de sustentación de estos elementos estructurales debe de ser firme, estar perfectamente nivelado, ser capaz de soportar las cargas previsibles y tener el grado de humedad adecuado en el momento de la colocación del concreto.

El concreto a utilizar debe de estar dosificado en función de las características de la obra.

Las operaciones de acabado de la superficie del elemento de concreto deben reducirse al mínimo y es aconsejable que una vez finalizadas estas operaciones de acabado, la superficie sea protegida hasta que comience el proceso de curado.

Fisuración durante la fase constructiva

Los tipos de fisuras que aparecen en los pavimentos durante las fases de construcción pueden derivarse en:

- Fisuras por retracción.
- Fisuras por retracción superficial.
- Fisuras por deformación.

Las fisuras por retracción vienen originadas por la desecación de la zona superior de la losa y pueden alcanzar profundidades superiores a los 25 mm. Estas fisuras son por lo general de trazado corto y se desarrollan más o menos paralelamente al eje central, aunque no necesariamente.

La causa principal, origen de esta fisuración es la excesiva y rápida pérdida de humedad que se puede deber a alguna o algunas de las siguientes razones:

- Terreno de sustentación seco.
- Utilización de agregados secos.
- La evaporación producida por el calor o los vientos secos.

Otras causas pueden ser la presencia de un exceso de agregados finos en el concreto, un exceso de agua en la mezcla o un retraso en el comienzo del proceso de curado.

Este tipo de fisuración se puede prevenir eliminando las posibles causas de su origen, que son:

- Estudiando la dosificación del concreto, reduciendo el contenido de agregados finos y de agua.
- Humedeciendo el terreno de sustentación y los agregados utilizados en la fabricación del concreto.
- Comenzando tan pronto como sea posible el proceso de curado.

Las fisuras por retracción superficial muy finas y superficiales se conectan entre sí, describiendo figuras semejantes a la de la piel de cocodrilo. Su origen es la retracción de la pasta de cemento que ha sido transportada a la superficie por un exceso de vibrado.

También aparecen estas figuras cuando se rocía agua sobre la superficie para facilitar las operaciones de acabado, o cuando el agregado utilizado en la fabricación del concreto porta un exceso de polvo que provoca la exudación.

El calor y la sequedad del viento son también factores causantes de este tipo de fisuras.

Manual de consejos prácticos en la elaboración del concreto

Por: Héctor David Machuca Barbosa

Las fisuras por deformación que desarrollan a través de la losa son debidas a las perturbaciones que sufre el concreto antes de su endurecimiento. Dichas perturbaciones pueden tener su origen en alguna o algunas de las razones siguientes:

- Deformaciones del terreno de sustentación.
- Movimiento de las cimbras.
- Los agregados muy absorbentes pueden dar lugar a veces a una fisuración de este tipo.

Generalmente los concretos serán más fisurables cuando sean más fluidos.

A veces ciertos suelos sufren deformaciones al absorber humedad y, en consecuencia, las losas que reposan sobre estos suelos están expuestas a la fisuración por deformación del terreno, al absorber este el agua del concreto.

Fisuración posterior a la fase constructiva.

Las fisuras que se desarrollan en las losas de concreto se deben, por lo general, a descuidos en las prácticas constructivas.

La fisuración transversal y la fisuración próxima a las juntas tienen su origen en una mala colocación de los conectores. Estos conectores deben de ser dispuestos paralelamente a la base de sustentación y al eje central de la losa. Los elementos en los que se sitúan los conectores deben de poder mantenerlos en la situación precisa, para permitir el subsiguiente deslizamiento en el concreto endurecido.

Las fisuras transversales pueden tener su origen en un fallo del terreno de sustentación o en la resistencia del terreno al deslizamiento del concreto, que a su vez, consecuencia de sus desviaciones dimensionales.

Las fisuras longitudinales aparecerán si se ejecutan pavimentos excesivamente anchos en una sola operación. Se estima que la anchura de las losas no debe exceder de los 5 metros, sin una junta de construcción.

Las fisuras longitudinales pueden resultar de un asentamiento diferencial de la losa. Esto último puede resultar de un reblandecimiento del terreno de sustentación por infiltración de agua bajo la losa a causa de un drenaje deficiente.

VI.5.- Las juntas en el concreto pueden evitar la fisuración.

Juntas de construcción

Una junta es una superficie plana, intercalada entre dos elementos de concreto; el segundo elemento se ha colocado contra o sobre el primero una vez que este último ha endurecido.

Las juntas de construcción pueden ser horizontales, como en los pilares, o verticales, como en las losas, y su situación debe venir indicada en los planos del proyecto.

Cuando por cualquier razón, se hace necesario disponer una junta, ésta deberá estar situada en un plano normal a la dirección de la armadura y en la zona de esfuerzo cortante mínimo. En losas o vigas simplemente apoyadas, el mínimo de esfuerzos cortantes está en las proximidades del centro del vano.

Los armados son normalmente continuos a través de las juntas de construcción, debiendo preverse conectores en caso contrario.

Una vez que el concreto haya alcanzado suficiente resistencia, se retirará la cimbra y se procederá a tratar la junta. El tratamiento puede realizarse bien con chorro de agua de caudal y presión suficiente para eliminar de la superficie la pasta de cemento, bien con chorro de arena húmeda. Estos tratamientos deberán realizarse cuando se espere que los áridos no vayan a desprenderse del concreto.

Las cualidades de una buena junta son la regularidad y la lisura de superficie, evitándose los resaltos y depresiones producidos por los áridos.

Juntas de contracción

El concreto de grandes superficies exige la ejecución de juntas de contracción con objeto de controlar la fisuración.

La localización de las juntas debe venir especificada en localización y ejecución en los documentos de proyecto.

Hay varios métodos de la ejecución de las juntas de contracción. Uno de ellos consiste en hacer un surco en la superficie del concreto, debiendo quedar perfectamente trazada la junta sobre el concreto endurecido.

En otros procedimientos se sitúa en el concreto fresco un listón de madera o metal que luego se retira, quedando una ranura en el concreto.

Se debe procurar siempre dar a la ranura un buen acabado, dejando sus extremos redondeados y procurando que el surco quede limpio de concreto o agregados.

Trazadas las juntas, se rellenan para evitar la entrada de cualquier material y la filtración del agua.

Juntas de dilatación.

El objeto de una junta de dilatación es facilitar los movimientos del concreto debidos a sus cambios dimensionales.

Las juntas de dilatación en los puentes deben estar previstas para compaginar los movimientos a los que esta sometido el concreto como consecuencia de los cambios térmicos y las necesidades de disponer de una superficie continua al tráfico.

Las juntas de dilatación deben preverse también en grandes edificios.

Las juntas de dilatación se pueden ejecutar por medio de listones durante la colocación del concreto. Tanto la localización como la ejecución deben venir especificados en los documentos del proyecto.

La inspección de la localización y ejecución de las juntas incluye la comprobación de los conectores que estén debidamente alineados.

Un conector o junta, no debidamente alineado, es causa segura de un desconchamiento en cualquier movimiento.

Debe prestarse gran atención durante el vertido del concreto, con el fin de evitar cualquier movimiento en el montaje de la junta.

Igualmente debe vigilarse que la junta esté limpia finos y de cualquier proyección de concreto, antes de su endurecimiento.

VI.6.- Cómo reparar los defectos superficiales en el concreto.

Las fisuras que aparecen en el concreto son los síntomas que permiten intuir la existencia de condiciones que le afectan adversamente. Por ello la reparación de las fisuras puede o no ser eficaz si dichas condiciones adversas no son primeramente eliminadas.

Antes de comenzar a reparar cualquier fisura, ésta debe quedar perfectamente limpia. Si la fisura es fina es suficiente un chorro de aire a presión. Fisuras más desarrolladas necesitan de una limpieza más cuidadosa, quitando todo el concreto afectado por la fisuración y todo el material extraño que se pueda haber introducido.

Tanto cuando se utiliza mortero como cuando se utilizan resinas epoxy, para la reparación de fisuras, el concreto debe estar perfectamente seco, extremándose las precauciones al utilizar resinas epoxy.

En aquellos casos en que la reparación tenga una finalidad fundamentalmente estética, la elección de los materiales y métodos a utilizar debe ser muy cuidada, pues en caso contrario la reparación resaltará en el conjunto.

Reparaciones con materiales asfálticos.

Manual de consejos prácticos en la elaboración del concreto

Por: Héctor David Machuca Barbosa

Cuando se prevea que el elemento de concreto vaya a estar sometido a deformaciones con cierta continuidad, las fisuras deberán llenarse con productos plásticos. Estos materiales mantienen su plasticidad y permiten pequeños movimientos del concreto sin romperse. Son especialmente aconsejables estos productos cuando se trata de evitar la filtración de agua a través de la fisura.

