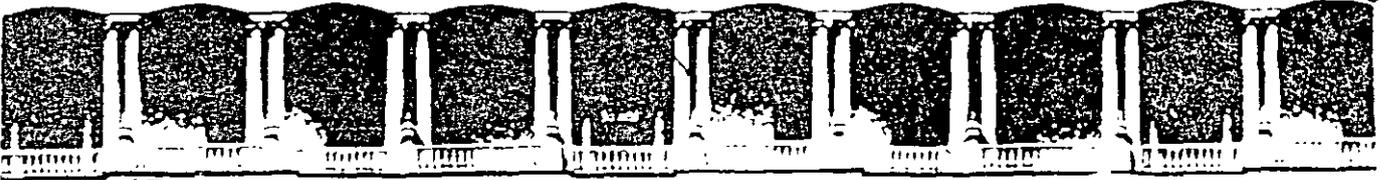


CI-100
2000



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS INSTITUCIONALES

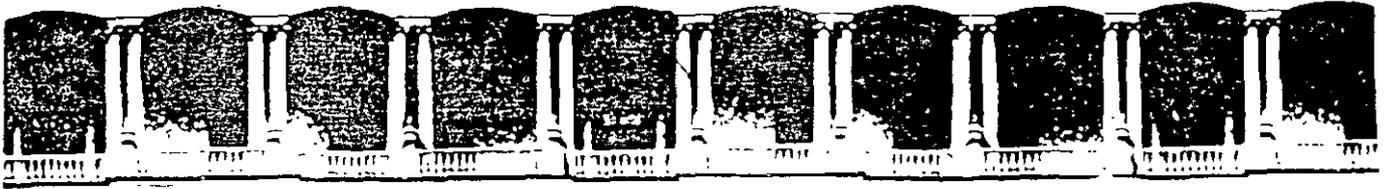
**CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE
INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS**

**CONTROL Y VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD
DEL CONCRETO HIDRÁULICO.**

Del 11 al 12 de Agosto del 2000.

APUNTES GENERALES

Ing. Sergio E. Zerecero Galicia
Palacio de Minería
Agosto/2000



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CONTROL Y VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL CONCRETO HIDRÁULICO

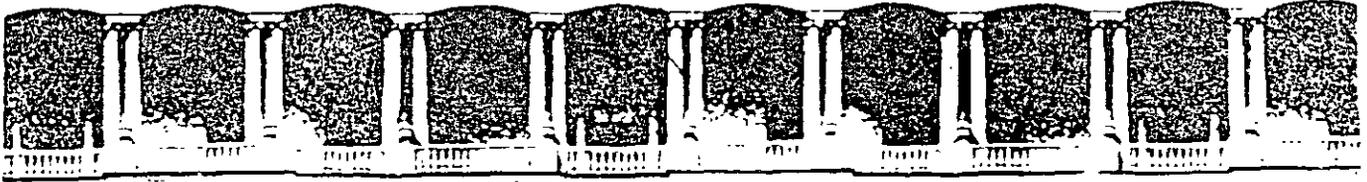
TEMAS.

INTRODUCCIÓN.

- I. FUNDAMENTOS SOBRE EL CONCRETO.**
- II. PROPIEDADES DEL CONCRETO.**
- III. ELABORACIÓN DEL CONCRETO.**
- IV. PRUEBAS Y SUPERVISIÓN.**
- V. CORROSIÓN EN EL ACERO DE REFUERZO.**
- VI. ELABORACIÓN, COLOCACIÓN Y PROTECCIÓN DEL CONCRETO EN CLIMA CALUROSO.**
- VII. ELABORACIÓN, COLOCACIÓN Y PROTECCIÓN DEL CONCRETO EN CLIMA FRÍO.**
- VIII. EQUIPO DE COLOCACIÓN**
- IX. BOMBEO DE CONCRETO**
- X. CIMBRA, LIMPIEZA Y ACABADO.**
- XI. CONSTRUCCIÓN DE LOSAS Y PISOS DE CONCRETO.**
- XII. MÉTODOS Y MATERIALES PARA EL CURADO.**
- XIII. CONCRETO MASIVO.**
- XIV. COMPACTACIÓN DEL CONCRETO.**
- XV. CONCRETO ESTRUCTURAL.**
- XVI. CONCRETO LIGERO.**

BIBLIOGRAFÍA

**Ing. Sergio E. Zerecero Galicia
Palacio de Minería
Agosto/2000**

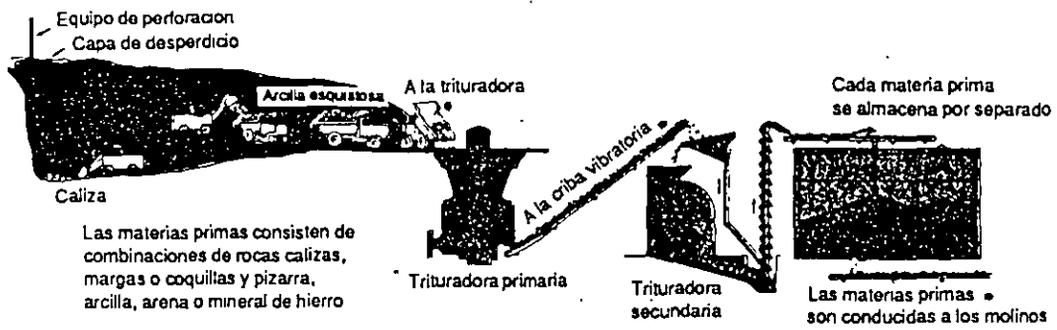


**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

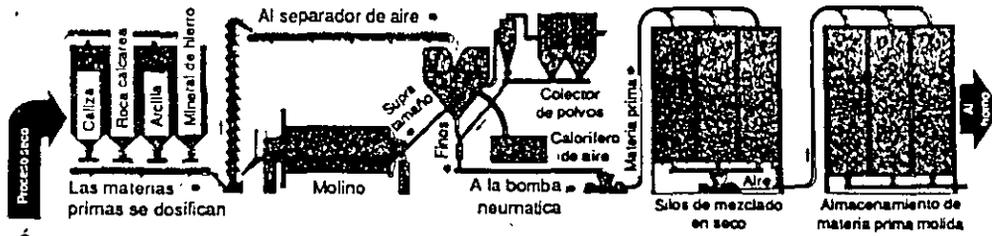
INTRODUCCIÓN

FABRICACIÓN DEL CONCRETO

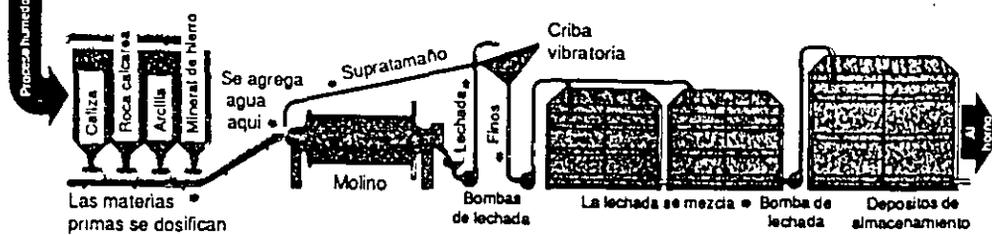
Ing. Sergio E. Zerecero Galicia
Palacio de Minería
Agosto/2000



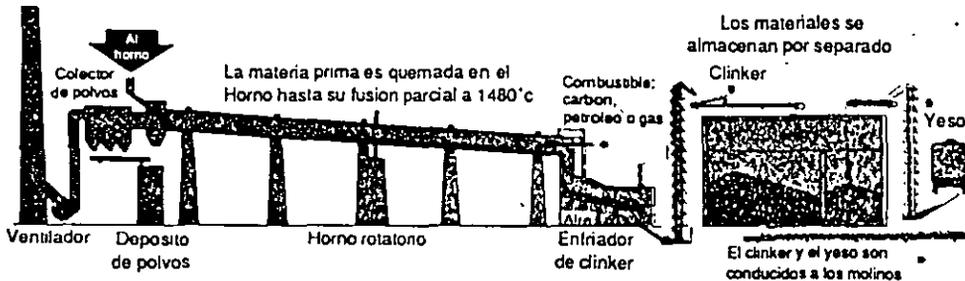
1. La roca se tritura primero hasta obtener un tamaño de 127 mm, luego hasta 19 mm y se almacena.



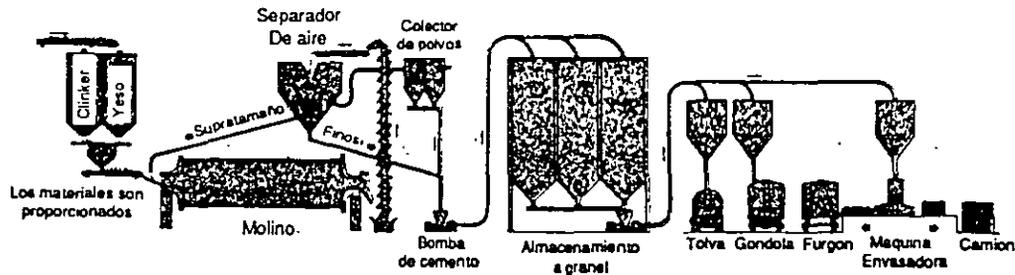
2. Las materias primas se muelen hasta obtener polvos y se mezclan.



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

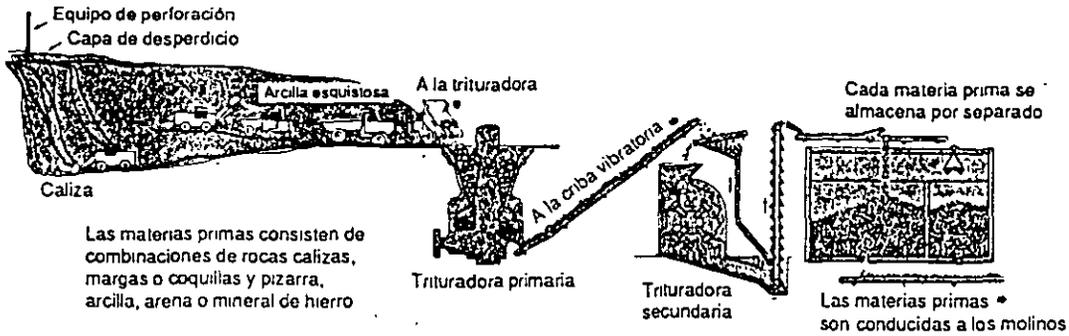


3. La calcinación transforma químicamente a la materia prima en clinker de cemento.

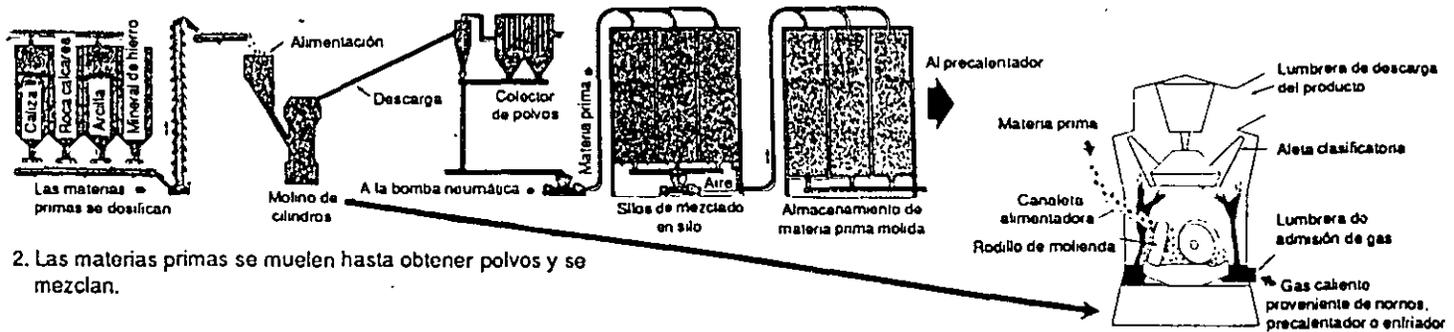


4. El clinker se muele junto con el yeso para convertirlo en cemento portland y se embarca.

Etapas en la fabricación del cemento portland.

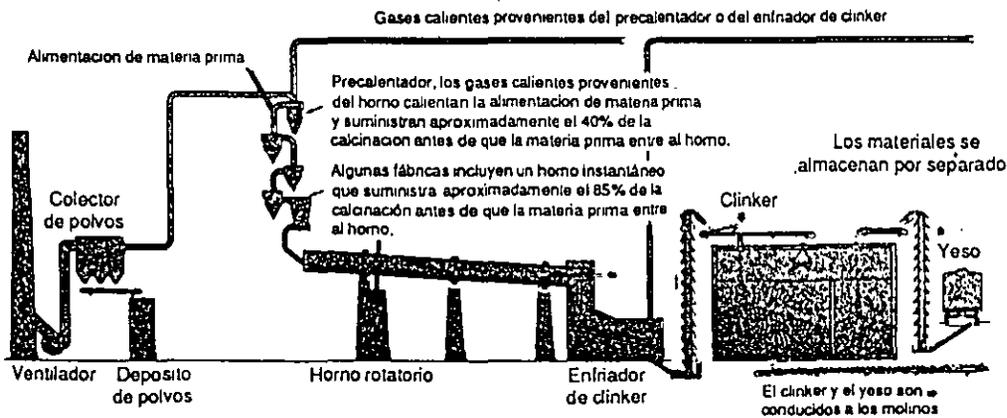


1. La roca se tritura primero hasta obtener un tamaño de 127 mm, luego hasta 19 mm y se almacena.

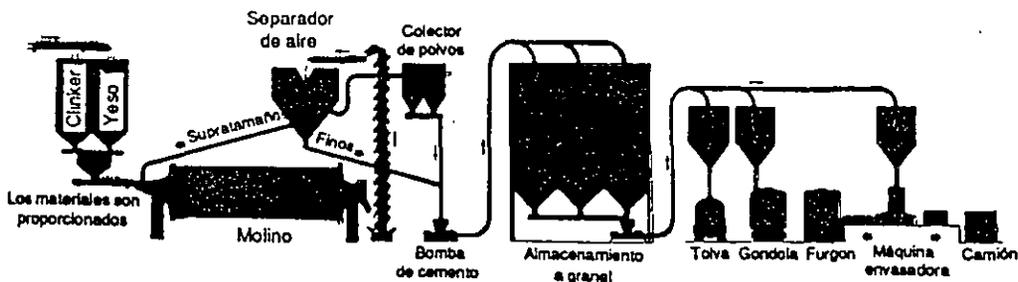


2. Las materias primas se muelen hasta obtener polvos y se mezclan.

Detalle del molino de cilindros, que combina el triturado, la molienda y la Clasificación en una unidad vertical



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



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

Nueva tecnología en la manufactura del cemento por proceso seco.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

TEMA I.

FUNDAMENTOS SOBRE EL CONCRETO

Ing. Sergio E. Zerecero Galicia
Palacio de Minería
Agosto/2000

FUNDAMENTOS SOBRE EL CONCRETO

- El concreto es una mezcla de dos componentes agregados y pasta
- Pasta: Cemento portland y agua.
- Agregados: Finos.- Que consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partículas hasta 10 mm
Gruesos - Son partículas que se retienen en la malla No 16 y varían hasta 152 mm.

La pasta constituye del 25 a 40% del volumen total del concreto.

El volumen absoluto del cemento está entre el 7% y 15%.

El volumen del agua está entre el 14% y 21%.

El contenido del aire en concretos con aire incluido puede llegar hasta el 8% del volumen del concreto.

Los agregados constituyen entre el 60% al 75% del volumen total del concreto, y 70% al 85% en peso.

El contenido de agregado fino, varía de 35% a 45% en peso o en volumen sobre el contenido total de agregados

SUPERVISION

La supervisión competente se anticipará a la necesidad de procedimientos como:

- 1) Rociado de las cimbras.
- 2) Rociado de la sub-base.
- 3) La necesidad de hielo, como parte del agua de mezclado.
- 4) El suministro de sombras.
- 5) Protectores contra el viento
- 6) Rociado del tipo de neblina.
- 7) Minimizar los retrasos durante la colocación y el curado del concreto.

Los supervisores deben verificar lo siguiente:

- 1) Temperatura del aire.
- 2) Condiciones ambientales.
- 3) Velocidad del viento.
- 4) Humedad relativa a intervalos frecuentes.
- 5) Pérdida del revenimiento.
- 6) Agua añadida a la hora de llegada.
- 7) Tiempo de mezclado.

Los registros deben incluir:

- 1) Verificación de las temperaturas del concreto
- 2) Comportamiento y apariencia del concreto
- 3) Hora de entrega y hora de colado en las cimbras.
- 4) Protección del concreto.
- 5) Tipo de tiempo de curado.

En los registros permanentes del proyecto debe incluirse una copia de todas estas observaciones

Control, manejo y almacenamiento de materiales.

Agregados
Agregado grueso.
Tamaños.

Los agregados finos y gruesos deben ser de buena calidad uniformes en granulometría y contenido de humedad.

La segregación en un agregado grueso se reduce prácticamente al mínimo, mediante la separación del material en fracciones de varios tamaños y la dosificación de estas fracciones por separado.

El control eficaz de segregación se logra cuando la proporción de medidas máximas a mínimas en cada fracción se mantiene a no más de 4, para agregados menor de 25.4 mm (1") de diámetro y de 2 para los tamaños mayores.

AGREGADO FINO (ARENA)

El agregado fino debe controlarse para reducir al mínimo las variaciones en la granulometría, manteniendo uniformes las fracciones más finas y teniendo cuidado de evitar la excesiva eliminación de los finos durante el proceso.

Las variaciones en granulometría durante la producción de concreto deben ser reducidas al mínimo de tal forma que el módulo de finura del agregado fino se mantenga entre el valor de diseño ± 0.20

Las cantidades excesivas de finos menores que la malla No. 200, aumentan los requerimientos de agua de mezclado, la velocidad de pérdida por revenimiento, la contracción por secado y reducen la resistencia.

ALMACENAMIENTO

El uso de métodos incorrectos acentúan problemas con los finos y también causa segregación, rompimiento del agregado y una excesiva variación en la granulometría.

Sobre los montones no deben operarse, camiones, bulldozers, u otros vehículos, puesto que, además de quebrar el agregado, a menudo dejan tierra sobre los depósitos

CONTROL DE HUMEDAD

El agua libre es una de las causas más frecuentes de la pérdida de control de la consistencia del concreto (revenimiento).

En algunos casos puede ser necesario mojar el agregado grueso en los montones de almacenamiento o en las bandas transportadoras, para compensar el alto grado de absorción, o suministrar enfriamiento.

Un contenido de humedad libre hasta del 6% es adecuado, y de vez en cuando hasta del 8%, se mantendrá estable en el agregado fino.

ALMACENAMIENTO DEL CEMENTO

Todo cemento debe almacenarse en estructuras protegidas contra la intemperie, deberán estar ventiladas, para impedir la absorción de humedad.

El interior de un silo de cemento debe ser.

- 1) Liso.
- 2) Inclinación mínima de 50 grados respecto a la horizontal en el fondo, para un silo circular.
- 3) Un silo rectangular deberá tener de 55 a 60 grados de inclinación.

Los silos de almacenamiento deben ser vaciados con frecuencia, por lo menos una vez por mes, para evitar la formación de costras de cemento.

El cemento envasado en sacos debe ser apilado sobre plataformas para permitir la apropiada circulación de aire

Para un período de almacenamiento de menos de 60 días, se recomienda evitar que se superpongan más de 14 sacos de cemento

Para períodos mayores serán como máximo 7 sacos.

ALMACENAMIENTO DE MATERIALES PUZOLANICOS

Las puzolanas y otros materiales cementantes deben manejarse, trasladarse y almacenarse de la misma manera que el cemento.

A D I T I V O S

Los aditivos fabricados en forma líquida deben almacenarse en tambores o tanques herméticos, protegidos de la congelación

Con frecuencia es también conveniente licuar aditivos fabricados en forma de polvo para disolverse.

Los tambores o tanques deben estar provistos de equipo de agitación o mezclado, para mantener los sólidos en suspensión.

AGUA DE MEZCLADO TOTAL

Se deberá tener un control de las fuentes de agua adicionales, como agua para lavado de la mezcladora.

CARGA DE LA MEZCLADORA

Es preferible que el cemento se cargue junto con otros materiales, pero debe entrar en la descarga después de que aproximadamente el 10% del agregado haya entrado en la mezcladora.

El agua debe entrar primero en la mezcladora, y continuar fluyendo mientras los demás ingredientes se van cargando, y termine de introducirse dentro de un 25% inicial del tiempo de mezclado.

Los aditivos deben cargarse en la mezcladora en el mismo punto de la secuencia del mezclado, mezcla tras mezcla.

Los aditivos líquidos deben cargarse en el agua

Los aditivos en polvo deben vertirse dentro de la mezcladora con otros ingredientes secos

Cuando se emplean más de un aditivo, cada uno debe dosificarse por separado, y no deben premezclarse antes de entrar en la mezcladora.

TRANSPORTE DEL CONCRETO

Consideraciones Generales.

El Concreto puede transportarse por:

- a) Camión – revolvedor.
- b) Camión de caja fija, con o sin agitadores.
- c) Cucharones transportados por camión o ferrocarril..
- d) Mangueras. .
- e) Bandas transportadoras.

COLOCACION DE CONCRETO

Consideraciones Generales.

La colocación del concreto se puede efectuar con:

- a) Recipientes (varios)
- b) Tolvas.
- c) Carritos propulsados de mano o motor.
- d) Conductos o tubos de caída.
- e) Bandas transportadoras.
- f) Aire comprimido.
- g) Bombeo.
- h) Tubo – embudo
- i) Equipo para pavimentar.

Un requisito básico del equipo y métodos de colocación, es que debe conservar la calidad del concreto en lo referente a:

- a) Relación agua/cemento
- b) Revenimiento
- c) Contenido de aire
- d) Homogeneidad

Debe preverse suficiente capacidad de colocación, mezclado y transporte, de manera que el concreto pueda mantenerse plástico y libre de juntas frías mientras se coloca.

El concreto debe colocarse en capas horizontales que no excedan de 60 cm (2 pies) de espesor. evitando capas inclinadas y juntas de construcción.

Para construcción monolítica, cada capa debe colocarse cuando la capa subyacente todavía responda a la vibración y las capas deben ser lo suficientemente poco profundas como para permitir la unión entre si, mediante una vibración apropiada

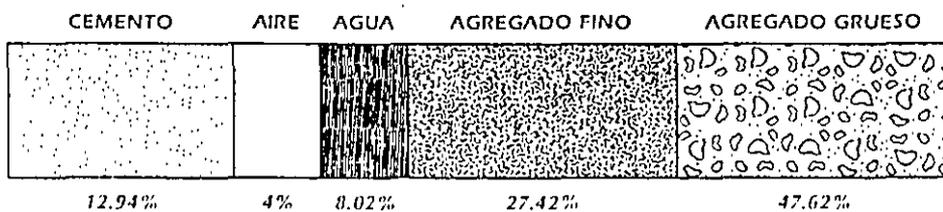
En superficies inclinadas, el concreto debe colocarse primero en la porción más baja de la pendiente, continuando hacia arriba, y así aumentar la natural consolidación del concreto

Debe evitarse la descarga a alta velocidad, dado que origina la segregación del concreto

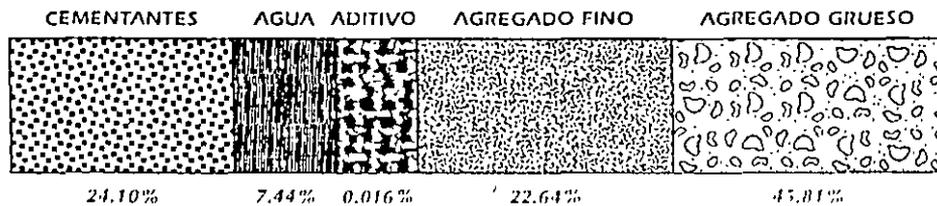
El acero de refuerzo debe estar limpio, en posición correcta y bien sostenido y asegurado antes de empezar la colocación del concreto.

Si se desea colocar concreto de manera monolítica en una viga peraltada, muro o columna con una losa o voladizo encima, debe programarse una demora que permita el asentamiento del concreto inferior antes de colocar el concreto de la losa o voladizo.

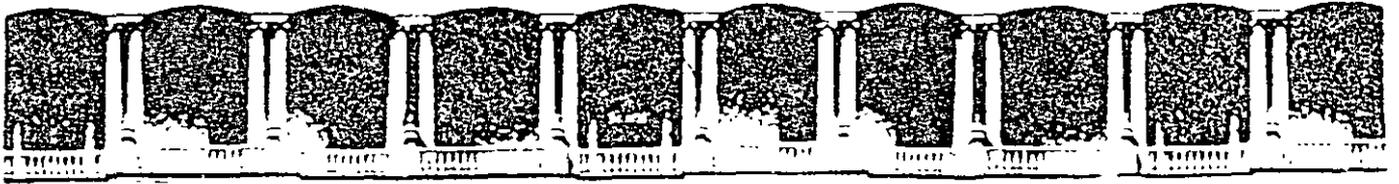
El método escalonado de colocación debe emplearse en estructuras masivas donde se abarcan grandes áreas, para impedir la formación de juntas frías.



CONCRETO CONVENCIONAL
 $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$
 $Wc = 2,278 \text{ kg/m}^3$



CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA
 $f'c = 805 \text{ kg/cm}^2$
 $Wc = 2,405 \text{ kg/m}^3$



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

TEMA II.

PROPIEDADES DEL CONCRETO

Ing. Sergio E. Zerecero Galicia
Palacio de Minería
Agosto/2000

PROPIEDADES DEL CONCRETO

ASPECTOS GENERALES.

La resistencia, la impermeabilidad, la estabilidad dimensional, la resistencia a la acción atmosférica, el desgaste y el ataque químico depende del adecuado control de los materiales y del proporcionamiento de mezclas, de las temperaturas iniciales del concreto, y de las condiciones de temperatura y de humedad durante el periodo de la colocación y del curado.

1. Los concretos mezclados, colados y curados a elevadas temperaturas, normalmente desarrollan una resistencia inicial más alta que los producidos y curados a temperaturas normales, pero a los 28 días, o después, la resistencia es más baja.
2. Las mezclas de prueba, utilizadas para seleccionar las proporciones, usualmente se efectúan en laboratorios con temperaturas de alrededor de 23 °C.
3. Se probó que los cilindros moldeados y curados a temperaturas ambiente de 23 °C, 60% de humedad relativa, y a 38 °C, con 25% de humedad relativa producían una resistencia de sólo 73% y 62% respectivamente, de la obtenida en cilindros estándar curados con humedad a 23 °C durante 28 días.

El insuficiente curado y en combinación con las altas temperaturas de colado, perjudica el proceso de hidratación y reduce la resistencia.

4. El agrietamiento por “contracción plástica” con frecuencia se asocia con la colocación de concreto a temperaturas calurosas en climas áridos, y puede suceder que la evaporación sea mayor que la rapidez con lo cuál el agua se eleva hasta la superficie del concreto recién colocado (sangrado).

La causa de una rápida evaporación puede ser:

- a) La alta temperatura del concreto.
- b) La alta temperatura ambiental.
- c) Los fuertes vientos.
- d) La escasa humedad.

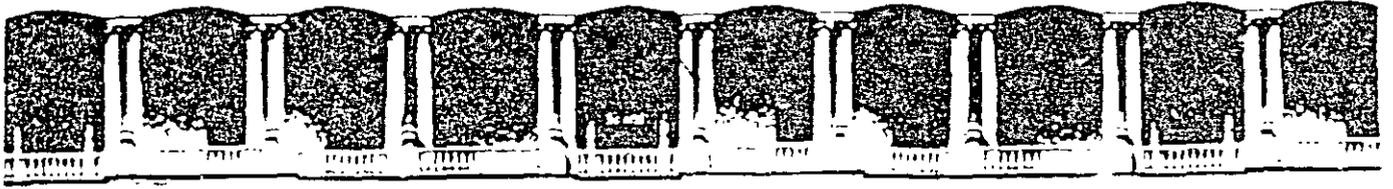
Provocando que se presente el agrietamiento por contracción plástica.

En climas húmedos la alta temperatura del concreto es un factor mucho menos grave para la contracción plástica.

Deben tomarse precauciones cuando se espere que la rapidez de evaporación pueda aproximarse a $0.98 \text{ Kg/m}^2/\text{hr}$.

Para esto se podrán tomar las siguientes medidas:

- a) Humedecer las sub-bases.
- b) Humedecer las cimbras.
- c) Colocar el concreto a la temperatura más baja.
- d) Instalar rompevientos y sombrillas.
- e) Reducir el tiempo entre la colocación del concreto y el inicio del curado.
- f) Minimizar la evaporación, durante las primeras horas a la colocación del concreto, aplicando humedad mediante el proceso de rociado.



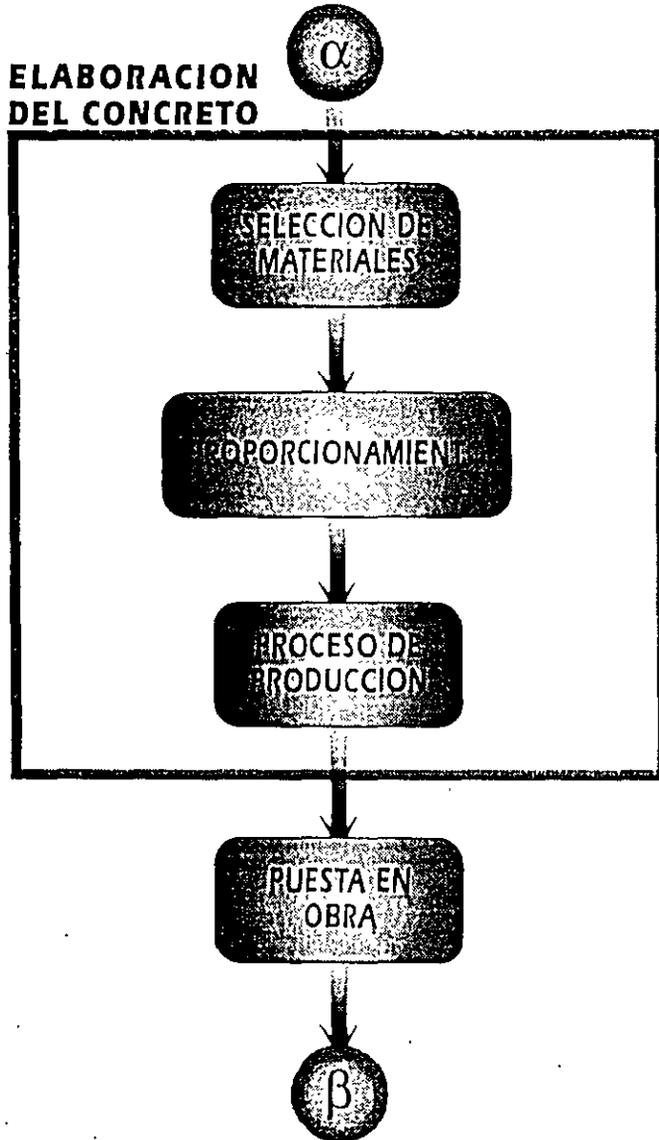
**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

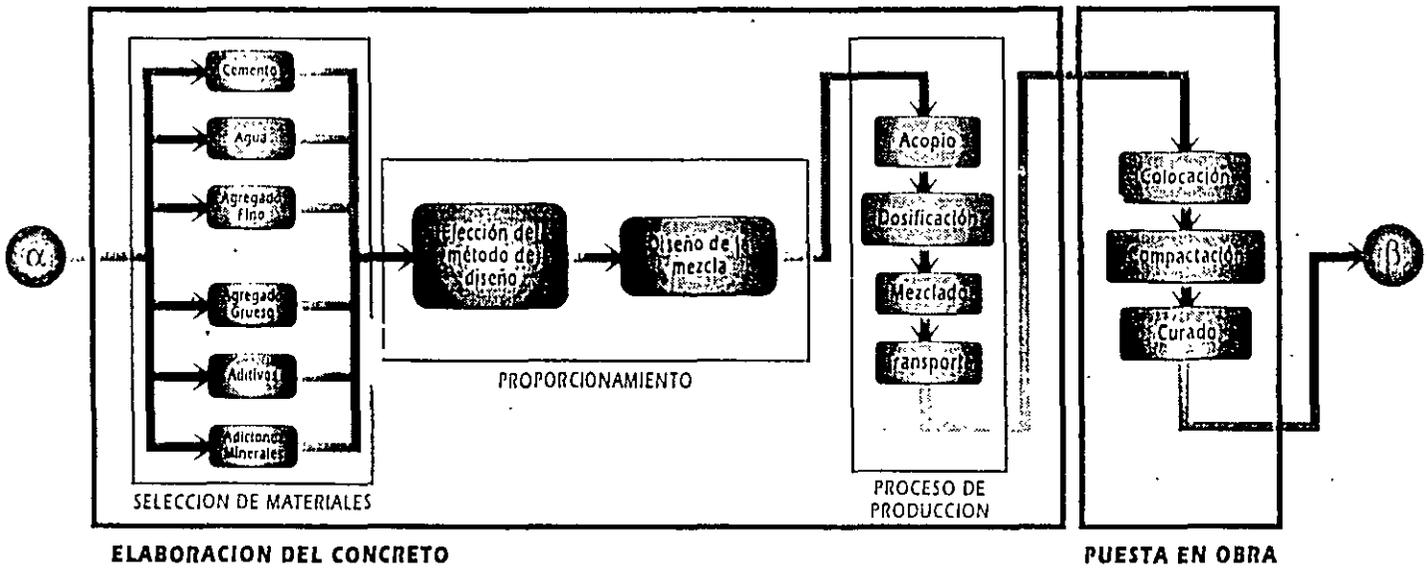
TEMA III.

ELABORACIÓN DEL CONCRETO

Ing. Sergio E. Zerecero Galicia
Palacio de Minería
Agosto/ 2000

**ELABORACION
DEL CONCRETO**





En cuanto a la elaboración del concreto, la manera de garantizar su control de calidad se lleva a cabo con el cumplimiento de los siguientes puntos;

- Organización general del personal de producción y operación.
- Secuencia en la producción y suministro de los materiales constituyentes.
- Control interno que abarque verificaciones, pruebas, análisis de resultados de pruebas, métodos de registro, de observación y los procesos referentes a discrepancias y desviaciones.
- Uso de cartas estadísticas de control para clasificar requisitos especificados de niveles de calidad en las variables principales tanto medibles como no medibles.
- Clasificación de defectos como una medida de las variables no definidas.

Una vez conocido el proceso de control es preciso mencionar los aspectos fundamentales que no se deberán perder de vista en la elaboración de concretos de alta resistencia;

- a) Control estricto de la calidad de los materiales
- b) Selección de agregados con gran resistencia
- c) Atención especial a la invariabilidad de la relación agua - materiales cementantes
- d) Dosificación precisa de los materiales constituyentes
- e) Determinación periódica de la granulometría y humedad de los agregados
- f) Atención especial y constante a básculas y/o elementos de medición en relación a su calibración para evitar errores de cuantificación
- g) Ejecución y supervisión de curado del concreto
- h) Interpretación adecuada de todas las normas y especificaciones concernientes a los procesos de elaboración.
- i) Un laboratorio a pie de planta

Finalmente y sin perder de vista el control de calidad en las etapas de planeación, diseño, construcción y mantenimiento, en la medida en que se complete el sistema total de control habremos alcanzado el objetivo principal de satisfacer las necesidades del usuario de una manera confiable.

ESTRUCTURAS DE CONCRETO

ANALISIS DE INSUMOS

INTRODUCCION.

EN LA FABRICACION DEL CONCRETO INTERVIENEN LOS INSUMOS BASICOS SIGUIENTES:

- A) MANO DE OBRA
- B) MATERIALES; CEMENTO, AGUA ARENA, GRAVA Y ADITIVOS.
- C) EQUIPO Y HERRAMIENTA

EXISTEN BASICAMENTE DOS FORMAS DE PROCESAR O FABRICAR CONCRETO, SIENDO ESTAS LAS SIGUIENTES:

- 1) A MANO
- 2) MECANIZADA

EXISTE UNA GRAN DIFERENCIA ENTRE ESTAS DOS FORMAS DE ELABORACION DE CONCRETO, SIENDO ESTA LA MÁS IMPORTANTE " COSTO-CALIDAD".

LA FABRICACION DEL CONCRETO CONSISTE BASICAMENTE EN DOSIFICAR Y MEZCLAR LOS MATERIALES, EN OPERACIONES QUE SE PUEDEN REALIZAR CONJUNTAMENTE O POR SEPARADO.

DOSIFICACION

LA DOSIFICACION DEL CONCRETO CONSISTE EN MEDIR LOS MATERIALES POR EL METODO DE:

- 1) VOLUMEN ABSOLUTO
- 2) PESO

CUANDO SE REQUIEREN CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA, ES RECOMENDABLE QUE LA DOSIFICACION SE CALCULE POR EL METODO DE " PESO ", Y EN CASOS SECUNDARIOS, SE PUEDE UTILIZAR EL METODO DE " VOLUMEN ABSOLUTO ".

CARACTERISTICAS EN LA ELABORACION DEL CONCRETO EN FORMA MECANIZADA

EN LA FABRICACION MECANIZADA, HAY UN MAYOR CONTROL SOBRE LOS MATERIALES Y PRINCIPALMENTE NO SE TIENEN PROBLEMAS CON EL FACTOR HUMANO, ES DECIR, HAY UN NUMERO REDUCIDO DE TRABAJADORES QUE INTERVIENEN EN LA DOSIFICACION Y MEZCLADO DEL CONCRETO, TENIENDOSE UNA REDUCCION SUSTANCIAL EN LOS COSTOS POR ESTAS ACTIVIDADES, YA QUE TODO SE HACE POR MEDIOS MECANICOS, UTILIZANDO EL PROCESO DE "PESO", SIENDO ESTE EL MAS EXACTO ACTUALMENTE.

MEZCLADO

PARA EL MEZCLADO DE TODOS LOS MATERIALES QUE SE CALCULARON YA SEA POR EL METODO DE "PESO" O "VOLUMEN ABSOLUTO", SE PROCEDE AL MEZCLADO DE ESTOS, PARA LO CUAL SE EMPLEAN DIVERSOS EQUIPOS LLAMADOS COMUNMENTE REVOLVEDORAS, QUE ESTAN CONSTITUIDAS BASICAMENTE POR UN TAMBOR CIRCULAR METALICO, Y EN SU INTERIOR LLEVA UNAS ASPAS FIJAS, QUE SIRVEN PARA REVOLVER LOS MATERIALES, ESTO CON EL FIN DE BUSCAR SIEMPRE UNA PASTA HOMOGENEA PARA TRANSPORTARLO Y COLOCARLO CON CIERTA FORMA FACIL.

ESTAS REVOLVEDORAS SE DIVIDEN BASICAMENTE EN TRES GRUPOS, SIENDO A SABER:

- 1) REVOLVEDORAS DE CONSTRUCCION
- 2) REVOLVEDORAS MONTADAS SOBRE CAMION
- 3) REVOLVEDORAS PAVIMENTADORAS

EQUIPO DE TRANSPORTE Y COLOCACION DE CONCRETO

PARA UN BUEN MANEJO DEL CONCRETO, ES NECESARIO CONTAR CON UNA DOSIFICACION OPTIMA DE LOS MATERIALES PETREOS, PARA ESTO, PUEDEN SER TRANSPORTADOS POR BANDAS, CANJILONES, CUCHARONES DE ALMEJA Y TOLVAS DE DESCARGA BAJA, DEPOSITANDOLOS EN SILOS PARA SU ALAMCENAMIENTO TEMPORAL O BIEN, EN TOLVAS TRANSITORIAS DE LAS CUALES ALIMENTARAN A LOS EQUIPOS DOSIFICADORES PARA LA ELABORACION DEL CONCRETO.

EQUIPO PARA TRANSPORTE DE CONCRETO

LA SELECCION DEL EQUIPO PARA EL TRANSPORTE DEL CONCRETO, DESDE EL LUGAR DE LA ELABORACION HASTA EL PUNTO DE VACIADO, DEPENDERA EN FORMA GENERAL DE LOS DOS ASPECTOS SIGUIENTES:

- 1) EL VOLUMEN DEL CONCRETO Y EL LUGAR DE COLOCACION, DISTANCIAS DE ACARREO (TIEMPOS DE LOS CICLOS).
- 2) LOS METODOS DE MEZCLADO Y VACIADO EN LAS CIMBRAS YA SEAN DE MADE-RA, METALICAS, ALUMINIO, ETC.

PARA TRANSPORTAR EL CONCRETO, SE PUEDE UTILIZAR CUALQUIERA DE LOS SIGUIENTES PROCEDIMIENTOS:

- 1) EN CARRETILLAS, CON UNA O DOS RUEDAS NEUMATICAS
- 2) CARRO MOTRIZ DE DOS EJES, Y DE 3 A 6 NEUMATICOS
- 3) CARROS VACIADORES SOBRE UN MONORIEL (TROLE)
- 4) CANJILON O BOTE ELEVADO POR MALACATE, (ACARREO VERTICAL)
- 5) RECIPIENTES MOVIDOS POR TORRE-GRUA, (ACARREO VERTICAL Y HORIZONTAL)
- 6) BANDAS TRANSPORTADORAS
- 7) BOMBAS PARA CONCRETO CON TUBERIA RIGIDA O FLEXIBLE
- 8) CAMIONES PARA MEZCLADO EN TRANSITO O CAMIONES VOLCADORES DE CONCRETO
- 9) CARROS DE FERROCARRIL DE VIA ANGOSTA PARA CARGAR BOTES O RECIPIENTES
- 10) CABLEVIA QUE MUEVE RECIPIENTES SOBRE SUS CABLES DE ELEVACION

SELECCION DEL METODO DE FABRICACION, TRANSPORTE Y COLOCACION CON
CRITERIO DE COSTO MINIMO

LA SELECCION MAS OPTIMA PARA LA TRANSPORTACION Y COLOCACION DEL CONCRETO SE BASA FUNDAMENTALMENTE EN LOS SIGUIENTES TRES CRITERIOS:

A) MAXIMA ECONOMIA DE LOS TRABAJOS

ESTO SE LOGRA ELIGIENDO DE ENTRE LAS DIVERSAS OPCIONES POSIBLES O PROBABLES, EL CONJUNTO DE EQUIPO QUE MAS SE ADAPTE A LAS CONDICIONES Y NECESIDADES DE LA OBRA, REDUCIENDO AL MINIMO LOS CICLOS Y TIEMPOS Y ELIMINANDO LAS POSIBLES LIMITACIONES IMPUESTAS AL EQUIPO DE FABRICACION POR DESBALANCEO ENTRE ESTE Y EL DE TRANSPORTE Y COLOCACION.

B) IMPEDIR QUE SE PRESENTE LA SEGREGACION DEL CONCRETO

ESTO SE PUEDE EVITAR EMPLEANDO METODOS ADECUADOS, YA QUE EN GENERAL TODO EL EQUIPO MECANIZADO DE TRANSPORTACION DE CONCRETO HA SIDO DISEÑADO POR SUS FABRICANTES TENIENDO EN CUENTA ESTA CONDICION, POR LO REGULAR, SON LOS MALOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS Y UNA ESCASA SUPERVISION LOS QUE ORIGINAN SEGREGACIONES EN EL CONCRETO, REPERCUTIENDO DIRECTAMENTE EN UN SOBRE COSTO DE LA PROPUESTA ORIGINAL.

A) MAND DE OBRA

CARACTERISTICAS EN LA ELABORACION DEL CONCRETO HECHO A MANO

HAY UNA GRAN CANTIDAD DE FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE FABRICACION, QUE AFECTAN DIRECTAMENTE EN LA CALIDAD Y LOS "COSTOS", QUE PUEDEN SER ENTRE MUCHOS LOS SIGUIENTES:

- 1) FACTOR HUMANO
- 2) RENDIMIENTO VARIABLE
- 3) FALTA DE CONOCIMIENTOS
- 4) NULA O ESCASA SUPERVISION
- 5) CONDICIONES CLIMATOLOGICAS
- 6) RETARDO EN EL SUMINISTRO DE LOS MATERIALES
- 7) MAL ALMACENAMIENTO DE LOS MATERIALES
- 8) CONTAMINACION DE LOS MATERIALES
- 9) GRANULOMETRIA INADECUADA
- 10) AGUA DE MALA CALIDAD
- 11) EQUIPO INADECUADO E INSUFICIENTE
- 12) ETCETERA..

OPERARIOS REQUERIDOS EN LA FABRICACION Y COLOCACION DE CONCRETO.

FACTORES QUE RIGEN EN LOS TRABAJOS DE CONCRETO.

- 1) GRADO DE MECANIZACION DE LOS TRABAJOS
- 2) NUMERO DE OPERACIONES ASIGNADAS A LOS OPERARIOS
- 3) MAGNITUD DE LOS COLADOS EJECUTADOS EN UNA SOLA OPERACION CONTINUA
- 4) GRADO DE CONGESTIONAMIENTO EN LOS SITIOS DE LOS TRABAJOS
- 5) DISTANCIAS DE ACARREO ENTRE LOS MATERIALES Y EL SITIO DE FABRICACION
- 6) DISTANCIAS DE ACARREO DEL CONCRETO PARA SU COLOCACION
- 7) CONDICIONES DE LAS RUTAS DE ACARREO, QUE INFLUYEN NOTABLEMENTE SOBRE EL GRADO DE CONGESTIONAMIENTO
- 8) CLASE Y TIPO DEL EQUIPO MANUAL DE CONCRETO
- 9) DISTRIBUCION DEL AREA DE COLOCACION DEL CONCRETO

EJEMPLO

DETERMINAR EL PERSONAL NECESARIO PARA HACER COLADOS DE 120 M³ DE CONCRETO POR ETAPA COMPLETA EN UNA ESTRUCTURA, EMPLEANDO PARA ELLO UNA REVOLVEDORA 16S, DE LA QUE EL CONCRETO SE TRANSPORTARA AL SITIO DE SU COLOCACION POR MEDIO DE CARRETIILLAS DE MANO, LOS MATERIALES SE ENCUENTRAN AL PIE DEL SITIO DE FABRICACION.