La aplicación de estos productos puede aplicarse en caliente o frío. Los que se aplican en caliente son una mezcla de asfalto, caucho y un filler o materiales semejantes, generalmente de color negro. Hay también filler asfálticos para su aplicación en frío, aunque son preferibles los de aplicación en caliente.

Recientemente se han utilizado con ventaja las resinas epoxy, que prestan unas ventajas de ligazón superiores siempre que las superficies de la fisura se hayan preparado adecuadamente.

Reparación con mortero.

Las fisuras de gran desarrollo pueden rellenarse con mortero.

El mortero utilizado consta con una parte de cemento Portland y dos partes y media de arena que pasa por la charola de 1/2". El mortero tendrá una consistencia tal, que una bola moldeada con la mano, sea capaz de mantener su forma.

Es recomendable utilizar cemento blanco, con objeto que la reparación resalte lo menos posible.

El mortero se vierte en la fisura y se compacta por picado, alisando la superficie con una paleta de madera.

La reparación se finaliza curando el mortero bien con agua, bien con un compuesto de curado.

La ligazón entre el mortero y el concreto se mejora utilizando productos tales como resinas epoxy y látex.

Las resinas epoxy se aplican a las superficies del concreto y el látex se puede añadir al mortero.

Reparaciones con resinas epoxy.

Las pequeñas fisuras se pueden llenar con resinas epoxy mediante inyección.

Para ello se hacen perforaciones de unos 25 mm. de profundidad a lo largo de la fisura y a unos 60 cm. de distancia de su trazado: En estas perforaciones se colocan los dispositivos de inyección.

Una vez realizadas estas operaciones, se sella la superficie del concreto fisura con resina epoxy, procurando dejar pequeñas deformaciones cada 15 cm. a lo largo de la fisura.

Cuando la resina superficial haya pasado el periodo de curado, se rellena la fisura con resina epoxy,

utilizando para ello los dispositivos de inyección.

Las fisuras de mayor desarrollo se pueden rellenar con un mortero epoxy que consiste en una mezcla de resina y arena normalizada en proporción de uno a tres. Una vez limpia la fisura, se vierte el mortero, asegurando el llenado completo de la fisura mediante la colocación del mortero con elementos adecuados como espátulas.

VI.7.- Como evitar los huecos en la superficie del concreto.

Con frecuencia suelen aparecer en las superficies de concreto que han estado en contacto con las cimbras, pequeños huecos de diámetros próximos a 15 mm. En algunas ocasiones estos huecos están cubiertos por una delgada capa de pasta seca que se desprende con la presión de los dedos, dejando a la vista el hueco previamente invisible.

Estos huecos pueden ser el resultado de bolsas de aire o de pequeñas concentraciones de agua. Son casi imposibles de evitar en superficies verticales y aparecen con seguridad en superficies inclinadas.

Se ha discutido la influencia del aire ocluido en la aparición de estos desperfectos superficiales; basta decir sin embargo que estos defectos se han presentado tanto antes de utilizar aire ocluido como ahora.

Estos huecos por lo general no son perjudiciales para el concreto, a no ser que el concreto esté expuesto a condiciones ambientales adversas. En estas condiciones los huecos, actúan como pequeños receptáculos, pueden almacenar agua que al helarse, disgregan el concreto.

Recomendaciones.

Deben evitarse las mezclas viscosas con un exceso de arena.

La composición del agregado debe presentar una buena granulometría, evitando un exceso de finos.

El concreto debe tener una consistencia ni demasiado fluida ni demasiado seca, con un revenimiento de 5 a 7.5 cm. en aquellos casos en que las características de la obra y los medios de puesta en obra lo permitan.

La observación de las siguientes reglas ayudará a minimizar la formación de huecos:

- La colocación de concreto no se debe realizar con excesiva rapidez, se deberá colocar el concreto en capas de un espesor máximo de 30 cm. y vibrar cada capa.
- En el caso de superficies inclinadas, la vibración debe ser la necesaria para conseguir la debida compactación.
- En el caso de superficies verticales, efectuando un vibrado un poco más enérgico que el que normalmente se realiza.
- Utilizando vibradores de superficies, acoplados a las cimbras.

- Picando con una barra la zona de concreto próxima a la superficie de la cimbra, simultáneamente a la compactación por vibrado de la masa de concreto.
- Utilizando cimbras provistas de finísimas ranuras que permitan la salida de aire y agua pero no de mortero.
- Utilizando, en aquellos casos en que la ausencia de huecos sea una exigencia primordial y los costos lo permitan, cimbras provistas de forros absorbentes.

Reparación.

En ocasiones se hace necesario reparar las superficies de concreto, rellenando los huecos.

Un primer método consiste en extender sobre la superficie de concreto, previamente humedecida, un mortero de consistencia seca, constituido por una parte de cemento y dos de arena que pase por la malla de 1/2". Acabado al extendido se limpia la superficie del concreto con una llana, comprobando que los huecos hayan quedado rellenos y a nivel de la superficie. Posteriormente se realizará el proceso de curado, bien con agua, bien con productos de curado. Es recomendable utilizar cemento blanco.

Un segundo método consiste en el extendido de un mortero de menor consistencia, sometiendo posteriormente la superficie del concreto a un cepillado con carborundo. Un espesor recomendable para la capa de mortero de 0.75 mm.

VI.8.- Eflorescencias en el concreto.

Las eflorescencias son depósitos de sales cristalinas que aparecen en la superficie del concreto endurecido. Su origen es debido a la circulación del agua dentro de la masa del concreto.

Casi todos los concretos están más o menos sometidos a este efecto.

Al ser el concreto un material poroso y presentar en muchos casos además fisuración, el agua circula por su interior y lleva a la superficie el hidróxido de calcio que proviene de la reacción entre el cemento y el agua. Después de evaporada el agua, el hidróxido de calcio que se encuentra en la superficie reacciona con el hidróxido de carbono del aire, formando carbonato de calcio que es el compuesto de color blanco que constituye el depósito cristalino.

En otros casos, que se presentan con menor frecuencia, las eflorescencias son originadas por el cloruro de sodio o sales minerales que se encuentran en el agua de mezclado, o por la materia orgánica que contengan los agregados o aguas utilizadas en la fabricación del concreto o por materias introducidas en la masa del concreto por el agua circundante.

Tratamiento:

En aquellos casos en que sea preciso eliminar las eflorescencias, hay que intentarlo en primer lugar mediante un lavado con agua.

Si no se consigue su eliminación de esta manera, hay que recurrir a la utilización de una disolución de ácido clorhídrico. Esta disolución tiene una relación agua ácido de diez a uno.

La superficie de concreto a tratar se humedece previamente con agua, después se vierte la disolución de ácido clorhídrico y finalmente se lava la superficie concienzudamente con agua.

El manejo de ácido clorhídrico por su naturaleza corrosiva debe de ser cuidadoso, protegiendo a los operarios con las ropas adecuadas.

Conviene previamente y con el objeto del tratamiento, ensayarlo en una área reducida.

Unas dosificaciones bien estudiadas en unión a una compactación y curado adecuados, conduce por una parte a unos concretos más compactos y en consecuencia más impermeables y, por otra, a prevenir la fisuración, y por tanto, las vías de penetración del agua.

Las juntas de construcción se deberían evitar en lo posible, ejecutándolas adecuadamente cuando sean necesarias.

En ocasiones se difunden las eflorescencias con el fenómeno, que consiste en la aparición en la superficie del concreto, durante la fase de consolidación o inmediatamente después, de una sustancia de color gris claro o casi blanco, compuesta por partículas de cemento, agua o partículas arcillosas procedentes de los agregados.

Esta capa, que carece prácticamente de resistencia, es especialmente indeseable en las juntas de construcción, impidiendo una unión correcta entre el concreto ya colado y las sucesivas tongada de concreto fresco.

La presencia de cantidades en exceso de lodos, arcillas y polvo en los agregados, aumenta la probabilidad de que se forme esta capa en las superficies horizontales de concreto.

Por otra parte, los concretos fluidos presentan una clara tendencia a la segregación durante la compactación, transportando estos materiales finos a la superficie.

VI.9.- Cómo evitar manchas en la superficie de concreto

Las manchas en la superficie de concreto pueden ser debidas a dos causas:

- A materiales incorporados al concreto durante su proceso de fabricación.
- A materiales que han entrado en contacto con el concreto endurecido.