SOLUCION

TOMANDO UN RENDIMIENTO ADECUADO DEL 75 % PARA LA FABRICACION DE CONCRETO Y EL PROMEDIO DE LA MEZCLADORA 16S DE 13 M3 / HORA, TENDREMOS:

$$(13 \text{ M3/H}) (0.75) = 9.79 \text{ M3 / H}$$

COMO SE DISPONE DE UNA MEZCLADORA, CADA COLADO COMPLETO SE EJECUTARA EN UN TIEMPO DE:

$$\text{TIEMPO TOTAL} = \frac{120 \text{ M3}}{9.79 \text{ M3/H}} = 12.26 \text{ HRS.}$$

PARTIENDO DE ESTOS DATOS, CALCULAREMOS LA CANTIDAD DE MANO DE OBRA REQUERIDA, BASANDOSE EN LA TABLA DE MANO DE OBRA:

- PEONES:	(9.79 M3/H)(2.60 HRS-HOMBRES/M3)	= 25.5	= 26
- CABOS:	(9.79 M3/H)(0.13 HRS-HOMBRES/M3)	= 1.27	= 1
- OP. MEZ.:	(9.79 M3/H)(0.13 HRS-HOMBRES/M3)	= 1.27	= 1
- CARPINT.:	(9.79 M3/H)(0.13 HRS-HOMBRES/M3)	= 1.27	= 1
			TOTAL 29

DISTRIBUYENDO AL PERSONAL DE ACUERDO A LAS ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

- PEONES ACARREANDO AGUA	1
- PEONES ACARREANDO CEMENTO	1
- PEONES ACARREANDO ARENA	3
- PEONES ACARREANDO GRAVA	6
- PEONES EN EL MANEJO DEL CONCRETO (TRASPALEO)	2
- PEONES ACARREANDO CONCRETO EN CARRETILLAS	8
- PEONES DISTRIBUYENDO Y NIVELANDO EL CONCRETO	3
- PEONES EN MANIOBRAS AUXILIARES	2
- CABO GENERAL	1
- OPERADOR DE MEZCLADORA	1
- CARPINTERO PARA AJUSTAR Y CORREGIR CIMBRAS	1

EJEMPLO

DETERMINAR EL NUMERO DE TRABAJADORES REQUERIDOS PARA HACER LA COLOCACION DE LOS REVESTIMIENTOS DE CONCRETO EN LOS TALUDES DEL CANAL DE LLAMADA DE UN VERTEDOR DE EXCEDENCIAS QUE FORMA PARTE DE UNA PRESA DE ALMACENAMIENTO

EL CONCRETO SERA SUMINISTRADO DESDE UNA PLANTA CENTRAL DOSIFICADORA MEZCLADORA Y TRANSPORTADO POR CAMIONES A UN RITMO DE 15 M3/HORA, AL QUE SE DEBERA AJUSTAR EL EQUIPO DE COLOCACION.

SOLUCION

LA COLOCACION DEL CONCRETO SE REALIZARA EMPLEANDO PARA ELLO UNA GRUA QUE HARA LAS MANIOBRAS NECESARIAS PARA COLAR EL CONCRETO, EMPLEANDO BOTES CONCRETEROS DE DESCARGA INFERIOR.

BASANDOSE EN LA TABLA OBTENEMOS LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

- PEONES CONCRETEROS:	(15 M3/H)(0.9 HRS-HOMBRES/M3)	= 13.4	= 14
- SOBRESTANTE:	(15 M3/H)(0.1 HRS-HOMBRES/M3)	= 1.5	= 1
- OP. MALACATE:	(15 M3/H)(0.1 HRS-HOMBRES/M3)	= 1.5	= 1
- CARPINTERO:	(15 M3/H)(0.1 HRS-HOMBRES/M3)	= 1.5	= 2
		TOTAL	18

LA DISTRIBUCION DE LOS TRABAJADORES PODRA SER LA SIGUIENTE:

A) EN LA GRUA O MALACATE

- OPERADOR	1
- PEON EN LA CARGA DE LOS BOTES	1
- PEON EN LA DESCARGA DE LOS BOTES	1

B) EN LA COLOCACION DEL CONCRETO

- CARPINTERO HABILITANDO FORMAS Y ACCESO	1
- AYUDANTE DE CARPINTERO	1
- SOBRESTANTE GENERAL	1
- CABO CONCRETERO	1
- PEON SE&ALERO	1
- PEONES REALIZANDO LAS SIGUIENTES FUNCIONES:	11

- 1) MOVIMIENTOS DE LAS CANALETAS O TROMPAS DE ELEFANTE
- 2) DISTRIBUCION Y NIVELACION DEL CONCRETO
- 3) VIBRADO DEL CONCRETO
- 4) MANIOBRAS AUXILIARES

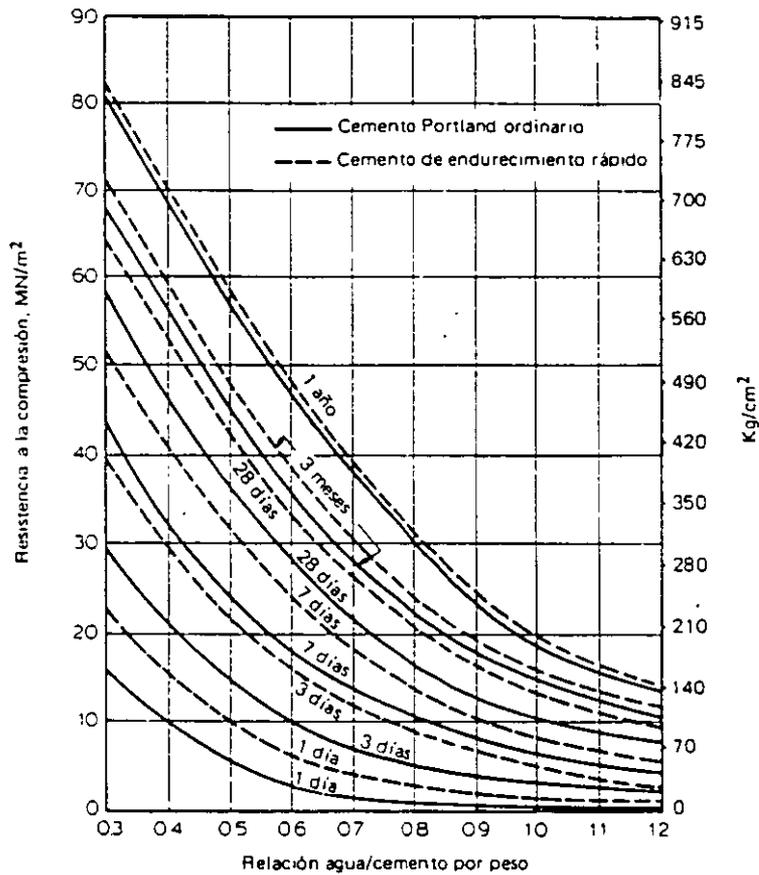
MANO DE OBRA EXPRESADA EN HORAS-HOMBRE, REQUERIDA PARA LA FABRICACION Y COLOCACION DE UN METRO CUBICO DE CONCRETO (+)

MEZCLADORA MODELO	METODO DE MANEJO DE INGREDIENTES Y CONCRETO	TRABAJO DE PEONES	CABOS	OPERADOR DE MEZCLADORA	OPERADOR DE MALACATE	OPERADOR DE GRUA	CARPINTERO
COLADOS DE GRANDES MASAS DE CONCRETO (CIMENTACIONES, PRESAS, PILASTRAS, ETC.)							
16S	Cucharón de almeja, grúa y bote.	1.2	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12
28S	Cucharón de almeja, grúa y bote.	0.85	0.085	0.071	0.071	0.071	0.71
COLADOS EN ESTRUCTURAS DE EDIFICACIONES Y SIMILARES							
Ninguna	A mano	4.25	0.43				
6S	Carretillas de mano	2.95	0.22				
6S	Malacate y canaletas	2.30	0.22		0.22		
11S	Carretillas de mano	2.60	0.16	0.16	—	—	0.16
11S	Malacate y canaletas	2.30	0.16	0.16	0.16	—	0.16
14S	Carretillas de mano	2.60	0.13	0.13	—	—	0.13
14S	Malacate y canaletas	2.30	0.13	0.13	0.13	—	0.13
16S	Carretillas de mano	2.60	0.13	0.13	—	—	0.13
16S	Carretilla concretera (Vogue)	2.50	0.13	0.13	—	—	0.13
16S	Cucharón de almeja malacate y "vogue"	2.00	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
28S	Cucharón de almeja malacate y "vogue"	2.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

(+) Estos valores deberán considerarse como índices, y para convertirlos a datos prácticos, deberán afectarse de los correspondientes factores de rendimiento de trabajo, y los derivados del criterio de calificación racional de la mano de obra.

LABOR REQUERIDA, EXPRESADA EN HORAS-HOMBRE, PARA LA COLOCACION DE UN METRO CUBICO DE CONCRETO PREMEZCLADO EN PLANTAS CENTRALES.

TIPO DE ESTRUCTURA	METODO O EQUIPO DE MANEJO PARA COLOCACION	LABOR REQUERIDA EN HORA-HOMBRE			
		OPERARIOS	SOBRESTANTE	OPERADOR DE MALACATE	CARPINTERO
Grandes cimentaciones.	Descarga directa de los camiones empleando canaletas y deflectores	0.7	0.10	—	0.10
Pilastras en puentes o estructuras similares.	Grúa o montacargas con bote concretero	0.7	0.10	0.10	0.10
Losas de piso o de revestimientos.	Grúa o montacargas con bote concretero	0.90	0.10	0.10	0.10
Losas de entresijos o similares:	Grúa o montacargas con bote y tolva de piso	1.70	0.10	0.10	0.10
Muros de cimentaciones o revestimientos de taludes	Grúa, botes concretos y tolvas con trompa de elefante	0.90	0.10	0.10	0.10
IDEM anterior	Carretillas de mano	1.30	0.10	0.10	0.10



Comparación entre la resistencia a la compresión y la relación agua/cemento para cubos de 100 mm de concreto bien compactado para mezclas de distintas proporciones.^{10.3} Los cementos modernos tienden a producir más altas resistencias.

**Volumen de agregado grueso por
unidad de volumen de concreto.**

Tamaño máximo de agregado mm (pulg)	Volumen de agregado grueso varillado en seco* por volumen unitario de concreto para distintos módulos de finura de agregado fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5 (3/8)	0.50	0.48	0.46	0.44
12.7 (1/2)	0.59	0.57	0.55	0.53
19.0 (3/4)	0.66	0.64	0.62	0.60
25.4 (1)	0.71	0.69	0.67	0.65
38.1 (1 1/2)	0.75	0.73	0.71	0.69
50.8 (2)	0.78	0.76	0.74	0.72
76.2 (3)	0.82	0.80	0.78	0.76
152.4 (6)	0.87	0.85	0.83	0.81

* Los volúmenes se basan en los agregados en condición de varillado en seco, tal como lo describe la norma ASTM C 29. Estos volúmenes, se seleccionan a partir de relaciones empíricas para producir concreto con un grado de trabajabilidad adecuado para la construcción reforzada común. Para concretos menos trabajables, como los requeridos en la construcción de pavimentos de concreto, se pueden aumentar aproximadamente 10%. Para concretos más trabajables, como los que en ocasiones se llegan a necesitar cuando la colocación se hace por bombeo, se pueden reducir hasta en un 10%.
Adaptado de la Referencia 7-6.

Requisitos aproximados para el contenido de agua de mezclado y para el contenido de aire deseado para distintos revenimientos y tamaños máximos de agregado.

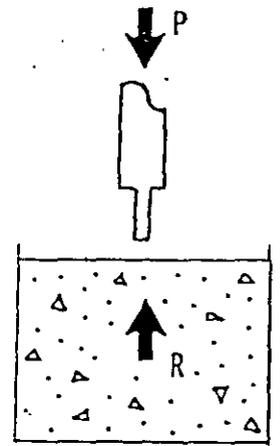
Revenimiento, cm	Agua, kg por metro cúbico de concreto, para los tamaños máximos de agregado indicados*							
	9.5 mm (3/8")	12.7 mm (1/2")	19.0 mm (3/4")	25.4 mm (1")	38.1 mm (1 1/2")	50.8 mm** (2")	76.2 mm** (3")	152.4 mm** (6")
Concreto sin aire incluido								
2.5 a 5	208	199	187	178	163	154	130	113
7.5 a 10	228	217	202	193	178	169	145	125
15 a 18	243	228	214	202	187	178	160	—
Cantidad aproximada de aire atrapado en el concreto sin aire incluido, porciento	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido								
2.5 a 5	181	175	166	160	148	142	122	107
7.5 a 10	202	193	181	175	163	157	134	119
15 a 18	216	205	193	184	172	166	154	—
Contenido de aire total promedio recomendado, porciento, para el nivel de exposición:†	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
baja	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Exposición moderada	7.5	7.0	6.0	6.0	6.0	5.0	4.5	4.0
severa								

* Estas cantidades de agua de mezclado son para emplearse en el cálculo de los factores de cemento para las mezclas de prueba. Son valores máximos para agregados gruesos angulares de razonable buena forma con granulometrías dentro de los límites marcados por las especificaciones aceptadas.

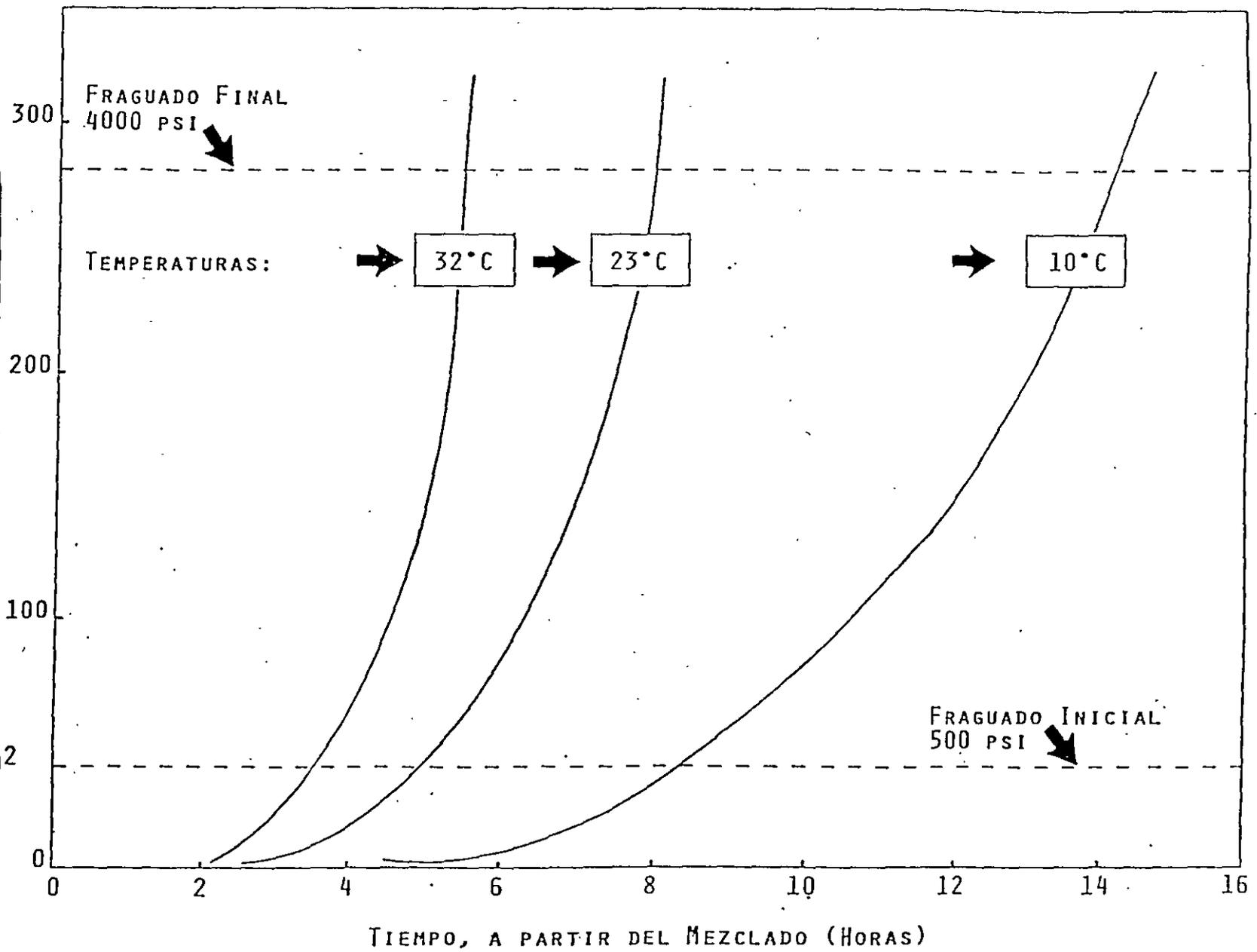
** Los valores de los revenimientos para los concretos que contienen agregados mayores que 38.1 mm (1 1/2") están basados en pruebas de revenimiento hechas después de haber removido por cribado húmedo las partículas mayores de 38.1 mm (1 1/2").

† El contenido de aire en las especificaciones de obra deberá especificarse para ser entregado dentro de -1 a +2 puntos porcentuales del valor anotado en la tabla para las exposiciones moderada y severa.

Adaptado de las Referencias 7-6 y 7-9.



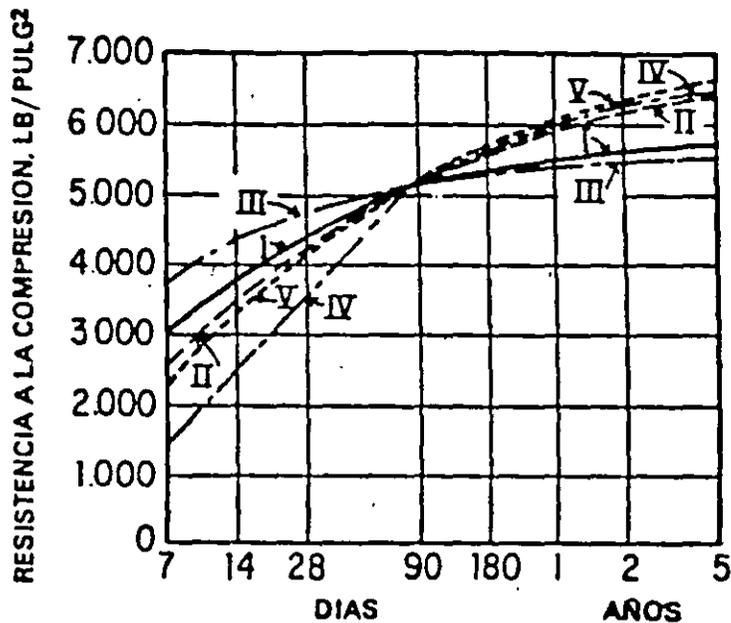
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN
KG/CM²



INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA SOBRE EL TIEMPO DEL FRAGUADO DEL CONCRETO

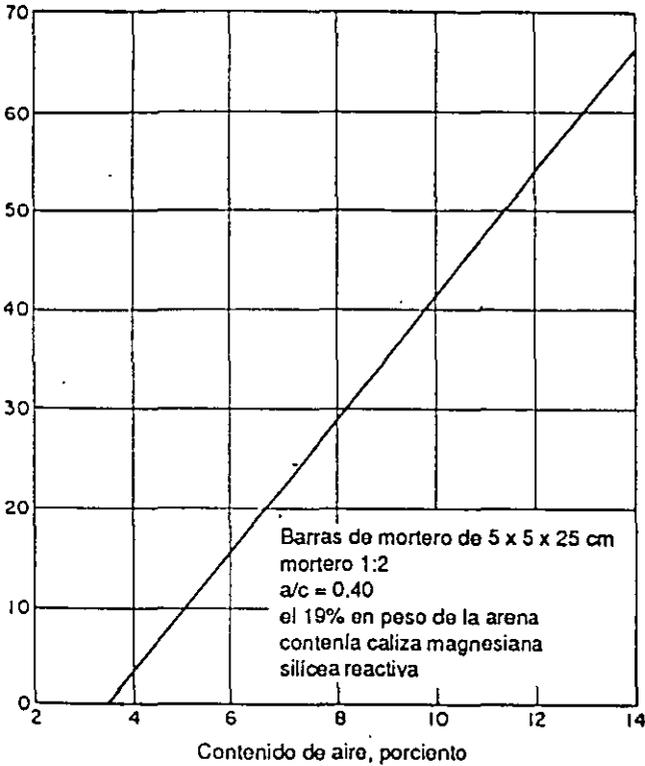
Proporciones típicas de los compuestos principales del cemento Portland.
porcentaje

Compuesto	Tipo de cemento				
	I Usos generales	II Usos generales, modificado	III Alta resis- tencia inicial	IV Bajo calor	V Resistente al sulfato
C_3S	53	47	58	26	38
C_2S	24	32	16	54	43
C_3A	8	3	8	2	4
C_4AF	8	12	8	12	8
Total	93	94	90	94	93



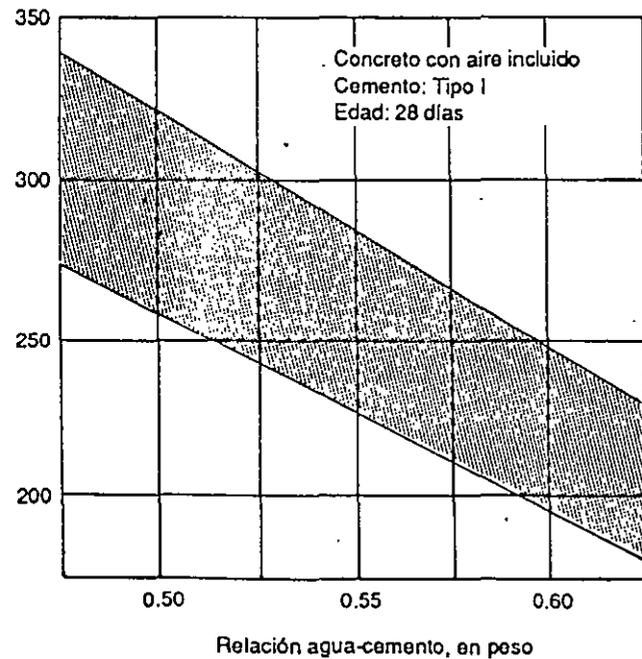
La rapidez de desarrollo de resistencia varía para los concretos hechos con diferentes tipos de cemento. Las pruebas se hicieron en cilindros de 6×12 pulg, curados por nebulización a 70°F. Los cilindros se hicieron con concretos semejantes que tenían agregados de 1½ pulg de tamaño máximo y seis sacos de cemento por yarda³. (Tomada de "Concrete Manual", U.S. Bureau of Reclamation.)

Reducción en la expansión a un año, porciento



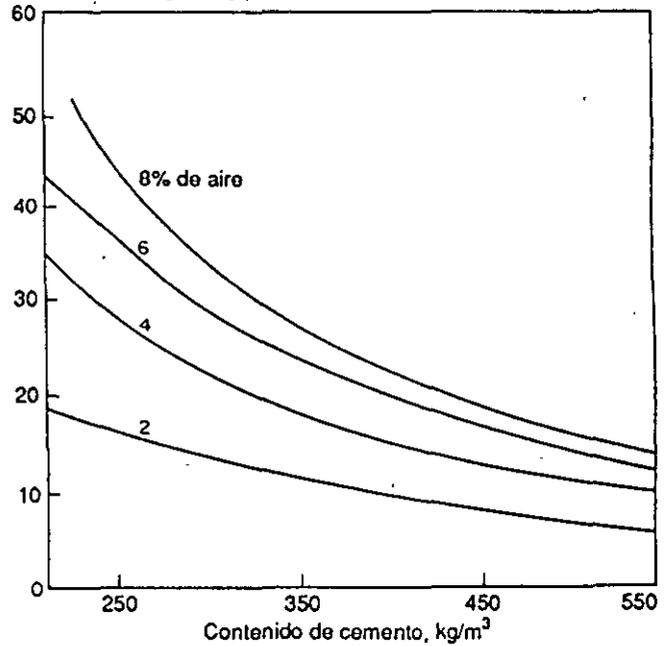
Efecto que el contenido de aire tiene en la reducción de la expansión debida a la reacción álcali-silíce. Referencia 5-7.

Resistencia a la compresión, kg/cm²

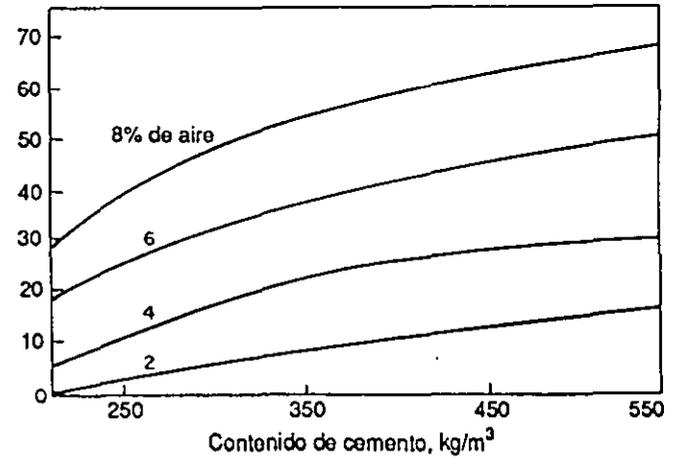


Relación típica entre la resistencia a compresión a 28 días y la relación agua-cemento para una amplia variedad de concretos con aire incluido usando cemento Tipo I.

Reducción de agua, Kg por m³



Reducción de arena, litros por m³



Reducciones en los contenidos de agua y de arena obtenidas a distintos niveles de contenidos de aire y de cemento. Referencia 5-20.

CONTENIDO DE AIRE PARA CONCRETOS NORMALES Y PESADOS

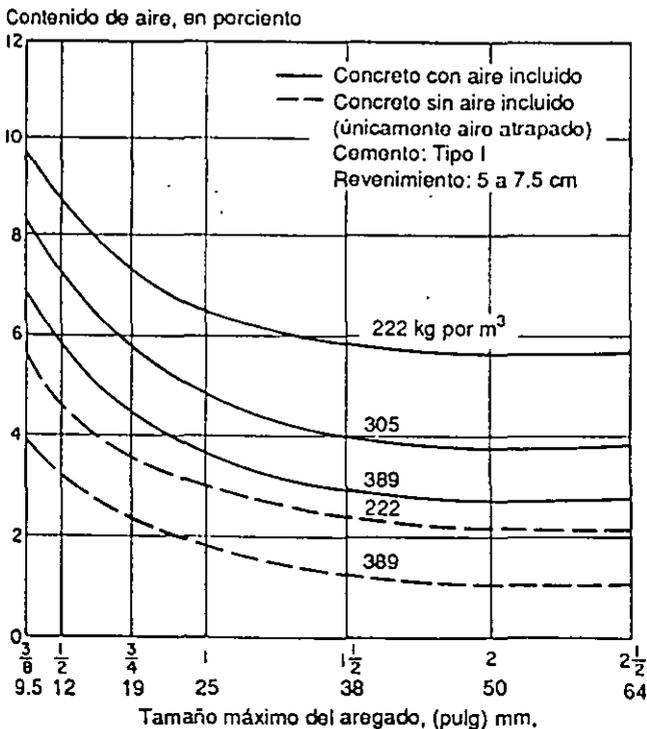
Tamaño máximo nominal del agregado		Contenido típico de aire de concretos sin aire incluido	Porcentaje promedio recomendado de contenido de aire incluido en concretos		
			Exposición leve	Exposición moderada	Exposición severa
pulgadas	mm				
3/8	10	3.0	4.5	6.0	7.5
1/2	13	2.5	4.0	5.5	7.0
3/4	19	2.0	3.5	5.0	6.0
1	25	1.5	3.0	4.5	6.0
1- 1/2	38	1.0	2.5	4.5	5.5

- Tolerancias: Para contenidos promedio de aire de 6 por ciento o mayor: ± 2 por ciento; Para contenidos promedios de aire menores que 6 por ciento $\pm 1-1/2$ por ciento.

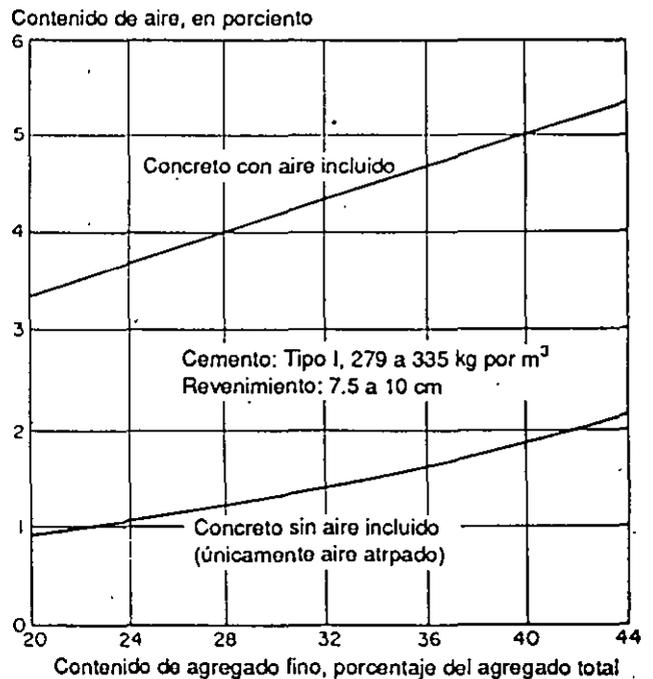
RECOMENDACIONES GENERALES DE CONTENIDO DE AIRE PARA CONCRETO HECHO CON AGREGADOS LIGEROS ESTRUCTURALES*

Tamaño máximo nominal del agregado		Contenido de aire recomendado, en por ciento	
pulgadas	mm	Exposición leve	Exposición moderada y severa
3/8	10	4-8	5-9
3/4	19	3-7	4-8

- *Estas son recomendaciones generales, por tanto, es aconsejable obtener las específicas del fabricante del agregado ligero.



Relación entre el tamaño del agregado, el contenido de cemento, y el contenido de aire del concreto. La dosificación de aditivo Incluser de aire por unidad de cemento fue constante para el concreto con aire incluido. Fuente: PCA Major Series 336.

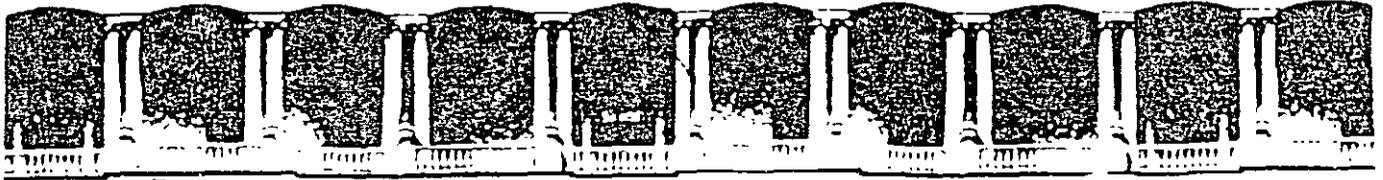


Relación entre el porcentaje de agregado fino y el contenido de aire del concreto. Fuente: PCA Major Series 336.

Consecuencias que provoca la inclusión de aire en las propiedades del concreto

Propiedades	Consecuencia
Abrasión	Poco efecto; a mayor resistencia aumenta la resistencia a la abrasión
Absorción	Poco efecto
Reactividad álcali-silíceo	La expansión disminuye conforme aumenta el contenido de aire
Sangrado	Se reduce de manera importante
Adherencia al acero	Disminuye
Resistencia a la compresión	Se ve reducida aproximadamente de 2% a 6% por cada punto porcentual de aumento en el contenido de aire; las mezclas ásperas o pobres pueden aumentar su resistencia
Fluencia	Poco efecto
Descascaramiento por productos descongelantes	Reducido notablemente
Fatiga	Poco efecto
Resistencia a la flexión	Se reduce aproximadamente de 2% a 4% por cada punto porcentual de aumento en el contenido de aire
Resistencia a la congelación-deshielo	Aumenta significativamente contra el deterioro por congelación-deshielo en estado saturado
Calor de hidratación	Sin efecto considerable
Módulo de elasticidad (estático)	Disminuye con el aire incluido aproximadamente de 7 400 a 14 000 kg/cm ² por punto porcentual de aire incluido
Permeabilidad	Poco efecto; la permeabilidad disminuye con relaciones agua-cemento bajas
Descascaramiento	Se reduce de manera importante
Contracción (secado)	Poco efecto
Revenimiento	Aumenta con la inclusión de aire aproximadamente 2.5 cm por cada medio a un punto porcentual de aire
Calor específico	Sin efecto
Resistencia a los sulfatos	Mejora apreciablemente
Temperatura del concreto fresco	Sin efecto
Conductividad térmica	Disminuye de 1% a 3% por cada punto porcentual de aumento de aire
Difusividad térmica	Disminuye aproximadamente 1.6% por cada punto porcentual de aumento de aire
Peso volumétrico	Disminuye con el aire incluido
Demanda de agua del concreto fresco para obtener un mismo revenimiento	Disminuye con el aire incluido; aproximadamente de 3 a 6 kg por metro cúbico por punto porcentual de aire
Hermeticidad	Aumenta ligeramente; la menor relación agua-cemento eleva la hermeticidad
Trabajabilidad	Aumenta con la inclusión de aire

Nota: La información en la tabla podría no ser aplicable en todas las situaciones



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

TEMA IV.

PRUEBAS Y SUPERVISIÓN

Ing. Sergio E. Zerecero Galicia
Palacio de Minería
Agosto/2000

PRUEBAS Y SUPERVISIÓN.

PRUEBAS

La alta temperatura, la baja humedad relativa y los vientos secos son dañinos para todos los concretos y en particular para el volumen pequeño que se utiliza en las pruebas y los cilindros.

Dejar la muestra expuesta a los rayos del sol, al viento o al aire seco, pueden afectar seriamente los resultados de las pruebas.

PRUEBAS ADICIONALES.

- 1) Temperaturas de los materiales.
- 2) Temperatura del concreto.
- 3) Tiempo de fraguado inicial y final.
- 4) Pérdida de revenimiento.
- 5) Temperatura y humedad relativa en las cimbras.

Dar especial atención a la protección y al curado de cilindros moldeados para las pruebas de resistencia, por su tamaño.

Resulta fácil que los cilindros de prueba alcancen temperaturas más altas, sufran más cambios de temperatura, y se sequen completamente y con mayor rapidez que el concreto colado en la obra.

Es importante mantener el agua libre en la superficie de los cilindros.

Debe utilizarse arena mojada y tela de yute húmeda, y rocío del tipo neblina, a fin de asegurarse de que los cilindros retengan el agua y evitar así alzas excesivas de temperatura.

Las muestras de prueba utilizadas como base para la aceptación del concreto tal y como se entrega en la obra, deben fraguar a la temperatura adecuada y proteger del secado prematuro.

Los especímenes de prueba se mantengan a una temperatura entre: 16 y 27 °C, y que se evite la pérdida de humedad durante el periodo de secado inicial de 20 ± 4 Horas.

Los especímenes de prueba deben almacenarse en condiciones húmedas a 23 ± 1.7 °C hasta el momento en que se lleve a cabo la prueba.

Se pueden hacer cilindros adicionales para curarse en la obra con objeto de que auxilien en:

- 1) Cuando descimbrar.
- 2) Cuando retirar los puntales.
- 3) Cuando poner en servicio la estructura.

Estos deberán curarse en la obra y en condiciones semejantes a las de la estructura.

“ Los cilindros adicionales pueden ser engañosos”.

CONCRETOS ESPECIALES FABRICADOS CON CEMENTO PORTLAND

<p> Concreto con aire incluido Concreto celular Concreto colado centrifugamente Concreto coloidal Concreto consolidado por apisonamiento energético Concreto modificado con epóxicos Ferrocemento Concreto reforzado con fibras Concreto fluido Concreto con ceniza volante Concreto con granulometría discontinua </p>	<p> Concreto de gran peso Concreto de alta resistencia a edad temprana Concreto de alta resistencia Concreto de alta deformación Concreto pre empacado Concreto modificado con látex Concreto de baja densidad Concreto masivo Concreto ligero de resistencia moderada Concreto modificado con polímeros Concreto con agregado precolado </p>	<p> Concreto presforzado Concreto compactado con rodillos Concreto para blindaje Concreto lanzado Concreto compensador de contracción Concreto con humo de silice Suelo cemento Concreto ligero estructural Concreto superplastificado Concreto tratado al vacío Concreto de revenimiento nulo </p>
---	---	---

CONCRETOS ESPECIALES QUE NO UTILIZAN CEMENTO PORTLAND

<p> Concreto acrílico Concreto asfáltico Concreto epóxico </p>	<p> Concreto de látex Concreto de fosfato de magnesio Concreto de metacrilato de metilo (MAM) </p>	<p> Concreto de polímeros Concreto de silicato de sodio Concreto de azufre </p>
--	--	---

**PROPORCIONAMIENTO TIPICO PARA CONCRETO PARA BLINDAJE NUCLEAR
CONVENCIONALMENTE MEZCLADO Y COLOCADO**

Mezcla Num	Agregado fino		Agregado grueso		Aditivo	W/C	Revenimiento		Densidad húmeda	
	RP*	Material	RP*	Material			pulg	mm	lb/ft ³	kg/m ³
A	3.4	Ilmenita			Especificar	0.43	0	0	190	3040
B	3.35	Magnetita			Especificar	0.47	0	0	190	3040
C	2.39	Silicato de magnesio	5.07	Magnetita	Especificar	0.62	2	50	190	3040
D	4.46	Barita	5.44	Barita	Especificar	0.60	2	50	220	3520
E	3.66	Ilmenita	4.62	Ilmenita	Especificar	0.45	3	75	225	3630
F	3.61	Magnetita	4.50	Magnetita	Especificar	0.49	2	50	225	3630
G	2.95	Ferrosulfuro	2.95	Ferrosulfuro	Especificar	0.54	2	50	260	4170
H	1.40	Barita	2.11	Barita	Especificar	0.54	2	50	260	4170
I	3.01	Magnetita	1.76	Magnetita	Especificar	0.49	2	50	270	4330
			2.69	S330/390 Perdigón de acero						
			2.65	S1110/1320 Perdigón de acero						
I	2.90	Magnetita	2.60	S330/390 Perdigón de acero	Especificar	0.51	2	50	300	4800
			5.76	S1110/1320 Perdigón de acero						
J	3.21	Ilmenita	2.60	S330/390	Especificar	0.49	2	50	300	4800
			5.54	S1110/1320						
K	3.82	Ferrosulfuro	7.10	Ferrosulfuro	Especificar	0.53	2	50	300	4800
L	1.00	Magnetita	5.96	S330/390 Perdigón de acero	Especificar	0.46	2	50	330	5290
			5.89	S1110/1320 Perdigón de acero						
Lechada de agregado precolocado										
M	1.15	Silicato de magnesio				0.50			128	2050
N	1.00	Convencional				0.42			129	2060
O	1.28	Limonita				0.55			146	2390
P	1.49	Barita				0.54			155	2480
Q	2.12	Magnetita				0.55			170	2720
Concreto de agregado precolocado										
	Lechada número									
R	O	Limonita	1.23	Limonita	Especificar	0.55			215	3440
			5.37	Magnetita						
S	Q	Magnetita	10.29	Magnetita	Especificar	0.55			240	3850
T	M	Silicato de magnesio	2.46	Silicato de magnesio	Especificar	0.50			240	3850
			7.44	Taladros de acero						
U	Q	Magnetita	6.16	Magnetita	Especificar	0.55			260	4170
			3.38	Taladros de acero						
V	O	Limonita	2.70	Limonita	Especificar	0.55			260	4170
			6.31	Taladros de acero						
w	Q	Magnetita	8.08	Taladros de acero	Especificar	0.55			300	4810
x	Q	Magnetita	13.11	Taladros de acero	Especificar	0.55			340	5450

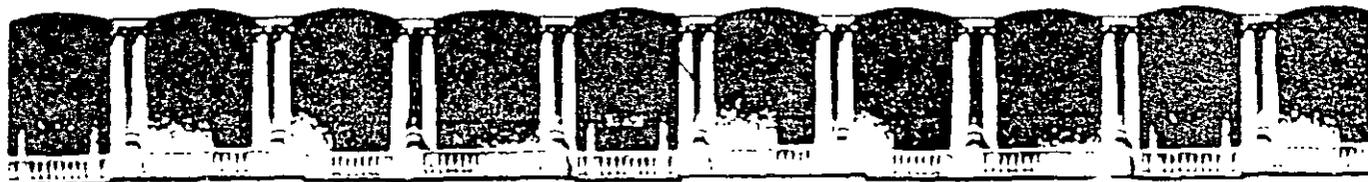
*RP = relación de peso agregado/cemento

EDIFICIO	UBICACION	AÑO	RESISTENCIA DEL CONCRETO	
			Mpa	kg/cm ²
Lake Point Tower	Chicago	1965	52	528
One Shell Plaza	Houston	1968	41	416
Royal Bank Plaza	Toronto	1975	61	620
River Plaza	Chicago	1976	55	560
Helmley Palace Hotel	Nueva York	1978	62	630
SE Financial Center	Miami	1982	48	487
Petrocanada Building	Calgary	1982	50	507
Chicago Mercantile Exchange	Chicago	1982	62	630
Pacific Park Plaza	Emeryville, CA	1983	45	457
Columbia Center	Seattle	1983	66	670
Interfirst Plaza	Dallas	1983	69	700
900 N. Michigan Annex	Chicago	1986	97	985
Two Union Square	Seattle	1988	115	1,167

PROPIEDADES DEL CONCRETO	CARACTERISTICAS DEL AGREGADO	PROPIEDADES DEL CONCRETO	CARACTERISTICAS DEL AGREGADO	
DURABILIDAD	<ul style="list-style-type: none"> - Estructura de poros - Permeabilidad - Resistencia a la tensión - Sensibilidad al agua - Estabilidad de volumen 	CARACTERISTICAS TERMICAS	<ul style="list-style-type: none"> - Coeficiente de dilatación térmica - Densidad - Composición mineralógica 	
Resistencia a la congelación y deshielo		<ul style="list-style-type: none"> - Coeficiente de dilatación térmica - Conductividad térmica - Calor específico 		
Permeabilidad		CAMBIOS DE VOLUMEN		
Resistencia a la erosión		<ul style="list-style-type: none"> - Contracción por Secado - Contracción diferencial - Contracción por carbonatación 		<ul style="list-style-type: none"> - Granulometría - Forma - T M A - Textura - Absorción - Estructura de poros - Composición mineralógica - Módulo de Poisson - Módulo de elasticidad
Reactividad		<ul style="list-style-type: none"> - Dureza - Composición mineralógica 		
Resistencia a los ácidos	<ul style="list-style-type: none"> - Composición mineralógica 	DENSIDAD	<ul style="list-style-type: none"> - Densidad 	
RESISTENCIA MECANICA	<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia mecánica - Textura superficial - Forma - Composición Mineralógica - Granulometría - Absorción - Módulo de elasticidad 	MÓDULO DE ELASTICIDAD	<ul style="list-style-type: none"> - Módulo de elasticidad 	
Compresión		ECONOMIA		
Tensión y Flexión		Costo	<ul style="list-style-type: none"> - Limpieza - Forma - Granulometría 	
Cortante y Torsión				
Fatiga				

TIPO DE AGREGADO	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)
SIENITA, GRANITO	1,269 - 2,436
DIORITA, GABRO	1,725 - 3,045
BASALTO	2,537 - 4,060
DIABASA	1,675 - 2,537
SILICE	1,522 - 3,045
OFITA	1,522 - 3,045
CALIZA	508 - 2,030

TIPO DE AGREGADO	MODULO DE ELASTICIDAD (kg/cm ²) X 1,000
Granitos sanos	406 a 711
Riolitas	711 a 812
Sienitas	609 a 812
Dioritas	406 a 609
Microdioritas	914 a 1,015
Olitas	914 a 1,015
Basaltos	609 a 792
Cuarcitas	924
Calizas y Dolomitas duras	508 a 711



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

TEMA V.

CORROSIÓN EN EL ACERO DE REFUERZO

Ing. Sergio E. Zerecero Galicia
Palacio de Minería
Agosto/2000

CONDICIONES NECESARIAS PARA LA CORROSIÓN

El mecanismo de la corrosión del acero en el concreto es electroquímico, tal como sucede en la mayoría de las reacciones corrosivas en presencia de agua o en ambiente húmedo (H.R. \geq 60%).

Esta corrosión conduce a la formación de óxidos/hidróxidos de hierro, productos rojizos, pulverulentos y porosos, denominados herrumbre u orín, y sólo es posible si ocurren las siguientes condiciones:

1. Debe existir un electrolito.
2. Debe existir una diferencia de potencial.
3. Debe existir oxígeno.
4. Deben existir condiciones de exposición en el concreto.
5. Pueden existir elementos corrosivos²¹.

Como en cualquier otra pila, hay un ánodo, un cátodo, un conductor metálico y un electrolito. Cualquier diferencia de potencial entre las zonas anódicas y catódicas provoca la aparición de una corriente eléctrica. Dependiente de la intensidad de esta corriente y del acceso de oxígeno podrá haber o no corrosión.

CLASIFICACIÓN DE LA CORROSIÓN ELECTROQUÍMICA

- a) *Corrosión bimetalica* También se le conoce como corrosión galvánica. Ocurre cuando están en contacto eléctrico dos metales distintos expuestos a soluciones corrosivas o a condiciones atmosféricas húmedas.
- b) *Corrosión uniforme* Este tipo de corrosión se puede dar cuando el ataque se extiende casi por igual sobre toda la superficie. Ejemplos de este tipo se pueden apreciar cuando se exponen piezas de acero en soluciones diluidas ácidas o expuestos a agentes atmosféricos normales
- c) *Corrosión localizada* Este ataque tiene lugar solamente en determinadas áreas de la superficie, teniendo lugar en estas una intensificación del proceso corrosivo en comparación con la corrosión generalizada, pudiendo ser en extremo peligrosa ya que puede conducir a la falla prematura de la pieza Es el caso más frecuente de corrosión en las estructuras de concreto reforzado.
- d) *Corrosión por picaduras* Este tipo de ataque se manifiesta, como su nombre lo indica, en forma de picaduras estrechas y profundas. Son difíciles de descubrir debido al pequeño diámetro de éstas y porque comúnmente están recubiertas por los productos de la corrosión. El mecanismo de ataque consta de un período de iniciación de la picadura debido a heterogeneidades, algún daño metálico, o a diferencias de composición en la solución, etc. Una vez iniciada la picadura se forma una zona anódica en la parte del metal desnudo actuando como cátodo la zona de metal pasivo, generándose una diferencia de potencial muy grande. Este es el caso de corrosión en presencia de cloruros.

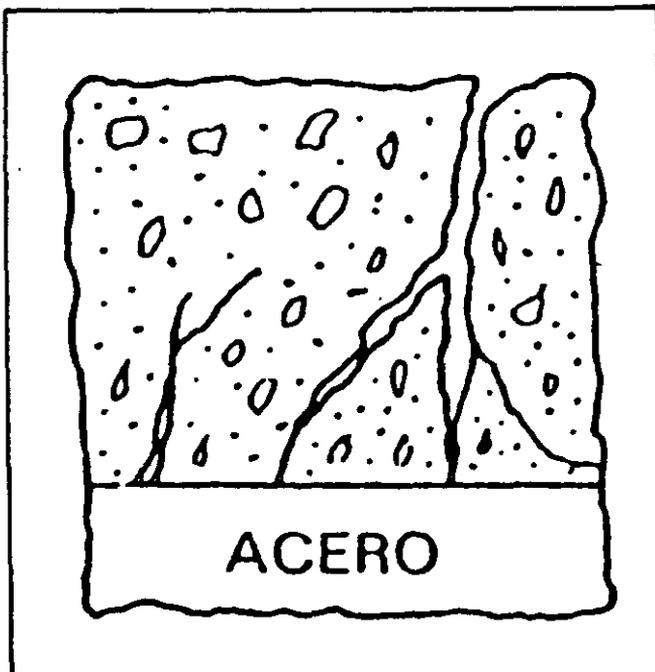
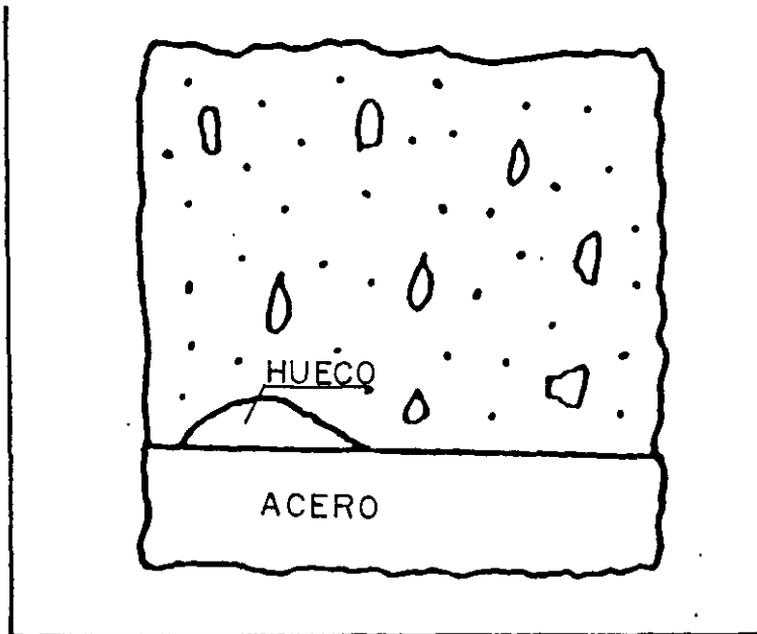
- e) *Corrosión en grietas o hendiduras* Se presenta en uniones de piezas metálicas, en rendijas, debajo de arandelas, tuercas o remaches, en juntas solapadas o debajo de depósitos (óxido o impurezas) u objetos localizados sobre la superficie metálica. En el caso del concreto reforzado, se presenta en las juntas constructivas, en donde por algún motivo el armado queda expuesto y en el peor de los casos en contacto con otros metales u otros armados.
- f) *Corrosión bajo esfuerzo* Esta es una forma de ataque localizado, sin embargo, se requieren de dos factores fundamentales: la presencia de un medio corrosivo específico y la presencia de esfuerzos a tensión, ya sea aplicados o residuales en el material.
- En el caso de aceros sometidos a altas tensiones, como sería el caso de concreto post y pretensados, el proceso de corrosión es aún más grave por la presencia de la tensión mecánica, provocando pequeñas fisuras que rápidamente progresan y llegan a la fractura del material
- g) *Corrosión bajo fatiga* Es una forma muy parecida a la corrosión bajo esfuerzo, con la diferencia de que los esfuerzos que lo provocan son de tipo cíclico y pueden ser introducidos por procesos térmicos o mecánicos. No se trata en el presente trabajo este tipo de corrosión.
- h) *Corrosión por erosión* Se considera que es el aumento en la velocidad del deterioro que sufre un metal debido al movimiento relativo entre un fluido corrosivo y la superficie metálica. Ejemplos de este tipo de daño, se pueden observar en las tuberías de acero o concreto que conducen ciertos fluidos corrosivos. Es el caso de la corrosión en presencia de sustancias agresivas.

i) Corrosión bacteriológica

Este tipo de corrosión es generado por microorganismos de diferentes variedades. Así, por ejemplo, algunos microorganismos del agua de mar pueden atacar a los pilotes de puentes o muelles provocando de esta manera la corrosión de la estructura. No se trata en el presente trabajo este tipo de corrosión.

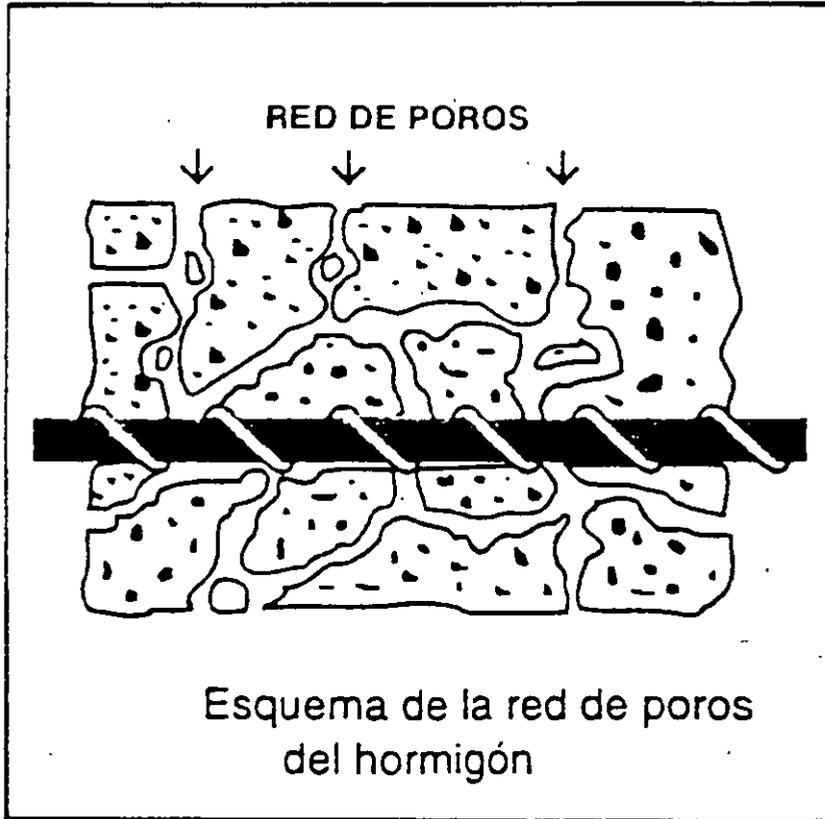
PROCESO CORROSIVO

**HUECOS SUPERFICIALES
SOBRE LAS BARRAS DEL ARMADO**



**FISURA EN EL
CONCRETO REFORZADO**

POROSIDAD DEL CONCRETO



$$\text{Poros (\%)} = (100 \times (a/c)) - (36.15 \times H)$$

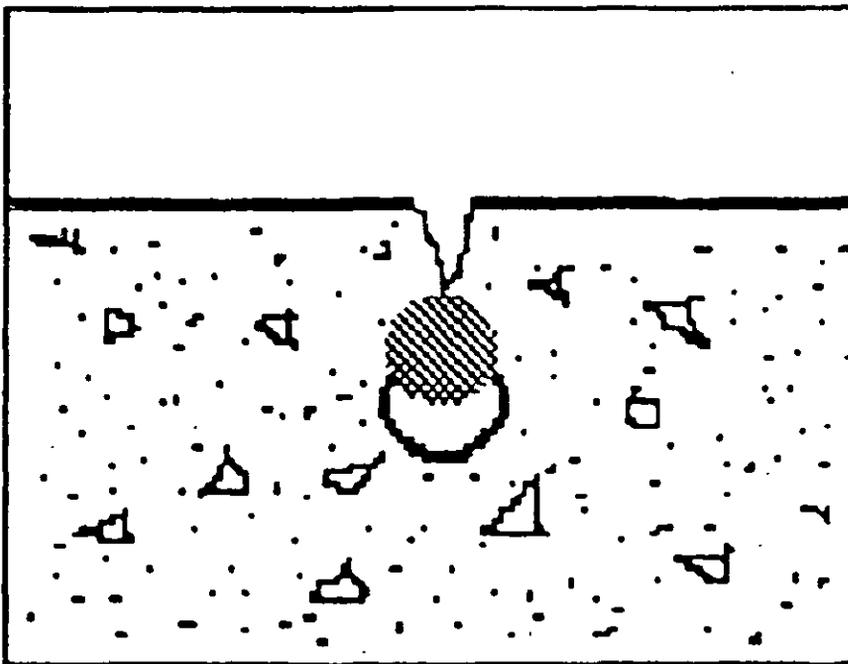
donde:

a/c es la relación agua/cemento

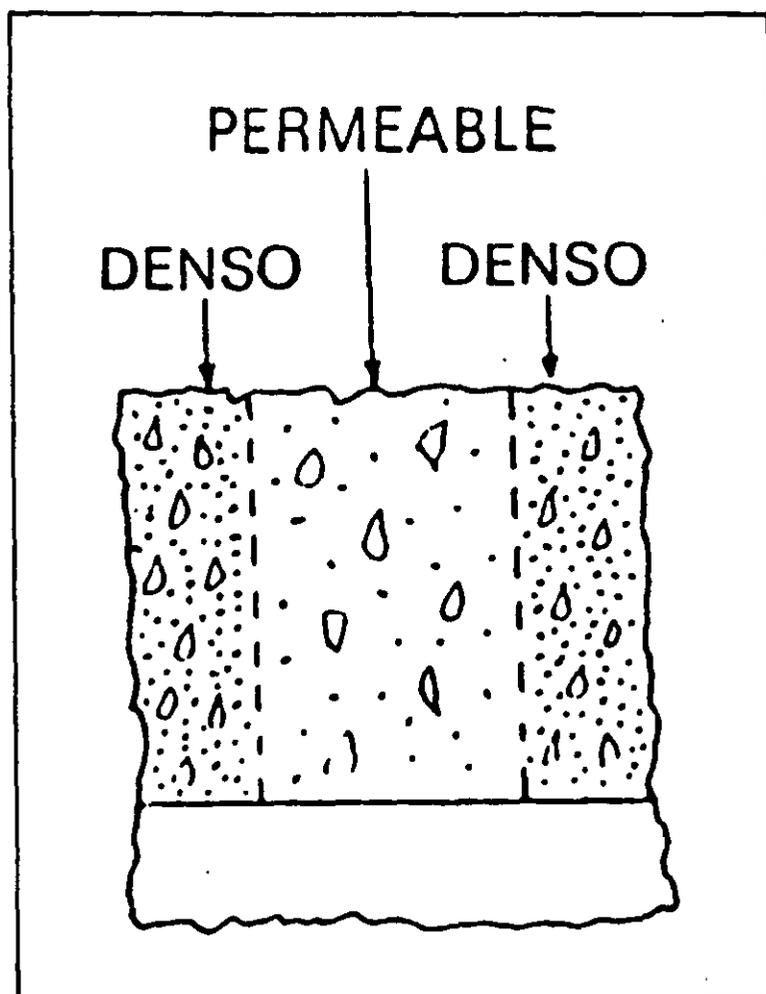
H es el grado de hidratación del cemento, cuyos valores van de 1 que representan a un cemento completamente hidratado y solo posible en teoría, hasta 0 que representa al cemento sin ningún contacto con agua.

DEBEN EXISTIR CONDICIONES DE EXPOSICIÓN EN EL CONCRETO.

La permeabilidad del concreto es con mucho el factor más importante en la corrosión. En concreto impermeables, la conductividad eléctrica es menor, posiblemente porque hay poca humedad interior. Por lo tanto, se debe prestar gran atención a la estructura y distribución de la red de poros del concreto, ya que el tamaño, la distribución y la interconexión de los poros determina la disponibilidad de oxígeno y humedad necesarios para la permanencia de la capa pasivante, así como la tasa de ingreso de iones agresivos y otros agentes iniciadores de la corrosión.

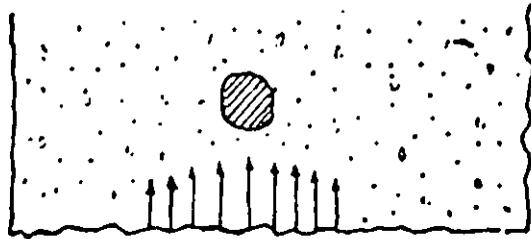


CAVIDAD DE AIRE EN LA SUPERFICIE
INFERIOR DEL ARMADO

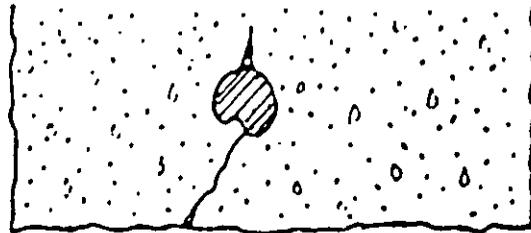


COMPACIDAD VARIABLE DEL
CONCRETO REFORZADO

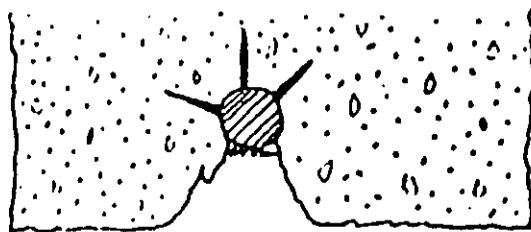
DETERIORACIÓN PROGRESIVA DEBIDA A LA
CORROSIÓN DE LOS ARMADOS



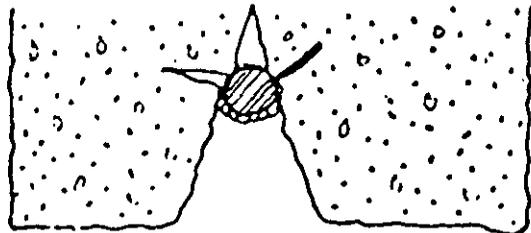
A) PENETRACION DE AGENTES AGRESIVOS
POR DIFUSION, ABSORCION O PERMEABILIDAD



B) FISURACION DEBIDA A LAS FUERZAS DE
EXPANSION POR PRODUCTOS DE CORROSION



C) DESMOCHAMIENTO DEL HORMIGON
Y CORROSION ACENTUADA



D) DESMOCHAMIENTO ACENTUADO Y
REDUCCION SIGNIFICATIVA DE LA
SECCION DE LA ARMADURA

RECOMENDACIONES TENDIENTES A PREVENIR LA CORROSIÓN.

RECOMENDACIONES SOBRE EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO.

RECOMENDACIONES SOBRE EL CEMENTO Y LOS AGREGADOS

RECOMENDACIONES TENDIENTES A LOGRAR LA REDUCCIÓN DE LA PERMEABILIDAD EN EL CONCRETO

RECOMENDACIONES SOBRE EL ACERO

REVESTIMIENTOS SOBRE LAS BARRAS DE ACERO DE CONSTRUCCIÓN.

REVESTIMIENTOS METÁLICOS.

1. Fusión: Consiste en el revestimiento con una delgada capa de zinc, estaño o plomo, mediante inmersión en un baño en estado líquido.

1.1. Estañado.- Para el recubrimiento de un objeto metálico con este material, se calienta en un horno el estaño a una temperatura superior a su punto de fusión, 232°C. Después de haber sido limpiado y secado, se trata con cloruro de zinc o cloruro amónico para disolver las capas de óxido y con colofonia³⁰ fundida para evitar se vuelva a oxidar, finalmente, se introduce en estaño fundido y se frota uniformemente con una muñequilla de estopa.

1.2. Galvanizado o zincado.- Es el recubrimiento del hierro con una película de zinc. Para ello se empieza por tratar con un mordiente de ácido clorhídrico o sulfúrico diluido para dejar la superficie lo más limpia posible, lavando después y fregando con arena.

REVESTIMIENTOS NO METÁLICOS.

1. *Pinturas.*- Las pinturas son una buena respuesta inhibiendo la corrosión del metal, pero con limitaciones en el uso de materiales tóxicos o peligrosos y con la necesidad de técnicas de preparación y aplicación de bajo riesgo para los operarios.

FACTORES CONSIDERADOS PARA LA PROTECCIÓN MEDIANTE PINTURAS

Existen varios factores a considerar para la protección óptima de superficies metálicas, entre los cuales podemos citar los siguientes:

- a) Espesor de película adecuado.
- b) Buena resistencia al agua con baja absorción.
- c) No presentar ampollado, ablandamiento, hinchamiento o pérdida de adhesión por agua que penetra en la película y que es retenida en los espacios intermoleculares del polímero³¹, según la resina empleada.
- d) Resistente a la transferencia de vapor de agua, lo que se refiere a la posibilidad de filtrar agua en forma molecular a través de las cubiertas.
- e) Resistencia al paso de iones, la membrana impide la penetración de cloruro, sulfato, carbonato; iones que iniciarían o acelerarían la corrosión al ponerse en contacto con el metal.
- f) Buena adherencia sobre diferentes superficies, con adecuada flexibilidad a fin de acompañar los movimientos de las estructuras.

ESPESORES RECOMENDADOS DE PELÍCULA DE PINTURA PARA DIFERENTES CONDICIONES AMBIENTALES.

TIPO DE AMBIENTE	ESPESOR EN μ
Atmósfera no contaminada	10-50
Atmósfera medianamente contaminada	50-100
Atmósfera altamente contaminada (industrial y marina)	100-150
Inmersión continua en agua de mar	250-350
Contacto permanente con líquidos muy agresivos	350-500

TABLA DE PERMEABILIDADES

Agregado (Naturaleza de la roca matriz)	Coeficiente de permeabilidad (K) En cm/s x 10 ⁻¹²	Relación agua/cemento ⁷ en kg/kg (peso) de pasta de cemento Portland altamente hidratadas de permeabilidad equivalente
Basalto	2.57	0.38
Cuarzo	8.56	0.42
Mármol denso	24.90	0.48
Granito	5,570.00	0.70
Arenisca	12,800.00	0.71

Los concretos pueden clasificarse, según su impermeabilidad al agua en buenos, normales y deficientes, cuando tengan un coeficiente de permeabilidad K , medido a una edad especificada previamente, de 10^{-10} cm/s, 10^{-8} cm/s y 10^{-6} cm/s, respectivamente.

**RESULTADOS DE LA PERMEABILIDAD AL AIRE DE ALGUNOS
MATERIALES OBTENIDOS CON PRESIONES DE SUCCIÓN DE
APROXIMADAMENTE 0.1 MPa (1.02 Kg/cm²)**

Basalto	10 ⁻⁸ a 10 ⁻⁶ cm/s
Granito	10 ⁻⁷ a 10 ⁻⁵ cm/s
Concreto	10 ⁻⁸ a 10 ⁻⁵ cm/s

FACTORES EXTERNOS QUE INTERVIENEN EN LA CORROSIÓN

FACTORES CLIMÁTICOS

INFLUENCIA DEL MEDIO AMBIENTE

Entre los principales tipos de medio ambiente característicos según la atmósfera donde se haya una estructura de concreto se pueden citar:

a) *Atmósfera rural* (atmosfera pura): Región al aire libre a gran distancia de las fuentes contaminantes del aire. Se caracterizan por su baja proporción de contaminantes. Tienen una débil acción agresiva sobre los armados envueltos por concreto, siendo bastante lento el proceso de reducción de la protección química que proporciona la cubierta de concreto por efecto de su alta alcalinidad. No existen gases ácidos en cantidades suficientes para penetrar a través de las superficies expuestas y, por consiguiente, acelerar el proceso de carbonatación que resulta más lento que el que se observa en otras regiones.

Normalmente, tienen bajos contenidos de partículas en suspensión, del orden de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La lluvia en estas regiones tiene un pH natural del orden de 6.5.

b) *Atmósfera urbana*: Región al aire libre, pero dentro de centros de población mayores. Estas atmósferas de ciudades contiene normalmente impurezas bajo la forma de óxidos de azufre (SO_2), hollín ácido y otros agresivos tales como bióxido de carbono (CO_2).

c) *Atmósfera marina*: Se da en zonas al aire libre sobre el mar, o cerca de la costa. La atmósfera marina contiene cloruros de sodio y de magnesio, ya sea en forma de cristales o en forma de gotas de agua salada; también pueden contener sulfatos.

CONTENIDOS MEDIOS DE SUSTANCIAS AGRESIVAS EN EL OCÉANO ATLÁNTICO

iones sulfato (SO_4^-)	2,800 mg/l
iones cloruro (Cl^-)	20,000 mg/l
iones magnesio (Mg^{++})	1,400 mg/l

d) *Atmósfera industrial*: Los gases ácidos contribuyen a reducir la alcalinidad del concreto y aumentan la velocidad de carbonatación destruyendo la película pasivante del acero. Las atmósferas industriales pueden acelerar de 60 a 80 veces más el proceso de corrosión que cuando se comparan con atmósferas puras en situaciones equivalentes.

La acción dañina de estas atmósferas debe considerarse siempre conjuntamente con la humedad relativa de la región puesto que si ella no se alcanzara no habría riesgo de corrosión acentuada. Esta humedad crítica para el acero a 25 °C es aproximadamente de 65 a 85%.

EFFECTOS DE LA HUMEDAD

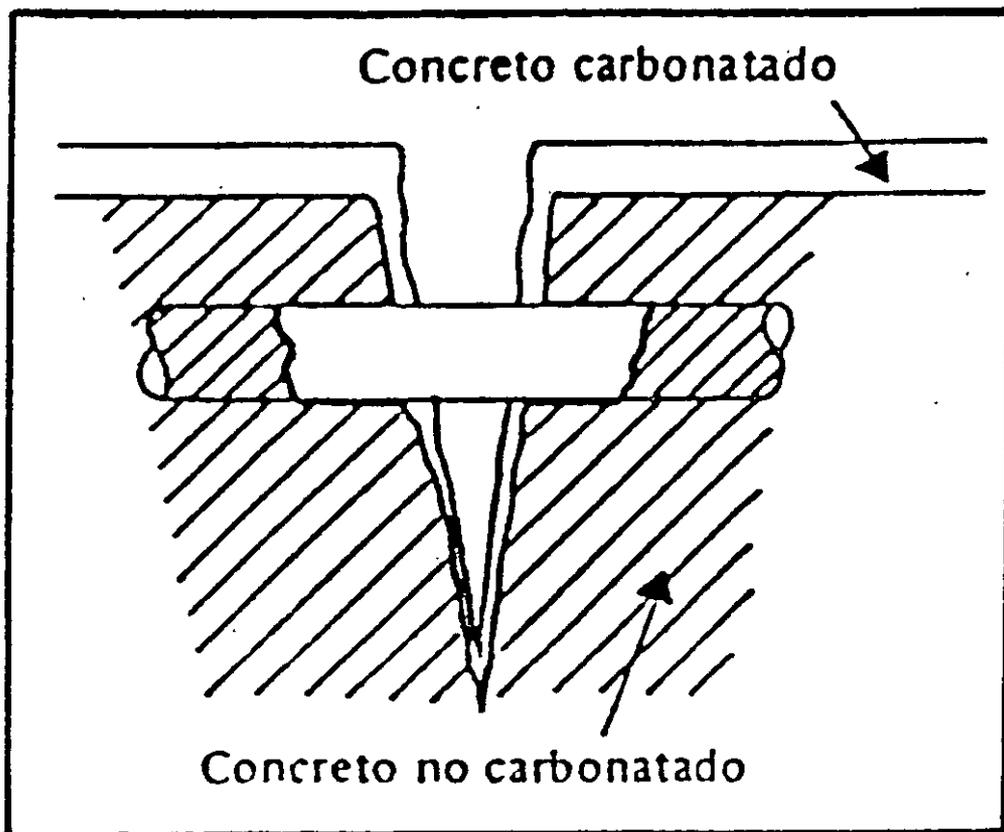
TIPO DE AIRE SEGÚN SU HUMEDAD RELATIVA

A) Aire seco	H.R. hasta 30%
B) Aire normal	H.R. entre 50 y 60%
C) Aire húmedo	H.R. entre 80 y 90%
D) Aire saturado	H.R. de 100%

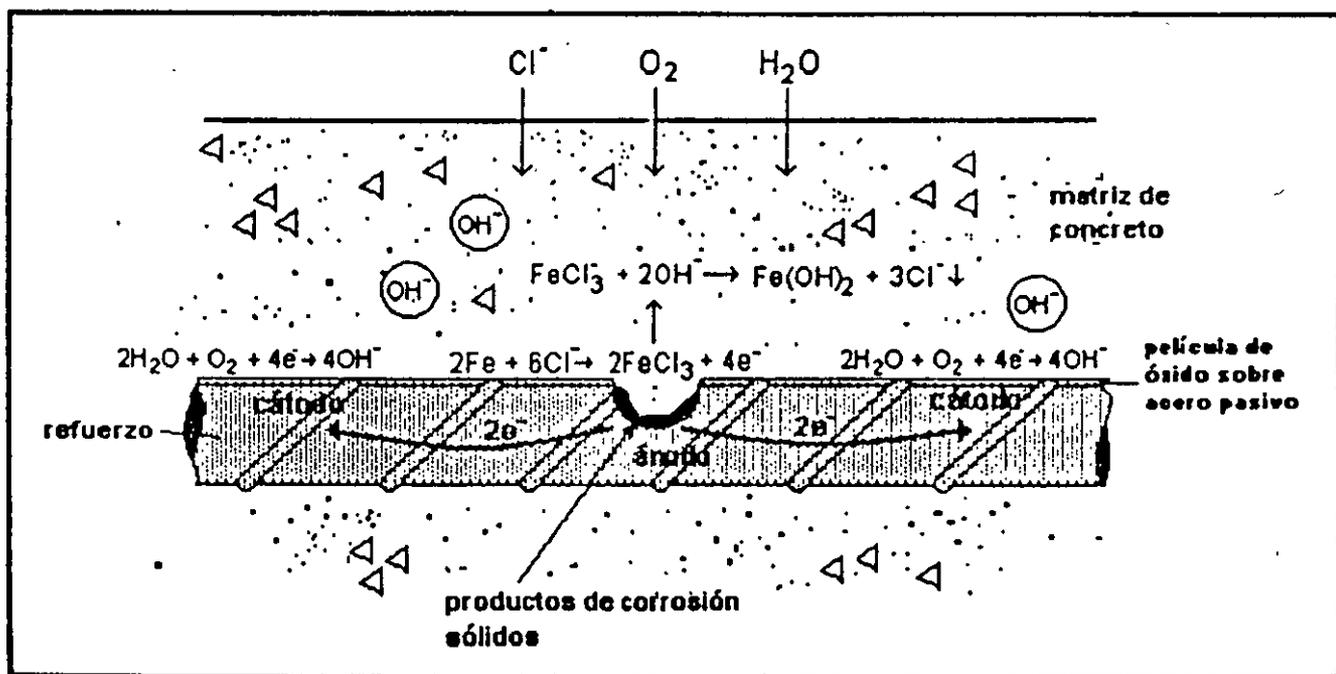
EFFECTOS DE LA TEMPERATURA

CARBONATACIÓN

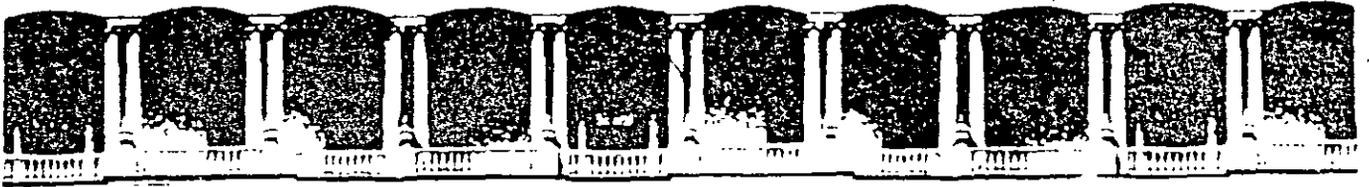
solución del poro y por lo tanto aparece un frente de carbonatación, separando dos zonas: una hacia la superficie, con un pH menor de 8 y otra hacia el interior del concreto, con un pH superior a 12.



CARBONATACIÓN EN UNA GRIETA ABIERTA



MECANISMO DE CORROSIÓN POR PICADURAS DEBIDO A LOS CLORUROS



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

TEMA VI.

**ELABORACIÓN, COLOCACIÓN Y PROTECCIÓN DEL
CONCRETO EN CLIMA CALUROSO**

**Ing. Sergio E. Zerecero Galicia
Palacio de Minería
Agosto/2000**

ELABORACION, COLOCACION Y PROTECCION DEL CONCRETO EN CLIMA CALUROSO Y FRIO

1.- ASPECTOS GENERALES

- El clima caluroso provoca problemas de:
 - a) Fabricación
 - b) Colocación
 - c) Curado

Factores que pueden afectar de manera adversa, las propiedades y la durabilidad del concreto endurecido.

2.- DEFINICIÓN DE CLIMA CALUROSO

- El clima caluroso se define como cualquier combinación.
 - a) Alta temperatura ambiental
 - b) Baja humedad relativa (reducida)
 - c) Velocidad del viento

Factores que perjudican la calidad, o que de cualquier otra manera provoquen el desarrollo de anomalías en las propiedades del concreto.

3.- EFECTOS DEL CLIMA CALUROSO

Los efectos del clima caluroso en el concreto (estado plástico) pueden ser:

- a) Incremento de agua en la mezcla.
- b) Pérdida de revenimiento.
- c) Rápido fraguado, provocando dificultad en el manejo, acabado, curado y que aumenta la posibilidad de juntas frías.
- d) Incremento al agrietamiento.
- e) Dificultad para controlar el contenido de aire incluido.

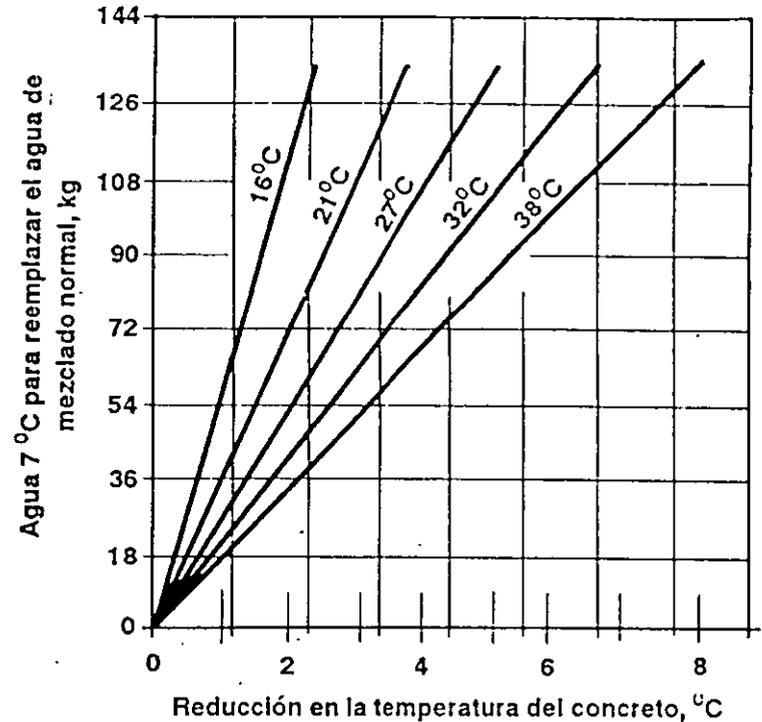
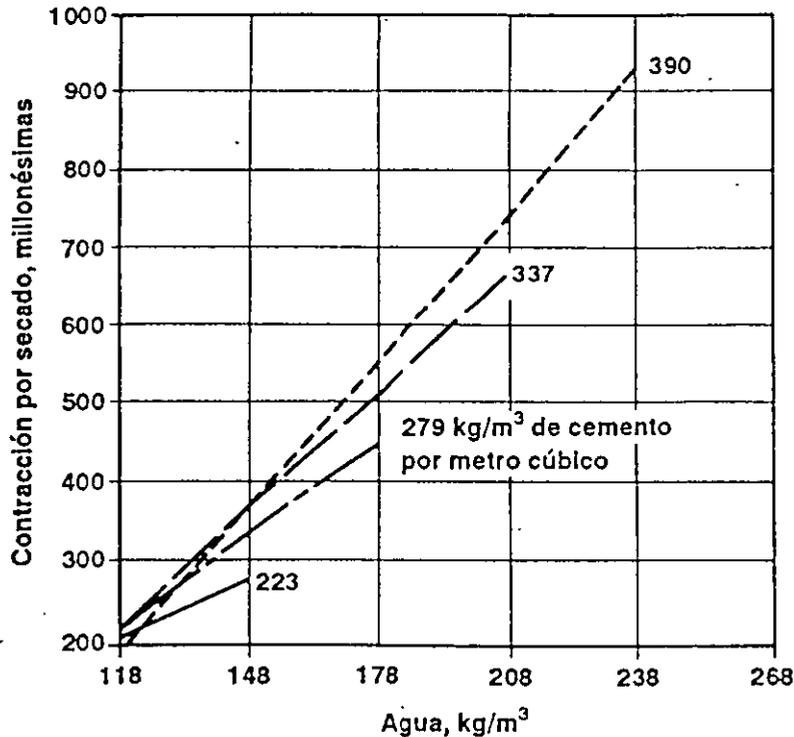
Los efectos del clima caluroso en el concreto (estado endurecido) pueden ser:

- a) Reducción en la resistencia.
- b) Contracción por secado y al agrietamiento térmico diferencial.
- c) Menor durabilidad.
- d) Reducción en la uniformidad de la apariencia superficial.

4.- EFECTOS DE FACTORES ADICIONALES

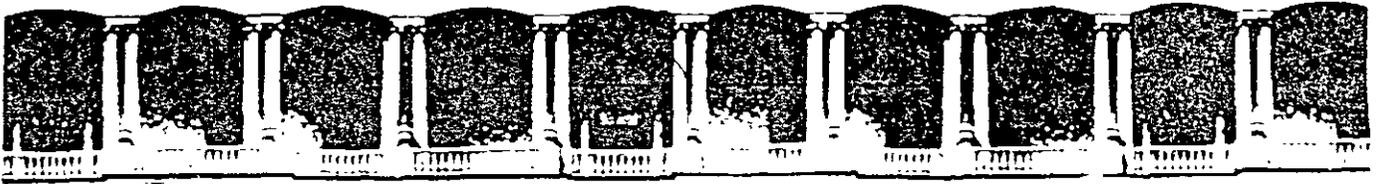
Existen otros factores que complican las operaciones pudiendo ser:

- a) El uso de cementos finamente molidos que incrementan la rapidez de hidratación.
- b) El uso de concreto con alta resistencia a la compresión, que requiere un más alto contenido de cemento.
- c) El diseño de secciones delgadas de concreto.
- d) Mayor capacidad de los camiones para la entrega de concreto.
- e) Movilización de grandes volúmenes de concreto de bajo revenimiento a lo largo de mayores distancias.
- f) Incremento en el uso de equipo para bombeo de concreto.
- g) Uso de bandas transportadoras.
- h) Necesidad de índole económica, de continuar el trabajo en climas extremadamente calurosos.
- i) Uso de cemento de contracción compensada.



Relación entre la contracción, el contenido de cemento y el contenido de agua. La gráfica indica que la contracción es una función directa del contenido unitario de agua en el concreto fresco. Nótese poca influencia del contenido del agua en la contracción, sin tomar en consideración el contenido de cemento o la relación agua/cemento. El estrecho agrupamiento de estas curvas demuestra que la contracción en el momento del secado se rige principalmente por el contenido unitario de agua. Del Manual del Concreto del USBR, 8a. Edición, Fig. 8.

Efecto del agua de mezclado enfriada sobre la temperatura del concreto. Las temperaturas son las normales del agua de mezclado. Estos valores se pueden aplicar a mezclas promedio hechas con agregados naturales típicos. La cantidad de agua enfriada no puede exceder de los requerimientos del agua de mezclado, la cual dependerá del contenido de humedad del agregado y de las proporciones de la mezcla. De la Referencia 20.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

TEMA VII.

**ELABORACIÓN, COLOCACIÓN Y PROTECCIÓN DEL
CONCRETO EN CLIMA FRÍO**

**Ing. Sergio E. Zerecero Galicia
Palacio de Minería
A g o s t o / 2 0 0 0**

ELABORACIÓN, COLOCACIÓN Y PROTECCIÓN DEL CONCRETO EN CLIMA FRÍO

1.- DEFINICIÓN DE CLIMA FRÍO

- El clima frío se define como un período donde, por más de 3 días consecutivos existen las siguientes condiciones:
 - 1) La temperatura promedio diaria del aire es menor a 5° C
 - 2) La temperatura del aire no es mayor a 10° C durante más de la mitad de un período cualquiera de 24 horas.
- La temperatura promedio diaria del aire es el promedio de las temperaturas mayor y menor que ocurran durante un período comprendido entre dos medias noches.

2.- OBJETIVOS

Los objetivos de las normas son:

- Evitar el daño al concreto ocasionado por el congelamiento en etapas tempranas.
- Cuando no se cuenta con agua externa, el grado de saturación del concreto recién colocado disminuye conforme el concreto gana madurez y el agua del mezclado se combina con el cemento durante la hidratación.
- El grado de saturación cae en un nivel crítico (“el grado de saturación por agua en el cual un ciclo de congelamiento causaría daños”), aproximadamente al mismo tiempo que el concreto obtiene una resistencia a la compresión de 35 kg/cm². 10° C las mezclas de concreto bien proporcionadas alcanzan estas resistencias al segundo día.
- Asegurar que el concreto desarrolla la resistencia requerida, para:
 - a) Retiro de cimbras
 - b) Retiro de apoyos
 - c) Reapuntalamiento
 - d) Carga de la estructura durante y posterior

- Mantener las condiciones de curado que protejan el desarrollo normal de la resistencia, sin usar calor excesivo y sin ocasionar una saturación crítica del concreto al final del periodo de protección.
- Limitar los cambios de temperatura rápidos.
- Un rápido enfriamiento o una gran diferencia de temperatura entre los elementos interiores y exteriores, pueden causar agrietamientos.
- El aislamiento debe quitarse gradualmente durante el siguiente periodo de 24 horas.

Temperaturas para el concreto recomendadas					
Línea	Temperatura del aire	Tamaño de la sección, dimensión mínima, cm			
		<30	30-90	90-180	>180
Temperatura mínima del concreto en el momento de su colocación y así se mantiene					
1	-	13°C	10°C	7°C	5°C
Temperatura mínima del cemento en el momento de ser mezclado para la temperatura del aire indicada					
2	arriba de -1°C	16°C	13°C	10°C	7°C
3	-18 a -1°C	18°C	16°C	13°C	10°C
4	abajo de -18°C	21°C	18°C	16°C	13°C
Baja de temperatura gradual permisible en las primeras 24 hrs después de retirada la protección					
5	-	28°C	22°C	17°C	11°C

*Para clima más frío se debe prever un mayor margen en la temperatura entre el mezclado y la temperatura mínima requerida para el colado del concreto fresco en el lugar.

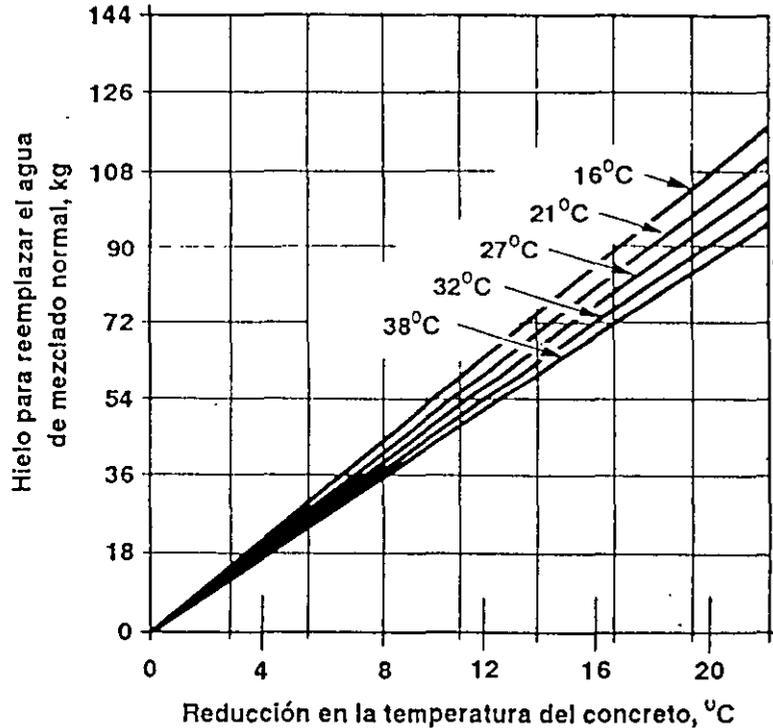
Duración del período de protección para concreto colocado durante clima frío,			
Línea	Tipo de servicio	Período de protección a las temperaturas indicadas en la Línea 1 de la Tabla 3.1 en días*	
		Cemento Tipo I o Tipo II	Cemento Tipo III, ó aditivos aceleradores ó 60 kg/m ³ de cemento adicional
1	sin carga y no expuesto	2	1
2	sin carga y expuesto	3	2
3	carga parcial expuesto	6	4
4	carga completa	véase el capítulo 6	

Duración del período de protección requerido para evitar el daño ocasionado por el congelamiento temprano de concreto con aire incluido			
Línea	Exposición	Período de protección a la temperatura indicada en la línea 1 de la tabla 3.1 en días*	
		Cemento Tipo I ó Tipo II	Cemento Tipo III ó aditivos aceleradores ó 60 kg/m ³ de cemento adicional
1	no expuesto	2	1
2	expuesto	3	2

* Un día equivale a un período de 24 horas

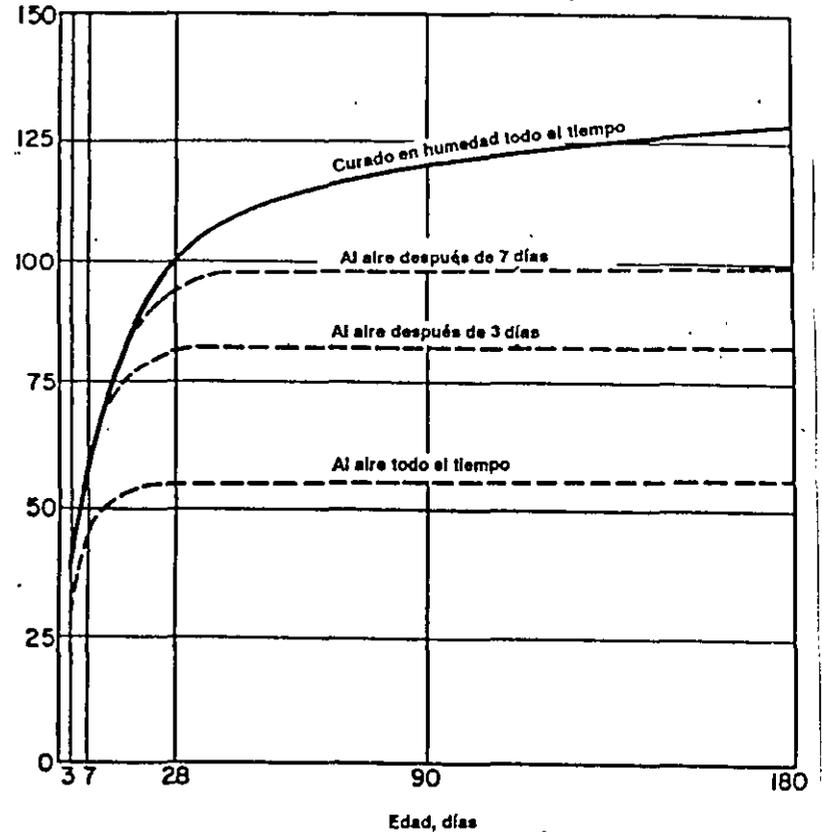
* un día es un período de 24 horas

PROPIEDADES DEL CONCRETO

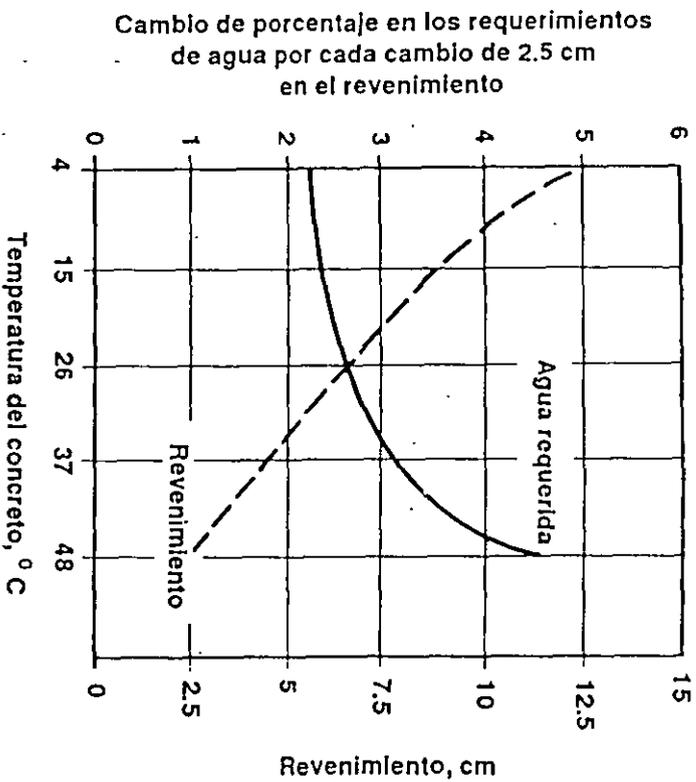


Efecto del hielo en el agua de mezclado sobre la temperatura del concreto. Las temperaturas son las normales del agua de mezclado. Estos valores se pueden aplicar a mezclas promedio hechas con agregados naturales típicos. La cantidad de hielo añadida no puede exceder los requerimientos del agua de mezclado, la cual dependerá del contenido de humedad del agregado y de las proporciones de la mezcla. De la Referencia 20.