Manchas debidas a materiales incorporados al concreto durante su proceso de fabricación:

- Cuando ciertas piritas contenidas en el agregado utilizado para la fabricación del concreto se encuentran próximas a su superficie, se oxidan e hidratan, dando lugar a coloraciones mayores.
- La detección en agregado de estas piritas se realiza sometiendo los elementos, objeto de duda, a un tratamiento con agua de cal. Las piritas reactivas producirán un precipitado de color marrón en pocos minutos, mientras que las no reactivas permanecerán estables sin precipitar.
- Cuando se utiliza cloruro de calcio para acelerante pueden, en ocasiones, aparecer nódulos en la superficie del concreto, causantes de manchas, a no ser que el cloruro se añada al concreto en solución.
- Causas de la aparición de manchas son la colocación inadecuada de acero de refuerzo en contacto con la cimbra, que da lugar a una oxidación de estas o a la presencia en las cimbras de puntas u otros objetos metálicos que entren en contacto con la superficie del concreto.

Manchas debidas a materiales que han entrado en contacto con el concreto endurecido:

El concreto debido a su estructura, presenta una capacidad muy elevada para absorber la mayoría de los materiales que vierten en su superficie.

La eliminación de las manchas es siempre difícil. Se utilizan diversos compuestos para limpiar las superficies, dependiendo del material vertido. Se hará referencia a la eliminación de grasas, pinturas y tintas.

- Grasas: La eliminación de las manchas que tienen su origen en un vertido de grasa, requiere en primer lugar un raspado de la zona afectada, encendida la zona se somete a un tratamiento con chorro de arena, jabón, fosfato trisódico o detergente. Finalmente se somete la superficie seca a un tratamiento mediante la aplicación de una pasta de tierra de diatomeas y benzol, repitiendo este tratamiento hasta no conseguir mejoras.
- Pinturas: Si la pintura está fresca, primeramente se absorbe mediante paño u otros materiales absorbentes; seguidamente la zona se somete a un tratamiento con chorro de arena y agua.

La pintura seca se elimina sometiendo la zona a un tratamiento con dicloro-metileno durante unos minutos, y seguidamente a un lavado con agua. En unos casos puede ser necesario finalmente un tratamiento con chorro de arena y agua.

- Tintas: La mayoría de tintas ordinarias se pueden eliminar con una solución comercial de hipoclorito de sodio, saturando un paño blanco con dicha solución y aplicándolo a la tinta.

En caso de no ser efectivo este tratamiento se puede recurrir a utilizar una solución de agua amoniacal.

**ESTA TESTS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

VII.- CIMENTACIONES DE CONCRETO.

VII.- CIMENTACIONES DE CONCRETO.

VII.1.- Cómo prevenir defectos en las cimentaciones.

Entre los factores que hay que considerar al planear una cimentación, es preciso recalcar los relativos a una adecuada investigación geotécnica de la zona, a una correcta interpretación de los resultados obtenidos en la investigación, a un diseño de elementos que sean resistentes, estables, durables y transmisores de tensiones admisibles por el terreno, y a una ejecución cuidadosa.

Los cuidados que precisa la ejecución de una cimentación están básicamente citados anteriormente, y por esto se harán referencias a particularidades de cimentación por pilotes y a muros de pantalla.

Cimentaciones por pilotes hincados a percusión.

Son las realizadas mediante hincas en el terreno, por percusión sobre su cabeza, sin rotación, de pilotes de concreto armado, concreto pretensado, acero o madera.

El concreto a emplear en la ejecución del pilote no deberá tener una dosificación en cemento inferior a 350 kg/m³ y el tamaño máximo del agregado no deberá ser superior a 25 mm.

Las cimbras a utilizar serán lo suficientemente robustas para que las caras de los pilotes queden bien planas y lisas.

El colado se hará de una sola vez y sin interrupciones, cuidando especialmente que los armados queden bien fijos.

El período de curado se prolongará lo necesario para que los pilotes adquieran la resistencia precisa para su transporte e hincas. Si los pilotes debieran de ser hincados en terrenos agresivos, o quedar expuestos al agua de mar, el período del agua no deberá ser inferior a 28 días, deberán ser protegidos con pintura protectora adecuada.

Cimentaciones de pilotes de concreto armado y moldeado "in situ".

Son las realizadas mediante pilotes de concreto armado, cuya ejecución se efectúa perforando previamente el terreno y se va llenando la excavación con concreto armado.

El concreto armado tendrá una docilidad suficiente para garantizar una continuidad absoluta de su ejecución, aún extrayendo la entubación con una consistencia líquida, y no será atacable por el terreno circundante.

En el colado de pilotes se pondrá el mayor cuidado en conseguir que el pilote quede, en toda su longitud, con su sección completa; sin huecos, bolsas de aire o agua, coqueas, cortes o estrangulaciones. Se evitarán el deslavado y la segregación del concreto fresco.

En los pilotes de entubación cerrada o en los de entubación abierta con tapón, ésta se limpiará de modo que no quede tierra, agua, ni objeto ni sustancia que pueda producir disminución en la resistencia del concreto.

En los demás tipos de pilotes de excavación a cielo abierto se procederá, inmediatamente antes del comienzo del colado, a una limpieza cuidadosa del fondo del taladro. Si la sedimentación en dicho fondo rebasa los 5 cm., se echará en el mismo un volumen de gravilla uniforme, sin nada de arena, equivalente a unos 15 cm. de altura dentro del taladro perforado.

Los armados longitudinales se asentarán sobre una ligera capa de concreto de altura inferior al diámetro del pilote, se dispondrá bien centrada y sujeta.

El colado se puede hacer en seco o en la excavación llena de agua para este último, el concreto se colocará por medio de una cuchara, tubo, bomba u otros elementos que impidan su deslavado.

Pantallas continuas de concreto armado y moldeado "in situ".

Son las paredes construidas mediante la perforación en el terreno de zanjas profundas y alargadas y su relleno posterior de concreto, constituyendo una estructura continua, capaz de resistir empujes laterales y cargas verticales.

Si las características del terreno lo exigen, la perforación de la zanja se realizará empleando bentonita.

El concreto para la pantalla deberá tener una consistencia líquida conseguida mediante el empleo de superfluidificantes, revenimiento entre 14 y 18 cm., y la dosificación en cemento no deberá ser inferior a 350 Kg./cm².

El colado se efectuará siempre mediante tubería que se situará centrada en el panel y se introducirá a través de la bentonita hasta el fondo de la excavación, y llevará en cabeza una tolva para la recepción del concreto.

El colado se hará de forma continua. Si durante el proceso hiciera falta levantar la tubería, ésta se mantendría dentro de la masa de concreto en una longitud mínima de 5 m. para colado bajo bentonita en seco.

VII.2.- Algunos tipos de cimentaciones.

La ingeniería de cimentaciones no es una ciencia exacta, se requiere suficiente precisión. Este propósito se logra cuando el propósito de la cimentación en el campo concuerda aproximadamente con las predicciones y los factores de seguridad usados.

El ingeniero de cimentaciones debe adquirir experiencia en el comportamiento del material en el campo y de las

desviaciones que puedan ocurrir debido al diseño y cálculos teóricos que se apliquen, debe de procurar especificar los métodos de construcción, el suelo debe considerarse como un material de dos fases, esto es: La fase sólida representada por el esqueleto estructural y la fase líquida que queda representada por el agua. Lo que implica el conocimiento de las propiedades, esfuerzo - deformación - tiempo de los materiales, la masa de suelo a bajo presiones hidráulicas y del estado hidrodinámico, cambios durante la construcción ó condiciones futuras a las que quede sujeta la obra durante su vida.

Las propiedades del suelo son más complejas que cualquier otro material, existen dos problemas principales: primero, la capacidad de la carga del suelo y segundo, si los hundimientos totales y diferenciales son compatibles con la estructura seleccionada y además con los requisitos que demande el proyecto estructural y arquitectónico.

A continuación se hará una revisión de los tipos principales de cimentación que se adapta a las características de los diferentes suelos, siendo también de suma importancia considerar la geometría del edificio.

Los sedimentos no consolidados donde generalmente se pueden apoyar cimentaciones se pueden clasificar desde un punto de vista práctico en seis grupos: residuales, eólicos, aluviales lacustres, marinos y pie monte, los depósitos de origen volcánico y glaciario se pueden clasificar en los grupos anteriores, la diferencia es únicamente de que se trata de material de características y ocurrencia piroclástica o clástica respectivamente, ya que los agentes de erosión y transporte como es el agua, el vapor de agua y la gravedad son los mismos.

1.- Cimentación en suelos residuales:

El tipo de cimentación en suelos residuales es a veces difícil de predecir. Generalmente son materiales superficiales que podrán soportar zapatas aisladas o continuas y se encuentran generalmente con compresibilidad media. Las zapatas continuas uniendo las cargas de la estructura por medio de vigas son especialmente útiles para puntear las cargas fuertes y controlar los hundimientos diferenciales a los requeridos por el proyecto.

Cuando el suelo es de tipo expansivo podrán utilizarse cimentaciones de losas corridas nervuradas para aumentar la rigidez. En el uso de zapatas aisladas, continuas ó losas corridas deberán efectuarse análisis de hundimientos. La capacidad de carga de estos suelos pueden variar de 0.5 Kg./cm² a 4 Kg./cm²

2.- Cimentaciones sobre sedimentos eólicos.