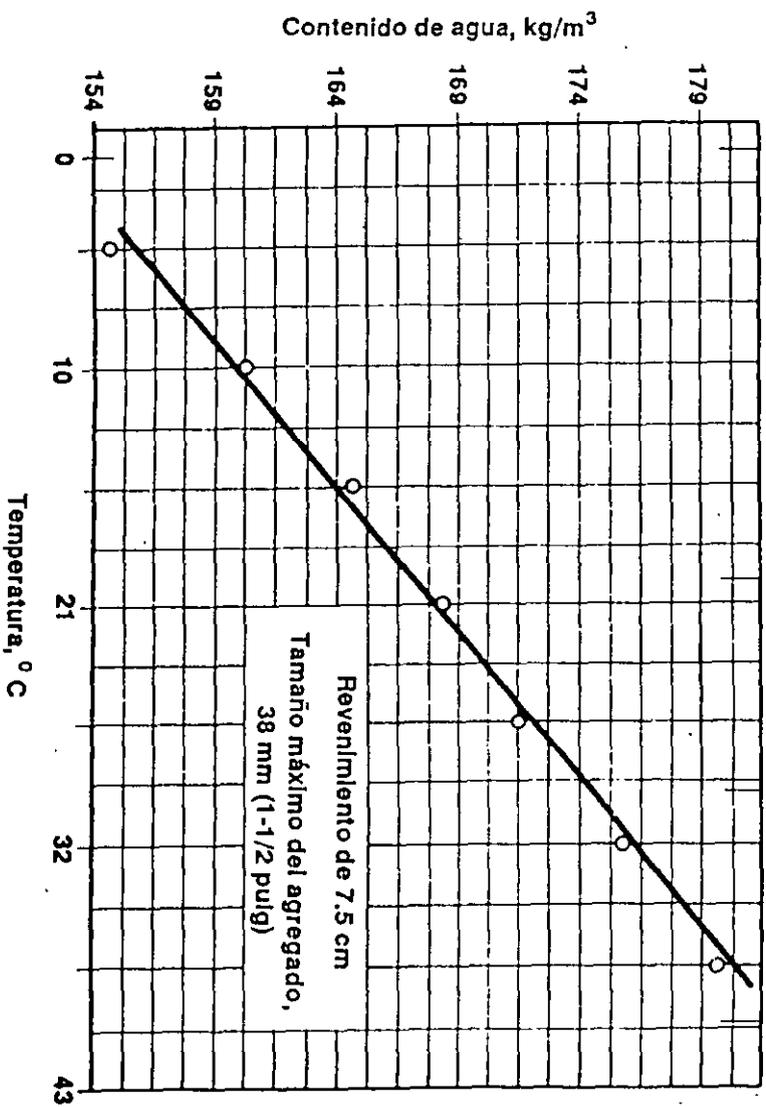
Resistencia a la compresión, porcentaje respecto del concreto curado en humedad los 28 días

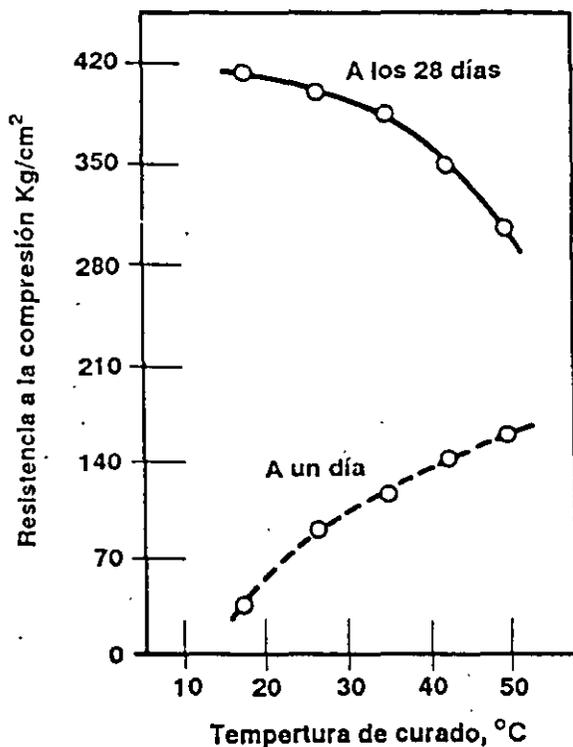


Resistencia a la compresión del cemento secado al aire en el laboratorio después de curado preliminar con humedad (Price 1951)



Efecto de la temperatura del concreto en el revenimiento y en el agua requerida con objeto de cambiar dicho revenimiento. Contenido de cemento: 307 kg/m³; porcentaje de alfe: 4.5 ± 0.5 %; tamaño máximo del agregado, 38 mm (1-1/2 pulg); promedio de datos para cementos Tipo I y II. De la Referencia 18.





La resistencia al primer día se incrementa con el aumento de la temperatura de curado, pero la resistencia a los 28 días disminuye con el aumento de la temperatura de curado. Referencia : "Structures and Physical Properties of Cement Pastes" (Verbeck and Helmuth, Simposio Japonés)

Temperaturas típicas del concreto para diversas humedades relativas potencialmente críticas con relación al agrietamiento por contracción plástica *	
Temperatura del concreto °C	Porcentaje de humedad relativa
41	90
38	80
35	70
32	60
29	50
27	40
24	30

* Temperatura máxima del concreto para diferentes humedades relativas, con objeto de limitar la rapidez de la evaporación hasta aproximadamente 1.0 kg/m²/hr, suponiendo una velocidad del viento de 16 km/hr y una diferencia de temperatura entre el concreto y el aire, de 6°C.

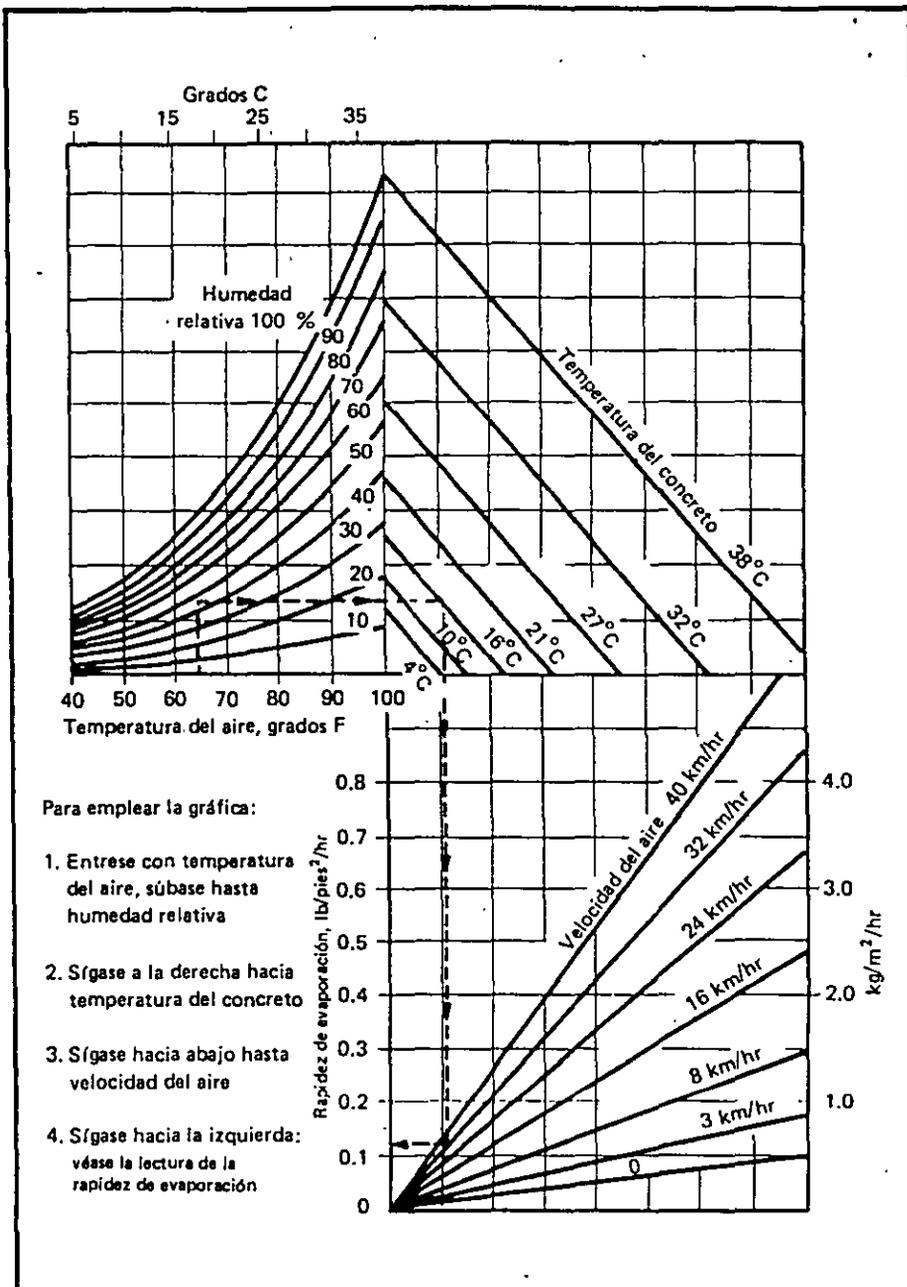


Fig. 1 Efecto de las temperaturas del concreto y del aire, de la humedad relativa y de la velocidad del aire, sobre la rapidez de evaporación de la humedad de la superficie del concreto. Esta figura proporciona un método gráfico para estimar la pérdida de humedad de la superficie, en diversas condiciones atmosféricas. Para emplear la gráfica se deben seguir los cuatro pasos señalados. Si la rapidez de evaporación excede a 1.0 kg/m²/hr será necesario tomar precauciones para evitar la pérdida de humedad de la superficie del concreto. Cuando la rapidez de evaporación exceda a 0.5 kg/cm²/hr tales medidas pueden ser necesarias. Cuando la pérdida de humedad no se presente puede ocurrir agrietamiento por contracción plástica.

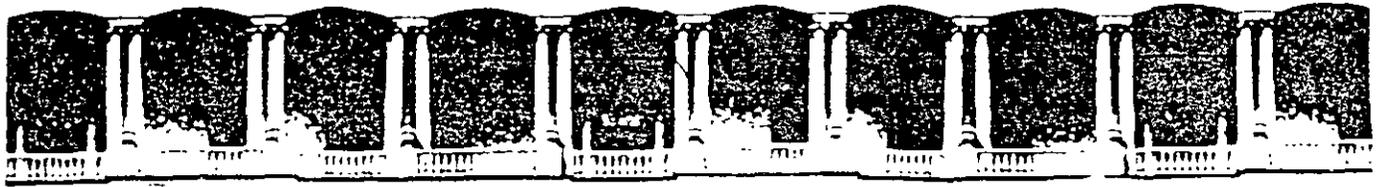
**Relaciones agua-cemento máximas
para diversas condiciones de
exposición*.**

Condición de exposición	Relación agua-cemento máxima (en peso) para concreto de peso normal
Concreto protegido contra la exposición a la congelación y deshielo o a la aplicación de productos químicos descongelantes	Escoja la relación agua-cemento basándose en los requisitos de resistencia, trabajabilidad y acabados
Concreto que se pretende sea hermético:	
a. Concreto expuesto a agua dulce	0.50
b. Concreto expuesto a agua salobre o a agua de mar	0.45
Concreto expuesto a congelación y deshielo en condición húmeda:**	
a. Guarniciones, cunetas, guardarrieles, o secciones delgadas	0.45
b. Otros elementos	0.50
c. En presencia de productos químicos descongelantes	0.45
Como protección contra la corrosión del concreto reforzado expuesto a sales descongelantes, aguas salobres, agua de mar, o a rocío proveniente de estas fuentes	0.40†

*. Adaptado de la Referencia 7-9.

** Concreto con aire incluido.

† Si el recubrimiento mínimo requerido por el Reglamento ACI 318 Sección 7.7 se incrementa en 13 mm, entonces la relación agua-cemento se puede aumentar a 0.45, para los concretos de peso normal.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

TEMA VIII.

EQUIPO DE COLOCACIÓN

Ing. Sergio E. Zerecero Galicia
Palacio de Minería
Agosto/2000

SEPARACION DEL AGREGADO Y MORTERO

- El equipo y método utilizados para colocar el concreto deben evitar la separación de agregado grueso del concreto.
- El equipo debe disponerse de manera que el concreto no tenga restricción en la caída vertical al centro del lugar de la colocación o del recipiente que lo reciba.
- El chorro del concreto no debe separarse permitiendo que caiga libremente sobre varillas, espaciadores, refuerzos u otros materiales empotrados.

EQUIPO DE COLOCACION

1.- TOLVAS DE SECCION CIRCULAR Y RECTANGULARES

- El empleo de tolvas de sección circular con descarga por la parte inferior, permiten la colocación del concreto con el más bajo revenimiento práctico, compatible con la consolidación mediante vibración.
- Las puertas de descarga deben tener una salida libre que equivalga a no menos de una tercera parte del área máxima horizontal interior, o cinco veces el tamaño máximo del agregado que se está utilizando.
- Las paredes laterales deben ser inclinadas, por lo menos 60 grados respecto a la horizontal.
- Las tolvas de sección rectangular, con criterios similares de diseño con las circulares.
- El amontonamiento de concreto por la descarga de las tolvas demasiado arriba o cercana de la superficie, o mientras están en movimiento, da lugar a causas comunes de segregación.
- El concreto derramado no debe recogerse con palas y devolverse a las tolvas para su uso subsecuente.

2.- CARROS MANUALES O MOTORIZADOS

“BUGGIES”

- Es importante el empleo de vías lisas y rígidas para impedir la separación de los materiales del concreto durante el tránsito.

- Las distancias máximas de entrega para carritos mecanizados es de 120 m (1000 pies).
- Las distancias máximas de entrega para carritos impulsados manualmente y carretillas es de 60 m (200 pies).

3.- CANALONES Y TUBOS DE CAIDA

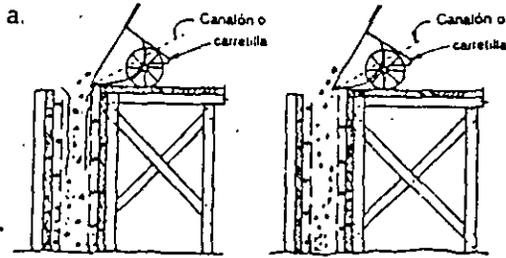
- Los canalones se emplean para trasladar concreto de elevaciones superiores a inferiores. Deben ser de fondo curvo y contruidos o forrados de metal y tener suficiente capacidad para evitar derrames.
- Debe controlarse el flujo del concreto en el extremo del canalón para evitar la segregación, los canalones demasiado largos y descubiertos deben cubrirse para evitar la evaporación y la pérdida de revenimiento.
- Los tubos de caída se emplean para trasladar verticalmente el concreto desde niveles altos a bajos son circulares.
- El tubo debe tener un diámetro de por lo menos 8 veces el tamaño máximo del agregado.
- Para disipar la energía acumulada de caída libre, consiste en colocar un colchón amortiguador de concreto al extremo del tubo.
- La mezcla de concreto suele tener un contenido de arena mayor que el normal manteniendo el revenimiento entre 7.5 hasta 15 cm (3" a 6").
- El concreto se ha vertido así con buenos resultados hasta 1500 m (5000 pies).

4.- BANDAS TRANSPORTADORAS

- Las bandas transportadoras se clasifican:
 - 1) Transportadoras portátiles o autosuficientes.
 - 2) Transportadoras alimentadoras o en serie.
 - 3) Transportadoras de descarga lateral o esparcidoras.

- Las de tipo alimentador o en serie, funcionan a velocidades de banda altas. a más de 150 mts/min (500'/min.)
- Las de tipo portátiles y de descarga lateral, funcionan a velocidades menores de 150 mts/min.
- Con el concreto debe alimentarse la transportadora por medio de una tolva para obtener un listón uniforme de material a lo largo de la banda.
- Las bandas transportadoras deben estar bien apoyadas para un transporte del concreto: suave, sin vibración y el ángulo de inclinación debe controlarse para eliminar la separación del agregado grueso con el del mortero de la mezcla.
- Las bandas con corrugados pequeños rectos o costillajes en la superficie que lleva la carga. pueden transportar concreto a través de inclinaciones empinadas.
- Debe equiparse el punto de descarga en cada banda transportadora con una regla limpiadora o raspadora, para limitar la pérdida de mortero.
- La colocación de corto alcance. se maneja mejor con bandas transportadoras portátiles con un voladizo.
- La colocación de largo alcance, se usan unidades fijas, formadas de un número de bandas transportadoras en serie.
- Se lograra la máxima eficiencia con la banda transportadora, con una mezcla de concreto plástica y homogénea. controlada a un revenimiento de 6.5 a 7.5 cm (2 ½" a 3").

EL CONCRETO SE SEGREGARA SERIAMENTE A MENOS QUE SE DEPOSITE DENTRO DE LAS CIMBRAS ADECUADAMENTE



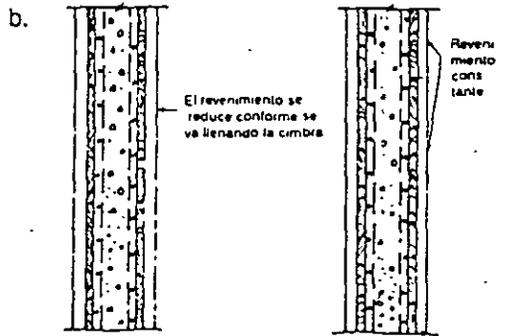
CORRECTO

Descargarse el concreto en un colector con una manguera ligera y flexible. Esto evita la segregación. La cimbra y el acero estarán limpios hasta que los cubra el concreto.

INCORRECTO

Permite que el concreto del camión o la carretilla se golpee contra la cimbra y rebote en las varillas y la cimbra causando segregación y huecos en el fondo.

COLOCANDO CONCRETO EN LA PARTE SUPERIOR DE CIMBRAS ESTRECHAS



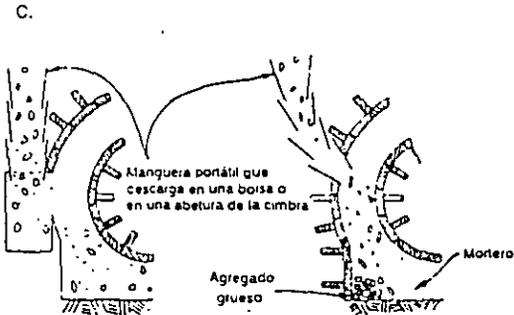
CORRECTO

Necesariamente el concreto es más húmedo en el fondo de cimbras estrechas y profundas, y se hace más seco conforme se alcanza la parte superior. El aumento de agua tiende a igualar la calidad del concreto. La contracción por asentamiento es mínima.

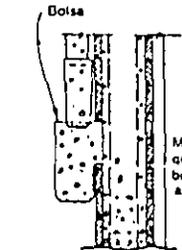
INCORRECTO

Usar el mismo reventimiento en la parte superior como en el fondo del colado. Un alto reventimiento en la parte superior produce un exceso de agua y decoloración, pérdida de calidad y durabilidad en la capa superior.

CONSISTENCIA DEL CONCRETO EN CIMBRAS PROFUNDAS Y ESTRECHAS



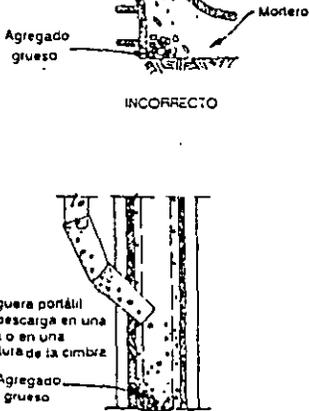
CORRECTO



CORRECTO

Cada vertical del concreto en bolsos exteriores debajo de cada abertura de la cimbra, permitiendo que el concreto se detenga y fluya fácilmente a la cimbra sin segregación.

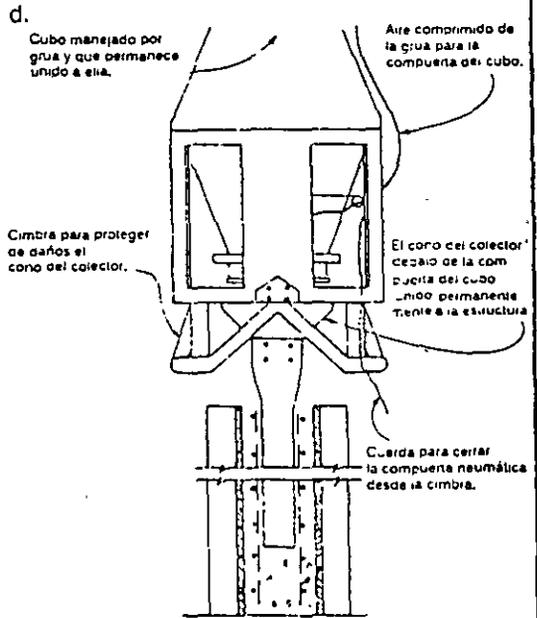
COLOCACION EN MUROS PROFUNDOS O CURVOS A TRAVES DE UNA ABERTURA EN LA CIMBRA



INCORRECTO

INCORRECTO

Permitir que el concreto fluya a gran velocidad dentro de las cimbras, o que forme un ángulo con la vertical. Esto invariablemente resulta en segregación.



Cubo manejado por grúa y que permanece unido a ella.

Aire comprimido de la grúa para la compuerta del cubo.

Cimbra para proteger de daños el cono del colector.

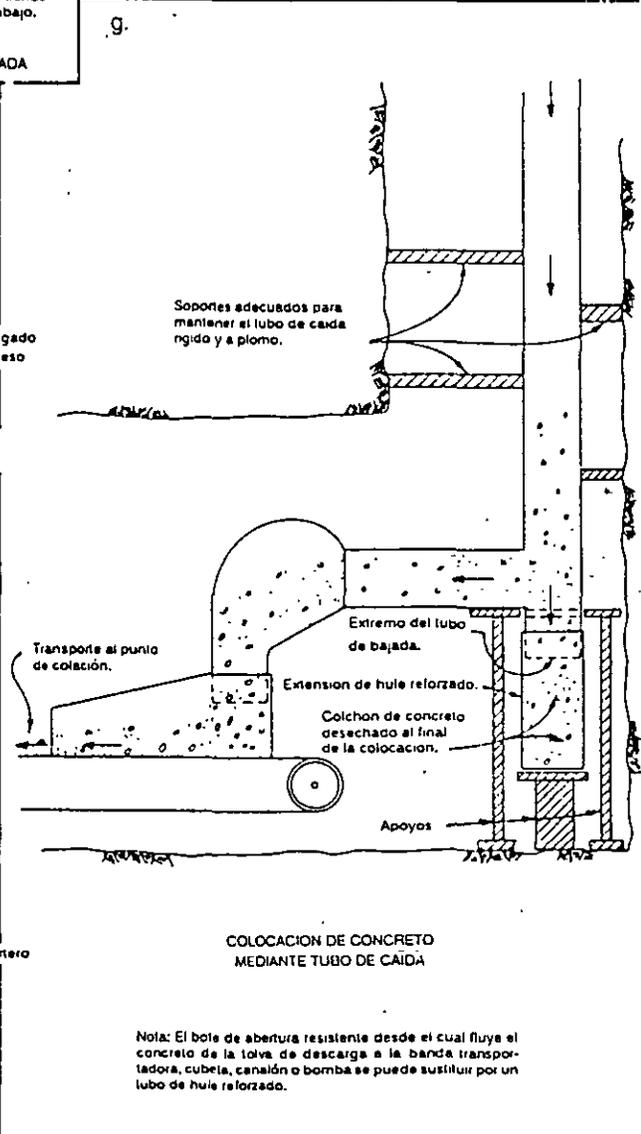
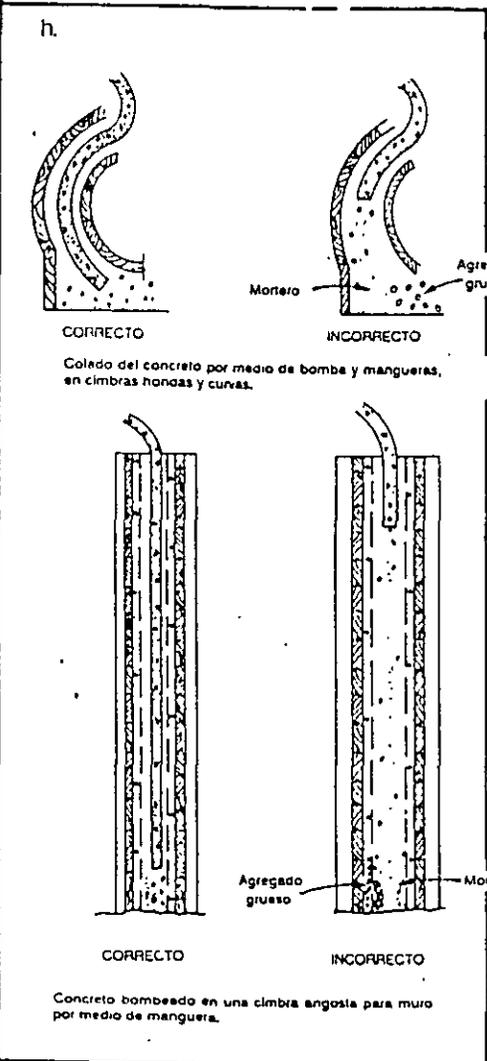
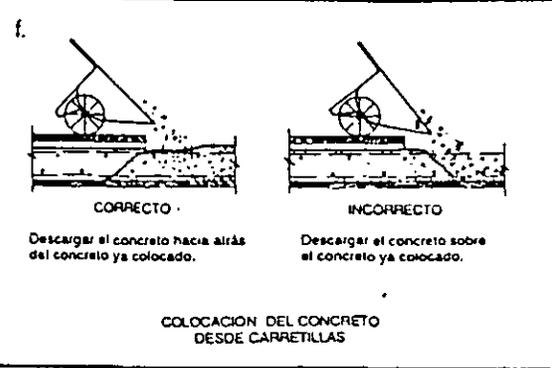
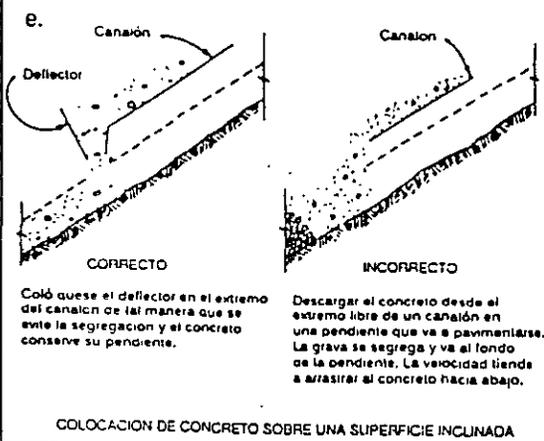
El cono del colector desahoga de la compuerta del cubo unido permanentemente a la estructura.

Cuerdas para cerrar la compuerta neumática desde la cimbra.

Conducto de caída flexible conectado al cono colector. El conducto se dobla en plano cuando no está cayendo nada de concreto, permitiendo que se le emplee para el menor tamaño de agregado, además de ser lo suficientemente grande para el mayor.

COLOCACION DE CONCRETO EN CIMBRAS PROFUNDAS Y ESTRECHAS

EL CONCRETO SE SEGREGARA SERIAMENTE A MENOS QUE SEA DEPOSITADO ADECUADAMENTE EN LAS CIMBRAS



a.



CORRECTO

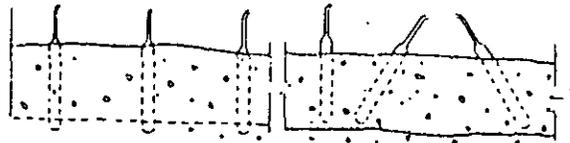
INCORRECTO

Se empieza la colocación en el fondo de la pendiente de tal manera que se aumente la compactación por el peso del concreto nuevo que se agrega.

Empieza la colocación en la parte superior de la pendiente. El concreto de arriba tiende a segregarse, sobre todo cuando se vibra en la parte inferior, puesto que la vibración inicia el flujo y anula el apoyo del concreto de arriba.

CUANDO SE TIENE QUE COLOCAR CONCRETO EN PENDIENTES

b.



CORRECTO

INCORRECTO

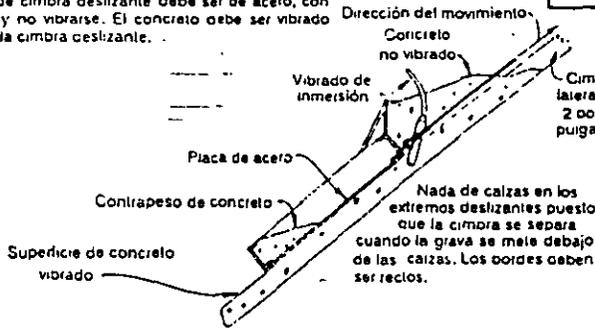
Penetración vertical del vibrador algunos centímetros dentro de la capa colocada anteriormente (la cual tocava debe estar en estado plástico). A intervalos regulares sistematicos se ha encontrado que da una adecuada consolidación.

Penetración al azar del vibrador en todos los ángulos y sin una suficiente profundidad para asegurar la combinación monolítica de las dos capas.

VIBRACION SISTEMATICA EN CADA CAPA

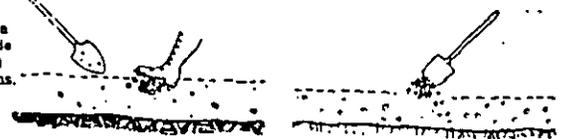
c.

Para la colocación de concreto no cimbrado en pendientes, la cara de cimbra deslizante debe ser de acero, con contrapeso, y no vibrarse. El concreto debe ser vibrado adelante de la cimbra deslizante.



COLOCACION DEL CONCRETO EN UNA SUPERFICIE INCLINADA

d.



CORRECTO

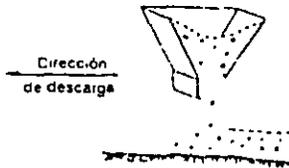
INCORRECTO

Con una pala se pasa la grava o las bolsas de piedras a otra zona con suficiente cantidad de arena y se consolida o vibra.

Tratar de corregir la bolsa de piedra, traspaleando mortero y concreto fresco en la zona.

EL TRATAMIENTO DE PAQUETES DE AGREGADO AL COLOCAR CONCRETO

e.



CORRECTO

Gírese la cubeta para que la grava segregada caiga en el concreto de tal manera que pueda combinarse dentro de la masa.



INCORRECTO

Descargar de manera que la roca libre se resbale y acumule sobre cimbra o sub-base.

SI LA SEGREGACION NO HA SIDO ELIMINADA DEL COLADO DURANTE EL LLENADO (Un remedio temporal hasta que se haga la corrección)

**A MENOS QUE SE CONTROLE LA DESCARGA DEL CONCRETO DE LAS MEZCLADORAS,
LA UNIFORMIDAD QUE RESULTA DE UN BUEN MEZCLADO SERA DESTRUIDA POR SEPARACION**

a.

ADECUADO
La descarga del concreto debe ser en el centro del recipiente, carro, camion o tolva.

Correcto
Cualquiera de los arreglos a la izquierda evita la separacion independiente de la longitud del canal o de la banda transportadora, si se descarga el concreto en recipientes, carros, camiones o tolvas.

CONTROL DE SEGREGACION AL DESCARGAR CONCRETO DE LAS MEZCLADORAS

b.

CORRECTO
Caída del concreto directamente sobre la compuerta.

INCORRECTO
Caída del concreto en los lados inclinados de la tolva.

LLENADO DE CONCRETO EN TOLVAS O CUBOS

c.

sin segregación
caída vertical

cuadrado o circular

CORRECTO
Descargar por la abertura central para verter verticalmente al centro del carro. El acceso alternado desde lados opuestos hace posible una carga tan rápida como pueda lograrse con los inconvenientes tolvas divididas que tienen dos compuertas de descarga.

INCORRECTO
Compuertas inclinadas que en realidad son canales sin control de salida causa una segregación inconveniente al llenar los carros.

DESCARGA DE TOLVAS PARA CARGAR CARROS DE CONCRETO

d.

Proveer tubo de bajada de 60 cm como mínimo.

Raspador de hueso para desberdicios por contrapeso.

Sin segregación

Mortero
Agregado grueso
Mortero

CORRECTO
El arreglo superior evita la segregación del concreto sin importar si se descarga en tolvas, cubos, carros, camiones o en cimbra.

INCORRECTO
Control completo o control impropio al final de la banda. Generalmente un deflector o una tolva baja, únicamente cambian el sentido de la segregación.

CONTROL DE LA SEGREGACION EN EL EXTREMO DE CANALETAS DE CONCRETO

e.

Proveer tubo de bajada de 60 cm. como mínimo.

Sin segregación

CORRECTO
El arreglo que se ve arriba impide la segregación, sin importar cuán corto sea el canalón, ya sea que se descargue el concreto en tolvas, cubos, carros, camiones o cimbras.

f.

Deflector
Mortero
Agregado grueso
Mortero

INCORRECTO
Control inadecuado, o falta de control al final de cualquier canalón de concreto; sin importar cuán corto sea, un deflector únicamente cambia el sentido de la segregación.

CONTROL DE LA SEGREGACION DEL CONCRETO EN EL EXTREMO DE LA BANDA TRANSPORTADORA

Esto se aplica a descargas inclinadas de mezcladoras, camión-revolueor, etc., así como a canalones largos, pero no cuando el concreto es descargado a otro canalón o a una banda transportadora.

CONTROL EN EL PUNTO DE TRANSFERENCIA DE DOS BANDAS TRANSPORTADORAS

Métodos y equipo para transportar y manejar concreto.

Equipo	Tipo y rango de trabajo para el cual el equipo es más adecuado	Ventajas	Puntos a vigilar
Bandas transportadoras	Para transportar horizontalmente concreto o a un nivel mayor o menor. Normalmente se emplean entre un punto de descarga principal y un punto de descarga secundario.	Las bandas transportadoras tienen alcance ajustable, desviador viajero, y velocidad variable ya sea hacia adelante o en reversa. Pueden colocar grandes volúmenes de concreto de manera rápida cuando el acceso está limitado.	Se requieren arreglos en el extremo de descarga para evitar segregación, y no dejar mortero sobre la banda de regreso. En climas adversos (cálido o expuesto al viento) los tendidos de bandas largas necesitan ser cubiertos.
Bandas transportadoras montadas sobre camiones mezcladores	Para transportar concreto a un nivel inferior, al mismo nivel o a un nivel más elevado.	El equipo de transporte llega junto con el concreto. Se cuenta con alcance ajustable y con velocidad variable.	Se requieren arreglos en el extremo de la descarga a fin de evitar segregación, y para no dejar mortero en la banda de retorno.
Cucharones	Empleados junto con grúas, cablevías, y helicópteros para la construcción de edificios y de presas. Transportan concreto directamente desde el punto central de descarga hasta la cimbra o a un punto de descarga secundario.	Permiten explotar totalmente la versatilidad de grúas, cablevías y helicópteros. Tienen una descarga limpia. Amplio rango de capacidades.	Seleccionar la capacidad del cucharón para que concuerde con el tamaño de la mezcla de concreto y con la capacidad de equipo de colocación. La descarga deberá ser controlable.
Canalones	Para transportar concreto a niveles inferiores, normalmente a niveles bajo el terreno, en todos los tipos de construcción de concreto.	Bajo costo y facilidad de maniobra. No se necesita fuerza motriz, pues la gravedad efectúa la mayor parte del trabajo.	Las pendientes deben variar entre 1 a 2 y 1 a 3 y los canalones deberán estar soportados adecuadamente en todas las posiciones. Efectuar arreglos en el extremo de descarga (en la bajada) para evitar segregación en el concreto.
Grúas	La herramienta adecuada para trabajar sobre el nivel del terreno.	Puede manejar concreto, acero de refuerzo, cimbras, y muchos artículos diversos en edificios elevados, a base de marcos de concreto.	Solamente cuenta con un gancho. Se necesita una programación cuidadosa de las operaciones para mantenerla ocupada.
Canalones de desnivel	Utilizados para colar concreto en cimbras verticales de todo tipo. Algunos canalones son de una pieza, otros se arman con segmentos sueltos conectados entre sí.	Los canalones de desnivel dirigen al concreto dentro de la cimbra y lo conducen hasta el fondo sin segregarse. Su uso evita el derrame de lechada y de cemento en los lados de las cimbras, lo cual resulta ser dañino cuando se especifican superficies aparentes. También evitan la segregación de las partículas gruesas.	Los canalones de desnivel deben contar con aberturas abocinadas suficientemente grandes en las que el concreto se pueda descargar sin ser derramado. La sección transversal del canalón de desnivel deberá ser escogida cuidadosamente para que se pueda insertar dentro de la cimbra sin que interfiera con el acero de refuerzo.
Mezcladoras de dosificación móviles	Empleadas para la producción intermitente de concreto en obra.	Un sistema combinado de transporte, dosificación y mezclado móvil para efectuar el proporcionamiento del concreto especificado de manera precisa y rápida. Su operación se lleva a cabo con un hombre.	Para tener una operación libre de problemas se necesita un buen programa de mantenimiento preventivo en el equipo. Los materiales deberán ser idénticos a los empleados en el diseño original de la mezcla.
Camiones no agitadores	Empleados para transportar concreto en trayectos cortos y en caminos en buen estado.	El costo del equipo no agitador es inferior al de los camiones agitadores o mezcladores.	Se deberá limitar el revenimiento del concreto. Posibilidad de segregación. Se necesita una altura libre para levantar la caja del camión para la descarga.
Pistolas neumáticas (concreto lanzado)	Empleadas en lugares difíciles de colar y donde se necesitan secciones delgadas y áreas extensas.	Ideales para colar el concreto en formas libres de cimbras, para reparar y reforzar edificios, para recubrimientos protectores y para cubiertas delgadas.	La calidad del trabajo depende de la habilidad de quienes hagan uso del equipo. Solo se deberán emplear operarios experimentados en boquillas.
Bombas	Empleadas para transportar directamente concreto desde el punto central de descarga hasta la cimbra o hasta el punto de descarga secundario.	Las tuberías ocupan poco espacio y se pueden tender fácilmente. Entregan concreto en un flujo continuo. Las bombas pueden mover al concreto ya sea de manera vertical u horizontal. Se pueden remitir bombas móviles cuando sean necesarias para proyectos grandes o pequeños. Las plumas de bombas estacionarias suministran concreto de manera continua para la construcción de edificios de gran altura.	Se requiere un suministro constante de concreto fresco con una consistencia promedio y sin ninguna tendencia a segregarse. Se debe tener cuidado al operar la línea de bombeo para asegurar un flujo uniforme y limpiarla una vez que se haya terminado la operación de colado. El bombeo vertical, con curvaturas y a través de mangueras flexibles reducirá considerablemente la distancia máxima de bombeo.

Métodos y equipo para transportar y manejar concreto. (Continuación)

Equipo	Tipo y rango de trabajo para el cual el equipo es más adecuado	Ventajas	Puntos a vigilar
Extendedores de tornillos	Usados para extender concreto en áreas planas, como en los pavimentos.	Con un extendedor de tornillos se puede tener rápidamente una mezcla de concreto descargada de un cucharón o un camión sobre un área grande con un espesor uniforme. El concreto tendido tiene buena uniformidad de compactación antes de que se use vibración para la compactación final.	Los extendedores de tornillos se utilizan comúnmente como parte de un tren de pavimentación. Se les deberá emplear para extender concreto antes de aplicar el vibrado.
Tubo embudo (Tubo tremie)	Para colocar concreto bajo el agua.	Se pueden usar para verter el concreto por medio de un embudo a través del agua dentro de la cimentación u otra parte de la estructura por colar.	Se necesitan precauciones para asegurarse que el extremo de descarga del tubo siempre se encuentre enterrado en concreto fresco, de modo que se tenga un sello entre el agua y la masa de concreto. A menos que se cuente con presión, el diámetro deberá ser de 25 a 30 cm. La mezcla de concreto requiere de una mayor cantidad de cemento, de 390 a 450 kg por metro cúbico, y un revenimiento mayor, de 15 a 22.5 cm, pues el concreto deberá fluir y consolidarse sin ninguna vibración.
Camiones agitadores	Empleados para transportar concreto para todo uso en pavimentos, estructuras y edificios. Las distancias de acarreo deben permitir la descarga del concreto dentro de la primera hora y media, aunque ese límite se puede ignorar bajo ciertas circunstancias.	No se necesitan plantas de mezclado central, solamente una planta dosificadora, porque el concreto se mezcla completamente en el camión mezclador. La descarga es igual que en los camiones agitadores.	El tiempo de entrega deberá adecuarse a la organización del trabajo. El personal y el equipo para el colado deberán estar listos en el sitio para manejar el concreto. El control de la calidad del concreto no es tan bueno como con el mezclado central.
Carrotilas manuales y motorizadas	Para acarros planos y cortos en todos los tipos de construcción de concreto, en especial donde el acceso al área de trabajo esté restringido.	Muy versátiles e ideales por lo tanto en interiores y en sitios donde las condiciones de colado se encuentren cambiando constantemente.	Lentas y de trabajo intenso.

MEZCLADO Y TRANSPORTE EN CAMIONES DE TAMBOR GIRATORIO

Algunas especificaciones limitan las revoluciones totales para: la carga, mezclado, agitación y descarga del concreto en camiones de tambor giratorio.

Otras especificaciones fijan límites en el número de revoluciones para velocidad de mezclado.

Otras especifican para el mezclado un tiempo máximo de una y media horas (1.5 hrs). a partir del momento en que el cemento haya entrado en el tambor y hasta que termine la descarga.

También se preve una reducción del tiempo máximo de espera en climas calientes.

Otra especificación es no poner límites a las revoluciones o al tiempo de espera mientras no se exceda el agua de mezclado especificada, no se agregue agua de remezclado o mientras el concreto conserve propiedades físicas plásticas satisfactorias, consistencia y homogeneidad para su colocación y consolidación.

CONCRETO MEZCLADO EN CAMIÓN.

Muchos productores dosifican todos los ingredientes en el camión revolvente funcionando a velocidad de carga, detienen el tambor cuando el camión está cerca de la obra, o bien cuando ha llegado a ella, y entonces llevan a cabo el mezclado.

Otro procedimiento es completar todo el mezclado en el camión, en el patio del productor, haciendo el viaje a la obra con el tambor sin girar.

Al estarse cargando el tambor, este debe girar a la velocidad designada por el fabricante.

Después de cargar completamente todos los materiales, el tambor debe girar a la velocidad de mezclado usando entre 70 y 100 revoluciones para completar el mezclado bajo condiciones normales.

Si transcurre tiempo adicional después del mezclado y antes de descargar, la velocidad del tambor se reduce a la velocidad de agitación o se detiene.

Antes de la descarga, el tambor debe girarse de nuevo a la velocidad de mezclado por unas 10 o 15 revoluciones, para remezclar los posibles puntos de estancamiento, cerca ya de la descarga.

El volumen absoluto total de todos los ingredientes dosificados, no debe exceder el 63% de la capacidad del tambor.

CONCRETO MEZCLADO PARCIALMENTE EN PLATA FIJA Y TERMINADA EN TRANSITO.

El concreto transportado se mezcla por poco tiempo, entre 15 a 30 segundos en una mezcladora fija en la planta.

CONCRETO DOSIFICADO EN SECO.

Los materiales secos se transportan al sitio de la obra, y el agua de mezclado se lleva por separado.

El agua se agrega a presión, de preferencia a la entrada y en la parte posterior del tambor con velocidad de mezclado.

El mezclado se completa con las usuales 70 a 100 revoluciones.

La humedad libre de los agregados provoca algo de hidratación en el cemento.

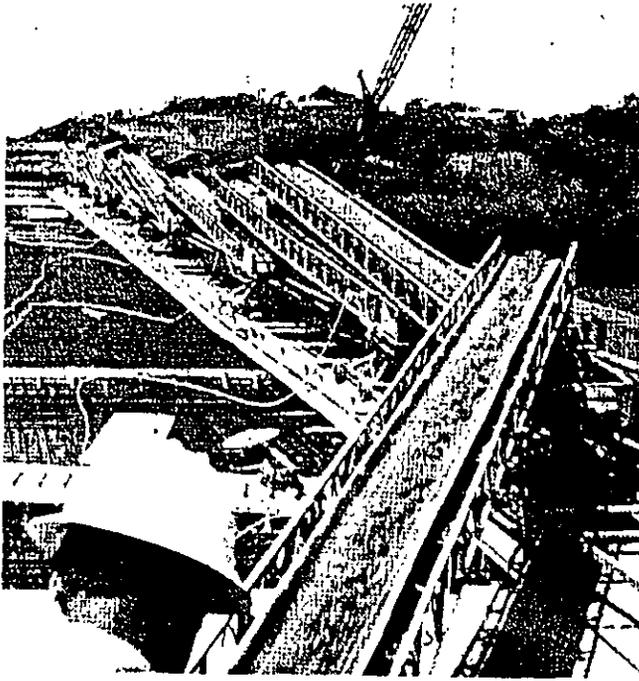
Los materiales no pueden mantenerse indefinidamente.

El volumen total de concreto que puede transportarse por este método es de 63% de la capacidad del tambor.

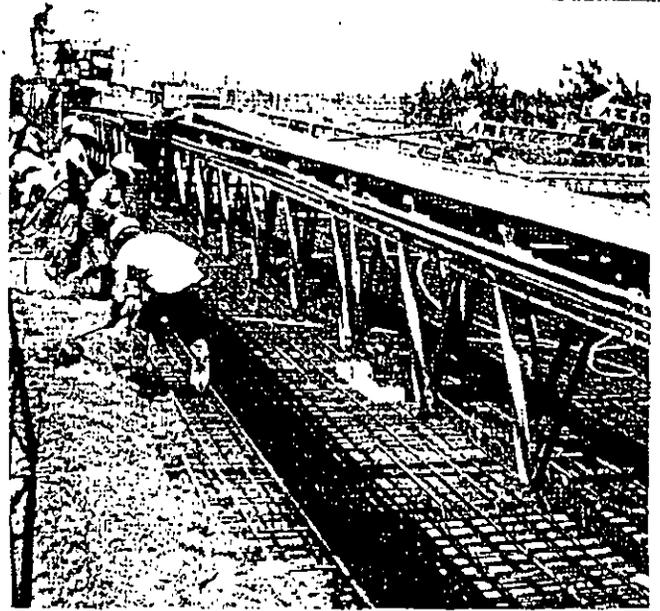
Capacidad de la banda transportadora de concreto

Promedio de colocación en cargas continuas, m³/hr

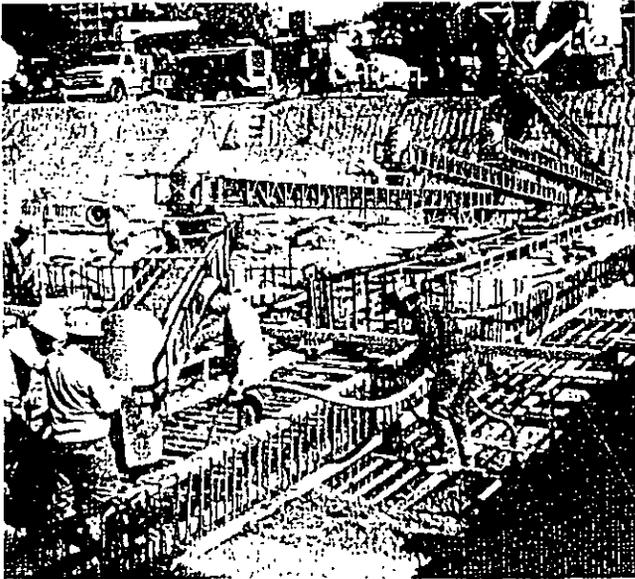
Dimensión de la banda, cm	Velocidad de la banda, m/min						
	30	60	90	120	150	180	210
0° de ángulo de sobrecarga							
41	17	35	52	69	87	104	121
46	23	46	68	92	114	137	160
51	27	55	83	110	137	165	192
56	32	65	96	129	161	193	225
61	37	74	111	148	184	221	257
5° de ángulo de sobrecarga							
41	22	43	65	89	108	129	151
46	29	58	87	115	144	173	202
51	35	70	105	140	175	210	245
56	41	83	125	166	208	249	290
61	48	93	145	194	242	291	340



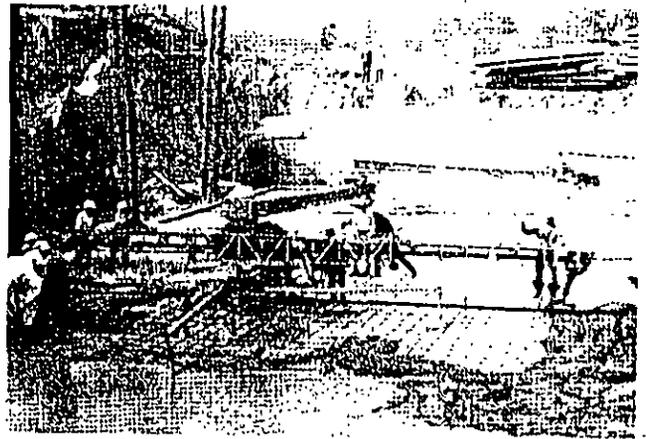
Banda transportadora que alimenta a la banda de descarga lateral sobre una cubierta de puente



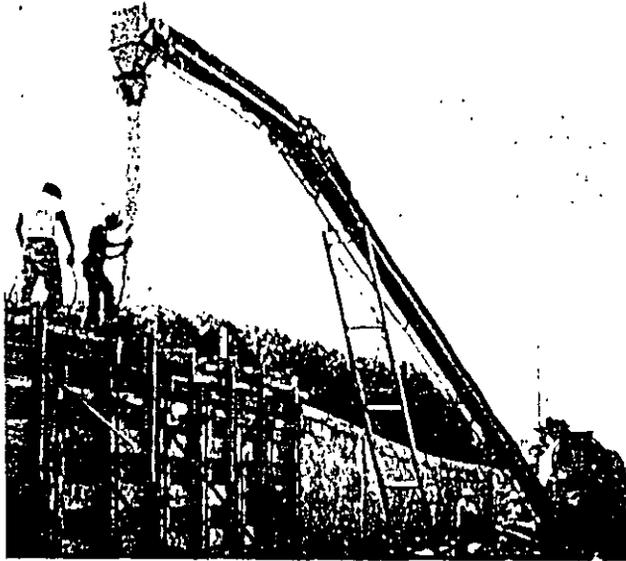
Banda alimentadora con descarga lateral en la cubierta de un puente



Operación manual (alimentador radial)



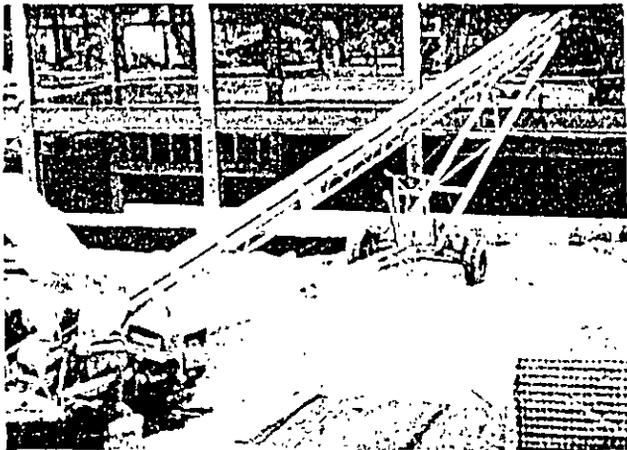
Operación hidráulica eléctrica (alimentador radial)



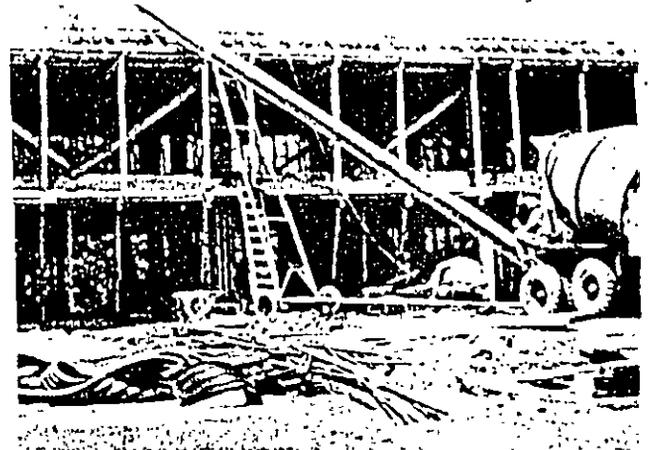
Muros



Losas abajo del nivel del terreno

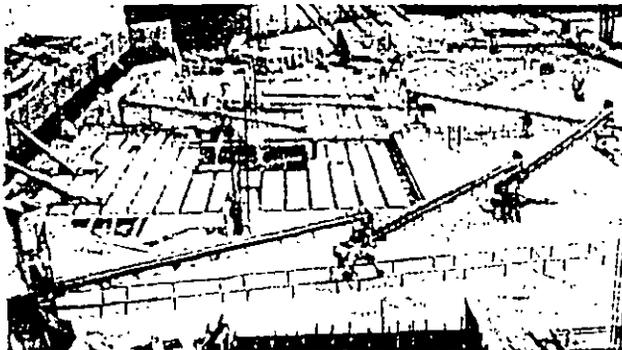


Losas de entrepiso



Cubiertas

Aplicación de bandas transportadoras portátiles



Losa abajo del nivel del terreno



Cubiertas de puentes

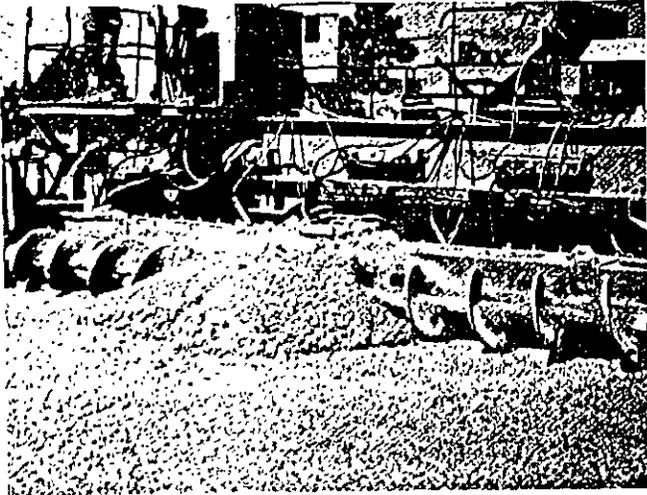
Bandas transportadoras alimentadoras



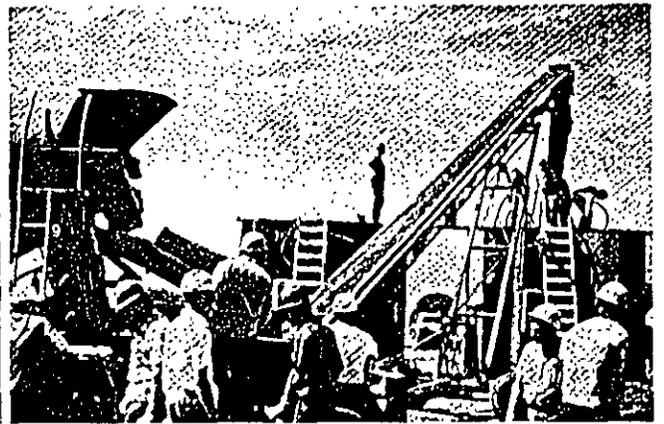
Para trabajos sobre el terreno o en lugares inaccesibles, se puede levantar un cucharón para concreto por helicóptero.



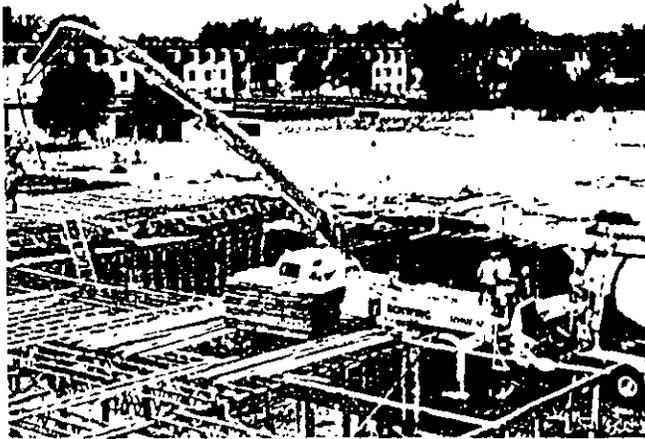
Vista de una manguera flexible descargando concreto conectada a la tubería rígida que deriva de la bomba. La tubería rígida se emplea para la conducción de concreto bombeado en las plumas y sin necesidad de estructuras especiales a través de distancias relativamente largas. Hasta 7.5 m de manguera flexible se conectan para aumentar la movilidad durante el colado.



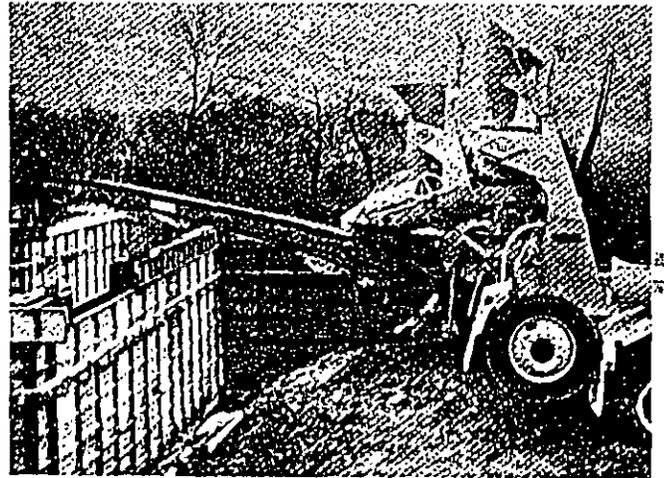
El extendedor de tornillos tiende rápidamente al concreto en un área amplia con un espesor uniforme. Los extendedores de tornillos se emplean principalmente en la construcción de pavimentos.



La banda transportadora es un método portátil y eficiente para manejar al concreto. Un canalón de descarga evita que el concreto se segregue al abandonar la banda; las paletas evitan la pérdida de mortero. Las bandas transportadoras se pueden operar en serie y montadas sobre plumas telescópicas de grúas hidráulicas.



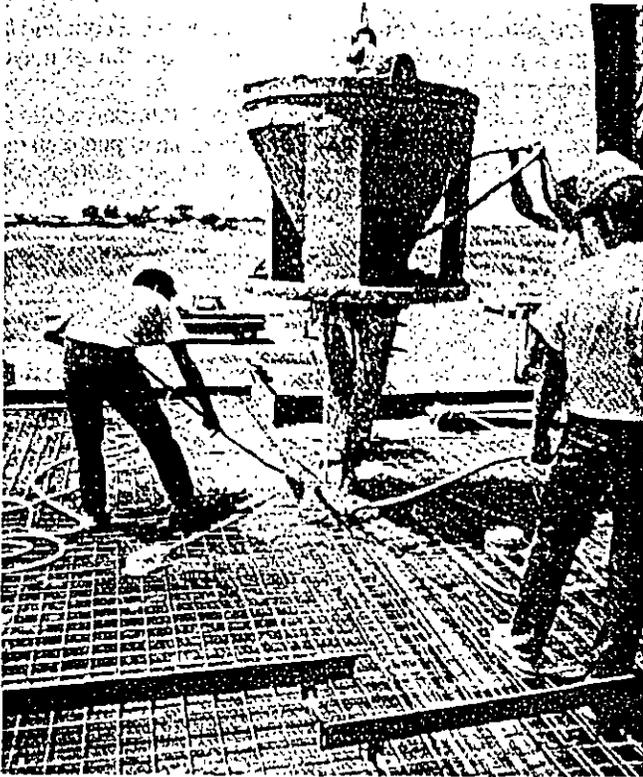
Una bomba y pluma montadas en un camión pueden mover convenientemente al concreto de manera vertical u horizontal hasta el sitio deseado.



Una banda transportadora montada en un camión mezclador coloca al concreto hasta aproximadamente 12 m sin necesidad de equipo adicional de manejo.



El concreto se deberá ir colocando lo más cerca posible de su posición final.



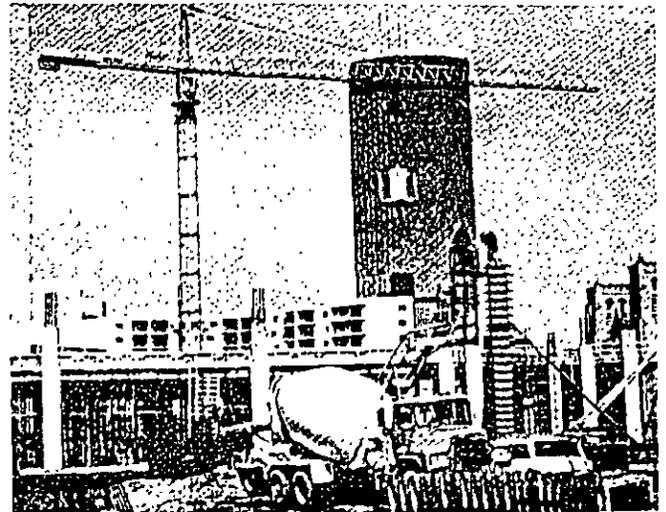
El concreto se puede elevar fácilmente hasta su sitio final por medio del cucharón y la grúa. Los tamaños de cucharón varían desde 400 litros hasta 9 m³.



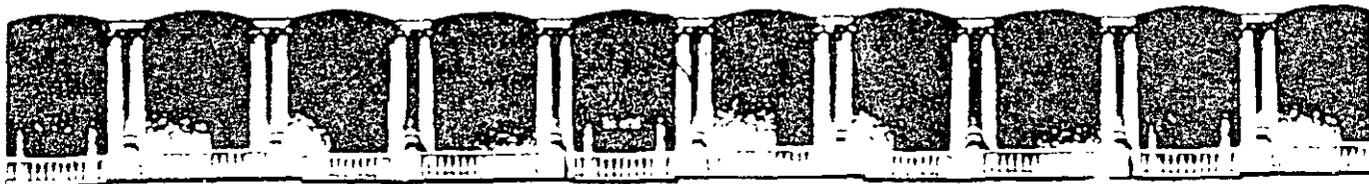
En comparación con los camiones convencionales de descarga trasera, los camiones mezcladores de descarga frontal le proporcionan al conductor una mayor movilidad y control en la descarga directa del concreto en las cimbras.



Por medio de la descarga directa desde el canalón del camión mezclador, frecuentemente se puede colocar en su sitio final al concreto premezclado.



Para la construcción de edificios de altura la torre grúa y el cucharón pueden manejar fácilmente al concreto desde el camión mezclador.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

TEMA IX.

BOMBEO DE CONCRETO

Ing. Sergio E. Zerecero Galicia
Palacio de Minería
Agosto/2000

BOMBEO DE CONCRETO

1.- CONSIDERACIONES GENERALES

- El concreto bombeado puede definirse como concreto transportado mediante presión a través de tubos rígidos o flexibles, descargándose directamente dentro del área deseada.
- Según el equipo; el volumen de bombeo fluctuara entre 8 y 70 m³ / hora (10 a 90 Yd³/hr.).
- La distancia de bombeo horizontalmente variara entre 91 a 305 mts. (300 ' a 1000 ').
- La distancia de bombeo verticalmente variara entre 30 a 91 mts (100 ' A 300 ').

2.- EQUIPO DE BOMBEO

- Bombas de Pistón
- Bombas neumáticas
- Bombas de presión "SQUEEZE"

3.- TUBERIAS Y ACCESORIOS

- La capacidad efectiva de trabajo de una bomba y de un sistema de tubería dependerá de lo siguiente:
 - 1) Longitud de la línea
 - 2) Altura de bombeo
 - 3) Superficie interior del tubo
 - 4) Codos
 - 5) Acoplamientos
 - 6) Mezcla del concreto

4.- PROPORCIONAMIENTO DE CONCRETO BOMBEADO

CONSIDERACIONES BASICAS

- Los ingredientes de las mezclas colocadas por medio de bomba, son iguales a los que son colocados por otros medios.
- El tamaño máximo del agregado grueso "Anguloso" debe limitarse a una tercera parte del diámetro interior mínimo de la manguera o tubo.

- El tamaño máximo del agregado grueso bien “redondeado” debe limitarse al 40% del diámetro interior.

5.- PRACTICAS DE CAMPO

RECOMENDACIONES:

- La bomba debe instalarse lo más cerca posible del área de colocación.
- El área de entrega no debe impedir el suministro continuo del concreto.
- Las líneas de bombeo deben trazarse con un mínimo de curvas.
- Para obras grandes, debe tenerse disponible un equipo de suministro de energía y de bombeo.
- Cuando se bombea hacia abajo por 15 m (50'), o más, es deseable proveerse de una válvula de alivio.
- Cuando se bombea hacia arriba es deseable tener una válvula cerca de la bomba para impedir el retroceso del concreto.
- Mantener una comunicación directa entre el operador de la bomba y la cuadrilla de colocación.
- Mantener una comunicación entre el operador de la bomba y planta dosificadora.
- La bomba debe echarse andar y operarse sin concreto.
- Tan pronto como se reciba el concreto, la bomba debe operarse lentamente, hasta que las líneas se llenen por completo y el concreto avance uniformemente.
- El bombeo debe ser continuo.
- Si existe demora en la entrega del concreto o hay reparaciones en las cimbras u otros factores, debe disminuirse la velocidad de la bomba.
- Si después de una demora no se puede mover el concreto en la línea, será necesario vaciar una o varias secciones de la línea entera, y volver a empezar.
- Cuando la cimbra esta casi llena y hay suficiente concreto en la línea para completar el vaciado, se suspende el bombeo y se introduce un diablo, forzándose el concreto a través de toda la línea para limpiarla.

Para empujar el diablo "GO-DEVIL", se utiliza agua o aire.

- Debe instalarse en la línea una válvula de escape del aire para evitar la acumulación de presión.
- Una vez terminado el bombeo, deberá limpiarse todo el equipo.

DATOS SOBRE CONDUCTOS PARA CONCRETO BOMBEADO

Diámetro del conducto* pulg (cm)	Área de la sección transversal pulg ² (cm ²)	Tamaño máximo nominal del agregado pulgada (cm)		Volumen de concreto por cada 100 pies (30.5 m) de conducto		Longitud de conducto por cada yd ³ (m ³) de concreto pies (metros)	Peso ** del concreto por cada sección de 10 pies (3.1m) de conducto libras (kg)	Capacidad de entrega, yd ³ por hora (m ³ /hr), velocidades medias (no máximas) Indicadas***			
		Mezcla rica	Mezcla pobre	pie ³	yd ³ (m ³)			Velocidades en pie por segundo (m/seg)			
								1 (0.3)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)
3 (7.61) DE 14 espesor de pared	6.41 (41.3)	3/4 (1.9)	3/4 (1.9)	4.4	0.2 (0.1)	625 (191)	66.8 (30.5)	5.9 (4.5)	12 (9.0)	18 (14)	24 (18)
4 (10.2) DE 14 espesor de pared	11.7 (75.5)	1 (2.5)	3/4 (1.9)	8.2	0.3 (0.2)	333 (102)	123 (55.8)	11 (8.3)	22 (17)	32 (25)	43 (33)
4 (10.2) DI	12.6 (81.0)	1 (2.5)	1 (2.5)	8.7	0.3 (0.2)	313 (95.4)	131 (59.4)	12 (8.9)	23 (18)	35 (27)	47 (36)
5 (12.7) DI	19.6 (127)	1.5 (3.8)	1 (2.5)	14	0.5 (0.4)	200 (61.0)	204 (92.5)	18 (14)	36 (28)	54 (41)	72 (55)
6 (15.2) DI	28.3 (182)	2 (5.0)	1.5 (3.8)	20	0.7 (0.6)	137 (41.8)	294 (133)	26 (20)	53 (40)	79 (60)	100 (80)
7 (17.8) DE 5/32 pulg espesor de pared	35.1 (227)	2 (5.0)	1.5 (3.8)	24	0.9 (0.7)	111 (33.8)	366 (166)	32 (25)	65 (50)	97 (74)	-
8 (20.0) DI	50.2 (324)	2.5 (6.3)	2 (5.0)	35	1.3 (1.0)	78 (23.8)	524 (238)	46 (35)	93 (71)	-	-

* DE indica diámetro exterior; DI indica diámetro interior.

** A 150-libras/pie cúbico (2400 kg m³)

*** Las capacidades fueron obtenidas por la fórmula hidráulica normal (multiplíquese el área de la sección transversal por la velocidad de la línea en unidades apropiadas). Para obtener la capacidad asignada o nominal para un determinado sistema de bomba y conductos, consulte al fabricante.

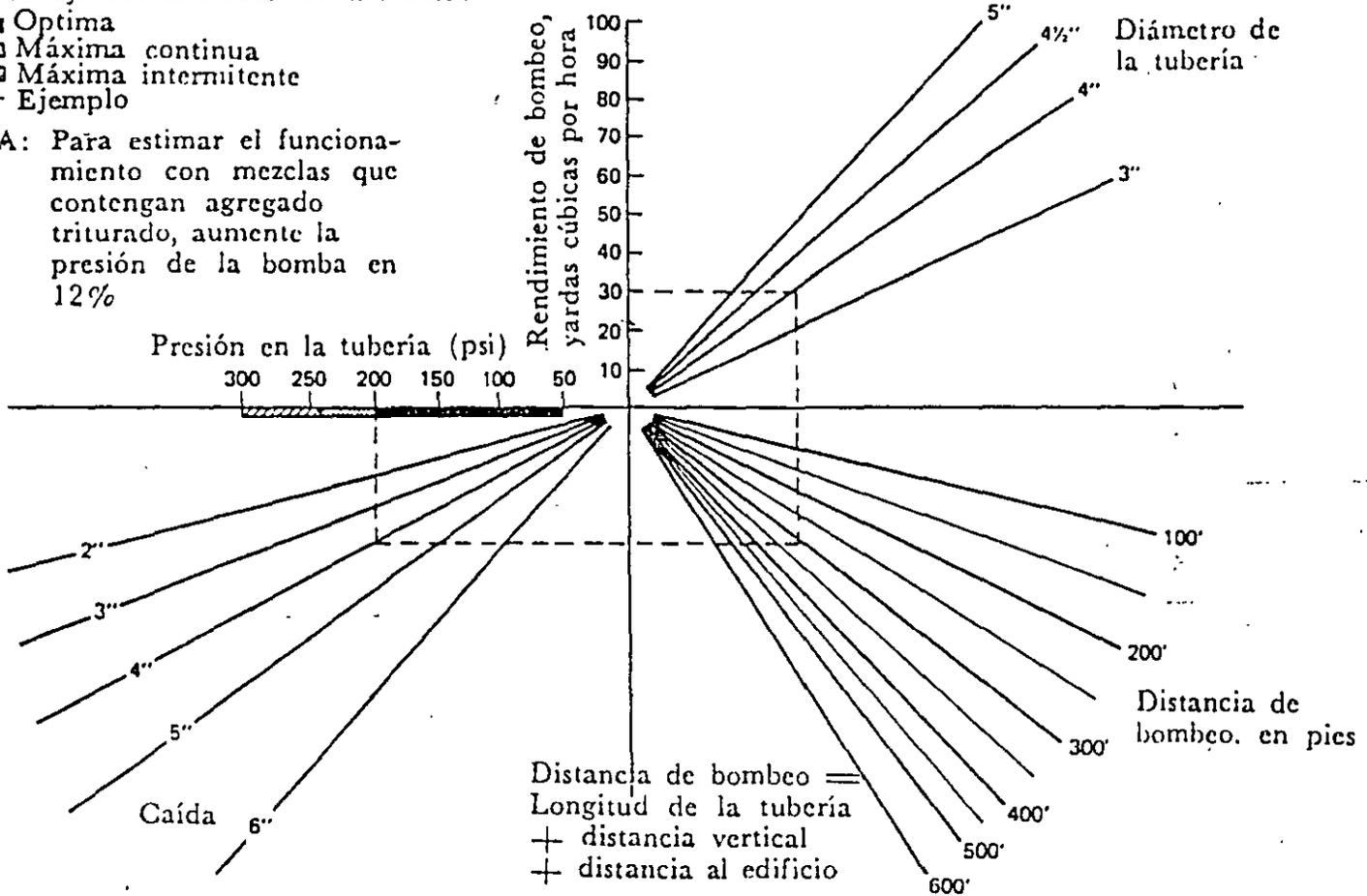
GRÁFICA PARA ESTIMAR EL FUNCIONAMIENTO DE LAS BOMBAS DE CONCRETO

Los cálculos están basados en mezclas bombeables que contienen 55% de agregado grueso, de menos de 1"

Presión de trabajo recomendada en la tubería

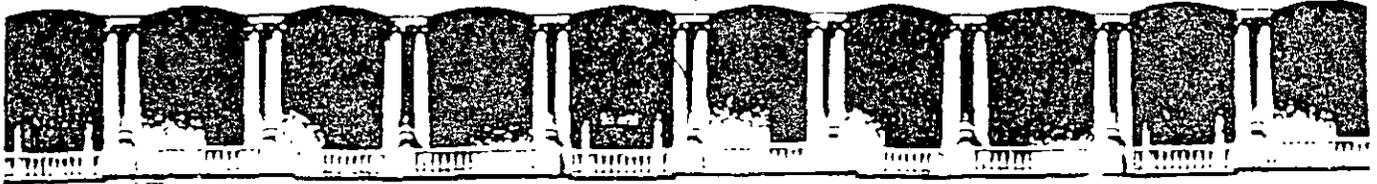
-  Optima
-  Máxima continua
-  Máxima intermitente
-  Ejemplo

NOTA: Para estimar el funcionamiento con mezclas que contengan agregado triturado, aumente la presión de la bomba en 12%



La marca y modelo de bomba que se seleccione, debe tener la capacidad de volumen y trabajo, a la presión de tubería requerida

Calculador de rendimientos de las bombas de concreto (cortesía de Challenge-Cook Bros., Inc)



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

TEMA X.

CIMBRA, LIMPIEZA Y ACABADO

Ing. Sergio E. Zerecero Galicia
Palacio de Minería
Agosto/2000

CIMBRA, LIMPIEZA Y ACABADO

1.- CIMBRAS

- Las juntas, esquinas y rebabas de los paneles de las cimbras deben estar bien ajustadas para contener la mezcla fluida.
- Las salientes y desalineaciones deben evitarse en las juntas horizontales, montando de nuevo las cimbras con solo 2.5 cm (1") de traslape al concreto.
- Las muescas labradas pueden utilizarse para ocultar juntas de construcción.
- Los amarres empleados en las cimbras deben dejar agujeros los más pequeños posibles, y su diseño debe permitir que se quiten, sin descascarar el concreto circundante.
- La salida del mortero alrededor de los amarres debe evitarse.
- Las cimbras deben protegerse del deterioro, la intemperie y de las contracciones antes de colocar el concreto, para esto deberán de aceitarlas o humedecerlas.
- Las superficies de las cimbras deben estar limpias y ser de textura uniforme, y cuando se vuelvan a emplear deberán limpiarse y aceitarse.

2.- CIMBRAS DE ACERO

- Las cimbras de acero deben limpiarse bien, pero nunca con chorro de arena, ni rasparse hasta dejar el metal brillante.
- Si existiesen desconchaduras "PEELING" en la cimbra de acero, deberá limpiarse de los desechos, dejándola por un día aceitada al sol, después frotarse vigorosamente con parafina líquida a las áreas afectadas, o aplicando una capa de laca.
- La desconchadura es el resultado de la abrasión de ciertas áreas de la cimbra por impacto durante el vaciado.

NOTAS DE ATENCION

- a. Es importante prestar la debida atención a la marca que hace una junta de construcción sobre las superficies expuestas del concreto.
- b. No deben permitirse las juntas de construcción irregulares, y debe lograrse una superficie pareja, horizontal, llenando las cimbras hasta enrasarlas.

- c. Puede usarse una tira rasante en V, o rectangular y biselada, para formar una ranura en la junta de construcción.
- d. Para el revestimiento de taludes y colocados similares, en lugar de cimbras fijas es preferible una cimbra deslizante de acero, de movimiento continuo libre de vibraciones.

El concreto en estas secciones debe vibrarse internamente delante de la placa de cabecera de la cimbra deslizante.

LIMPIEZA

PREPARACION DE JUNTAS HORIZONTALES DE CONSTRUCCION

- La junta de construcción debe prepararse para asegurar una adecuada adherencia con el concreto colocado posteriormente y para lograr impermeabilidad.
- Si se ha empleado concreto con revenimiento alto, o cuando una excesiva vibración en la parte superior del concreto o las maniobras de tránsito han llevado a la superficie grandes cantidades de agua de sangrado y mortero, el concreto en la superficie es de mala calidad, por lo que es difícil lograr una adecuada limpieza.
- La limpieza llamada "corte verde" (GREEN CUT), es un buen método para reparar una junta de inferior calidad.

Este método consiste:

- a) Quitar toda la nata y la superficie de concreto de mala calidad, con chorro de agua y aire, con una presión de 7 kg/cm^2 (100 PSI).
- b) Mediante un buen lavado debe quitarse el agua estancada que al secarse deja una película débil en la superficie.
- c) La superficie de las juntas así tratadas, debe curarse continuamente con humedad y, si es posible, no debe permitirse que llegue a secar durante el intervalo entre los vaciados del concreto.
- d) Antes de la colocación del concreto nuevo, la superficie debe restaurarse, hasta que se logre la misma condición de limpieza que tenía después del "corte verde", lavándola otra vez con el chorro de agua y cepillándola con escoba de alambre fino, o con chorro de arena.

e) El "corte verde" efectuado entre 4 y 12 horas después de la colocación, seguido de una limpieza final, puede usarse con buen éxito.

f) La superficie de la junta de construcción se prepara con chorro de arena mojada, después de que el concreto a endurecido, antes de la colocación del nuevo concreto.

Este método es excelente en juntas horizontales, cuyo revenimiento del concreto es de 5 cm. (2") o menos, utilizando vibradores internos.

Otro método consiste:

a) Usar chorros de agua, con una presión de 490 kg/cm^2 (7000 PSI).

La colocación del nuevo concreto es precedida por la colocación de una capa de 0.5 cm a 1 cm ($1/4''$ a $3/8''$) de mortero del mismo proporcionamiento que el del concreto.

La superficie debe escobillarse en la superficie de la junta con escobas de alambre.

ACABADO DE SUPERFICIES

- Para lograr una superficie durable, el concreto utilizado debe ser del menor revenimiento posible para su consolidación apropiada, preferiblemente mediante vibración mecánica interna.
- Después de la consolidación, los trabajos de aplanado y pulido, y el primer allanado deben llevarse a cabo de tal manera que el concreto se trabaje y se manipule lo menos que sea posible.
- Manipular el concreto demasiado, trae excesivos finos y agua a la superficie, dañando la calidad de la superficie y causando agrietamientos, cuarteaduras y polvo.
- Si se emplean proporciones apropiadas en la mezcla y en la consistencia, no se acumula y aparece el agua libre en la superficie.
- Si hay acumulación de agua debe quitarse, para lograr que la superficie pierda el brillo del agua antes de llevar a cabo la siguiente operación de acabado.
- En ninguna circunstancia debe emplearse algún instrumento de acabado en ninguna área antes de que el agua acumulada se haya quitado, ni deben trabajarse estas superficies con cemento puro o mezclas de arena y cemento para secarlas.

Tamaños y espaciamentos de las barras pasajuntas y de las barras de anclaje

Peralte de la losa, en cm	Diámetro, cm (pulg) o número de barra	Longitud total, en cm	Espaciamiento de centro a centro, en cm
Barras pasajuntas			
12.5	1.59 (5/8)	30	30
15.0	1.90 (3/4)	35	30
17.5	2.22 (7/8)	35	30
20.0	2.54 (1)	35	30
22.5	2.86 (1 1/8)	40	30
25.0	3.17 (1 1/4)	40	30
Barras de anclaje			
12.5	# 4	75	75
15.0	# 4	75	75
17.5	# 4	75	75
20.0	# 4	75	75
22.5	# 5	75	75
25.0	# 5	75	75

Referencia 9-22.

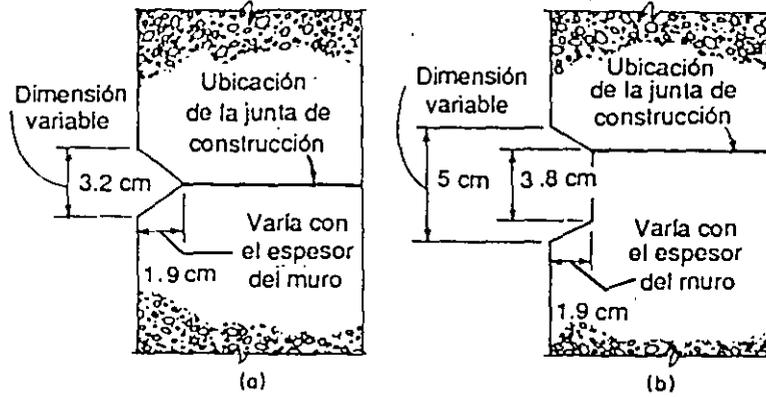
Espaciamiento máximo de las juntas de contracción en metros.

Espesor de la losa, en cm	Revenimiento de 10 a 15 cm		Revenimiento menor que 10 cm*
	Agregado de tamaño máx. menor que 19 mm (3/4")	Agregado de tamaño máx. igual que 19 mm (3/4") y mayor	
10.0	2.40	3.00	3.60
12.5	3.00	4.00	4.50
15.0	3.60	4.50	5.50
17.5	4.20	5.50	6.40
20.0	4.80	6.00	7.30
22.5	5.50	7.00	8.20
25.0	6.00	7.60	9.10

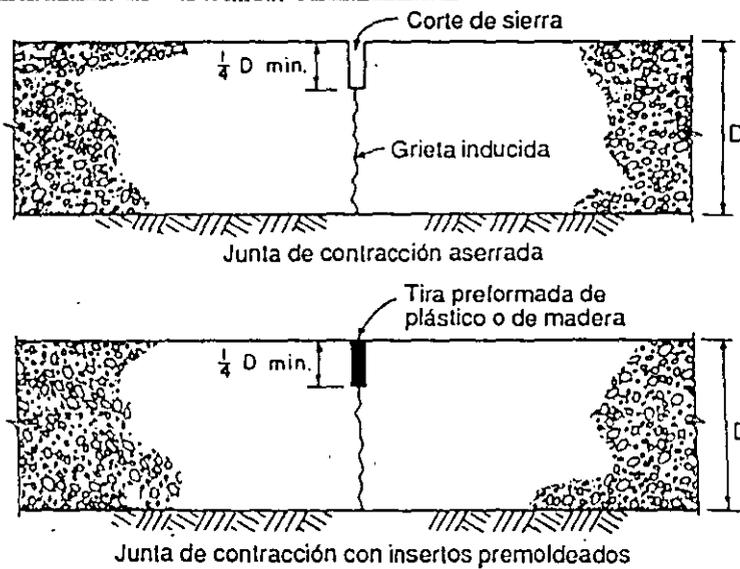
Adaptada de la Tabla 8, Concrete Floors on Ground, EB075D, 2a. ed., Portland Cement Association, 1983

Nota: Los espaciamentos también se utilizan para las distancias desde las juntas de contracción hasta las juntas paralelas de aislamiento o hasta las juntas paralelas de construcción del tipo contracción. Los espaciamentos mayores que 4.50 m pueden indicar una marcada pérdida de efectividad de la trabazón de los agregados para proporcionar la transferencia de cargas a través de la junta.

* Agregado de 19 mm (3/4") de tamaño máximo y de tamaños mayores.

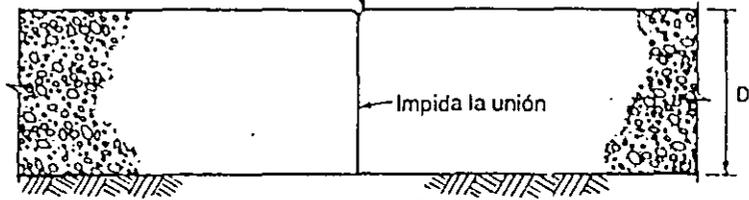


Juntas horizontales de construcción en muros con tiras rústicas en V, (a); y biseladas, (b).



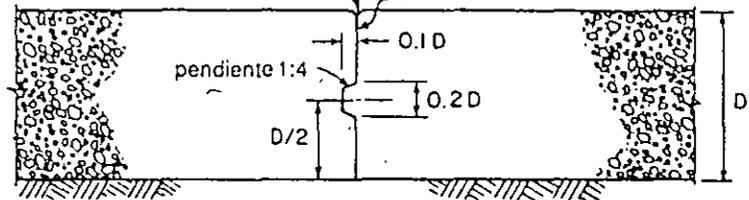
Las juntas de contracción aseguran el movimiento horizontal en el plano de una losa o de un muro e inducen el control de los agrietamientos provocados por la contracción por secado.

Bordes a cada lado con un radio de 3 mm



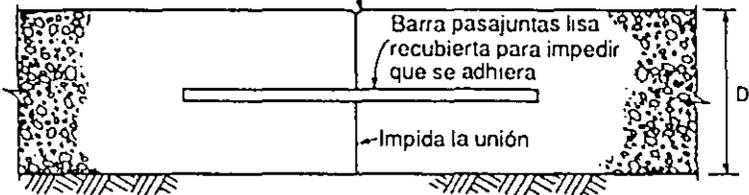
Junta de construcción a tope
(a)

Bordes a cada lado con un radio de 3 mm



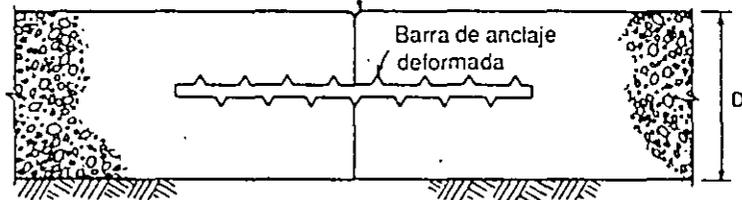
Junta de construcción machihembrada
(b)

Bordes a cada lado con un radio de 3 mm

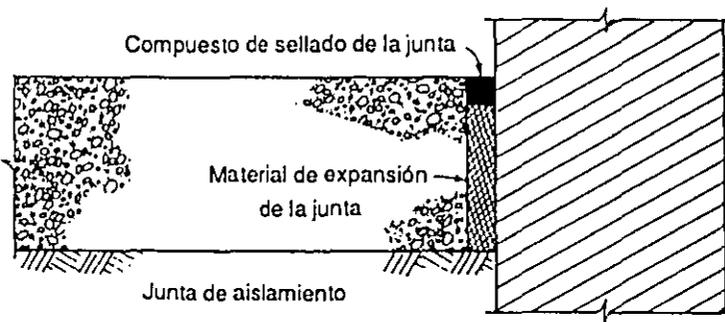


Junta de construcción a tope con barras pasajuntas
(c)

Bordes a cada lado con un radio de 3 mm

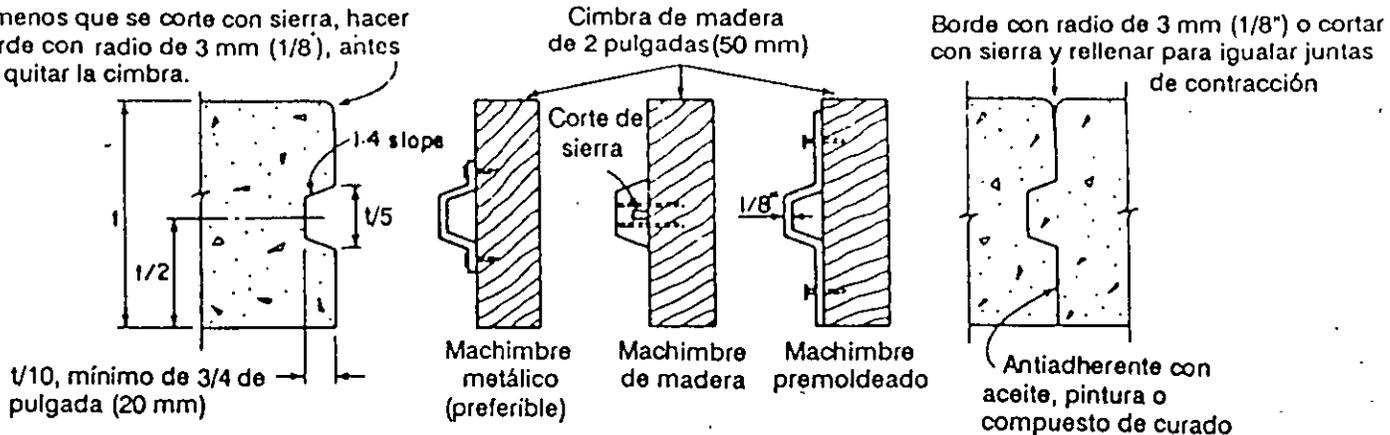


Junta de construcción a tope con barras de anclaje
(no es una junta de contracción)
(d)



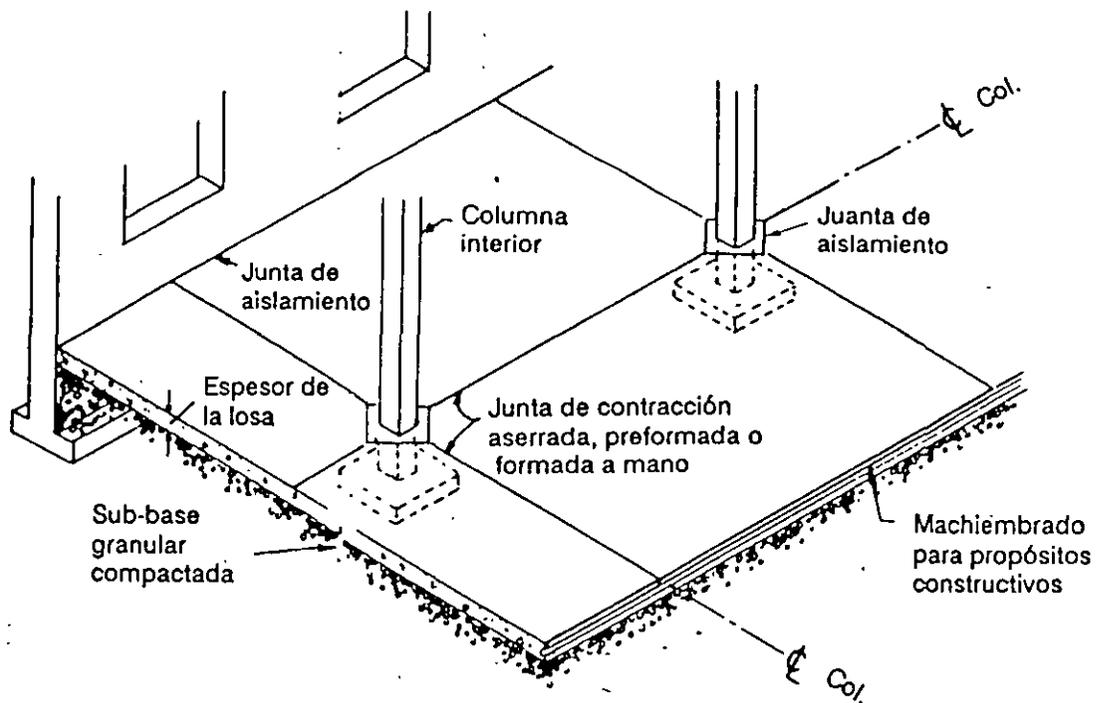
Las juntas de aislamiento permiten movimientos horizontales y verticales entre las caras colindantes de la losa y las partes fijas de una estructura.

A menos que se corte con sierra, hacer borde con radio de 3 mm (1/8"), antes de quitar la cimbra.