Cuando se colocan cimentaciones sobre suelo eólico, es necesario determinar las propiedades mecánicas al esfuerzo cortante. Cuando el material retiene su humedad indefinidamente podrían utilizarse zapatas aisladas, y para cargas mayores zapatas continuas ó losas corridas. Es raro encontrar la necesidad de utilizar cimentaciones profundas a base de pilotes ó pilas. Los depósitos eólicos modificados pueden considerarse de mejor calidad de manera que cualquier tipo de cimentación ya sean zapatas aisladas o continuas pueden usarse con seguridad. En general la capacidad de carga permisible en estos sedimentos varía entre 1 Kg./cm² y 4 Kg./cm². Los hundimientos sin embargo deberán estimarse de acuerdo con las características esfuerzo - deformación del suelo y las condiciones ambientales hidráulicas a que esté sujeto el lugar en cuestión. Generalmente no se presentan problemas de hundimientos excepto cuando los sedimentos se encuentran muy sueltos o cuando sufren cambios importantes de humedad bajo el área de cimentación.

3.- Cimentaciones sobre depósitos aluviales:

Estos sedimentos están generalmente bien graduados y se encuentran con compresibilidades medias o muy bajas. Cuando los sedimentos quedan bien confinados, los problemas de cimentación se reduce a un mínimo. En general se puede usar zapatas aisladas.

En caso de sedimentos aluviales en las llanuras de inundación de ríos o cerca de los lagos constituidos por limos areno - arcillosos podrán usarse zapatas continuas o losas corridas para soportar las cargas de cimentación. Sin embargo pueden presentarse casos, en estos lugares, en que tuviera que usarse una cimentación compensada o el uso de pilotes o pilas para el apoyo de cargas grandes.

4.- Cimentaciones en sedimentos marinos o lacustres.

Los sedimentos finos y muy finos como lo son los limos y las arcillas, se depositan cuando el agua en movimiento pierde su velocidad, como en los lagos, lagunas marginales, estuarios y deltas submarinos. Estos sedimentos se encuentran en la naturaleza con compresibilidades desde media, alta y muy alta pueden contener materia coloidal, o pueden estar constituidos totalmente de materia orgánica como es el caso de la turba.

Las propiedades mecánicas de esfuerzo - deformación son complicadas si se comparan con otros sedimentos ya que estos materiales exhiben fuerte viscosidad intergranular en su comportamiento mecánico, de tal manera que las propiedades esfuerzo - deformación - tiempo deben ser investigadas para poder estimar hundimientos y el comportamiento de la cimentación. Debido a su muy baja permeabilidad se presenta el fenómeno de consolidación, el cual es muy importante porque retarda la deformación con el tiempo. Este procedimiento hidrodinámico no puede omitirse en el cálculo o diseño de la cimentación. En este caso deberán usarse cimentaciones compensadas con pilotes de fricción, esto es, cuando no es posible usar cimentaciones piloteadas apoyadas en depósitos firmes a poca profundidad.

Este tipo de cimentación requiere una cimentación monolítica de tipo cajón con objeto de hacer uso de la supresión del agua en el diseño de la cimentación. Debe tomarse en cuenta que el material está constituido de una fase sólida y otra líquida. La compensación de la cimentación se hacen entonces sumando los dos efectos. esto es, la sustitución de los esfuerzos efectivos a la profundidad de desplante de la caja de cimentación, y el efecto de flotación debido al peso de agua desplazado . Los efectos deberán igualar al peso total del edificio. La fase sólida gobernará las deformaciones debido al cambio de esfuerzos efectivos inducidos en el esqueleto estructural del suelo y deberá investigarse desde el punto de vista de esfuerzo cortante y de hundimientos totales y diferenciales. El peso del edificio se compensará excavando a una profundidad tal que permita obtener suficiente capacidad de carga y reducción de desplazamientos verticales a una magnitud satisfactoria. Los hundimientos diferenciales se controlarán dando rigidez a la cimentación, el comportamiento mecánico será controlado por la fase sólida debido a los cambios de esfuerzos efectivos.

El comportamiento futuro de la cimentación será función importante del proceso de excavación y de la forma con que se controlen las presiones hidráulicas en él. Así, durante la sustitución de la carga se provocan cambios pequeños en los esfuerzos efectivos y en las presiones hidráulicas entonces no se verificarán hundimientos verticales sensibles en la superficie del suelo. Teóricamente el concepto elemental de este tipo de cimentaciones es el de lograr un cambio mínimo en los esfuerzos efectivos durante las excavaciones y construcción de la cimentación.

Cuando una cimentación compensada, como ha sido descrita, no es suficiente para soportar la carga con hundimientos totales tolerables a pesar de haberse diseñado la cimentación con suficiente rigidez para evitar hundimientos diferenciales dentro de la cimentación misma, entonces se utilizarán pilotes de fricción en conjunto con este tipo de cimentación, por lo que este tipo de cimentación toma el nombre de cimentación compensada con pilotes de fricción y puede usarse en depósitos compresibles altos a muy altos que se extienden a gran profundidad. Los pilotes de fricción refuerzan la parte superior donde se encuentran mayor compresibilidad, sin embargo, su aplicación requiere que la compresibilidad del subsuelo disminuya con la profundidad, con objeto de que los pilotes sean efectivos en la zona donde el suelo presenta alta a muy alta compresibilidad.

El éxito de este tipo de cimentaciones depende altamente de la forma en que son clavados los pilotes, su espaciamiento y su longitud y del procedimiento con que sean efectuadas las excavaciones y del control de las condiciones hidráulicas del subsuelo

5.- Cimentaciones en depósitos de piemonte:

Los depósitos de piemonte son los depósitos que se depositan al pie de las montañas debido a las avalanchas, deslizamientos o bien por la inestabilidad de la parte superficial de las pendientes, Estos depósitos tienen material de todas clases y granulometría variable incluyendo vegetación en grandes fragmentos y hasta materia orgánica fina. La compresibilidad y el esfuerzo cortante es muy variable para soportar las cargas de las columnas de los edificios, la localización deberá investigarse una por una y generalmente la forma más satisfactoria y segura de cimentar es el uso de las pilas a una profundidad a la que se encuentre un depósito firme.

6.- Depósitos volcánicos recientes:

La forma de atacar el problema es similar a las de pie monte. Las cimentaciones son de forma y profundidad variable, generalmente de zapatas o pilas de profundidad variable para soportar cada columna o muro del proyecto en cuestión.

Algunos de los principales factores que intervienen en el diseño de una cimentación, ver tabla 21:

Tabla 21

Localización	Tipo de obra
Condiciones estatigráficas e hidráulicas	Estructuración
Propiedades mecánicas.	Destino
Sismicidad	Materiales
Topografía	Cargas
Etc.	Etc.

Tipos de cimentaciones:

1.- Someras: en general, se refieren a las cimentaciones en las que la profundidad de desplante no es mayor

que un par de veces el ancho del cimiento; sin embargo, que no existe un límite preciso en la profundidad de desplante que separe a una cimentación poco profunda (como lo es en este caso) de una profunda.

- Zapatas aisladas: son elementos estructurales, generalmente cuadrados ó rectangulares y más raramente circulares, que se construyen bajo las columnas con el objeto de transmitir la carga de éstas al terreno en una mayor área, para lograr una presión apropiada. En ocasiones las zapatas aisladas soportan más de una columna: Las zapatas aisladas se construyen generalmente de concreto reforzado.
- Zapatas corridas: son elementos análogos a los anteriores, en los que la longitud supera en mucho al ancho. Soportan varias columnas ó un muro y pueden ser de concreto reforzado o de mampostería, en el caso de cimientos que transmiten cargas no muy grandes.
- Losas y cajones de cimentación: son elementos que se realizan cuando la resistencia del terreno sea muy baja o las cargas sean muy altas, las áreas requeridas para apoyo de la cimentación deben aumentarse, llegando al empleo de losas de cimentación, construidas de concreto reforzado, las que pueden llegar a ocupar toda la superficie construida.

2.- Compensadas: en este caso de cimentaciones, se trata de desplantar a una profundidad tal que el peso de la tierra excavada iguale al peso de la estructura, de tal manera que al nivel de desplante el suelo, por así decirlo, no sienta la substitución efectuada, por no llegarle ninguna presión en añadiduría a la originalmente existente.

- Sobrecompensadas: Comparando la presión total transmitida en forma permanente por la estructura "w", con el esfuerzo total inicial al nivel de desplante "Pd", se determina las acciones de trabajo de la cimentación, que para este caso es; $W < Pd$.
- Compensadas 100%: Comparando la presión total transmitida en forma permanente por la estructura "w", con el esfuerzo total inicial al nivel de desplante "Pd", se determina las acciones de trabajo de la cimentación, que para este caso es; $W = Pd$.
- Semicompensadas: Comparando la presión total transmitida en forma permanente por la estructura "w", con el esfuerzo total inicial al nivel de desplante "Pd", se determina las acciones de trabajo de la cimentación, que para este caso es; $W > Pd$.