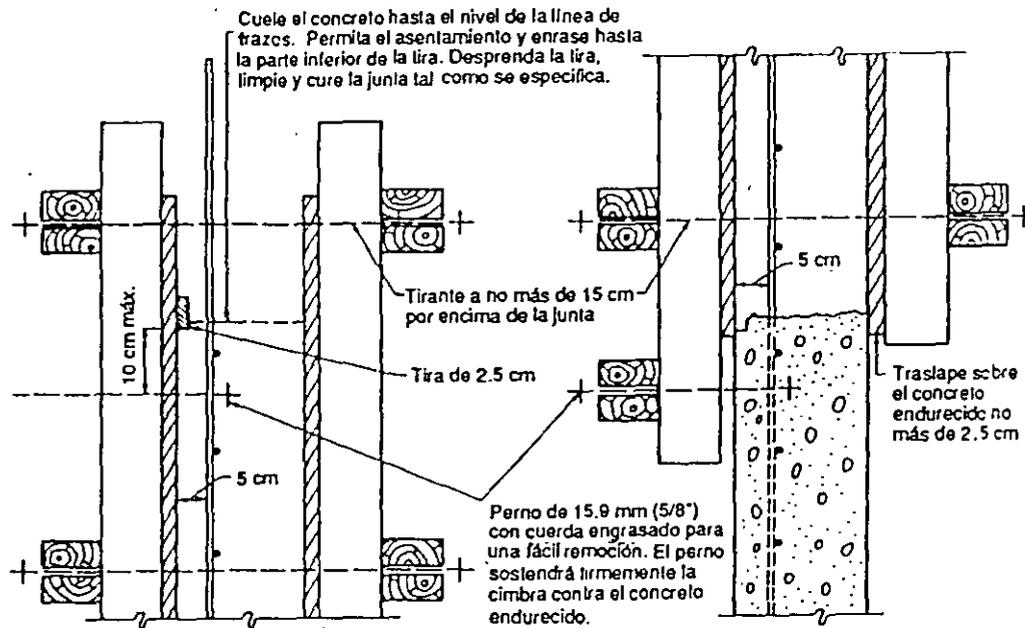
* Puede dejarse permanentemente en la losa, si se clava a la cimbra

Juntas de construcción machihembradas (no recomendadas para losas con espesor de menos de 6 pulgadas (15 cm.))

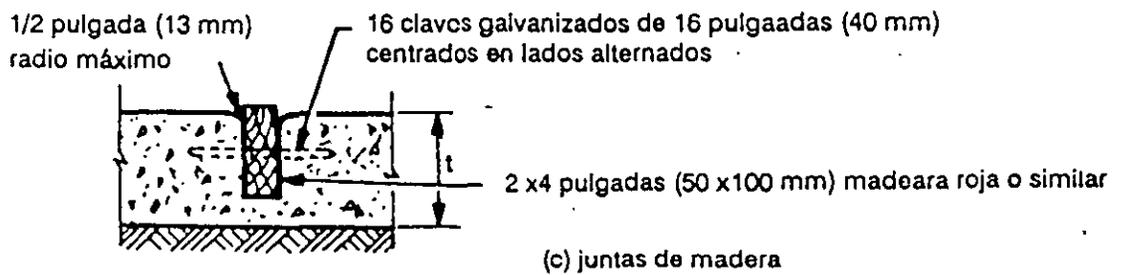
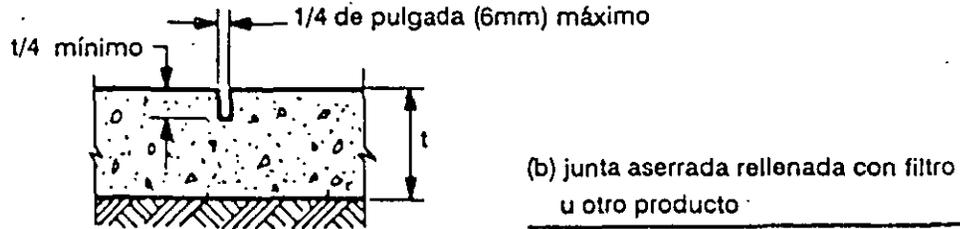
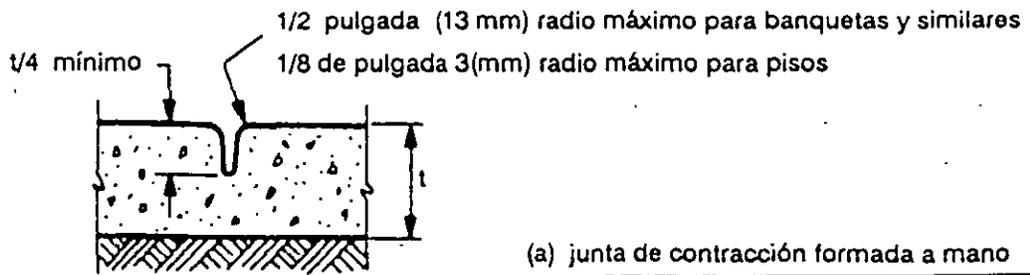


Localización de las juntas

Métodos comúnmente usados para remover concreto defectuoso, lechada, descascaramientos, y polvo para dejar expuesto al concreto firme, sano y limpio.

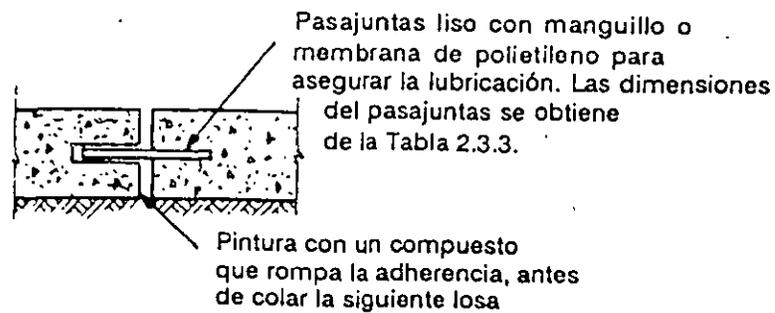


En este detalle se muestra una junta de construcción horizontal recta.



*Ver sección 4.10 y 8.5 para mayor información sobre materiales y aplicación. También se dispone de dispositivos para juntas prefabricadas para aplicaciones de servicio ligero, los cuales se describen en esta sección.

Tipos de juntas de contracción



Junta de construcción con pasajuntas liso (preferible para transferencia de cargas)

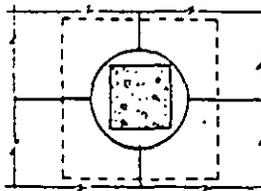
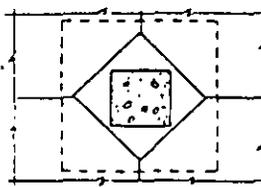
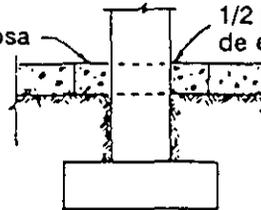
TAMAÑO Y ESPACIAMIENTO DE LOS PASAJUNTAS LISOS

Peralte de la losa	Diámetro del pasajuntas	Longitud total del pasajuntas	Espaciamiento centro a centro del pasajuntas
Pulgadas	Pulgadas	Pulgadas	Pulgadas
5-6	3/4	16	12
7-8	1	18	12
9-11	1 1/4	18	12
mm	mm	mm	mm
120-150	20	400	300
180-200	25	460	300
230-280	35	460	300

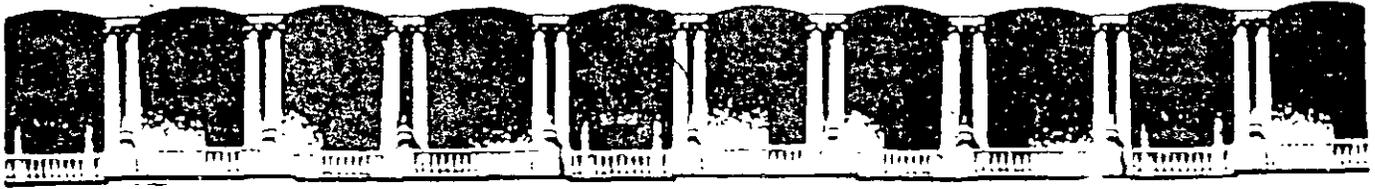
- Los pasajuntas deben estar cuidadosamente alineados y apoyados durante las operaciones de colado. La mala alineación de los pasajuntas causa grietas.
- *Existen tolerancias para la abertura de juntas y errores menores en la colocación de los pasajuntas.

Relleno alrededor de la columna después del colado de la losa

Sello preformado 1/2 pulgada (13 mm) de espesor



Juntas de aislamiento en columnas



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

TEMA XI.

CONSTRUCCIÓN DE LOSAS Y PISOS DE CONCRETO

Ing. Sergio E. Zerecero Galicia

Palacio de Minería

Agosto/2000

CONSTRUCCION DE LOSAS Y PISOS DE CONCRETO

PREPARACION DEL TERRENO DE APOYO

1.- PREPARACION DE LA SUBRASANTE

- La subrasante debe estar bien drenada y ser de naturaleza adecuada y uniforme para soportar las cargas.
- La parte inferior de una capa de base granular no drenada no debe estar más abajo que la rasante adyacente; de otra manera, la capa de base se convertirá en un depósito de agua.
- La subrasante debe estar libre de hielo antes de que se inicien las operaciones de colado.
- Si la temperatura esta abajo del punto de congelación, esta se debe elevar y mantenerse por arriba de 10° C (50° F).
- La subrasante debe estar húmeda en el momento del colado.
- No debe haber lodo o partes suaves sobre la subrasante cuando se este colando el concreto.

2.- CIMBRAS Y JUNTAS

- Se pueden usar moldes redondos o cuadrados para aislar las columnas.
- Los cuadrados se deben girar 45 grados para obtener las aberturas.
- Los muros y las zapatas deben aislarse de las losas por medio de hojas impregnadas de asfalto u otra junta prefabricada.

COLOCACION DE CIMBRAS Y GUIAS MAESTRAS

- El nivel de piso para losas con pendiente se puede determinar al colocar estacas de nivel en la subrasante.
- Cuando se desea un drenaje adecuado, las cimbras y guías maestras deberán colocarse a fin de obtener una pendiente de 20 mm/m (1”/4”).

INSTALACIONES DE DISPOSITIVOS AUXILIARES

1.- BARRERAS DE VAPOR

- Las barreras de vapor deben traslaparse (150 mm) (6”) en las juntas, y ajustarse alrededor de las aberturas de servicio.

2.- AISLAMIENTO DE LOS BORDES

- El aislante se debe colocar verticalmente en el lado interior de la cimentación.
- Puede colocarse en forma de “L” invertida adyacente a la cimentación y bajo el borde de la losa.

3.- DUCTOS DE CALEFACCION

- Se recomiendan ductos:
 - a) metálicos
 - b) plástico rígido
 - c) cartón encerado con juntas impermeables
- Si la losa no es reforzada, se debe colocar una tira de malla de refuerzo de:
(150 mm x 150 mm con alambre de 19 mm² de área de su sección transversal)
- El ancho de las tiras debe ser dos veces el diámetro del ducto.
- Si se usan ductos de metal o de cartón, estos deben estar completamente cubiertos por 50 mm (2”) de concreto.
- Si se usan ductos de metal no se deberá emplear “cloruro de calcio” en el concreto.
- La distancia libre entre los ductos no debe ser menor que el diámetro del ducto, o que su menor dimensión.

COMPACTACION Y ACABADO

Diversos procedimientos de acabado deben ejecutarse secuencialmente y dentro del período adecuado, ni demasiado pronto ni demasiado tarde, durante el proceso de fraguado.

A este lapso se le llama "período de acabado", y se refiere a las operaciones que se ejecutan después de que el concreto ha sido:

- a) colocado
- b) consolidado
- c) aplanado
- d) nivelado

A). HERRAMIENTAS

1.- HERRAMIENTAS PARA EXTENDER MATERIAL

- Usar palas cuadradas de mango corto.
- Tipo azadón con una hoja de 100 mm (4") de alto, 500mm (20") de ancho y curvadas.
- No usar palas de mango largo, redondas o rastrillos

2.- HERRAMIENTAS PARA LA COMPACTACION

- Vibradores internos de alta frecuencia y baja amplitud.

3.- HERRAMIENTAS PARA ENRASAR

- Usar llanas rectas, de magnesio hueco o enrasadoras mecánicas.
- No se recomienda el uso de madera aserrada.
- Los enrasadores vibratorios deben ser de baja frecuencia (3,000 a 6,000 vibraciones por minuto (50 a 100 HZ), y alta amplitud.

4.- HERRAMIENTAS PARA EXTENDIDO (MANGO LARGO)

- Cuando la uniformidad y la nivelación del piso acabado se especifican en:

F_F 20 número F de planicidad

F_L 20 número F de horizontalidad

O menos se puede usar extendedoras de mango largo para consolidar la superficie de concreto después del enrase.

- Es preferible utilizar las extendedoras de madera con mango largo en concreto de peso normal.

La textura de la madera mueve la mezcla de cemento y agregados finos en la superficie, no fomenta el sangrado y deja la superficie abierta.

- Para concreto ligero y mezclas pastosas o cuando es deseable una superficie "semicerrada" hasta el momento de enrasar, se debe usar una llana de magnesio.
- Para concreto de peso normal se sugiere que si se usa llana de magnesio, el primer enrase se complete con llana de madera o mecánicas, a fin de traer la mezcla cemento-arena a la superficie, así como para volver a abrir la superficie semicerrada.

5.- HERRAMIENTAS PARA ENRASADO

- Se recomienda usar enrasador, en lugar de llana de mango largo, para alisar y dar uniformidad a la superficie.
- Los enrasadores varían entre 1.8 y 3.6 mts. (6 y 12 pies) de longitud y, por lo general, son de sección rectangular.

En ocasiones se les conoce como enrasadores de "carretera".

6.- HERRAMIENTAS PARA NIVELACION

- Las llanas de mango largo se deben usar con ventaja para controlar el nivel.
- Las llanas de metal no producen efectos satisfactorios en superficies con tolerancias mínimas.

7.- HERRAMIENTAS PARA CANTEAR

- Los canteadores están hechos de acero inoxidable y deben tener un borde delgado.
Los indicados para pisos deben tener un radio de 3 mm (1/8").

8.- HERRAMIENTAS PARA JUNTAS

- Para losas que tienen hasta 5" (125 mm) de espesor, es necesario emplear un formador de juntas o un ranurador con una cuchilla profunda para cortar por lo menos 1/4 del espesor de la losa para formar un plano débil a lo largo de esta, el cual se fracturara cuando se contraiga la losa.
- Para formar las juntas debe tener un radio de 3 mm para pisos (1/8").
- Para banquetas y entradas de coches de 6 a 13 mm (1/4" a 1/2").

9.- HERRAMIENTAS PARA APLANADO

- Se fabrican de:
 - a) Madera.- Uso manual. Se deben usar en áreas donde van a aplicarse un flotado en seco y donde el aplanado y el acabado se llevarán a cabo manualmente.
 - b) Magnesio.- Uso manual. La mejor aplicación de las llanas de magnesio es la nivelación inicial de la superficie cerca de las cimbras, muros, columnas, etc. También se utilizan después del aplanado con llanas de madera o con allanadoras mecánicas, para dar una superficie más uniforme y sin una textura tan áspera.
 - c) Compuestas.- Uso manual. IDEM a las de magnesio.

d) Pulidoras mecánicas. hay dos tipos:

- 1) De disco compactador giratorio pesado con vibración.
- 2) Con placas allanadoras.

Las pulidoras de disco, generalmente se utilizan para aplanar concreto de bajo revenimiento o capas de desgaste.

Para obtener una compactación adicional o aplanado posterior a las operaciones de aplanado normal:

10.- HERRAMIENTAS PARA PULIDO (LLANAS)

- Las llanas para el acabado de concreto deben ser de "acero al crisol" o de "acero inoxidable" especial, con cierto índice de dureza.
- Para el primer aplanado, es preferible el uso de una llana con las siguientes dimensiones: 460 mm x 110 mm (18" x 4 ¼").
- Para el primer aplanado se deben evitar las llanas planas cortas, angostas o de baja calidad.

B) OPERACIONES DE COLOCACIÓN Y ACABADO

1.- EXTENDIDO Y COMPACTACION

- El concreto depositado por carretilla, buggy, bote, canalón o transportador, se debe colar sin segregación de los agregados grueso y fino.
- La compactación inicial de pisos (a excepción de losas estructurales o con mucho refuerzo) se realiza en las primeras operaciones de extendido, vibrado, enrasado y aplanado manual o mecánico.
- Los vibradores no deben usarse para extender el concreto.
- La cabeza del vibrador debe estar totalmente sumergido durante la vibración.
- El vibrador en losas más delgadas tendrá que introducirse en ángulo e incluso en ocasiones hasta en forma horizontal.

- El vibrador no debe hacer contacto con la subrasante, pues puede contaminar el concreto con materiales extraños.

2.- ENRASE

- El enrase tiene los mayores efectos sobre la horizontalidad.
- Maestras guías mojadas.
- Maestras guías de concreto o fijas.
- Las maestras guías mojadas solo se deben usar en superficies donde se aceptan las máximas tolerancias.
- Si aumentan las tolerancias de nivelación de los pisos, se recomienda emplear maestras guías fijas.
- Se recomiendan los revenimientos de 100 mm (4") para concreto compactado con enrasadoras vibratoras.
- Las enrasadoras vibratoras enrasan y nivelan el concreto ademas de proporcionar cierto grado de compactación.
- El enrase se debe completar antes de que se presente algún exceso de humedad o de agua de sangrado en la superficie.

3.- EXTENDIDO MECANICO

- El extendido mecánico debe ser inmediatamente después del enrase y completarse antes de que se presente en la superficie algún exceso de humedad o de agua de sangrado.
- Cualquier operación de acabado que se realice cuando hay exceso de humedad o de agua de sangrado en la superficie, causará que esta sea polvosa y que haya escamas.
- El extendido mecánico elimina las prominencias y llenar los vacíos producidos por la nivelación con enrasadoras, así como, llenar los huecos de la superficie y sumergir ligeramente el agregado grueso.

4.- ENRASADO TIPO CARRETERA

- El enrasado tipo carretera se usa en las operaciones de corte y relleno para lograr la planicidad de la superficie.

5.- NIVELACION

- Idem al enrasado mecánico.
- Nunca se debe realizar el aplanado mecánico y el aplanado con pisón en la misma superficie.
- El enrasado mecánico puede utilizarse en áreas grandes, pero al mismo tiempo reduce la calidad y es más difícil obtener un trabajo de acuerdo con las tolerancias.
- El pisón presenta grandes ventajas en losas angostas y en espacios restringidos.

6.- PERIODO DE ESPERA

- El período de espera puede reducirse o eliminarse si se usa deshidratación al vacío.
- No debe hacerse ninguna operación posterior hasta que el concreto soporte la presión del pie, dejando cuando mucho una huella de solo 6 mm (1/4").

7.- ELIMINACION DE AGUA POR MEDIO DE VACIO

- Este sistema emplea "cojinetes de vacío", se aplican sobre la superficie de concreto recién colado, compactado y nivelado para eliminar grandes cantidades de agua.
- Este sistema sirve para:
 - 1) El acabado.
 - 2) El aplanado.
 - 3) Resistencia del desgaste.
 - 4) Reduce la contracción por eliminación de agua.
 - 5) Disminuye el contenido de agua.
- El vacío se aplica aproximadamente de 3 a 5 minutos por una pulgada (25mm) de espesor de la losa.
- El espesor máximo que en el que se puede eliminar agua es de 300mm (12").

8.- CANTEADO

- El Propósito del canteador es formar un radio en el borde de la losa.
- Este sistema se emplea en:
 - 1) Banquetas.
 - 2) Entradas de cocheras.
 - 3) Escalones.
- Es menos vulnerable al astillamiento.
- En juntas sujetas a tránsito de vehículos constante se debe usar un borde con radio de 3mm (1/8").
- No se deberá de hacer el canteado hasta eliminarse totalmente el exceso de humedad o agua de sangrado.

9.- JUNTAS

- Las juntas se forman en la losa inmediatamente después del canteado, o al mismo tiempo.
- El borde cortante o filo de la herramienta de juntéo, corta la losa y da origen a lo que se conoce como "junta de contracción".
- Para las juntas de contracción, el ranurador de juntas debe tener un filo que sea lo suficientemente profundo como para cortar $\frac{1}{4}$ del espesor de la losa.
- En grandes superficies planas resulta conveniente usar una sierra acondicionada con disco de abrasivos o de diamante.
- Las juntas hechas con sierra se cortan de 4 a 12 hrs., después de que la losa ha sido colada y acabada.

10.- APLANADO

- Después del canteado y del juntéo manual, la losa debe ser aplanada.

- El aplanado tiene tres propósitos fundamentales:
 - 1) Sumergir el agregado más grande bajo la superficie de mortero.
 - 2) Eliminar pequeñas imperfecciones, protuberancias y depresiones y producir una superficie plana o nivelada.
 - 3) Compactar el concreto y el mortero en la superficie, como preparación para otras operaciones del acabado.
- Si el aplanado se hace con maquina, se debe usar una aplanadora de disco, o una con zapatas de aplanado.
- Existen variables que dificultan establecer el momento exacto para empezar el aplanado como:
 - a) Temperatura del concreto.
 - b) Aire.
 - c) Humedad relativa.
 - d) Viento.

Sin embargo, una vez que el brillo acuoso desaparece o es eliminado, las áreas estarán listas para el aplanado, esto es, cuando soportan al trabajador y una tabla para apoyar las rodillas sin sufrir marcas más profundas que 5mm (1/4").

- Como regla general:
 - a) En condiciones de fraguado lento, el aplanado debe empezar lo más tarde posible.
 - b) En condiciones de fraguado rápido el aplanado debe empezar tan pronto como sea posible.
- Las marcas que deja el canteador y el marcador de juntas deben eliminarse con el aplanado.

11.- ALISADO CON LLANA

- El propósito del aplanado con llana es producir una superficie lisa y dura.
- Esta operación se realiza inmediatamente después del aplanado preliminar y no se debe hacer sobre ninguna superficie que no haya sido aplanada antes, mecánica o manualmente.
- El primer alisado con llana, la hoja debe mantenerse horizontal contra la superficie.
- Si la hoja se inclina da como resultado una superficie de "lavadero".

- Para el primer alisado, no se recomienda usar una llana nueva, o de un ancho menor a 120mm (4 ¾"). Se recomienda una ya "trabajada".
- Entre un alisado y otro, debe haber un lapso para permitir que el concreto endurezca, cada alisado sucesivo debe hacerse con llana más pequeña.
- El alisado posterior con llana aumenta la compactación de finos en la superficie, dando mayor densidad y más resistencia al desgaste.
- La formación de ampollas o burbujas en la superficie, es una indicación inmediata de que el ángulo de la llana es demasiado grande para la superficie de esa área en ese momento.
- Si se presenta ampollas o burbujas, estas se deben eliminar inmediatamente, mediante presión hacia abajo, y compactarlos con llana de madera, de magnesio o acero.
- Para evitar las burbujas, se debe disminuir el ángulo de la llana.
- Una superficie con burbujas o ampollas reducen la durabilidad de la superficie, se rompen a causa del tránsito, son de aspecto desagradable, y aparecen a través de mosaicos o losetas elásticas que se coloquen sobre ellas.
- El concreto alisado con llana de acero presenta una superficie muy lisa.
- Durante los periodos de clima caliente, seco o con mucho viento, se recomienda efectuar el mínimo de pasadas con llana para obtener el acabado deseado.
- Cuando las condiciones ambientales propician la pérdida de agua, por evaporación en la losa, puede producir:
 - a) Agrietamientos por contracción plástica.
 - b) Aumento perjudicial en la carbonatación.
 - c) Baja resistencia de la superficie.
 - d) Rápido deterioro.
 - e) Superficies polvosas.

Clasificación de pisos.

Clase	Tipo de tráfico esperado	Uso	Consideraciones especiales	Acabado final
1	Peatonal ligero	Superficies residenciales principalmente con recubrimientos de piso.	Pendiente para drenajes; niveles apropiados de losa para aplicación de recubrimientos; curado.	Allanado simple
2	Peatonal	Oficinas o iglesias; comúnmente con recubrimiento de piso. Decorativo.	Tolerancias de superficie (incluyendo losas elevadas) agregados antiderrapantes en determinadas áreas, Agregados minerales coloreados; agregados duros o expuestos; juntas artísticas.	Allanado simple; acabado antiderrapante cuando se requiera. Donde se requiera.
3	Peatonal y de rodada neumática	Andadores exteriores, calzadas, pisos de garages, banquetas.	Pendiente para drenaje; contenido adecuado de aire, curado. Vea Capítulo 5 para los requisitos particulares de durabilidad.	Aplanado, allanado o acabado con escoba.
4	Peatonal y tráfico vehicular ligero	Institucional o comercial.	Nivel de losa aceptable para aplicar recubrimientos, agregados antiderrapantes para áreas específicas y curado.	Acabado normal con llana metálica.
5	Tráfico vehicular industrial con rodada neumática	Pisos de servicio industrial ligero para fabricación, procesado y almacenaje.	Subrasante buena y uniforme; tolerancia de superficies; tipo de juntas, resistencias a la abrasión, curado.	Acabado intenso con llana metálica.
6	Tráfico vehicular industrial, ruedas duras	Los pisos industriales sujetos a tráfico pesado; pueden estar sujetos a cargas de impacto.	Subrasante buena y uniforme; tolerancia de superficies; tipo de juntas, transferencia de carga, resistencias a la abrasión, curado.	Agregados metálicos o minerales especiales; acabado intenso repetido con llana metálica.
7	Tráfico vehicular industrial, ruedas duras	Pisos de dos capas ligadas sujetos a tráfico pesado e impactos.	Losa base, subrasante buena y uniforme, refuerzo, tipo de juntas superficie nivelada; curado. Coronamiento. Compuesto en su totalidad de agregados bien graduados metálicos o minerales aplicados a una superficie superior de alta resistencia endurecida; tolerancia de superficie; curado.	Limpia y apropiada textura superficial para la adherencia de la capa subsiguiente de coronamiento. Acabado especial con allanado mecánico con pasadas repetidos de llana metálica.
8	Como el de las clases 4, 5 ó 6	Capa superior no ligada. Pisos de frigoríficas con aislamiento en pisos viejos o donde el programa de construcción lo exija.	Rompedores de adherencia en superficies viejas; refuerzo con mallas; espesor de 3 pulgadas (nominal 7.5mm) mínimo, resistencia a la abrasión y curado.	Acabado intenso con llana metálica.
9	Superplano o cuando se requieran tolerancias críticas de superficie. Vehículos que manejan materiales especiales o robots que requieran tolerancias especiales	Pasillos angostos, andenes de almacenes, estudios de televisión.	Requisitos de variación en la calidad del concreto. No se usen endurecedores por cernido a menos que se empleen procedimientos de aplicación especiales con mucho cuidado. Arreglo adecuado de juntas. FL35 a FL125 (FL100 es en piso superplano).	Síganse estrictamente las técnicas de acabado como se indica en la sección 7.15.

Recomendaciones para el revenimiento y la resistencia para cada clase de piso de concreto.

Clase de piso ^{a,b.} Kg/cm ²	Resistencia a la compresión a los 28 días ^c		Revenimiento ^{d,e.}	
	lb/pulgada ²	MPa	Pulgadas	mm.
1	210	21	5	125
2	245	24	5	125
3	245	24	5	125
4	280	28	5	125
5	280	28	4	100
6	315	31	4	100
7 base	245	24	4	100
8 superficie ^{f,g.} de desgaste	350-560	35-55	2	50
9 superplanos	280 o mayor	28	5	125

^aPara concreto hecho con agregados de peso normal y expuesto a congelación y deshielo, el contenido de aire deberá satisfacer los límites dados en la Tabla 5.2.7 y tener una relación agua-cemento máxima de 0.50 [aproximadamente equivalente a 280 Kg/cm² (28 MPa) o más]. El concreto sin refuerzo sujeto a sales descongelantes debe tener una relación agua-cemento no mayor de 0.45 [aproximadamente equivalente a 315 Kg/cm² (31 MPa) o más]. El concreto reforzado expuesto a aguas salobres, de mar, o sales descongelantes debe tener una relación agua-cemento máxima de 0.40 [aproximadamente 350 Kg/cm² (34 MPa) o más].

Los concretos con agregado ligero estructural deben tener el contenido de aire dado en la Tabla 5.2.7b. Para concretos ligeros sujetos a congelación y deshielo, las recomendaciones para los contenidos de cemento y aire deben ser proporcionadas por el fabricante del agregado ligero.

^bEn la Tabla 1.1 se indican los usos y requerimientos de los pisos.

^cPara pisos de clase 2 a la 9, la resistencia a la compresión de las losas de concreto antes de permitir el tráfico de construcción debe ser por lo menos 126 Kg/cm² (12 MPa).

*La resistencia se refiere a la resistencia a compresión de cilindros que han sido curados en forma continua en ambiente húmedo y ensayados de acuerdo con las normas ASTM aplicables a 7 y 28 días. Para cada requisito de resistencia a una edad determinada, el nivel de resistencia del concreto se considerará satisfactorio si el promedio de todos los grupos de resultados a tres pruebas consecutivas de resistencia es igual o mayor que los valores recomendados en la Tabla y ninguna resistencia individual (promedio de 2 cilindros) es inferior a la resistencia especificada en más de 35 Kg/cm² (3.5 MPa).

^dEl revenimiento máximo de concreto medido en el sitio de colado, por ejemplo en el extremo de descarga de la línea de bombeo si el concreto se bombea. Véanse los comentarios sobre trabajabilidad y facilidad de colocación en el subinciso 5.2.5; véase también la referencia 30. El revenimiento del concreto debe ser tal que no provoque los problemas objetables de los concretos con alto revenimiento, como se indica en el subinciso 5.2.5. Un aditivo reductor de agua de alto rango (superfluidificante), que satisfaga los requisitos de ASTM C 494 (tipos F o G), o una combinación de aditivos que satisfagan los resultados para (Tipos A, C, D, E, F, o G) de la misma norma puede usarse para aumentar el revenimiento, siempre que la mezcla resultante cumpla todos los demás requisitos.

^eEn ACI 223 se incluyen los requisitos de revenimiento para concretos compensadores de contracción.

^fLa resistencia requerida dependerá de la severidad del uso o trato. La clasificación propuesta cubrirá la mayoría de las situaciones.

^gCon tamaño máximo del agregado no mayor que un cuarto del espesor de la superficie de desgaste no adherida.

ACABADO DE PISOS “CLASE 1”

- “Residenciales”, y “Cubiertos con mosaico”.
- Se recomiendan dos aplanados con llana, aun cuando el piso vaya estar cubierto con mosaico.

ACABADO DE PISOS Y LOSAS “CLASE 2 Y 3”.

- “Oficinas”, “Iglesias”, “Escuelas”, “Hospitales”, “De ornato”, “Cocheras”, “Calzadas”, y “Banquetas”.

ACABADOS DE PISOS “CLASES 4 Y 5”

- “Industrial ligero ” y “comercial”.
- Si se quiere incrementar la resistencia al desgaste, pueden especificarse tres aplanados con llana en lugar de dos.

ACABADO DE PISOS “CLASE 6”

- “Industriales”.
- Deben efectuarse como mínimo tres aplanados con llana.

ACABADOS DE PISOS “CLASE 7”

- “Industrial pesado.
- La capa de desgaste debe tener un espesor mínimo de 3/4” (20mm).
- El concreto usado debe tener un revenimiento máximo de 2” (50mm).
- El concreto para la capa de desgaste debe mezclarse en la obra.
- Para incrementar la resistencia al desgaste, se pueden añadir agregados minerales o metálicos.
- La capa inferior se debe enrasar y aplanar.
- Se pueden fabricar dos clases de pisos:
 - a) Pisos monolíticos de dos capas.
 - b) Pisos de dos capas ligadas.

ACABADOS DE PISOS “CLASE 8”

- “Dos capas no ligadas”.
- La capa superior debe tener un espesor mínimo de 75mm (3”).
- La capa inferior, ya sea nueva o vieja, debe estar cubierta con plástico, fieltro u otro elemento para evitar la adherencia.
- Por lo general, es necesario usar aplanadoras y llanas mecánicas, pero el aplanado final con llana debe hacerse en forma manual.
- Para incrementar la resistencia al desgaste, pueden aplicarse agregados metálicos o minerales.

ACABADO DE PISOS “CLASE 9”

- “SUPERPLANOS” Y “SUPERIORES”
(Ff 100 y MAYOR, FI 50 y MAYOR)
- La construcción de pisos superplanos requiere:
 - 1) Que las losas se cuelen en franjas largas de menos de 6 mts. (20') de ancho.
 - 2) Que el revenimiento se ajuste en la obra con una tolerancia de $\pm 1/2''$ ($\pm 3\text{mm}$) del revenimiento especificado.
 - 3) Que el revenimiento después del colado sea suficiente para permitir que el escantillón cierre el piso sin dificultad después del aplanado inicial.
 - 4) Que el proveedor designe un número adecuado de camiones para asegurar el suministro ininterrumpido de concreto.
- Proteger totalmente los pisos superiores de la intemperie.
- Los escantillones son las únicas formas capaces de mantener plana la superficie del concreto fresco, ya que integran una línea de referencia contra la cual puede compararse el perfil resultante del piso.
- Se puede mejorar la uniformidad del piso al usar escantillón de carretera, esto producirá un aumento del 50% en Ff (número F de planicidad).

CAUSAS DE FALLA EN LAS SUPERFICIES DE LOSAS Y PISOS DE CONCRETO

- No se debe hacer ninguna operación posterior (al aplanado preliminar) hasta que el concreto soporte la presión del pie, dejando cuando mucho una huella de solo 6 mm (1/4") de profundidad.
- Trabajar demasiado el concreto excesivamente húmedo. llevara al mortero fluido a las áreas bajas. este mortero fluido se asentara más que en las áreas circundantes y como resultado. dejara zonas bajas.
- El curado con agua es el mejor método, siempre que la losa se mantenga húmeda continuamente.

1.- AGRIETAMIENTO

RESTRICCIÓN

- El agrietamiento se produce por la restricción a los movimientos originados por la contracción térmica o por el secado.
- Es importante minimizar el contenido de agua de mezclado en el concreto y con menor revenimiento.
- La disminución del contenido de agua por medio de aditivos e inclusión de aire, tiene poco efecto sobre la contracción por secado.
- Practicas inadecuadas:

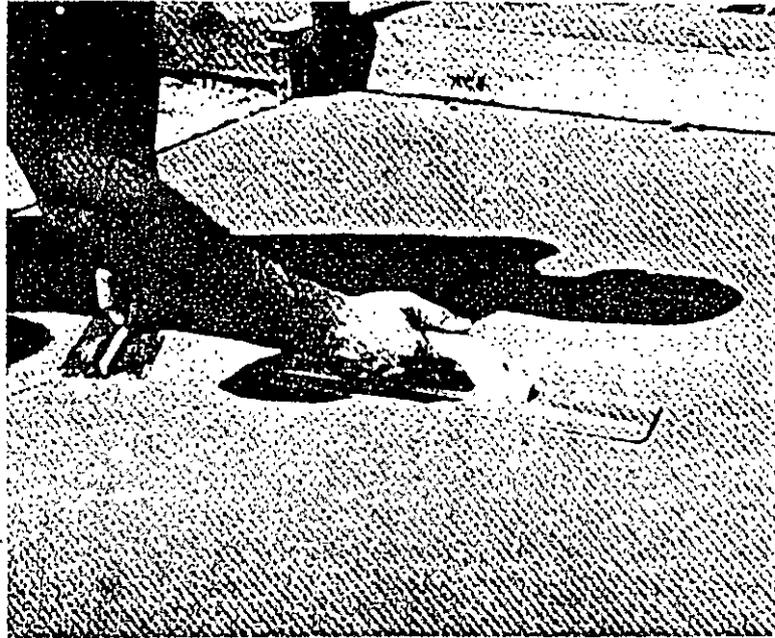
2.- OTRAS CAUSAS DE AGRIETAMIENTO

AGRIETAMIENTO A EDAD TEMPRANA

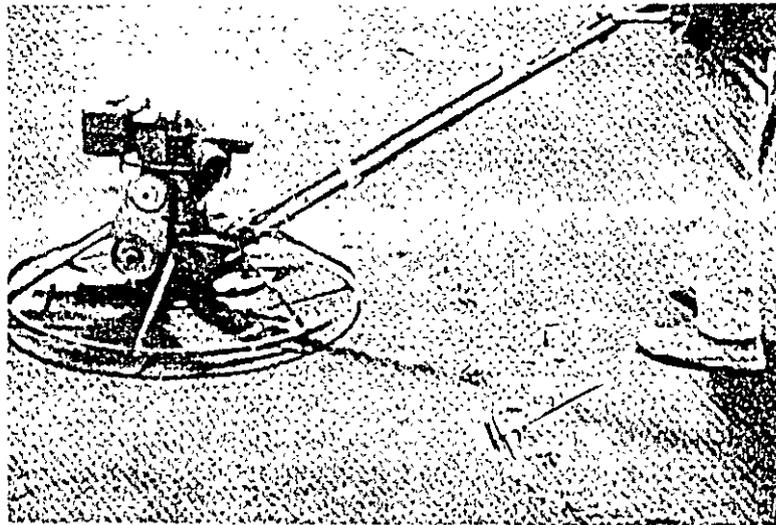
- Los agrietamientos en el concreto no endurecido pueden cerrarse apisonándolo y golpeándolo.

SUPERFICIE SUSCEPTIBLE A DESPRENDER POLVO

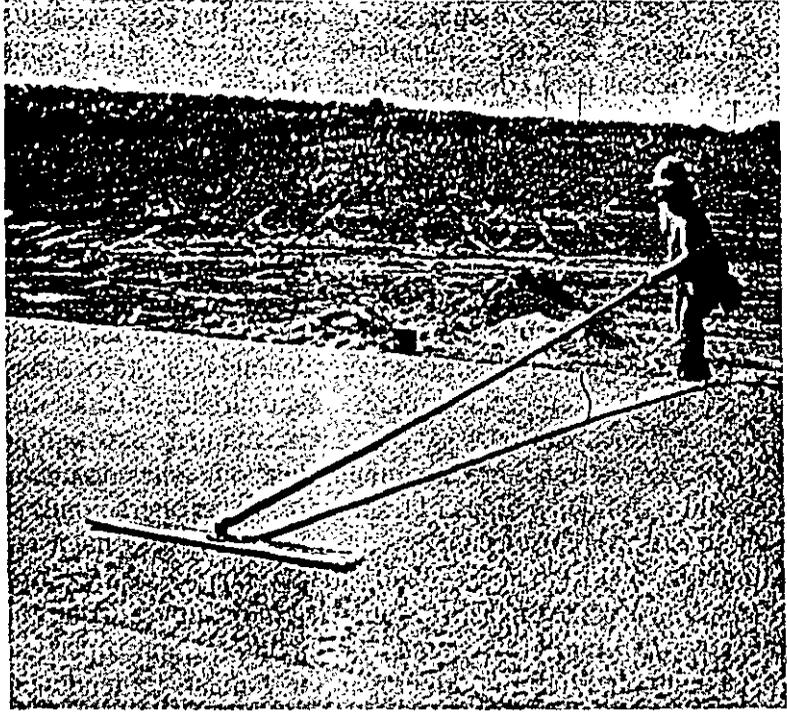
- La superficie polvosa es otro aspecto importante de un concreto débil.
- La superficie polvosa es causada por:
 - 1) Mezclas demasiado húmedas.
 - 2) Aplanados preliminar y de acabado, en presencia de agua de sangrado, ocasionando que esta penetre en la superficie
 - 3) Arcilla, impurezas y materias orgánicas en los agregados.
 - 4) Uso de polvo de cemento para secar la superficie y darle un acabado a edad temprana.
 - 5) Se aplica agua a la superficie durante el acabado.
 - 6) Calentadores sin escape utilizados para la protección contra clima frío.
 - 7) Curado inadecuado, especialmente en clima seco.



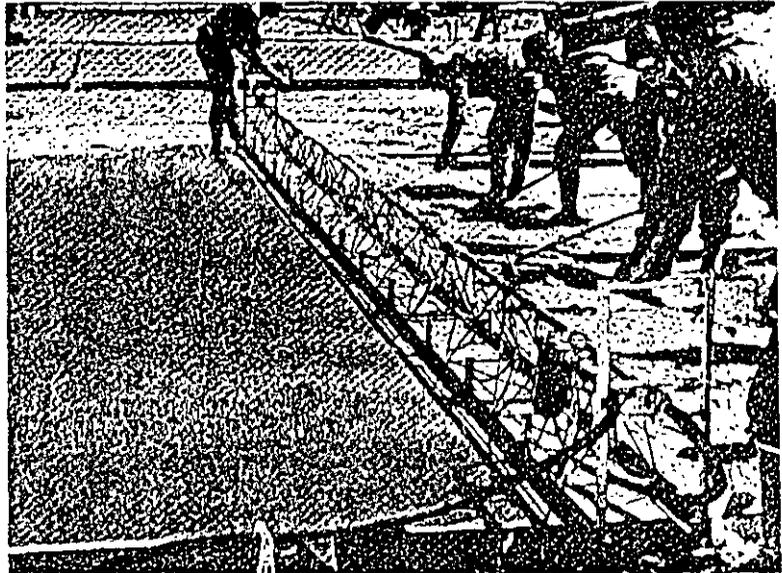
a. Emparejado de la superficie con una llana de mano manteniéndola horizontalmente sobre la superficie de concreto y desplazándola formando un arco con ligeros movimientos de vaivén.



b. Emparejado mecánico. Las huellas indican que es el momento adecuado.



El aplanado debe completarse antes de que se acumule sobre la superficie cualquier cantidad de agua de sangrado.



Las plantillas vibratorias tales como esta unidad de armadura reducen el trabajo de nivelación al mismo tiempo que consolidan al concreto.

CURADO DEL CONCRETO

1.- IMPORTANCIA DEL CURADO

- El curado consiste en mantener un contenido satisfactorio de humedad y temperatura en el concreto recién colado, para que se puedan desarrollar las propiedades deseadas.
- La temperatura debe controlarse para evitar la congelación del concreto hasta que desarrolle una resistencia a la compresión de por lo menos 35 kg/cm².

2.- CONTENIDO SATISFACTORIO DE HUMEDAD

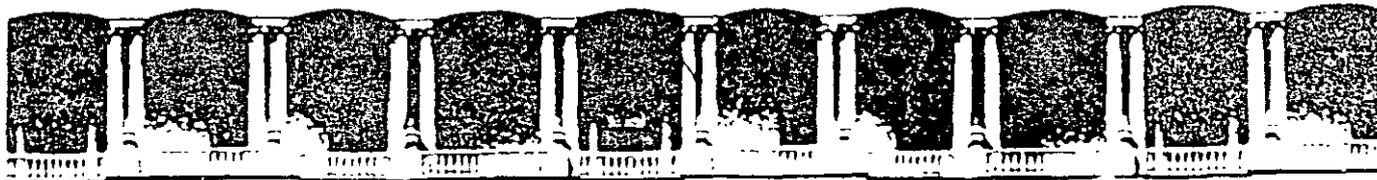
- La cantidad de agua de mezclado en el concreto en el momento del colado es normalmente más de la que debe retenerse para el curado.
- Los efectos siguientes como:
 - a) Temperatura del aire.
 - b) Temperatura del concreto.
 - c) Humedad relativa.
 - d) Velocidad del viento.
- Sobre la rapidez de evaporación en la superficie se combinan de manera que se prevé una rapidez de evaporación superior a 1.0 kg/m²/hr. Se debe evitar una evaporación excesiva en la superficie del concreto no endurecido.
- No evitar la evaporación excesiva causa grietas por contracción plástica y pérdida de resistencia del material más cercano a la superficie.

3.- TEMPERATURA FAVORABLE

- La rapidez de hidratación del cemento varia según la temperatura si:
 - 1) Siendo lenta a bajas temperaturas -10°C.
 - 2) Mas rápida a temperaturas elevadas menos de 100°C.
 - 3) Temperaturas <10°C. Son desfavorables.
 - 4) Temperaturas <5°C. Se retarda mucho.
 - 5) Temperaturas = 0°C. Se desarrolla muy poca resistencia.

- La temperatura del concreto recién colado se ve afectado por diversos factores como:
 - 1) Temperatura ambiente.
 - 2) Absorción del calor del sol.
 - 3) La liberación del calor por hidratación del cemento.
 - 4) Temperatura inicial de los materiales.

- Es preferible evitar temperaturas de curado mucho más elevadas que la temperatura promedio del concreto prevista durante su periodo de servicio, y mantener una temperatura uniforme a través de toda la masa del concreto.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

TEMA XII.

MÉTODOS Y MATERIALES PARA EL CURADO

Ing. Sergio E. Zerecero Galicia
Palacio de Minería
Agosto/2000

METODOS Y MATERIALES PARA EL CURADO

OBJETIVO

- Garantizar el mantenimiento de un contenido satisfactorio de "Humedad y Temperatura" para que se desarrollen las propiedades deseadas o especificadas por lo que hay dos sistemas para este caso:
 - a) Continua o frecuente aplicación de agua por:
 - Anegamiento inmersión
 - Aspersión o niebla
 - Vapor
 - Materiales de cubrimiento saturados, como:
 - ✓ Carpetas de yute
 - ✓ Algodón
 - ✓ Alfombras
 - ✓ Tierra
 - ✓ Arena
 - ✓ Aserrín
 - ✓ Paja
 - ✓ Heno.
 - b) Evitar la pérdida excesiva de agua en la superficie del concreto. usando materiales como:
 - ✓ Hojas de plástico
 - ✓ Hojas de papel impermeable
 - ✓ Compuestos de curado formadores de membrana.

1.- CURADO CON AGUA

- Debe estudiarse la economía del método, puesto que la disponibilidad de agua, mano de obra, materiales de curado y otros factores influyen en el costo.
- El agua de curado debe estar libre de cantidades perjudiciales de materias deletereas, así como de sustancias que ataquen, manchen o decoloren el concreto.
- Se debe evitar el impacto térmico o los gradientes térmicos excesivamente agudos.

METODOS DE CURADO CON AGUA

A) ANEGAMIENTO O INMERSIÓN

- Deben evitarse los daños provocados por la liberación prematura o subita del agua encharcada.
- El agua de curado no debe ser más de 11°C. Mas fría que el concreto. ya que puede causar en la superficie agrietamiento.

B) ROCIADO DE NIEBLA O ASPERSIÓN

- El rociado de niebla o aspersion mediante boquillas o aspersores proporciona un curado excelente, cuando la temperatura es bastante superior a la de congelación.
- Siempre que la superficie del concreto este más fría que la atmosférica dentro del recinto, el vapor a presión atmosférica hará que se presente sobre la superficie una película de humedad.
- Una de las desventajas del rociado es el costo del agua, "costo del bombeo".
- La aspersion o rociado intermitentes no son recomendables si se permite que se seque la superficie del concreto.
- El uso de mangueras es útil para empapar superficies verticales o casi verticales.

C) COSTALES, CARPETAS DE ALGODÓN Y ALFOMBRAS

- Estos materiales retendrán agua sobre la superficie del concreto ya sea vertical o horizontal, asimismo, deben estar libres de cantidades dañinas como: azúcar o fertilizantes que puedan dañar el concreto y decolorarlo.

- Costales:
 - a) Mientras más pesado sea el costal, más agua retendrá y será necesario mojarlo con menos frecuencia.
 - b) Es ventajoso colocarlo doble traslapando las tiras hasta la mitad de su ancho, dando una mejor retención de humedad y no se levantará con un fuerte viento o lluvia.
- Carpetas de algodón y alfombras
 - a) Estos materiales retienen el agua durante más tiempo que el costal, con menos riesgo de secarse.
 - b) Debido a su mayor masa, su uso sobre la superficie recién terminada no se puede hacer de forma inmediata, por lo que se deberá esperarse a que el concreto este endurecido.

D) CURADO CON TIERRA

- La tierra debe estar libre de partículas mayores de 25mm, y que no contenga cantidades peligrosas de materia orgánica u otras sustancias que puedan dañar el concreto.

E) ARENA Y ASERRÍN

- Se emplean igual que la tierra.
- No debe usarse el aserrín que contiene cantidades excesivas de ácido tánico.
- La arena y el aserrín son útiles cuando los trabajadores trabajan en la superficie, ya que dan protección contra raspaduras y manchas.

F) PAJA O HENO

- Pueden emplearse pero se corre el riesgo de que el viento los levante, también existe el peligro de incendio (si se secan), suelen causar, una decoloración en la superficie del concreto.
- Cuando se emplean estos materiales, la capa que se aplica debe tener, por lo menos 150mm. de espesor.

G) TERMINACION

Los materiales de cubierta ya saturados no deben dejarse secar y absorber humedad del concreto.

Al termino del periodo se deben dejar secar completamente, antes de retirarlos. para que el concreto se vaya secando lentamente.

H) SELLADORES

- Los materiales selladores son hojas o membranas que se colocan sobre el concreto para reducir la pérdida de agua por evaporación.
- Cuando se impide la pérdida de humedad mediante el sellado, existen menos posibilidades de que el concreto se seque antes de tiempo debido a un error en el mantenimiento de la cubierta húmeda.
- Son más fáciles de manejar y pueden aplicarse más temprano, a veces sin necesidad de un curado inicial.
- En regiones áridas son útiles para el curado de trabajos planos sobre un terreno de desplante húmedo, y para el concreto estructural masivo.

I) PELICULA PLASTICA

- La película plástica es de peso ligero y un espesor de 0.10mm.
- La película blanca refleja considerablemente los rayos solares.
- La película plástica reforzada con vidrio u otras fibras es más durable y menos fácil de rasgar.
- Cuando la apariencia es de importancia el concreto debe ser curado por otros medios, ya que la película plástica lisa da como resultado una superficie moteada.

J) PAPEL IMPERMEABLE

- Esta compuesto de dos hojas de papel "KRAFT" unidas entre si mediante un adhesivo bituminoso, e impermeabilizadas con fibras.
- Los papeles han sido tratados para reducir su grado de expansión y contracción al mojarse y secarse.

K) COMPUESTOS LIQUIDOS PARA FORMAR MEMBRANAS DE CURADO

- Estos compuestos consisten en ceras, resinas naturales o sintéticas, así como solventes de volatilidad elevada a la temperatura atmosférica.

Debe proporcionárseles ventilación adecuada y tomarse precauciones de seguridad.

- A veces se les incorporan pigmentos blancos o grises, con fines de inspección y capacidad de reflejo del calor.
- Los compuestos de curado no deben emplearse sobre superficies que vayan a recibir capas adicionales de concreto, pintura o mosaicos.
- Los valores usuales para cubierta varían de 0.20 a 0.25 lts/m², y cuando no este estipulado, se aplicará a razón de 0.20 lts/m².
- Se sugiere que se hagan dos aplicaciones, perpendiculares entre si, para dar un cubrimiento completo.
- Sobre superficies profundamente texturizadas para mejorar las propiedades de fricción, puede haber necesidad de hacer dos aplicaciones separadas, cada una de 0.20 lts/m², dejando que la primera se haga pegajosa antes de aplicar la segunda.
- El compuesto de curado puede aplicarse a mano o con aspersora de presión de 5 a 7 kg/cm².
- En áreas muy pequeñas, el compuesto puede ser aplicado con una brocha ancha de cerdas suaves, o con un aplicador de rodillo.
- Los compuestos líquidos deben ser aplicados después del acabado y tan pronto como haya desaparecido el agua libre sobre la superficie.
- Si el nivel ambiental de evaporación excede de 1.0 kg/m²/hr. Deben tomarse medidas para evitar la evaporación excesiva.
- Cuando el compuesto se aplica sobre una superficie de aspecto seco, puede darse una de las dos condiciones desfavorables siguientes:
 - a) Formación de una capa de agua bajo la capa de pasta de cemento, condición que favorece la escamación.
 - b) Agrietamiento en forma de mapa de la película de membrana, lo que requiere volver a aplicar el compuesto de curado.

- La aplicación de compuestos para formar membrana a base de aceite de linaza, solubles en agua, antes de que desaparezca el brillo del agua.
- Al retirar la cimbra, la superficie de concreto expuesta debe mojarse con agua inmediatamente, y mantenerse húmeda hasta que se aplique el compuesto de curado.
- Los compuestos pigmentados deben agitarse bien, para una aplicación uniforme.

PROTECCION Y CURADO EN CLIMA FRIO

- Nunca debe permitirse que el concreto sin aire incluido se congele o descongele en condiciones de saturación.
- El concreto con aire incluido tampoco debe congelarse y descongelarse en condiciones de saturación antes de desarrollar una resistencia a la compresión de 246 kg/cm².

CURADO EN CLIMA CALIDO

- La temperatura elevada provoca un rápido secado del concreto.
- Cuando se emplee el curado con agua, este debe ser continuo para evitar cambios de volumen debidos al humedecimiento y secado alternativos.
- Cuando se cuele en clima cálido y las condiciones favorables de humedad se mantiene continuamente, el concreto puede alcanzar un grado elevado de madurez en muy poco tiempo.

CURADO CON VAPOR A ALTA PRESION

- En este procedimiento se emplea en la producción de:
 - 1) Piezas de mampostería de concreto.
 - 2) Piezas de tubos de asbesto – cemento.
 - 3) Piezas de concreto celular de peso ligero.
- Los productos hechos con mezclas apropiadas y curados en autoclave, se caracterizan por su reducida contracción debida al secado y por su incremento en la resistencia a los sulfatos.

CURADO CON VAPOR A BAJA PRESION (O PRESION ATMOSFERICA)

- El curado con vapor a presión atmosférica se emplea comúnmente en la fabricación de productos de concreto para acelerar el desarrollo de resistencia temprana.

CRITERIOS PARA LA EFECTIVIDAD DEL CURADO

GENERALIDADES

- El curado será efectivo cuando los contenidos de humedad y temperatura mantenidos, permitan el desarrollo de los niveles deseados en las propiedades del concreto y eviten: el agrietamiento, empolvado, escamado y cuarteo.

Estas consecuencias son causadas por no mantener un contenido satisfactorio de humedad en el concreto inmediatamente adyacente a la superficie.

A) BASE DE RESISTENCIA

- Los beneficios del curado adicional deben compararse con factores como el "costo" y la "disponibilidad" de los medios de curado, la necesidad de acceso o protección inmediatos de una superficie durante operaciones de construcción subsecuentes, así como con el comportamiento deseado.
- Cuando se emplea el método de muestras curadas en el campo, deben hacerse por lo menos:

6 muestras de los primeros 75 m³ de concreto.

Pero no deben:

Colocarse menos de 3 muestras cada 2 horas del tiempo total colado, o por cada 75 m³ de concreto.

- Las pruebas de resistencia también pueden efectuarse sobre corazones extraídos o vigas aserradas, preparados a partir del concreto colado en obra. (ASTM C-42)
- Pueden practicarse pruebas "no destructivas" para establecer la resistencia aproximada del concreto.

- Pueden emplearse métodos “no destructivos” o “semidestructivos”, los cuales pueden ser:
 - a) Velocidad de pulso ASTM C-597
 - b) Número de rebote ASTM C-805
 - c) Resistencia a la penetración ASTM C-803
 - d) Resistencia a la adherencia ASTM C-900

- El curado mejora:
 - a) Permeabilidad.
 - b) Resistencia a la abrasión.
 - c) Resistencia a la congelación y al deshielo.
 - d) Resistencia al ataque de los sulfatos.

B) REQUISITOS MINIMOS DE CURADO

- Puede considerarse suficiente para proporcionar un curado adecuado cuando su efecto es, por lo menos, el de conservar húmedo el concreto:
 - a) Cemento tipo I, durante los primeros 14 días
 - b) Cemento tipo III, durante los primeros 3 días, con una temperatura mayor a 10 °C.

CURADO PARA CONSTRUCCIONES DIVERSAS

PAVIMENTOS Y OTRAS LOSAS SOBRE SUELO

GENERALIDADES

- Las losas sobre suelo como:
 - Pavimentos para carreteras.
 - Aeropuertos.
 - Revestimientos de canales.
 - Losas para estacionamientos.
 - Entradas de cocheras.
 - Losas al nivel del terreno en edificios.

Tienen una relación elevada de área superficial expuesta-volumen de concreto. la pérdida de humedad por evaporación puede ser tan grande y tan rápida que de cómo resultado agrietamiento por contracción. con efectos dañinos sobre la resistencia a la abrasión y a las heladas.

- Para evitar esta pérdida de humedad el curado debe iniciarse lo más pronto posible .
- Cuando los esfuerzos debidos a variaciones en la temperatura exceden la resistencia a la tensión, ocurrirá el agrietamiento en la losa.

A) PROCEDIMIENTOS DE CURADO

- Cuando comience a desarrollarse el agrietamiento por contracción, el concreto debe curarse inicialmente mediante rociado de niebla, mezclándose el rociado con un compuesto retardante de evaporación.
- Deben tomarse medidas para reducir la temperatura efectiva, la velocidad del viento.
- Las superficies expuestas de la losa deben cubrirse totalmente y mantenerse húmedas o selladas hasta que sean lo suficientemente firmes para poder caminar sobre ellas sin sufrir daño alguno.

B) DURACION DEL CURADO

- Temperaturas superiores ambientales a 5°C, el periodo mínimo recomendado es de 7 días, o el tiempo necesario para alcanzar el 70% de las resistencias a la compresión o a la flexión.
- Temperaturas ambientales menores o iguales a 5°C., deben tomarse precauciones para evitar daños por congelación.

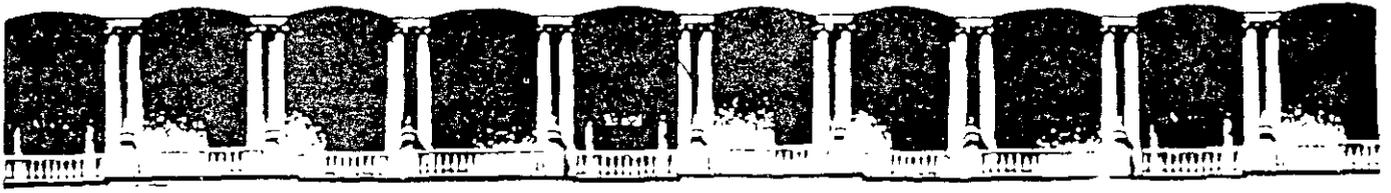
ESTRUCTURAS Y EDIFICIOS

A) PROCEDIMIENTOS DE CURADO

- Cuando se requiere un curado adicional, deben aplicarse compuestos líquidos para formar membrana de curado, o rociar la superficies para que se conserven húmedas.
- En superficies verticales pueden emplearse también compuestos líquidos para formar membrana, o cuando su empleo sea aprobado, esta aprobación no debe concederse cuando el concreto tenga una relación agua/cemento menor o igual a 0.4, por peso.

B) DURACION DEL CURADO Y PROTECCIÓN

- Si la temperatura ambiental es $> 5^{\circ}\text{C}$, el curado debe ser continuo como mínimo 7 días.
- O por lo menos el tiempo necesario para alcanzar el 70% de las resistencias a la compresión o a la flexión.
- Si la temperatura ambiental es $< 5^{\circ}\text{C}$, deben tomarse las precauciones necesarias para evitar daños por congelación.
- Para algunos elementos estructurales, como: Columnas con resistencia elevada de 422 kg/cm² (41 MPA) o mayor, los periodos de curado deben aumentarse hasta 28 días o más.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

TEMA XIII.

CONCRETO MASIVO

Ing. Sergio E. Zerecero Galicia
Palacio de Minería
Agosto/2000

CONCRETO MASIVO

OBJETIVO

- Concreto masivo es cualquier volumen de concreto colado en obra en dimensiones grandes como:
 - Estribos
 - Contrafuertes
 - Presas
 - Cimentaciones pesadas
 - Construcciones masivas
- Debido al calor generado por estas grandes masas, el control de la temperatura es de importancia para evitar esfuerzos térmicos perjudiciales.

A) CONTROL DE TEMPERATURA (CONCRETO MASIVO)

- La temperatura interior durante la hidratación no debe elevarse a más de 11°C. a 14°C, por encima de la temperatura ambiental promedio anual.
- Para controlar lo anterior, se recomienda:
 - 1) Empleo de bajo contenido de cemento (120 kg/m^3 a 300 kg/m^3).
 - 2) Empleo de puzolana u otros aditivos minerales.
 - 3) Enfriamiento de los materiales del concreto.
 - 4) Empleo de hielo en vez de agua de mezclado.
 - 5) Empleo de tuberías de enfriamiento ahogadas en el concreto.
 - 6) Empleo de cemento de bajo calor de hidratación.

B) METODOS Y DURACIÓN DEL CURADO (CONCRETO MASIVO)

- El uso de compuestos líquidos para formar membrana se permite cuando la superficie no es una junta de construcción, o siempre que la membrana sea eliminada mediante chorro de arena antes de colar el concreto adyacente.

- El curado debe iniciarse tan pronto como la superficie del concreto este suficientemente endurecida y no sufra daños.
- En secciones masivas sin refuerzo ni contenido de puzolana, el curado debe llevarse a cabo cuando menos 2 semanas (15 días).
- Cuando la puzolana esta incluida como material aglutinante, el tiempo minimo de curado no será menor a 3 semanas (21 días).
- En las juntas de construcción el curado debe prolongarse hasta que comience la siguiente etapa de colado del concreto.
- En secciones masivas altamente reforzadas, el curado debe ser continuo por lo menos 7 días.

OTRAS CONSTRUCCIONES

A) UNIDADES PREFABRICADAS

- Las unidades prefabricadas de concreto más comunes:
 - Tubos
 - Bloques
 - Tabiques
 - Canales
 - T's sencillas y dobles
 - Columnas
 - Tableros de piso y de muro
- La mayoría de las unidades prefabricadas se curan a temperaturas entre 52°C y 85°C, durante periodos de 12 a 72 hrs.
- El curado de unidades prefabricadas en autoclave tiene lugar a temperaturas superiores a los 160°C, y durante periodos de 5 a 36 hrs.

CONSTRUCCION CON CIMBRAS DESLIZANTES VERTICALES

- Deben curarse de acuerdo con los métodos empleados en otras superficies verticales.
- Puede habilitarse un sistema de aspersores y boquillas de niebla.

- Frecuentemente es necesario emplear un compuesto de curado, debido al corto tiempo que el concreto está protegido por la cimbra y el faldón mojado.
- El empleo de un compuesto de curado puede no ser conveniente en la parte interior de ciertos silos, por el riesgo de incendio, toxicidad o contaminación del material almacenado, y en el exterior, por las variaciones de color.
- La parte interior de un silo se mantiene a más de 5 °C. y cerrada durante clima frío.
- La parte interior del silo requiere ventilación para evitar el desarrollo excesivo de calor.

CONCRETO LANZADO

- Las superficies de concreto lanzado deben mantenerse mojadas continuamente por lo menos durante 7 días.
- Debido a su superficie áspera, la aplicación de una membrana de curado debe ser entre 0.40 lts./m² promedio.

CONCRETO REFRACTARIO

- El concreto refractario que contiene cemento de aluminato de calcio como aglutinante debe ser curado como lo indique el fabricante.

El curado normalmente es de 24 horas después del mezclado.

PINTURA DE CEMENTO, ESTUCO Y YESO

- Cuando sean necesarias varias capas, el rocío de agua debe hacerse sobre cada capa y, después, dos o tres veces al día, por lo menos durante los dos días siguientes a la aplicación final de la pintura de cemento, el estuco o yeso.
- Debe evitarse que el exceso de agua corra sobre la superficie.

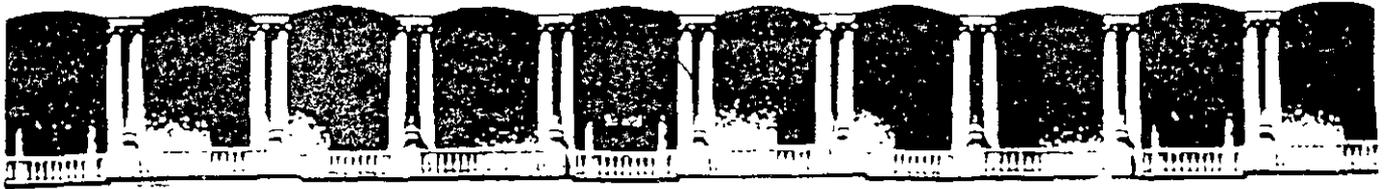
ESTRUCTURAS DE CASCARON

- Los cascarones delgados son sumamente susceptibles al agrietamiento por contracción.
- En clima cálido es conveniente aplicar un curado preliminar de rociado de niebla, seguido por un curado con costal mojado o con agua.

- En clima frío tomar precauciones especiales contra la congelación, tales como cobertores protectores.
- A temperaturas moderadas, de 4° C a 21° C, en general son satisfactorios los métodos normales de curado.

CONCRETO AISLANTE

- La superficie del concreto aislante, en la que se alcanza un peso seco unitario de 800 kg/m³ o menos, debe mantenerse húmeda durante un periodo no menor de 3 días.
- Después, debe permitirse que el concreto aislante se seque al aire antes de aplicar la cubierta complementaria.
- No es conveniente aplicar curado por anegamiento o exceso de agua, ya que puede absorber una gran cantidad de agua mayor que la requerida para la hidratación del cemento.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

TEMA XIV.

COMPACTACIÓN DEL CONCRETO

**Ing. Sergio E. Zerecero Galicia
Palacio de Minería
Agosto/ 2000**

COMPACTACION DEL CONCRETO

EQUIPO PARA VIBRADO

CLASIFICACION

- Los vibradores se clasifican en:

A) Vibradores internos

- 1) Tipo de flecha flexible.
- 2) Vibrador de motor eléctrico en la cabeza.
- 3) Vibradores neumáticos.
- 4) Vibradores hidráulicos.

B) Vibradores externos

- 1) Vibradores para cimbra.
- 2) Vibradores de superficie.
- 3) Mesas vibradoras.

A) VIBRADORES INTERNOS

- Los vibradores internos dependen del efecto enfriador del concreto que los rodea para evitar el sobrecalentamiento.
- Todos los vibradores internos son de tipo rotatorio.

1) Tipo de flecha flexible.

- El excéntrico está controlado por medio de un motor eléctrico o neumático o por un motor de combustión interna.
- Los vibradores con motor eléctrico, una flecha flexible sale del motor hacia la cabeza del vibrador en donde mueve el peso excéntrico. El motor opera con corriente alterna de 120 voltios, de 60 HZ.
- Los vibradores con motor de gasolina o diesel, la velocidad del mismo es casi siempre de 3 600 RPM (60 HZ).

2) Vibrador de motor eléctrico en la cabeza

- El motor esta situado en la cabeza del vibrador, no existe motor o flecha separados.
- Los vibradores son de un diámetro de 50 mm. Como mínimo.
- Este tipo de vibradores esta disponible en dos diseños, uno utiliza motor universal y el otro un motor trifásico de 180 hz. (ciclo alto).

3) Vibradores Neumáticos.

- Trabajan por medio de aire comprimido, el motor neumático se encuentra en la parte interna de la cabeza del vibrador.
- Algunos modelos de flecha flexible tienen el motor neumático fuera de la cabeza.

4) Vibradores hidráulicos

- Los vibradores hidráulicos son muy usados en la máquinas de pavimentación, el vibrador esta conectado al sistema hidráulico de la pavimentadora, por medio de mangueras de alta presión.

B) SELECCIÓN DE UN VIBRADOR INTERNO PARA LA OBRA

- Requisito principal, su efectividad para compactar el concreto, debe tener un radio de acción adecuado y ser capaz de "Licuar" y "Desarear" con rapidez el concreto.
- Las frecuencias muy elevadas tienden a incrementar los requisitos de mantenimiento y, acortan la vida del vibrador.
- La efectividad de los vibradores internos dependen de:
 - 1) El diámetro de la cabeza.
 - 2) La frecuencia
 - 3) La amplitud
- La amplitud es una función del momento excéntrico y del peso de la cabeza.
- La fuerza centrífuga de los vibradores internos puede usarse como una medida de la capacidad de un vibrador.

- El radio de acción, el espaciado de las inserciones dependen no solo de las características del vibrador, sino también de la trabajabilidad de la mezcla y el grado de congestionamiento.
- Pueden lograrse resultados igualmente buenos eligiendo un vibrador del tamaño mayor siguiente.
- Al seleccionar el vibrador y el procedimiento de vibración debe considerarse el tamaño del vibrador respecto al tamaño de la cimbra.
- El agrietamiento de las superficies de concreto depende de la contracción por secado que ocurre con una alta concentración de pasta de cemento traída a la superficie por un vibrador demasiado grande para esa aplicación específica.
- La mejor medida del rendimiento de un vibrador es su efectividad en la consolidación del concreto.

C) DATOS QUE DEBE PROPORCIONAR EL FABRICANTE

- El catalogo debe contener como mínimo:
 - 1) Dimensiones físicas (largo y diámetro).
 - 2) Peso total de la cabeza del vibrador.
 - 3) Momento excéntrico
 - 4) La frecuencia en el aire y la frecuencia aproximada en el concreto.
 - 5) Fuerza centrífuga en estas dos frecuencias.
 - 6) La conexión y operación apropiadas de los vibradores.
 - 7) Los requisitos de voltaje y amperaje, así como los tamaños de cable.
 - 8) En los vibradores de aire (neumáticos), deben indicarse los requisitos de aire comprimido en kg/cm^2 , y en $\text{m}^3/\text{min.}$, y los diámetros de la tubería o de las mangueras.
 - 9) Los modelos que funcionan con motor a gasolina, debe señalarse la velocidad de operación.
 - 10) Los vibradores hidráulicos, debe incluir las presiones de operación recomendadas en kg/cm^2 , en vibraciones por minuto, a distintos flujos en litros por minuto.

Rango de las características, comportamiento y aplicaciones de los vibradores internos.								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Grupo	Diámetro de la cabeza, cm	Frecuencia recomendada, vibraciones por minuto (Hz)	Valores sugeridos de			Valores aproximados de		Aplicación
			Momento excéntrico, cm-kg	Amplitud promedio, cm	Fuerza centrífuga, kgf	Radio de acción, cm	Velocidad de colado del concreto m ³ /hr por vibrador	
1	2 - 4	150 - 250	0.035 - 0.12	0.04 - 0.08	45 - 180	8 - 15	0.8 - 4	Concreto plástico y fluido en elementos muy delgados o sitios estrechos. Puede emplearse para complementar vibradores más grandes, en especial en prefabricados, en los que bocales y ductos causen congestión en las cimbras. También se emplean para fabricar muestras para pruebas de laboratorio.
2	3 - 6	140 - 210	0.09 - 0.29	0.05 - 0.10	140 - 400	13 - 25	2.3 - 8	Concreto plástico en números delgados, columnas, vigas, pilotes prefabricados, losas delgadas y a lo largo de juntas de construcción. Puede emplearse para completar vibradores más grandes en sitios estrechos.
3	5 - 9	120 - 200	0.23 - 0.81	0.06 - 0.13	320 - 900	18 - 36	4.6 - 15	Concreto plástico rígido (reventamiento menor de 7.5 cm) en construcción general, como muros, columnas, vigas, pilotes reforzados y losas pesadas. Vibrado auxiliar adyacente a las cimbras de concreto masivo y pavimentos. Puede ser de montaje múltiple para proporcionar vibrado interno a todo lo ancho de las losas de pavimentos.
4	8-15	120 - 180	0.81- 2.9	0.08 - 0.15	680 - 1800	30 - 51	11- 31	Concreto masivo y estructural con reventamiento hasta de 5 cm, depositado en cantidades hasta de 3 m ³ en cimbras relativamente abiertas de construcción sólida (centrales de energía, pilas para puentes y cimentaciones). También auxiliar en la construcción de presas cerca de las cimbras y alrededor de los elementos empotrados y el acero de refuerzo.
5	13 - 18	90 - 140	2.6 - 4.0	0.10 - 0.20	1100 - 2700	40 - 61	19 - 38	Concreto masivo en presas de gravedad, pilas grandes, muros masivos, etc. Se requieren dos o más vibradores que operen simultáneamente para colocar y compactar cantidades de concreto de 3 m ³ o más, depositadas de una sola vez en la cimbra.

Columna 3: Mientras el vibrador está operando en el concreto.

Columna 4: Calculado con la fórmula de la figura A.2 del apéndice A.

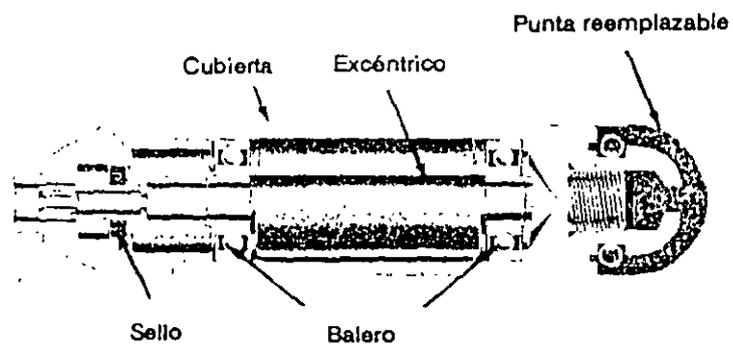
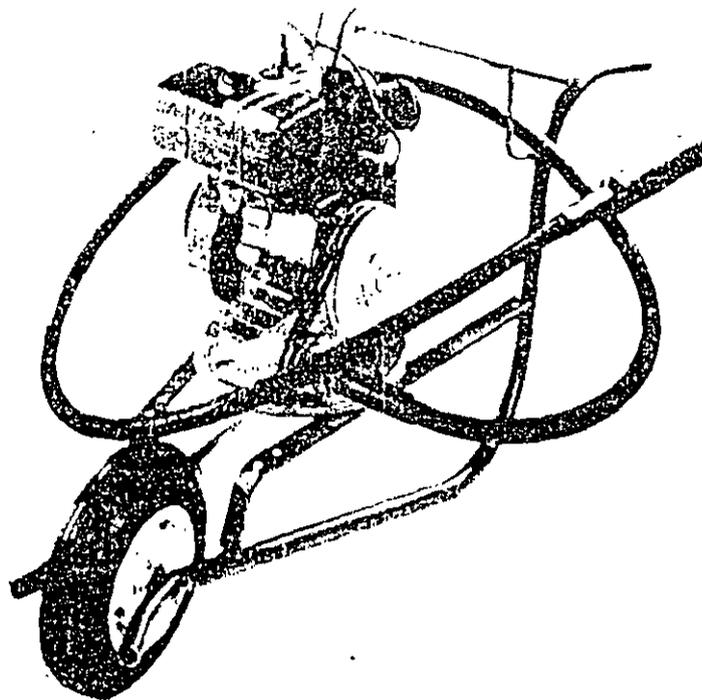
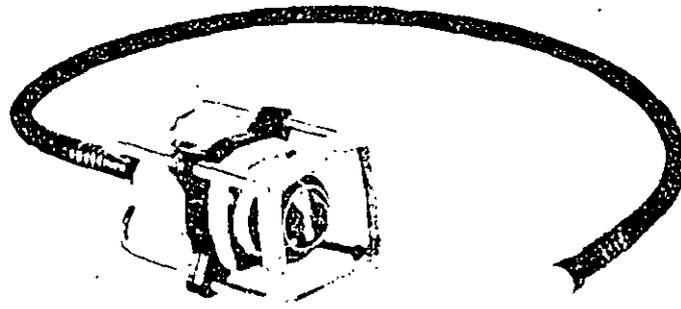
Columna 5: Calculada o medida como se describe en la sección 15.3.2. Esta es la amplitud máxima (la mitad del valor entre un máximo y otro) operando en el aire.

Columna 6: Calculada con la fórmula de la figura A.2 del apéndice, empleando la frecuencia del vibrador que opera en el concreto.

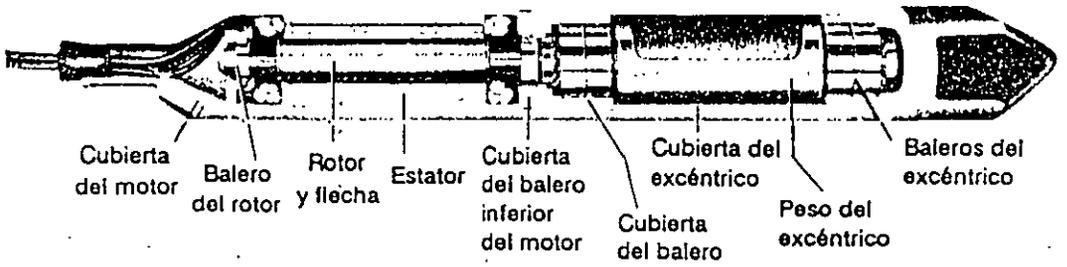
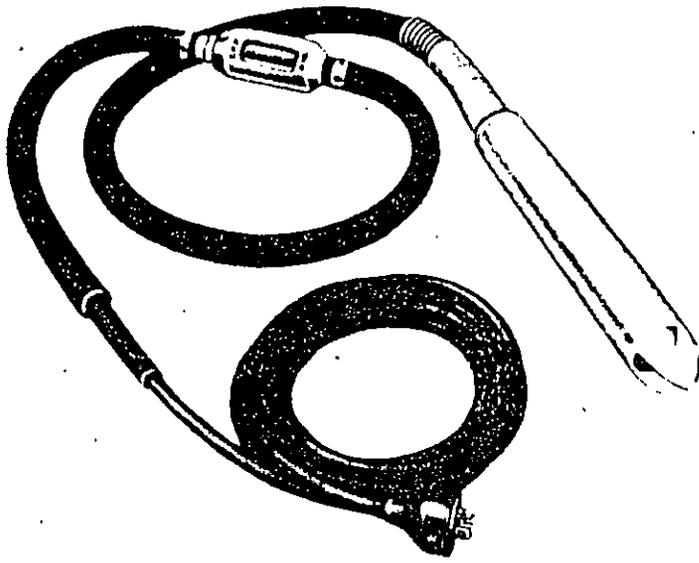
Columna 7: Distancia sobre la cual el concreto se compacta por completo.

Columna 8: Se presupone que el espaciamiento de las inmersiones es de 1-1/2 veces el radio de acción, y que el vibrador opera durante dos tercios del tiempo en que el concreto se cura.

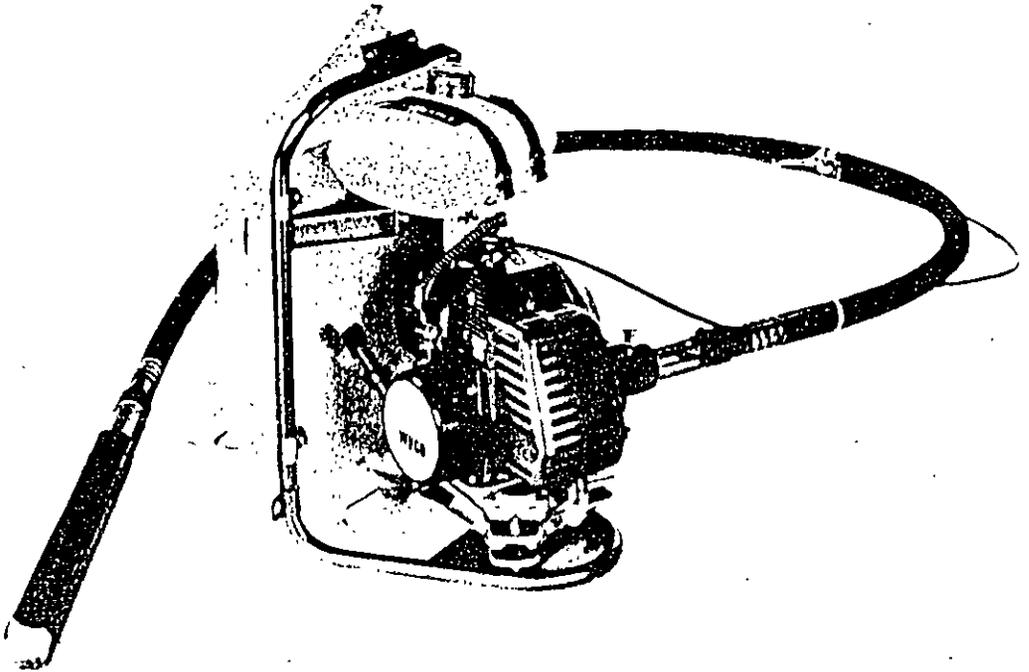
Columnas 7 y 8. Estos rangos reflejan no sólo la capacidad del vibrador, sino también las diferencias en la trabajabilidad de la mezcla, el grado de desaireación deseado, y otras condiciones experimentadas durante la construcción.



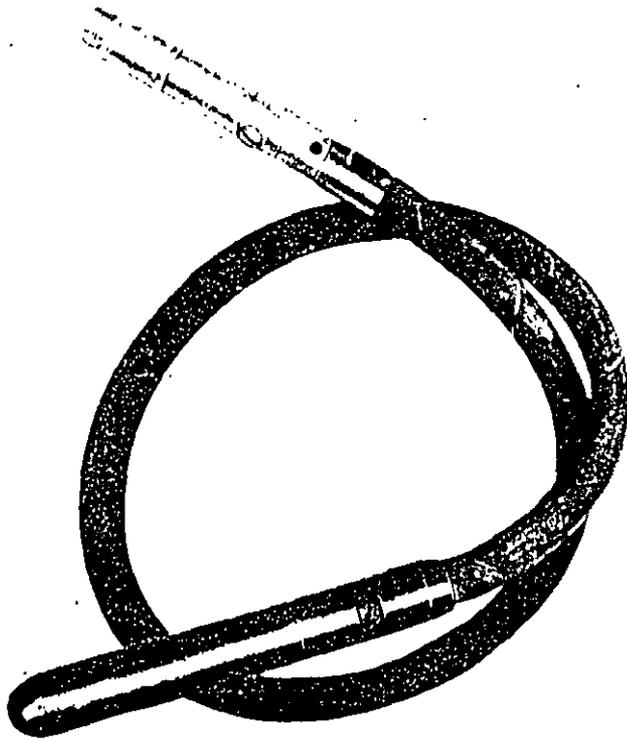
(a) Vibradores de flecha flexible: de operación eléctrica (arriba), con motor de gasolina (centro), corte longitudinal de la cabeza (abajo).



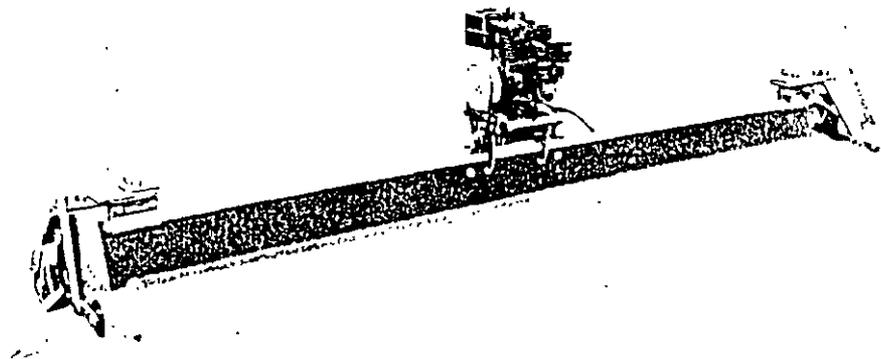
Vibrador eléctrico con motor en la cabeza: aspecto exterior (arriba), construcción interna de la cabeza (abajo).



Vibrador de dos ciclos con motor de gasolina que se pone a la espalda del operador..



Vibradores de aire para construcción común (arriba) y para concreto masivo (abajo)



Liana vibradora para trabajos pequeños. Tipo de viga sencilla.

Muestra de una bitácora de servicio para un vibrador de flecha flexible.			
Modelo		Número de serie	
Fecha de adquisición			
Fecha de retiro del almacén de equipo			
Empleo estimado, horas por día			
Pieza	Frecuencia del mantenimiento		
	Limpieza y supervisión	Lubricación	Reemplazo
	Motor eléctrico		
Filtro			
Escobillas			
Interruptor			
Armadura y campo			
Baleros			
	Flecha flexible		
Flecha			
	Cabeza del vibrador		
Sellos			
Baleros			
Cambios de aceite			

VIBRADORES EXTERNOS

VIBRADORES PARA CIMBRA

- Están fijados al lado exterior de la cimbra o molde.
- Hacen vibrar la cimbra, la que a su vez transmite las vibraciones al concreto.
- Los vibradores para cimbra son autoenfriantes.
- Actualmente hay dos tipos que son :
 - 1) Rotatorio
 - 2) De acción vertical
- En el concreto prefabricado de secciones: 60 cm. de ancho y 75 cm. de peralte, han sido adecuadamente vibradas por este medio.
- Para muros y colocaciones más profundas, puede ser necesario complementar al vibrador de cimbra con una vibración interna para sección de 30 cm. de ancho.

1) VIBRADOR ROTATORIO

- Estos trabajan produciendo un movimiento armónico simple como los vibradores internos. Los impulsos tienen componentes tanto perpendiculares a la cimbra como en el mismo plano de esta, pueden ser de operación neumática o eléctrica.
- La fuerza centrífuga se desarrolla por medio de un cilindro rotatorio o un peso excéntrico revolvente.
- Estos vibradores trabajan a frecuencias de 6000 a 12000 vibraciones por minuto (100 a 200 HZ.).
- Los modelos que funcionan con energía eléctrica tienen un peso excéntrico en cada extremo de la flecha del motor. (son ajustables).
- La frecuencia es de 3600 vibraciones por minuto (60 HZ.).
- Hay vibradores para cimbra eléctricos de motor universal monofásico, con frecuencias de 6000 a 9000 vibraciones por minuto (100 a 150 HZ).

2) VIBRADOR DE ACCION VERTICAL

- Este tipo de vibrador se acelera un pistón en una dirección, se detiene por impacto contra una placa de acero y después, se acelera en dirección opuesta.
- Estos vibradores operan por medios neumáticos.
- Las frecuencias están entre 1000 y 5000 vibraciones por minuto (20 a 80 HZ).
- Estos vibradores producen impulsos en sentido perpendicular a la cimbra.

SELECCIÓN DE VIBRADORES EXTERNOS PARA CIMBRAS VERTICALES

- Para mezclas muy rígidas se prefiere la vibración de baja frecuencia y gran amplitud.
- La línea divisoria entre la baja y la alta "frecuencia" para la vibración externa se considera en 6000 vibraciones por minuto.
- La línea divisoria entre la baja y la alta "amplitud" se considera en 0.13 mm.
- Para mezclas plásticas, las aceleraciones deberán estar en el rango de 1 a 2 g. (gravedad).
- Para mezclas rígidas, las aceleraciones serán de un rango de 3 a 5 g. (gravedad).
- Para mezclas plásticas, amplitud no debe ser menor a 0.025 mm.
- Para mezclas rígidas, la amplitud no debe ser menor a 0.050 mm.
- Las siguientes formulas determinar la "fuerza centrífuga" del vibrador de cimbra, necesaria para proporcionar un consolidación adecuada.

1) Para mezclas fluidas cimbras en vigas y muros.

$$F_c = 0.5 [(\text{peso cimbra}) + 0.2 (\text{peso concreto})]$$

2) Para mezclas rígidas en tuberías

$$F_c = 1.5 [(\text{peso cimbra}) + 0.2 (\text{peso concreto})]$$

- La distancia adecuada entre los vibradores de cimbra están en el rango de 1.5 a 2.5 mts.
- Para secciones de anchos mayores o iguales a los 30 cm. podrá llegarse a requerir vibración interna.

MESAS VIBRATORIAS

- Consiste en una mesa de acero o de concreto reforzado con vibradores externos montados en el marco de soporte.
- La mesa y el marco están aislados de la base mediante resortes de acero, empaques aislantes de neopreno u otros.
- Para mezclas rígidas deberán tenerse vibraciones de baja frecuencia < 6000 vibraciones / minuto (100 HZ) y de gran amplitud > 0.13 mm.
- Se recomiendan aceleraciones en el rango de 3 a 10 g.
- Para mezclas rígidas la aceleraciones deberán de ser mayores a 10g.
- Para mezclas plásticas la amplitud no debe ser menor a 0.025 mm.
- Para mezclas rígidas la amplitud no debe ser menor a 0.050 mm
- Se han determinado formulas para estimar la "fuerza centrífuga" F_c , requerida en los vibradores:

- 1) Mesa vibradora rígida o vigas vibradoras, con la cimbra asentada libremente sobre la mesa.

$$F_c = (2 \text{ a } 4) [(\text{peso mesa}) + 0.2 (\text{peso cimbra}) + 0.2 (\text{peso concreto})]$$

- 2) Mesa vibradora rígida, con la cimbra fijada a la mesa.

$$F_c = (2 \text{ a } 4) [(\text{peso mesa}) + (\text{peso cimbra}) + 0.2 (\text{peso concreto})]$$

- 3) Mesa vibradora flexible, continua sobre varios apoyos.

$$F_c = (0.5 \text{ a } 1) [(\text{peso mesa}) + 0.2 (\text{peso concreto})].$$

- Los vibradores deben moverse hasta que se hayan eliminado todas las burbujas y se haya logrado una vibración lo más uniforme posible.

VIBRADORES SUPERFICIALES

- Los vibradores superficiales consolidan el concreto de arriba hacia abajo manteniendo concreto en frente de ellos.
- Se usan principalmente en la construcción de losas .
- Hay tres tipos :

1) Vibrador de llana:

- Consiste en una viga sencilla o doble que atraviesa el ancho de la losa.
- Son adecuados para superficies horizontales o casi horizontales.
- Se requiere gran amplitud para mezclas más rígidas.
- Las frecuencias están entre 3000 y 6000 vibraciones / minuto. (50 a 100 HZ.).
- Trabajan mejor con aceleraciones de 5 g.
- La compactación es proporcional al producto del peso por la amplitud por la frecuencia, dividido entre la velocidad de avance de la maquina.

2) Apisonadores vibradores de placa o de rejilla:

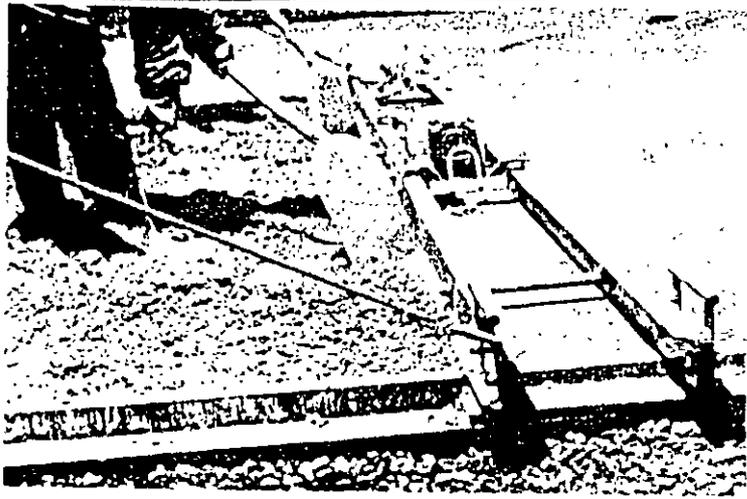
- Es una pequeña placa o rejilla vibradora de 0.2 m². de superficie, que se mueve sobre la superficie de la losa.
- Estos vibradores trabajan mejor sobre concretos de consistencia rígida.

3) Vibradores de rodillos:

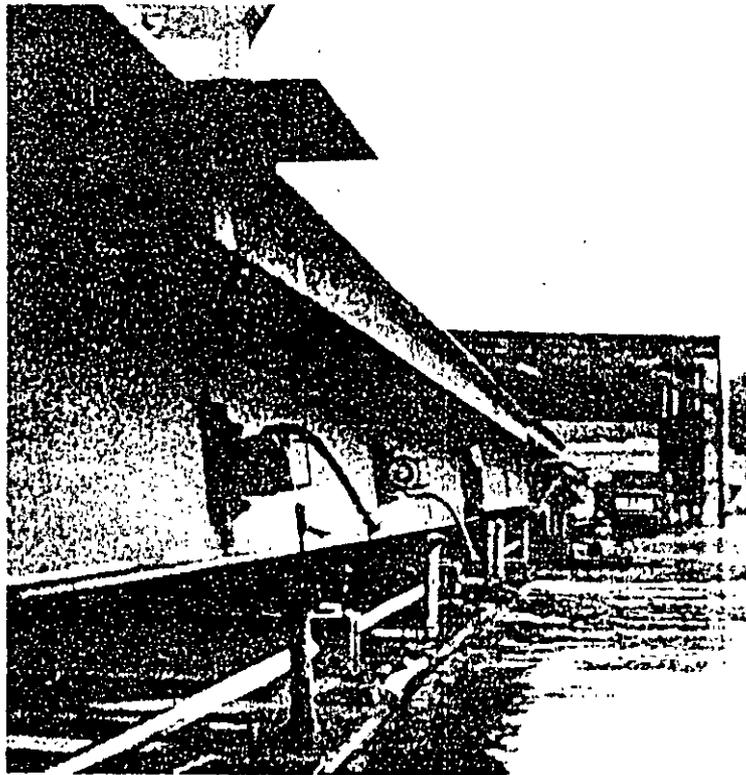
- Esta unidad empareja y compacta simultáneamente.
- Uno de los modelos consta de; tres rodillos. el rodillo frontal actúa como excéntrico y es el rodillo vibrador que gira a 100 o 400 revoluciones / minuto.
- Abate, empareja y proporciona vibración ligera.
- Es usado preferentemente para mezclas fluidas.