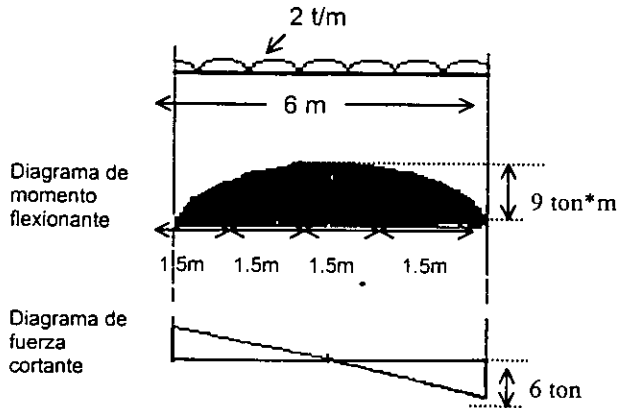
3.- Profundas: los elementos que forman las cimentaciones las cimentaciones que hoy se utilizan más frecuentemente se distinguen entre sí por la magnitud de su diámetro ó lado, según sean de sección recta circular ó rectangular, que son las más comunes.

- Pilas: Son elementos cuyo ancho sobrepasa 1.0 m, pero no exceden del doble de este valor. Para otros, es un elemento que trabaja exactamente igual a una zapata, transmite cargas a mayor profundidad que las que suele considerarse en aquellas, y se denomina pila, cuando la relación profundidad / ancho es 4 ó mayor, en tanto que para una zapata suelen considerarse relaciones del orden de uno. Las pilas se construyen de mampostería ó de concreto.
- Pilotes: son elementos muy esbeltos, con dimensiones transversales entre 0.30 m y 1.0 m, en general los pilotes utilizados tienen diámetros ó anchos comprendidos entre 0.30 m y 0.60 m; pueden ser de madera, concreto ó acero.
- Cilindros: son elementos de mayor sección que las pilas, con diámetros que oscilan entre 3.0 m y 6.0 m, se construyen huecos para apoyo de materiales y de peso, con un tapón en su punta y siempre se hacen de concreto.

VIII.- DISEÑO DE ELEMENTOS DE CONCRETO.

VIII.- DISEÑO DE ELEMENTOS DE CONCRETO.

VIII.1.- Diseño de una viga. (Usando el reglamento de construcciones del D.F.)



Datos:

$$f'c = 200 \text{ Kg./cm}^2$$

$$f_y = 4,200 \text{ Kg./cm}^2 \text{ (acero longitudinal)}$$

$$f_y = 3,000 \text{ Kg./cm}^2 \text{ (acero transversal)}$$

Constantes de cálculo:

$$f^*c = (0.8)(f'c) = (0.8)(200) = 160 \text{ Kg./cm}^2$$

$$f^*c = (0.85)(f^*c) = (0.85)(160) = 136 \text{ Kg./cm}^2$$

Diseño por flexión:

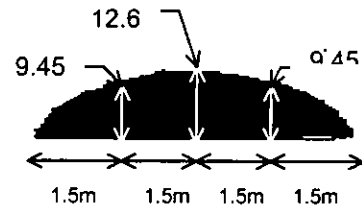
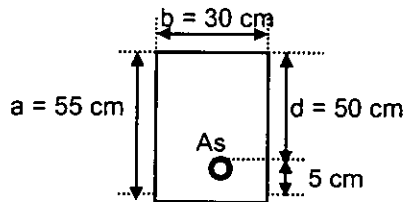
Para la combinación de cargas vivas y muertas; $F_c = 1.4$

Diagrama de momentos resistentes:

$$\text{Al centro del claro} = (9)(1.4) = 12.6 \text{ ton*m}$$

$$\text{A un cuarto del claro} = (6.75)(1.4) = 9.45 \text{ ton*m}$$

Suponiendo una sección transversal de $30 \times 55 \text{ cm}$:



Cálculo del acero de refuerzo (A_s), ver tabla 2 "diámetros, pesos y áreas de barras" de la referencia 10:

Al centro del claro:

$$M_u/bd^2 = (12.6 \times 10^5)/(30)(50)^2 = 16.8$$

$$p = 0.0047 = A_s/bd; \text{ Despejando: } A_s = 0.0047bd = (0.0047)(30)(50) = 7.05 \text{ cm}^2$$

Con este valor adoptamos un acero de 4 varillas del No. 5, ya que el A_s requerido es $7.92 \text{ cm}^2 > A_s$ calculado.

A $1/4$ del claro:

$$M_u/bd^2 = (9.45 \times 10^5)/(30)(50)^2 = 12.6$$

$$p = 0.0025 = A_s/bd; \text{ Despejando: } A_s = 0.0025bd = (0.0025)(30)(50) = 3.75 \text{ cm}^2$$

Con éste valor adoptamos 2 varillas del No. 5, ya que el A_s requerido es $3.95 \text{ cm}^2 > A_s$ calculado.

Cálculo del porcentaje de acero mínimo:

$$p_{\min} = \{(0.7)(f'c)^{1/2}\} / f_y = \{(0.7)(200)^{1/2}\} / 4,200 = 0.00236$$

$$A_{s_{\min}} = (0.00236)(30)(50) = 3.54 \text{ cm}^2; \text{ se trata de 2 varillas del No. 5.}$$

Revisión el recubrimiento mínimo:

El diámetro de la varilla del No. 5 es de 2.22 cm: $5 - 2.22/2 = 3.89 \text{ cm} > 2 \text{ cm}$; por lo tanto cumple con el mínimo requerido.

Revisión del momento unitario:

A $\frac{1}{4}$ del claro:

$$\rho = 3.95 / (30)(50) = 0.0026$$

$$q = (\rho)(f_y / f'_c) = (0.0026)(4,200 / 136) = 0.08$$

$$M_u = F r b d^2 \rho c q (1 - 0.5q) = (0.90)(30)(50^2)(136)(0.08)(1 - 0.5(0.08)) \times 10^{-5} = 7.05 \text{ ton}\cdot\text{m}$$

Al centro del claro:

Para 2 varillas del No. 5: $A_s = 3.95 \text{ cm}^2$:

$$\rho = 3.95 / (30)(50) = 0.00264$$

$$q = (\rho)(f_y / f'_c) = (0.00264)(4,200 / 136) = 0.0815$$

$$M_u = F r b d^2 \rho c q (1 - 0.5q) = (0.90)(30)(50^2)(136)(0.0815)(1 - 0.5(0.0815)) \times 10^{-5} = 7.18 \text{ ton}\cdot\text{m}$$

Para 1 varilla del No. 5: $A_s = 1.98 \text{ cm}^2$:

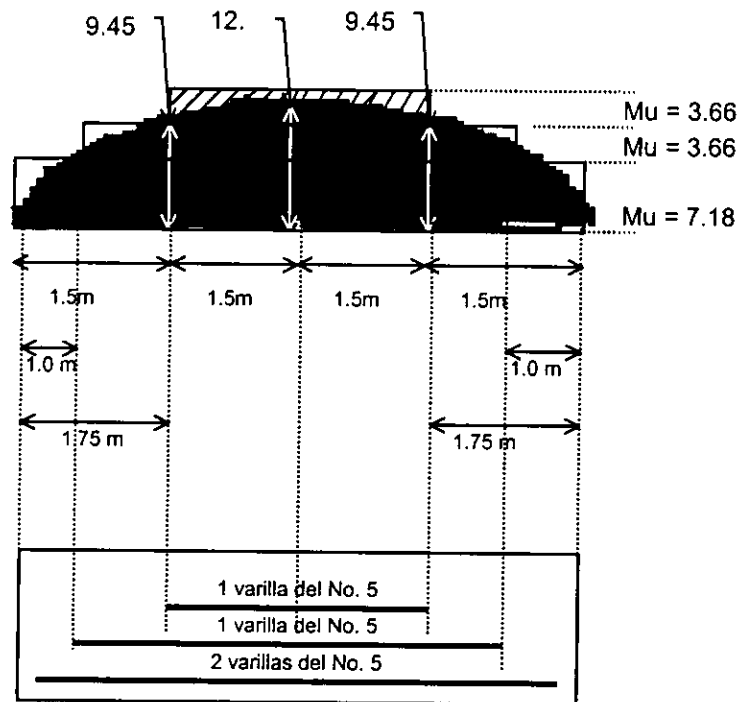
$$\rho = 1.98 / (30)(50) = 0.00132$$

$$q = (\rho)(f_y / f'_c) = (0.00132)(4,200 / 136) = 0.0407$$

$$M_u = F r b d^2 \rho c q (1 - 0.5q) = (0.90)(30)(50^2)(136)(0.0407)(1 - 0.5(0.0407)) \times 10^{-5} = 3.66 \text{ ton}\cdot\text{m}$$

Graficando para comprobar si el momento es resistido por nuestro diseño:

Como se puede apreciar en el diagrama; nuestro diseño esta sobrado, ya que la suma de momentos en la estructura se observa que la viga esta sobrada, esto se puede apreciar en el achurado del momento final.



Armado:

Cálculo de la longitud de anclaje (L_a):

Para 1 varilla del No. 5:

$$A_s = 1.98 \text{ cm}^2$$

$$d_b = 1.59 \text{ cm}$$

(diámetro de la varilla del No. 5)

$$L_{d_b} = \left\{ \frac{0.06 (A_s) (f_y) / (f'_c)^{1/2}}{0.006 (d_b) (f_y)} \right\} \geq$$

$$L_{d_b} = \{0.06\} \left\{ \frac{(1.98)(4,200)}{(200)^{1/2}} \right\} = 35.28 < 0.006(1.59)(4,200) = 40.068;$$

por lo tanto $L_{d_b} = 40 \text{ cm}$

Para varillas de lecho inferior $F = 1$;

$$L_a = (L_{d_b}) (F) = 40 \text{ cm}$$

Separación entre varillas:

$$S = \{30 - 2(2) - 4(1.59)\} / 3 = 6.54 \text{ cm} > 2 \text{ cm}; \text{ por lo tanto cumple con lo mínimo requerido.}$$

Revisión por cortante:

Cortante que toma el concreto: Para nuestro tomaremos el valor de ρ más alto, de acuerdo al diseño realizado, esto es para la sección que tiene 4 varillas del No. 5:

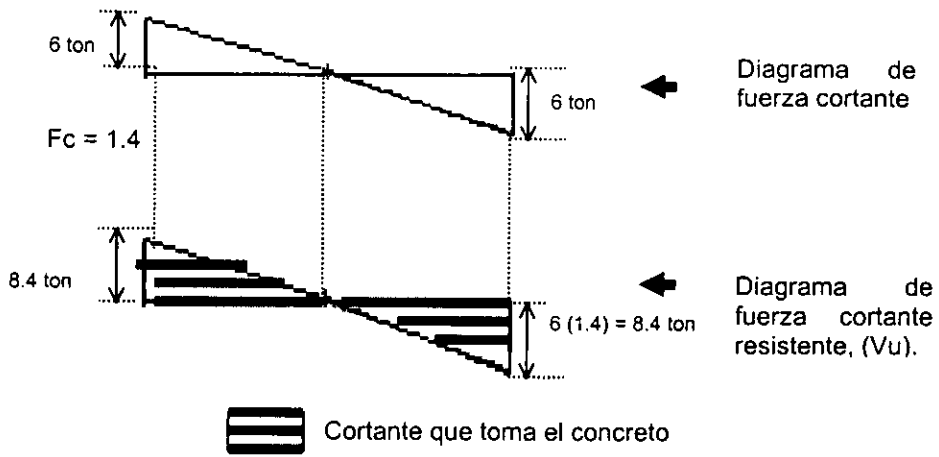
$$\rho = (4)(1.98) / (30)(50) = 0.005 > 0.01; \text{ por lo que usaremos la siguiente fórmula:}$$

$$V_{cr} = F r b d (0.2 + 30\rho) (f'_c)^{1/2} = (0.8)(30)(50)(0.2 + 30(0.005))(136)^{1/2} = 4,898 \text{ Kg} = 4.9 \text{ ton}$$

(aproximadamente); graficando para comprobar si el esfuerzo cortante del concreto es

resistido por nuestro diseño:

Diagrama de refuerzo transversal



VIII.2.- Dimensionamiento de una columna rectangular considerando el efecto de una fuerza cortante (NTC-87).

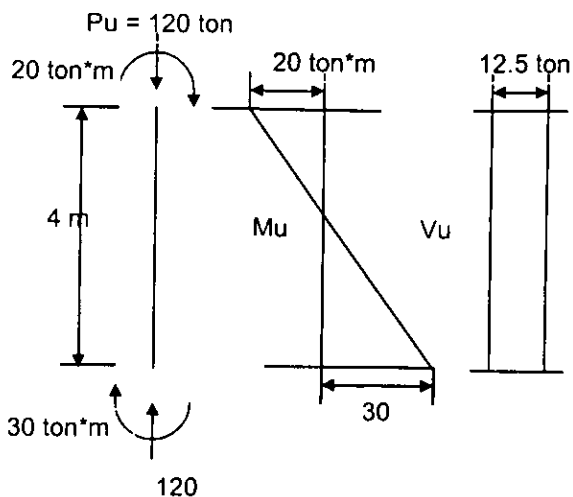
Datos:

$f'c = 250 \text{ Kg./cm}^2$
 $f_y = 4,200 \text{ Kg./cm}^2$
 Refuerzo en dos caras
 Recubrimiento al centro de las barras
 Determinar la sección y el esfuerzo teniendo en cuenta la influencia de la fuerza cortante.

Constantes para el cálculo:

$$f^*c = (0.80)(f'c) = 0.80 * 250 = 200 \text{ Kg./cm}^2$$

$$f^*c = (0.85)(f^*c) = 0.85 * 200 = 170 \text{ Kg./cm}^2$$



1º paso: Cálculo por flexocompresión:

Ver diagrama de interacción para el cálculo de "q", usar figura C.2 del apéndice C de la referencia 10.

Ver tabla 2 "diámetros, pesos y áreas de barras" para el cálculo de acero de refuerzo, de la referencia 10:

Suponer $b = 30 \text{ cm}$; $h = 45 \text{ cm}$; $d = 40 \text{ cm}$.

$$d/h = 40/45 = 0.89$$

$$k = Pu / (Fr * b * h * f^*c) = 120,000 / (0.70 * 30 * 45 * 170) = 0.75$$

$$R Mu / (Fr * b * h^2 * f^*c) = 30 * 10^5 / (0.70 * 30 * (45)^2 * 170) = 0.41$$

$$q = 0.90$$

$$p = q (f^*c / f_y) = 0.90 (170 / 4,200) = 0.0364$$

$$As = q * b * h = 0.0364 * 30 * 45 = 49.1 \text{ cm}^2$$

Usar 6 varillas del No. 11 = $57.5 \text{ cm}^2 > 49.1 \text{ cm}^2$

2º paso: Cálculo del refuerzo transversal:

Considerar estribos del No. 3

$$48 * 1 = 48 \text{ cm}$$

$$b/2 = 30 / 2 = 15 \text{ cm}$$

$$(850 * d_b) / (f_y)^{1/2} = (850 * 3.2) / (4,200)^{1/2}$$

Por lo tanto la separación de estribos = 15 cm.

3º paso: Sección propuesta:

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$h = 45 \text{ cm}$$

6 varillas del No. 11

Estribos en el centro: del No. 3 @ 15 cm y en los extremos del No. 9 @ 7.5 cm.

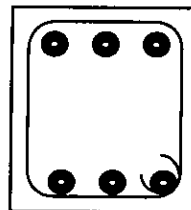
Cálculo de la longitud mínima que debe mantenerse la separación de 7.5 cm entre estribos.

$$h = 45 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm}$$

$$400/6 = 67 \text{ cm}$$

Por lo tanto la longitud mínima es de 67 cm.



4º paso: Revisión por cortante, ver sección 7.6.2. de la referencia 10:

Comprobar que la sección propuesta resiste la fuerza cortante, es decir, la fuerza resultante es $> Pu$:

$$F = (0.7)(f^*c)(Ag) + (2,000)(As) = (0.7 * 200 * (30 * 45)) + (2,000 * 47.6) = \underline{284,200 \text{ Kg} > Pu}$$

$$p = As (\text{cara de compresión mínima}) / (b * d) = 28.7 / (30 * 40) = \underline{0.024 > 0.01}$$

Por lo tanto $V_{CR} = (0.5)(Fr)(b)(d)(f^*c)^{1/2}(1 + 0.007(Pu / Ag))$

$$V_{CR} = (0.5)(0.8)(30)(40)(200)^{1/2}(1 + 0.007(120,000 / (30 * 45)))$$

$$V_{CR} = \underline{11,000 \text{ Kg}}$$

$$s = ((Fr)(Av)(fy)(d)) / (Vu - V_{CR}) = (0.8 * 1.42 * 4,200 * 40) / (12,500 - 11,000) = 127 \text{ cm.} >$$

$$(Fr)(Av)(fy) / (3.5)(b) = (0.8)(1.42)(4,200) / (3.5)(30) = 45 > d / 2 = 20 \text{ cm}$$

Refuerzo transversal aceptado:

En los extremos: 9 del No. 3 @ 7.5 cm, que abarcan un tramo superior al mínimo especificado de 67 cm.

En la parte central: estribos del No. 3 @ 15 cm, por los requisitos de separación máxima.

VIII.3.- Diseño de una losa de concreto.

Diseño de una losa con carga concentrada y distribuida, según la NTC-87

Datos:

$$w = (\text{carga viva}) = 200 \text{ Kg./m}^2$$

$$p = 8 \text{ ton}$$

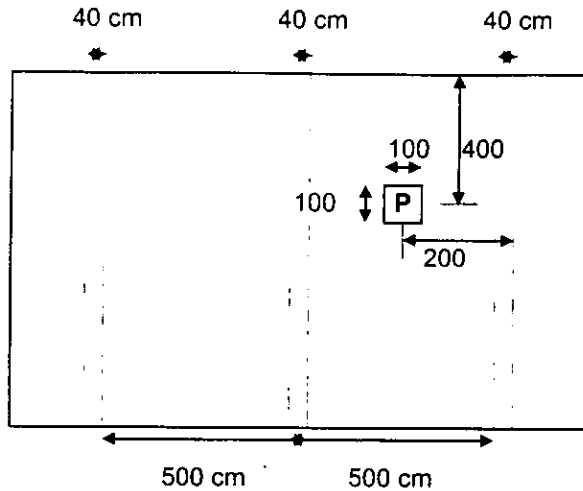
$$f'c = 200 \text{ Kg./cm}^2$$

$$fy = 4,200 \text{ Kg./cm}^2$$

Cálculo de las constantes:

$$f^*c = 0.8(f'c) = 160 \text{ Kg./cm}^2$$

$$P^*c = 0.85(f^*c) = 136 \text{ Kg./cm}^2$$



Vista en planta de la losa por diseñar

Cálculo del espesor:

Primer tanteo, suponiendo: $d = 12 \text{ cm}$; recubrimiento $R = 2 \text{ cm}$

$$l = 500 - 40 + 12 = 472 \text{ cm}$$

$$h = l / 28 = 472 / 28 = 17$$

Segundo tanteo, suponiendo: $d = 17 - 2 = 15 \text{ cm}$

$$l = 500 - 40 + 15 = 475 \text{ cm}$$

$$h = 475 / 28 = 17 = 17 \text{ cm}$$

$$d = 17 - 2 = 15 \text{ cm}$$

Cálculo de cargas:

$$w (\text{carga viva}) = 200 \text{ Kg./cm}^2$$

$$P (\text{carga viva}) = 8,000 \text{ Kg}$$

$$w (\text{carga muerta}) = 0.17(1)(2,400) = (0.17)(1)(2,400) = 408 \text{ Kg./m}^2$$

$$w_u (\text{total}) = 1.4(200 + 408) = 851 \text{ Kg./m}^2$$

$$P_u = (1.4)(8,000) = 11,200 \text{ Kg}$$

Cálculo de momentos:

a) Por carga distribuida

$$M(-) = (W_u)(l^2) / 11 = (851)(4.75^2) / 11 = 1,745 \text{ kg}^*m$$

$$M(+) = (W_u)(l^2) / 16 = (851)(4.75^2) / 16 = 1,199 \text{ kg}^*m$$

b) Por carga concentrada, ver ecuación 16.9 de la referencia 10.

$$M(-) + M(+) = \{ P_u / 2 \} \{ 1 - (2(l /)^{1/2} / 3R) \}$$

$$M(-) + M(+) = \{ 11,200/2 \} \{ 1 - (2)(0.56)/(3)(2) \} = 1,450 \text{ kg}^*m$$

Cálculo de momentos totales:

$$M(-) = 1,745 + \{(1,450)(1,745) / (1,745 + 1,199)\} = 1,745 + 859 = 2,604 \text{ kg}^*\text{m}$$

$$M(+) = 1,199 + \{(1,450)(1,199) / (1,745 + 1,199)\} = 1,199 + 591 = 1,789 \text{ kg}^*\text{m}$$

Cálculo de áreas de acero. Para el cálculo de " w ", ver gráfica del apéndice A, de la referencia 10 y para el cálculo del área necesaria de acero de refuerzo, ver tabla 2 "diámetros, pesos y áreas de barras", de la referencia 10:

a) Para la sección A

Acero negativo

$$Mu / Frbd^2 P^c = 260,400 / \{0.9\}(100)(15^2)(136) = 0.094$$

$$w = 0.11$$

$$P = w P^c / f_y = (0.11)(136) / 4,200 = 0.0036$$

$$P_{\min} = 0.7(f^c)^{1/2} / f_y = 0.7(200)^{1/2} / 4,200 = 0.0023$$

$$P > P_{\min}$$

$$As = (0.0036)(100)(15) = 5.4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$s = 100(A_b) / As = 71/5.4 = 13 \text{ cm}$$

(se proponen varillas del No. 3) $< s_{\max}$

$$(As)_{\text{concentr.}} = (859 / 2,604)(5.4) = 1.7 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$(As)_{\min} = (0.0023)(100)(15) = 3.45 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$S_{\text{concentr.}} = 71 / 3.45 = 20 \text{ cm}$$

Acero positivo

$$Mu / Frbd^2 P^c = 178,900 / \{0.9\}(100)(15^2)(136) = 0.065$$

$$w = 0.07$$

$$P = w P^c / f_y = (0.07)(136) / 4,200 = 0.0023$$

$$P_{\min} = 0.7(f^c)^{1/2} / f_y = 0.7(200)^{1/2} / 4,200 = 0.0023$$

$$P = P_{\min}$$

$$As = (0.0023)(100)(15) = 3.45 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$s = 100(A_b) / As = 71/3.45 = 20 \text{ cm (se proponen varillas del No. 3) } < s_{\max}$$

$$(As)_{\text{concentr.}} < (As)_{\min}$$

$$S_{\text{concentr.}} = 71 / 3.45 = 20 \text{ cm (se proponen varillas del No. 3 @ 20 cm)}$$

a) Para la sección B

Acero negativo

$$Mu / Frbd^2 P^c = 174,500 / \{0.9\}(100)(15^2)(136) = 0.063$$

$$w = 0.075$$

$$P = w P^c / f_y = (0.075)(136) / 4,200 = 0.0024$$

$$P_{\min} = 0.7(f^c)^{1/2} / f_y = 0.7(200)^{1/2} / 4,200 = 0.0023$$

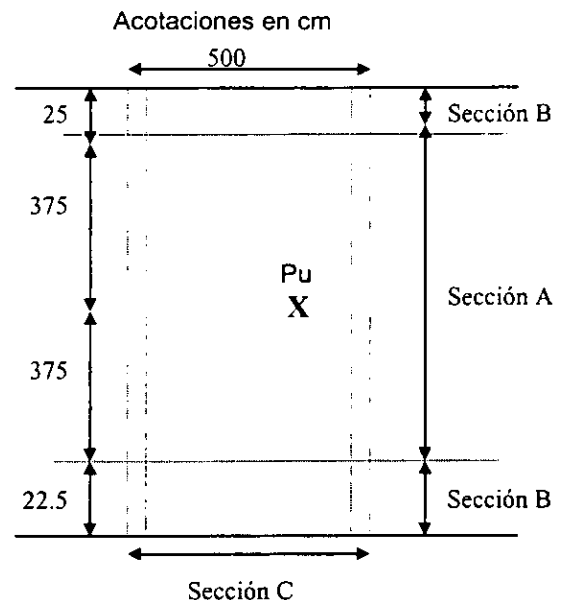
$$P > P_{\min}$$

$$As = (0.0024)(100)(15) = 3.6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$s = 100(A_b) / As = 71/3.6 = 20 \text{ cm (se proponen varillas del No. 3) } < s_{\max}$$

Acero positivo

$$Mu / Frbd^2 P^c = 119,900 / \{0.9\}(100)(15^2)(136) = 0.045$$



$$W = 0.05$$

$$P = Wf'c/f_y = (0.05)(136) / 4,200 = 0.0017$$

$$P_{\min} = 0.7(f'c)^{1/2} / f_y = 0.7(200)^{1/2} / 4,200 = 0.0023$$

$$P < P_{\min}$$

$$A_s = (0.0023)(100)(15) = 3.45 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$s = 100(A_b) / A_s = 71/3.45 = 20 \text{ cm (se proponen varillas del No. 3) } < s_{\max}$$

a) Para la sección C

Acero negativo

$$(A_s)_{\text{concentr.}} = (66,000)(17) / (4,200)(17 + 100) = 2.3 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$M_u / F_r b d^2 f'c = 145,000 / \{ (0.9)(100)(15^2)(136) \} = 0.026$$

$$W = 0.03$$

$$P = Wf'c/f_y = (0.03)(136) / 4,200 = 0.0097$$

$$P_{\min} = 0.7(f'c)^{1/2} / f_y = 0.7(200)^{1/2} / 4,200 = 0.0023$$

$$P > P_{\min}$$

$$A_s = (0.0097)(100)(15) = 1.45 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$(A_s)_{\text{total}} = 1.45 + 2.3 = 3.75 \text{ cm}^2/\text{m} > (A_s)_{\min}$$

$$s = 100(A_b) / A_s = 71/3.75 = 19 \text{ cm (se proponen varillas del No. 3 @ 20 cm) } < s_{\max}$$

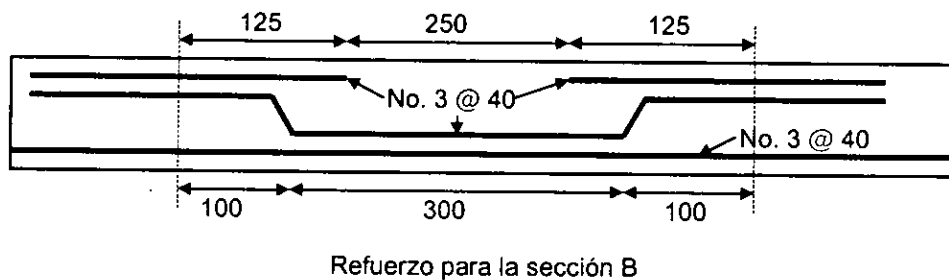
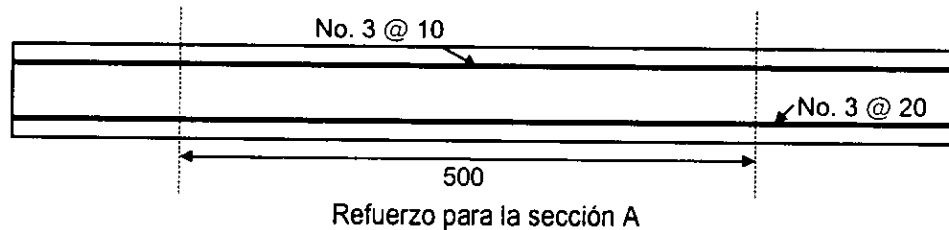
Acero positivo

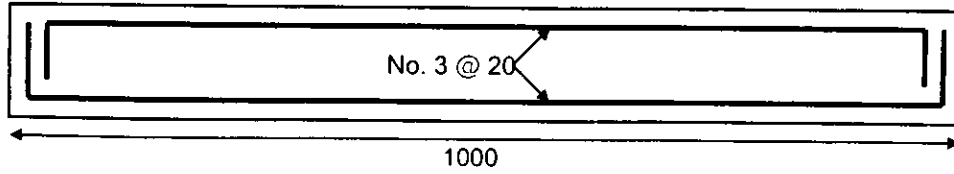
$$M_u / F_r b d^2 f'c = 145,000 / \{ (0.9)(100)(15^2)(136) \} = 0.026$$

$$\text{Usar } (A_s)_{\min} = 3.45 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$s = 71/3.45 = 20 \text{ cm (se proponen varillas del No. 3) }$$

Croquis de colocación de refuerzo:





Refuerzo para la sección C

IX.- CONCLUSIONES

IX.- CONCLUSIONES

Estas recomendaciones están dirigidas especialmente a las personas que están en obra, y como una guía académica para asegurar la calidad del concreto premezclado y hecho en obra.

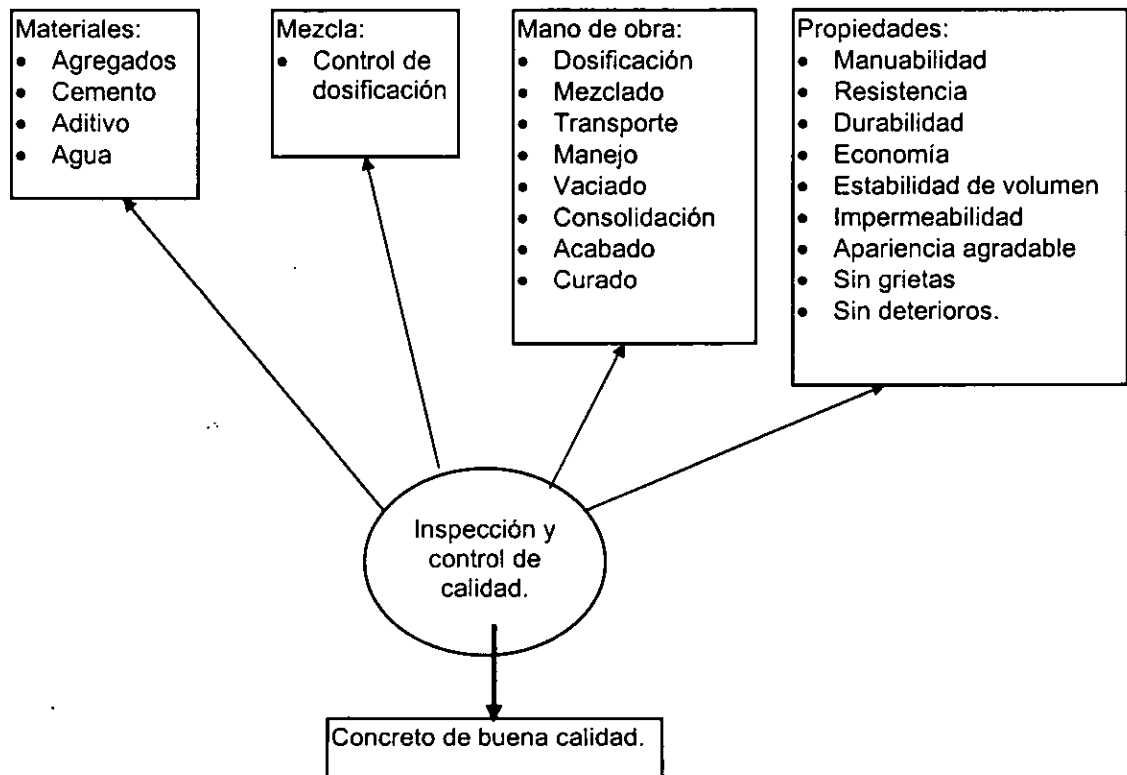
El control no es función de la dimensión. Es posible controlar por precisión la calidad del concreto a escala de carretilla y mezcladora con capacidad de carretilla y mezcladora con capacidad para tres sacos, si se opera cuidadosamente y se practican inspecciones con personal calificado.

La calidad de las estructuras de concreto reforzado depende en gran medida de la manera en la cual se realizó la construcción. Los más finos materiales y la mejor práctica de diseño carecerán de efectividad a manos que la construcción se haya hecho bien. Con objeto de asegurar un trabajo satisfactorio, de acuerdo con los planos de diseño y las disposiciones correspondientes, se cuenta con la supervisión. El comportamiento adecuado de la estructura depende de que la construcción represente correctamente al diseño y cumpla con los requisitos del reglamento y normativas permitidas.

Los aditivos se emplean cada vez más y a mayor escala en la elaboración de morteros y concretos, y creo que, en el futuro, su misión será más importante para la elaboración de productos de calidad.

Materiales de buena calidad, mezclas convenientemente dosificadas y mano de obra calificada produce un concreto con las propiedades requeridas por el proyecto solicitado en obra ver figura 4:

Figura 4: Concreto de buena calidad.



BIBLIOGRAFÍA

1. Reglamento de las construcciones de concreto reforzado
(A.C.I. - 318 - 77)
IMCYC, A.C., tercera reimpresión, México, D.F.
2. Práctica para dosificar concreto normal, concreto pesado y concreto masivo,
(A.C.I. 211.1 - 81)
IMCYC, A.C., Editorial Limusa, S.A de C.V., 1989, México, D.F.
3. Selección y empleo de agregados para concreto, informe del comité
A.C.I. 621
IMCYC, A.C., 1961, México, D.F.
4. Guía para el empleo de aditivos en el concreto,
A.C.I. - 212,
IMCYC, A.C., 1976, México, D.F.
5. Manual de consejos prácticos sobre hormigón,
S.A.E. Ibertest.
Madrid, España, 1992,
6. Normas mexicanas para concreto: NMX - C: 1, 2, 14, 21, 30, 71, 81, 90, 111, 122, 136, 175, 184, 185, 186,
196, 197, 277, 283, etc.
7. Diseño y control de mezclas de concreto,
por Esteven H. Kosmatka y William C.
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., (IMCYC), Panarese, 1ª edición, México 1992.
8. Aspectos fundamentales del concreto reforzado,
González Cuevas - Robles,
Limusa, 3ª edición.
9. Teoría y aplicación de la mecánica de suelos (Tomo II)
Juárez Badillo y Rico Rodríguez
Limusa, 2ª edición