Montaje de vibradores; en cimbra de madera para muros y en cimbra para tubos (Inserto).



(b) Liana vibradora para trabajos pequeños. Tipo de doble viga.



Mesa vibradora.

PRACTICAS DE VIBRACIÓN RECOMENDADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN ÉN GENERAL

GENERALIDADES

- El equipo de vibración debe ser manejado por operadores consistentes y bien entrenados.
- El vibrador interno es el más adecuado para la construcción ordinaria.
- Puede ser necesario el vibrado externo para completar el interno en áreas congestionadas de acero de refuerzo o poco accesibles.
- En muchas secciones delgadas, en especial en trabajos de prefabricación y losas, el vibrado externo debe constituir el principal método de compactación.

1.- PROCEDIMIENTO PARA VIBRACIÓN INTERNA

- En grandes capas y secciones pesadas, la profundidad máxima de la capa debe ser de un máximo de 50 cm.
- La profundidad debe ser casi igual a lo largo de la cabeza del vibrador.
- En muros y columnas, la profundidad de las capas no deben exceder los 50 cm.
- Debe evitarse el movimiento excesivo, especialmente en los elementos estructurales con grandes cantidades de refuerzo.
- El vibrador debe insertarse verticalmente con un espaciamiento uniforme sobre toda el área de colocación.
- La distancia entre las inserciones debe ser de 1.5 veces el radio de acción.
- En el caso de losas el vibrador debe inclinarse horizontalmente todo lo que sea necesario a fin de que este totalmente metido en el concreto.
- El vibrador no se debe insertar dentro de los 60 cm. de ningún extremo (no confinado).
- El vibrador debe penetrar rápidamente hasta el fondo de la capa, al menos 15 cm. dentro de la capa precedente.

- El vibrador debe ser manejado con un movimiento hacia arriba y hacia abajo, generalmente de 5 a 15 segundos, con el fin de unir entre sí ambas capas.
- El concreto debe llenar el espacio dejado por el vibrador.
- En el caso de mezclas secas en donde el hoyo no se cierre al momento de retirar el vibrador, esto se soluciona al reinsertarse el vibrador unos cuantos centímetros por encima, si no resulta, se debe cambiar el vibrador o la mezcla.
- Las losas en dos direcciones de entrepiso se deben vibrar en dos etapas.
 - a) Después de que se hayan colocado las vigas de concreto.
 - b) Cuando el concreto haya alcanzado su etapa de acabado.
- Cuando la capa subyacente ha sobrepasado el punto de endurecimiento en el que todavía puede penetrar el vibrador, puede lograrse buena adherencia vibrando intensa y sistemáticamente el concreto nuevo en contacto con el anterior.

2.- JUZGANDO LA ADECUACION DE LA VIBRACIÓN INTERNA

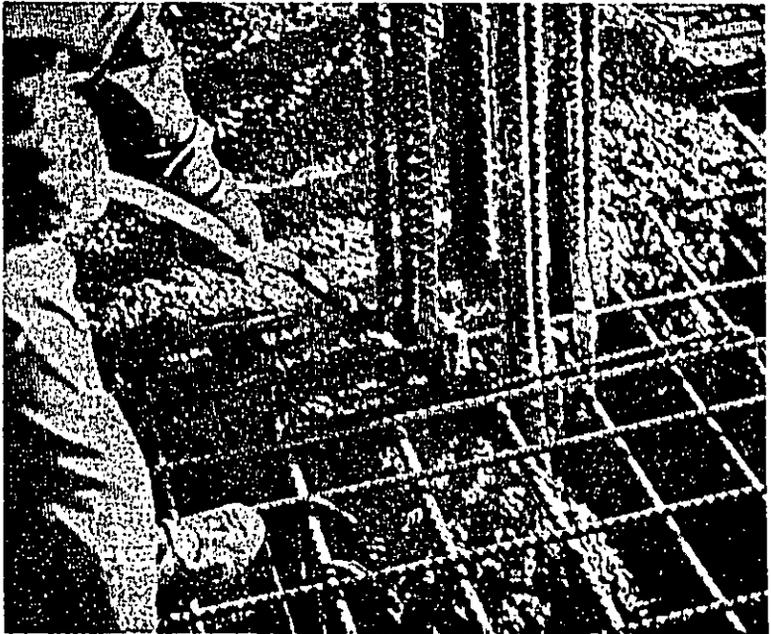
- La adecuabilidad de la vibración interna se juzga principalmente por la apariencia superficial de cada capa.
- Los principales indicadores de un concreto bien compactado son:
 - a) Empotramiento de los agregados de gran tamaño.
 - b) Cese general de la aparición de las burbujas grandes de aire atrapado en la superficie superior.

3.- REVIBRADO

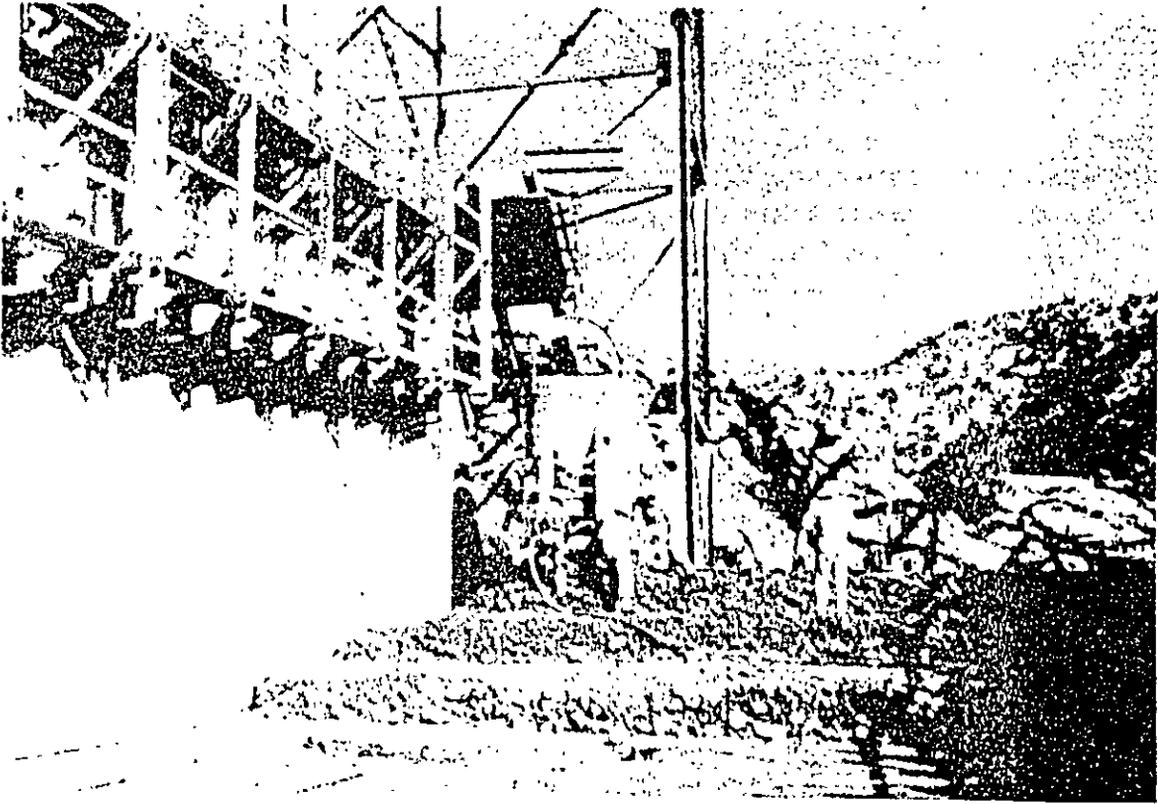
- El revibrado puede llevarse a cabo en cualquier momento en que el vibrador se hunda por su propio peso en el concreto y lo licue momentáneamente.
- Ofrece mejores resultados cuando se efectúa lo más tarde posible.
- Generalmente se ha considerado que esta revibración resulta más efectiva cuando se hace justo antes del fraguado del concreto para mezclas con revenimiento de 7.5 cm.
- La revibración parece mejorar la resistencia de adherencia en varillas superiores colocadas en concreto de alto revenimiento.



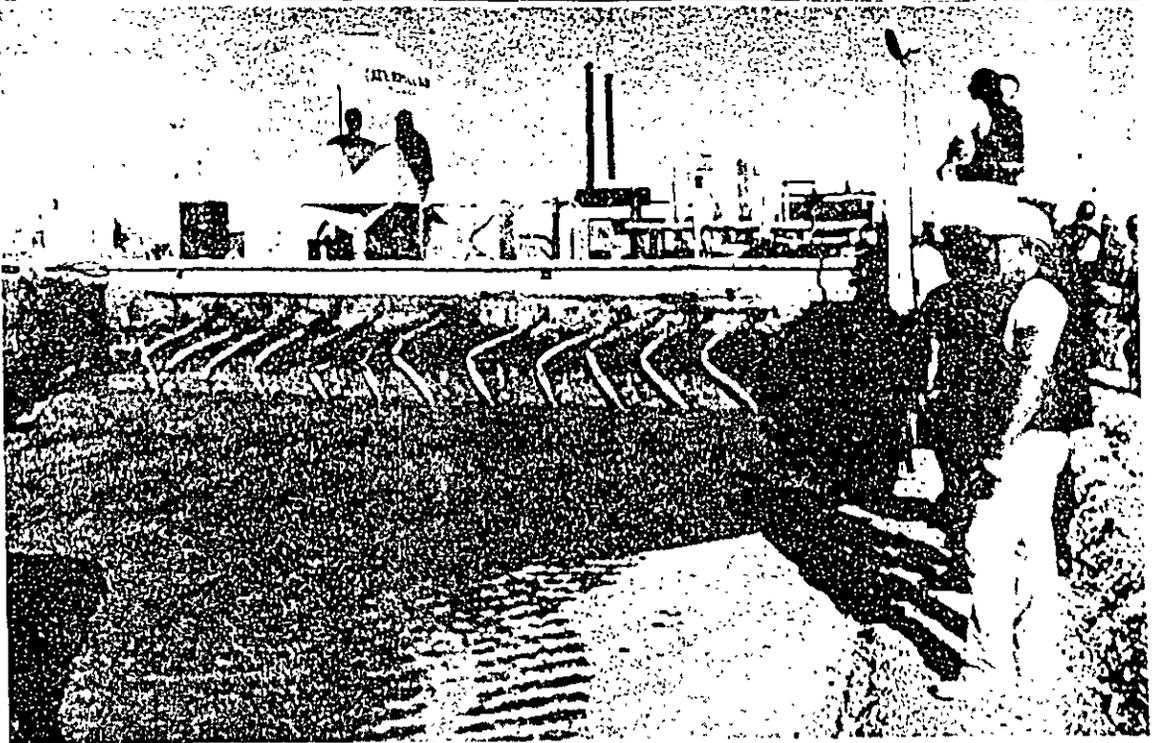
Los vibradores internos se utilizan comúnmente para consolidar al concreto en muros, columnas, vigas y losas.



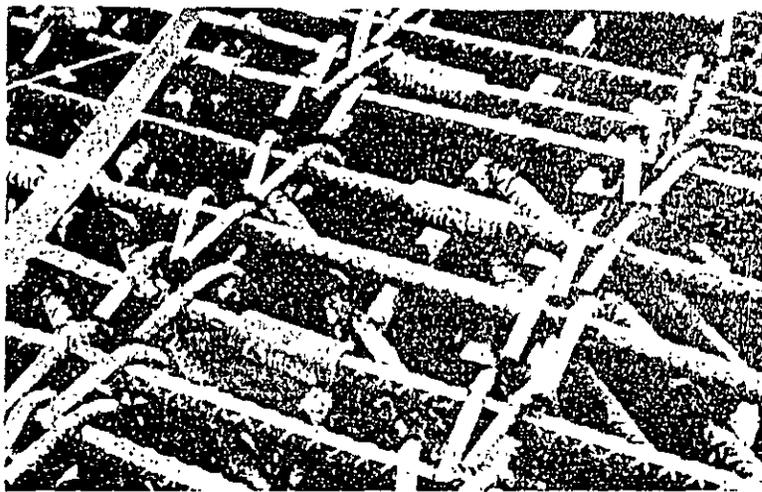
Un vibrado adecuado posibilita el colado del concreto aún en los elementos de concreto densamente reforzados.



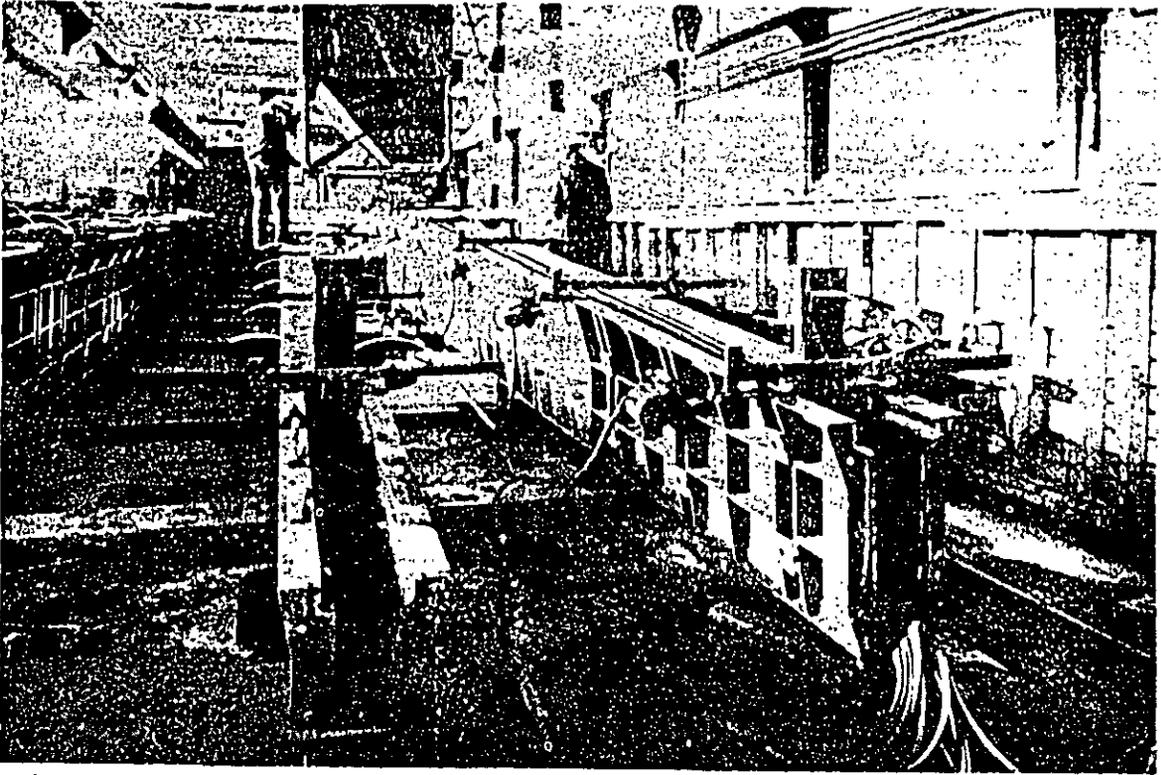
Construcción escalonada usada para concreto masivo (Foto cortesía de U.S. Bureau of Reclamation).



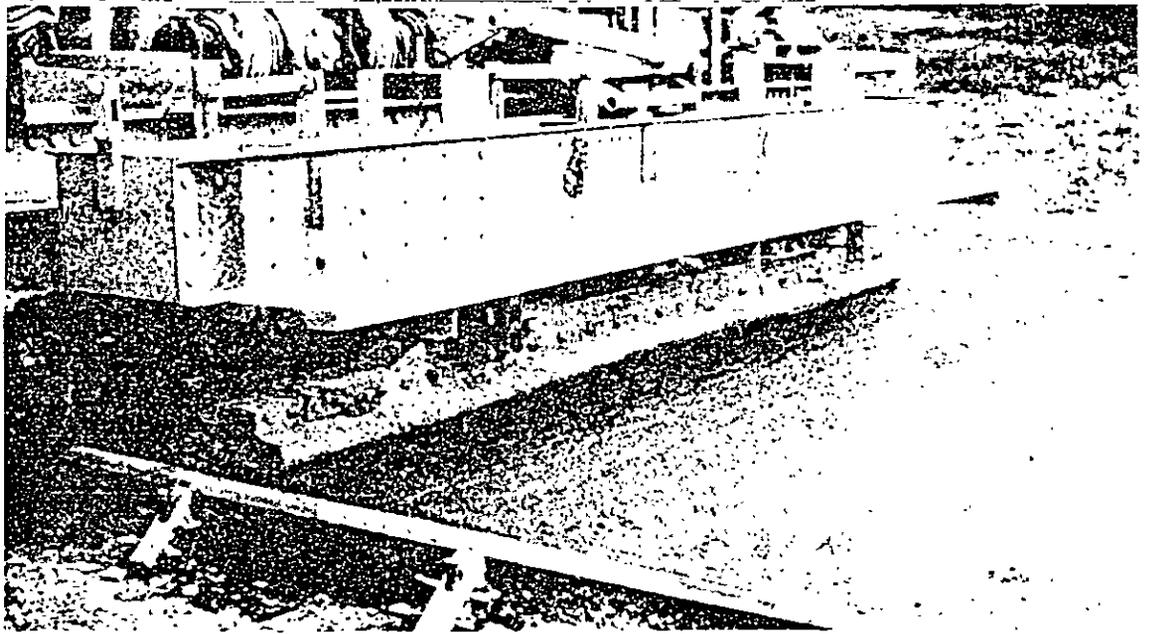
Vibradores montados en serie para compactación de pavimentos de concreto.



Congestionamiento debido a los detalles del acero de refuerzo.



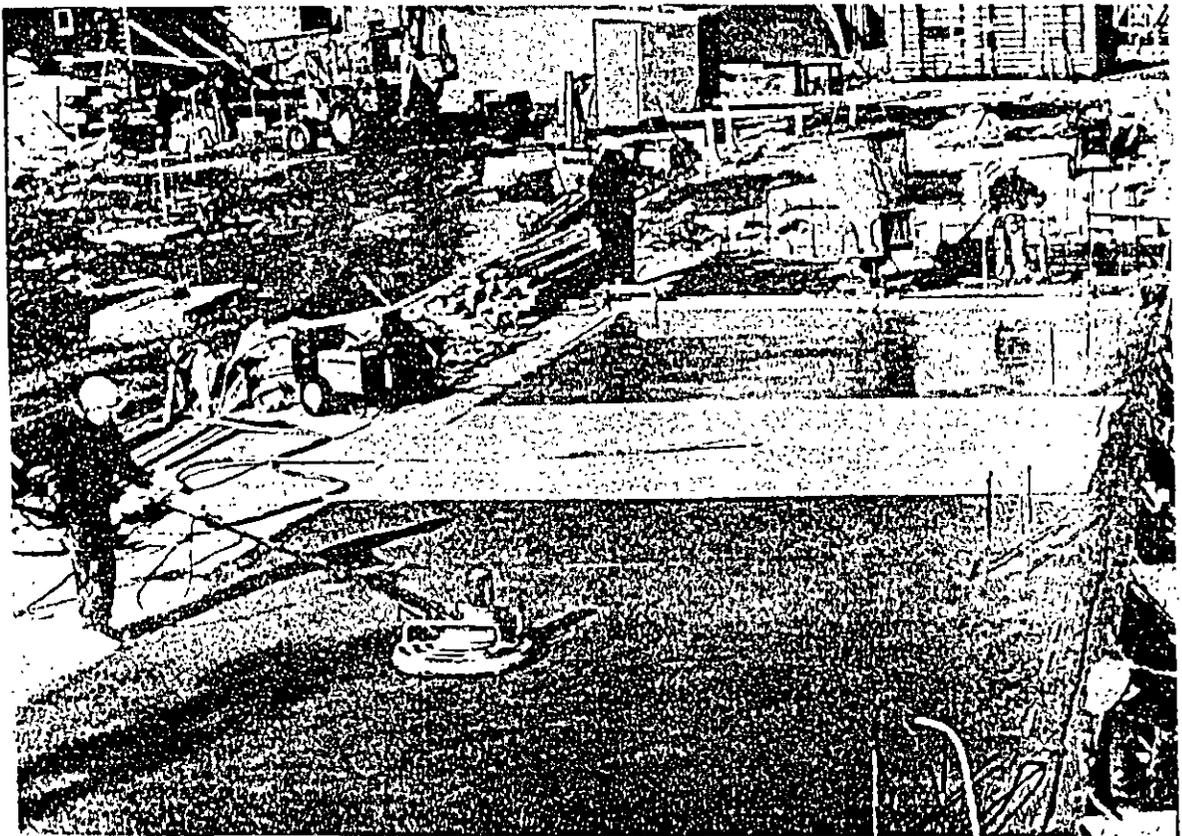
Vibrado de cimbras empleado en la producción de vigas prefabricadas



Vibrador de superficie tipo artesana, para construcción de pavimentos



Vibración sistemática de la capa de concreto.



La extracción de agua por vacío de losas de concreto se hace justo después de la operación de acabado del piso.

- La revibración puede dañar severamente la resistencia de adherencia en varillas coladas en concreto de bajo revenimiento que este bien consolidado.
- La revibración casi siempre resulta perjudicial para la resistencia de adherencia de las varillas del fondo.
- La revibración es más benéfica en los primeros centímetros de la parte superior. 0.5 m. a 1 m. de cualquier colado, en donde las bolsas de aire y agua prevalecen.
- La revibración puede ser muy efectiva para minimizar las grietas en la parte superior de : vanos de puertas, arcos, etc. El procedimiento consiste en demorar de 1 a 2 hrs. la colocación del concreto adicional.

4.- IMPERFECCIONES

- Las imperfecciones de un vibrado ineficaz son :

A) La segregación.

- Ocurre cuando el mortero no llena el espacio entre las partículas de agregado grueso.
- La presencia de segregación indica que la primera etapa de la compactación no se completo.
- La segregación es la consecuencia del empleo de vibradores inadecuados y defectuosos. o bien, de procedimientos incorrectos de vibrado.
- Las inmersiones desordenadas en ángulo al azar causan acumulación de mortero en la capa de superficie, mientras la porción inferior puede resultar con vibrado escaso.
- La formación de cavidades en el concreto son:
 - a) Una cantidad de pasta insuficiente para rellenar los huecos entre los agregados.
 - b) Una cantidad de arena inadecuada en relación con el total de agregados.
 - c) Una pobre granulometría de los agregados.
 - d) Un inadecuado revenimiento para las condiciones de colocación.

- e) Un espacio insuficiente entre el acero de refuerzo es una causa importante para que ocurran las cavidades en el concreto.

B) Exceso de huecos debidos al aire atrapado.

- Rara vez es posible eliminar por completo el aire atrapado.
- La cantidad de aire atrapado que queda en el concreto después del vibrado es, en gran parte, una consecuencia del equipo y procedimiento de vibrado.
- Cuando no se emplean los equipos y procedimientos adecuados, o hay condiciones desfavorables, el contenido de aire atrapado se incrementara y los huecos sean excesivos.
- Para reducir los huecos en la superficie del concreto, debe acortarse la distancia entre las inmersiones de los vibradores y aumentarse el tiempo de cada una de ellas.
- Debe hacerse una hilera de inmersiones cerca de la cimbra, pero sin tocarla.
- Deben evitarse los recubrimientos de gran viscosidad en las cimbras, así como aquellos que se aplican en capas gruesas, ya que tienden a retener aire y burbujas de agua.
- En condiciones muy difíciles, el paleado junto a la cimbra resulta a menudo de gran ayuda para reducir los huecos.
- Es casi imposible eliminar los huecos en la superficie interna de las cimbras inclinadas, estos huecos pueden reducirse al mínimo si se evitan las mezclas pegajosas y con exceso de arena, y si el concreto se cuela en capas menores o iguales a 30 cm. de espesor.

C) Vetas de arena.

- Son el resultado del sangrado intenso a lo largo de la cimbra. Esto es consecuencia de:
 - a) Características y proporciones de los materiales.
 - b) Métodos empleados para colar el concreto.
 - c) Mezclas muy fluidas y ásperas con poco cemento.
 - d) Diferencia en los tamaños del #50 al #100 (0.297 a 0.149 mm) y en fracciones menores del #100.
- El colado del concreto a través del acero de refuerzo y su colocación en capas muy gruesas sin vibrado adecuado, también pueden causar vetas y segregación.

D) Líneas de escurrimiento.

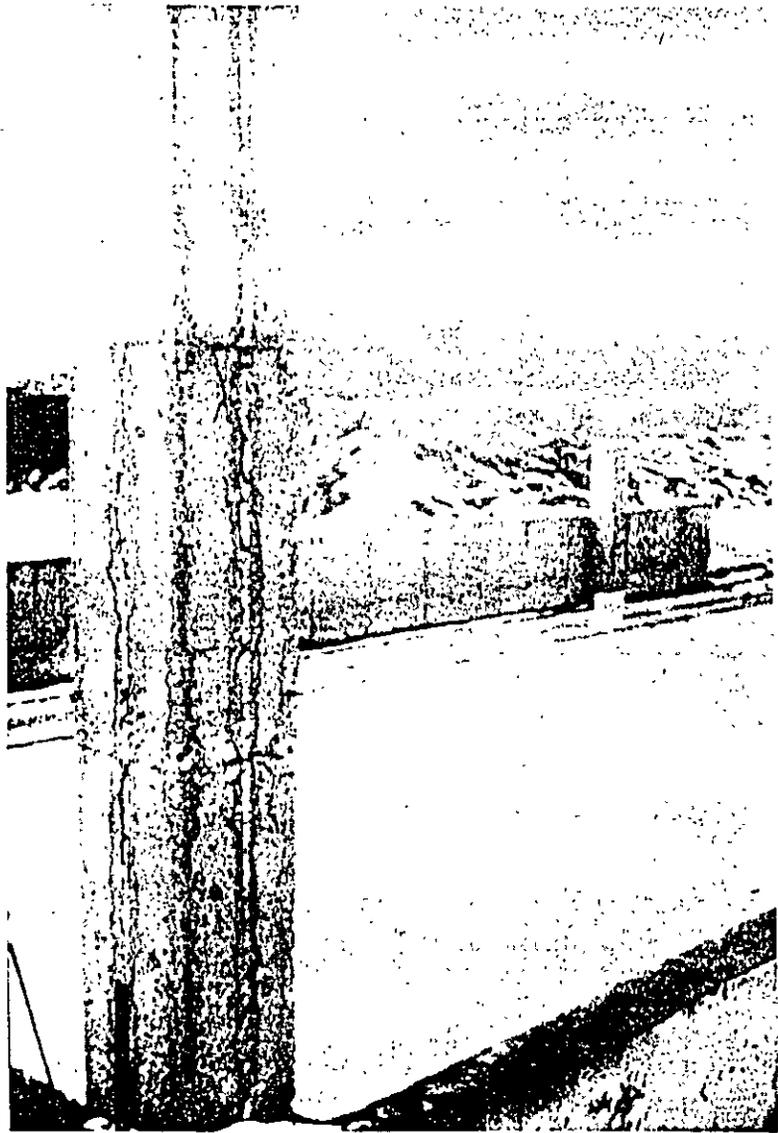
- Son líneas oscuras que aparecen en la superficie cimbrada y que hacen evidentes los límites entre los colados de concreto adyacentes.
- También aparecen las líneas de escurrimiento cuando al vibrar una capa, el vibrador no se introdujo lo suficiente para penetrar en la capa subyacente.

E) Juntas frías.

- Las demoras en la colocación ocasionan juntas frías.
- Para evitar las juntas frías, la colocación debe reducirse sustancialmente antes de que la superficie se endurezca.
- En demoras largas el concreto debe mantenerse fresco revibrándolo periódicamente.
- El concreto debe vibrarse aproximadamente en intervalos de 15 minutos o menores.
- Conforme se aproxime el tiempo de fraguado inicial, la vibración se debe discontinuar y se debe permitir que endurezca el concreto, de lo contrario se producirá una junta fría.

F) Agrietamiento por inmersión.

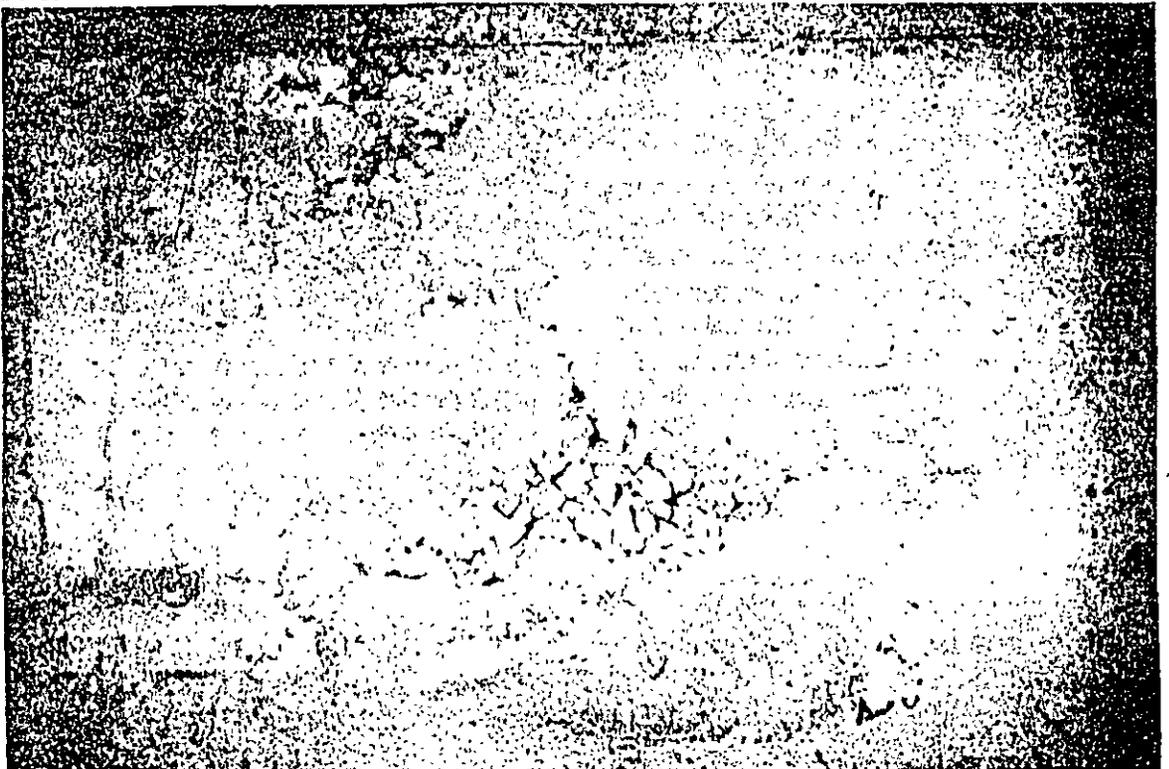
- El agrietamiento por inmersión resulta a partir del desarrollo de tensiones cuando el concreto se asienta en forma mecánica cerca del tiempo de fraguado inicial.
- Para eliminar el agrietamiento, el concreto debe revibrarse hasta la última ocasión en la que el vibrador se hunda en el concreto bajo su propio peso.



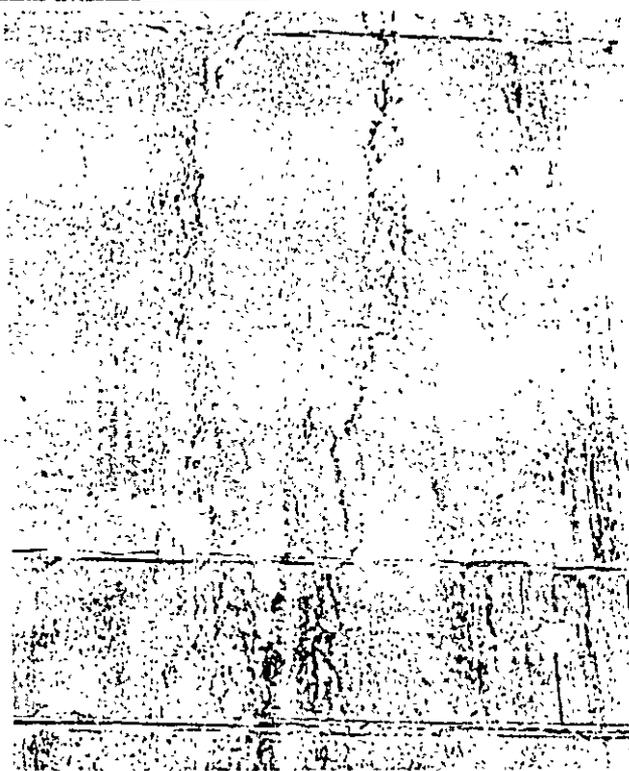
Vetas de arena causadas por escurrimiento de lechada



Exceso de huecos en la superficie de contacto con la cimbra



Segregación.



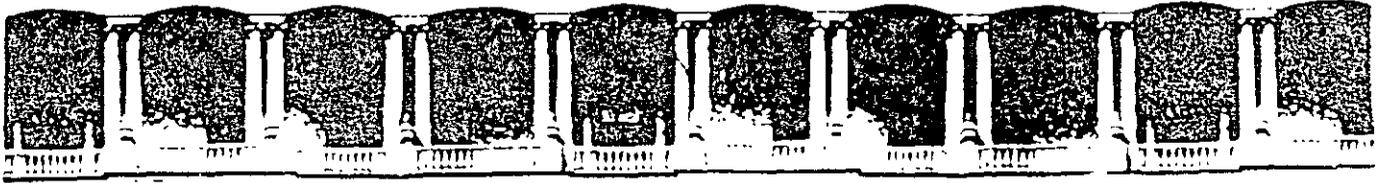
Vetas de arena causadas por sangrado intenso a lo largo de la cimbra

5.- FALTA Y EXCESO DE VIBRADO

- Los conceptos de peso normal, bien dosificados y con el revenimiento recomendado no se ven afectados por el exceso de vibrado.
- El exceso de vibración puede dar como resultado las siguientes anomalías.
 - a) Segregación
 - Separación de agregados pesados y ligeros.
 - b) Grietas de arena
 - Se dan más en mezclas pobres o ásperas.
 - c) Pérdida del aire atrapado en el concreto con aire incluido.
 - Esto reduce la resistencia del concreto a los ciclos de congelamiento.
 - Esto se presenta en mezclas con contenidos de agua excesivo.
 - Demasiadas inserciones del vibrador en puntos cercanos entre sí, en concretos con altas relaciones de agua / cemento pueden ocasionar que falle el sistema de aire incluido
 - d) Deflexión excesiva o cimbra dañada
 - Son debidas a la vibración externa.
 - e) Falla de la cimbra
 - Sucede por presiones internas excesivas.
 - La presión ocasionada por la profundidad excesiva de la vibración prolongada, puede ocasionar que la cimbra falle instantáneamente.

Métodos de compactación para productos prefabricados de concreto

Productos	Clasificación de la mezcla (sección 12.1)	Material para cimbras ³⁴	Método de transporte y colado	Método de compactación
Tubos de concreto	a al d	Acero	Bombeo, bandas o cubetas (capas delgadas)	Apisonado, vibrado interno o externo, centrifugación, vacío, presión.
Pilotes y postes de concreto	c y d	Acero	Bombeo o camiones revoladora	Centrifugación, vibrado interno o externo de alta frecuencia y baja amplitud, rodillos compactadores.
Bloques de concreto	b	Acero	Tolva de máquina	Vibrado de baja frecuencia y gran amplitud más presión.
Secciones de losas y vigas	b y c	Acero	Tolva móvil, camión revoladora, banda transportadora	Vibrado externo, con o sin rodillos compactadores; vibrado interno con regla vibradora superficial.
Tableros para muros	a al c	Concreto reforzado, acero, o madera	Cubetas y bandas transportadoras (banda de alimentación continua)	Apisonadores, vibradores internos y externos.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

TEMA XV.

CONCRETO ESTRUCTURAL

Ing. Sergio E. Zerecero Galicia
Palacio de Minería
Agosto/2000

CONCRETO ESTRUCTURAL

1.- PREREQUISITOS DE DISEÑO Y DETALLADO

- Al diseñar elementos estructurales y al detallar la cimbra y el acero de refuerzo debe tenerse en cuenta que el concreto recién mezclado debe colocarse en un lugar lo más cercano posible a su posición final a modo de disminuir la segregación, las cavidades y otras imperfecciones internas y superficiales.
- Vibración interna
 - Las aberturas en el refuerzo deben permitir la inserción de los vibradores.
 - Normalmente se utilizan aberturas de 10 x 60 cm. con centros espaciados a 60 cm
- Condiciones de consolidación por debajo de los estándares.
 - Tomar las siguientes medidas
 - a) Rediseñar el elemento.
 - b) Rediseñar la colocación del acero de refuerzo.
 - c) Modificar la mezcla.
 - d) Utilizar pruebas en maquetas.
 - e) Alertar al constructor.

2.- REQUERIMIENTOS DE LA MEZCLA

CONCRETO ESTRUCTURAL

- Obtener la facilidad de :
 - Colocación.
 - Durabilidad.
 - Resistencia.
 - Colocación rápida en las esquinas de la cimbra.
 - Colocación alrededor del acero de refuerzo.

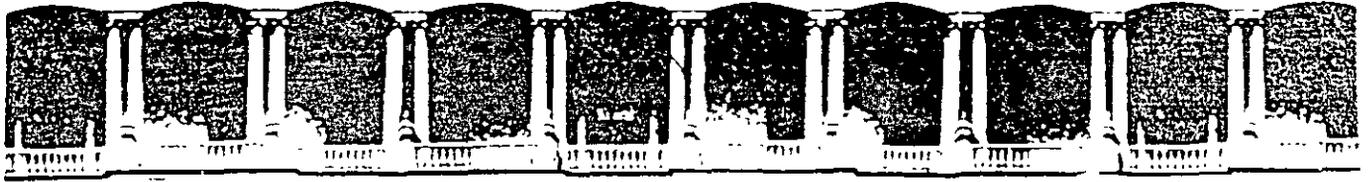
- Evitar la acumulación de agua libre en la superficie.
 - Atención al uso de empalmes mecánicos en el acero de refuerzo a fin de minimizar el congestionamiento.
-
- Un revenimiento de 7.5 cm. por lo general es suficiente para concreto estructural debidamente vibrado en las cimbras.
 - El concreto para elementos estructurales pesados y losas puede colarse de modo satisfactorio con revenimiento máximo de 5 cm. cuando esta bien vibrado.
 - En áreas donde no pueda lograrse una vibración completa debido al congestionamiento de acero de refuerzo u otras obstrucciones, se puede incrementar el revenimiento usando aditivos o produciendo una mezcla más fluida.

3.- VIBRACION INTERNA

- En la mayoría de los concretos estructurales el vibrado se lleva a cabo con más eficacia mediante vibradores de inmersión.
- En muros y vigas, por lo general, deben utilizarse dos vibradores, uno para nivelar la mezcla inmediatamente después del colado y otro para la compactación.
- Se debe usar una línea de inmersión poco espaciada, a unos cuantos centímetros de distancia de la cimbra y también en la capa superior del colado, para ayudar a que las burbujas de aire suban y escapen.
- Las losas coladas monolíticamente con las vigas se deben colar como sigue:
 - a) Las vigas se deben colar y vibrar.
 - b) Esperar un lapso de una hora, para permitir el sangrado en las vigas.
 - c) Y colar la losa.
- La losa de concreto se debe colar y vibrar antes del fraguado inicial de las vigas de concreto.
- Los vibradores deben penetrar, a través de la losa, en las vigas de concreto coladas previamente a fin de consolidarse y unir los elementos estructurales.

4.- VIBRACION DE LAS CIMBRAS

- El vibrado de las cimbras es adecuado para muchas secciones delgadas, y es un complemento útil del vibrado interno en sitios en que el acero de refuerzo está muy congestionado.
- La vibración de las cimbras puede ocasionar en la cimbra presiones sustancialmente mayores que las normales.
- Es importante evitar la vibración excesiva en cualquier punto determinado.
- Los vibradores de cimbra se usan para la consolidación del concreto en los forros de túnel.
- El revenimiento debe ser de cerca de 13 mm. En el extremo de descarga de la línea de bombeo.
- Nivel de concreto. Inclinación en el concreto variará de $2\frac{1}{2}$ a 1 y como máximo 5 a 1 en relación horizontal a vertical.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

TEMA XVI.

CONCRETO LIGERO

**Ing. Sergio E. Zerecero Galicia
Palacio de Minería
A g o s t o / 2 0 0 0**

CONCRETO LIGERO

GENERALIDADES

- El concreto hecho con agregados ligeros se usa para reducir el peso muerto, dando elementos estructurales y cimientos más pequeños.
- El concreto ligero se usa para proporcionar mayor resistencia al "fuego" y como agente aislante a la transmisión del "sonido" y "calor".

1.- REQUERIMIENTOS DE LA MEZCLA

- La mayoría de los agregados gruesos ligeros disponibles en el mercado tienen tamaños máximos de 13 mm ó 19 mm.
- El agregado fino puede ser arena natural o ligera, o una combinación de ambas.
- Para la construcción normal es adecuado un revenimiento de 5 a 7.5 cm.
- Si se utilizan revenimientos más elevados, los trozos más grandes del agregado ligero pueden flotar en la superficie durante el vibrado.
- El aire incluido es muy conveniente en concretos ligeros, ya que proporciona cohesión al mortero, ya que las partículas más gruesas tienen menos tendencia a flotar durante el vibrado.

2.- COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO LIGERO DURANTE EL VIBRADO

- Al ser más ligero el peso de la mezcla, las burbujas tienen menos tendencia a flotar.
- Si se vibra por más tiempo de lo permitido, se puede perder gran parte del aire incluido y provocar la flotación de algunas partículas del agregado ligero.
- La segregación es causado por las diferencias en sus pesos específicos de los agregados.
- En el concreto ligero la tendencia a flotar del agregado grueso es menor cuando el mortero contiene arena de peso ligero.

3.- PROCEDIMIENTOS Y EQUIPO PARA LA COMPACTACION

- El equipo usado para compactar concreto de peso normal, es también para concreto ligero.
- No deben emplearse vibradores para mover el concreto lateralmente.
- Debido a la menor flotabilidad de las burbujas de aire atrapado en el concreto ligero, es conveniente reducir el espesor de las capas en un 80%.
- Debe darse en cada inserción el tiempo suficiente para una compactación completa, por lo general 10 seg.
- Si hay que dar una apariencia en especial a los muros, se sugiere el siguiente procedimiento:
 - a) Cada capa se vibra de manera normal y después se revibra de inmediato antes de colar la siguiente capa.
 - b) Si se deja un periodo de 30 min. (o lo más largo posible) entre las operaciones de vibrado, este procedimiento puede ser muy efectivo.
 - c) Como alternativa al segundo vibrado, que puede requerir vibradores adicionales, el paleado y apisonado manuales contra la superficie de la cimbra son bastante efectivos.

4.- PISOS

- Se logra una mejor compactación arrastrando el vibrador a través del concreto ligero en posición casi horizontal y con el mismo espaciamiento empleado para las inmersiones verticales.
- En vez de vibradores internos pueden emplearse reglas vibratoras para pisos delgados.
- Cuando se observe segregación puede emplearse una apisonadora de rejillas o un rodillo de malla manuales.

CONSOLIDACIÓN DE ESPECIMENES DE PRUEBA

PRUEBAS DE RESISTENCIA

- Los concretos con revenimiento de más de 7.5 cm. requieren varillado.

Se prohíbe el vibrado por el riesgo de eliminar el aire incluido y ocasionar segregación.
- Los concretos con revenimiento de 2.5 y 7.5 cm. pueden compactarse con varillado o vibrador.
- Los concretos con revenimiento menores de 2.5 cm. requieren vibrado.
- Para concretos con contenido de agua muy bajo, se requiere vibración por mesa externa o tabloncillos combinada con carga superimpuesta, o apisonamiento.
- Para concreto que contenga fibra de refuerzo, se requiere vibración externa.

ESPECIFICACIONES PARA VIBRADORES

- Para vibradores internos:
 - Frecuencia mínima 7000 vibraciones/minuto (120 Hz) y un diámetro de la cabeza de 20 mm y 40 mm.
- Para vibradores internos en elementos delgados:
 - Frecuencia mínima de 9000 vibraciones/minuto (150 Hz)
- Para mesas vibratorias:
 - Frecuencia mínima de 3600 vibraciones/minuto (60 Hz)
- Los estándares sugieren que la consolidación se ha logrado tan pronto como la superficie del espécimen esta lisa.
- La resistencia del concreto se incrementa en un 5% por cada punto de porcentaje de aire que se quite.

PRUEBAS DE PESO UNITARIO

- Las pruebas de "peso unitario" de concreto recién mezclado se emplean para determinar el "peso volumétrico".
- El "peso unitario" del concreto se usa para determinar el contenido de aire y el cemento, o como método para controlar el peso unitario del concreto ligero endurecido.
- El "peso unitario" del cemento está relacionado con el contenido de aire y con el grado de compactación.
- Para revenimientos > 7.5 cm. se hará el apisonamiento con varilla, dando una consolidación completa.

PRUEBAS DE CONTENIDO DE AIRE

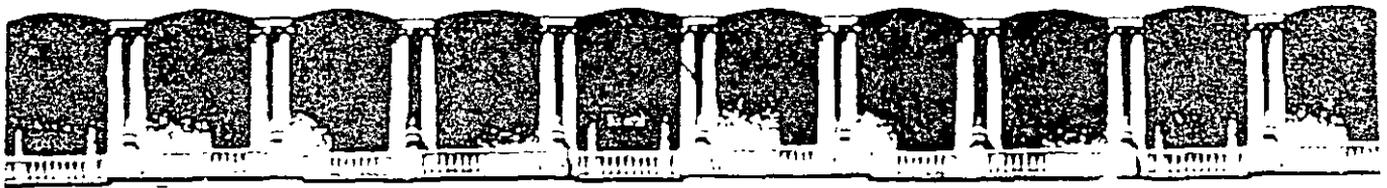
- La consolidación por rodillado para revenimiento > 7.5 cm.
- La consolidación por rodillado o vibración cuando los revenimientos son ≤ 7.5 cm.
- El método de "presión" no trabaja con propiedad sobre mezclas ásperas de bajo revenimiento.

CONSOLIDACION DE CONCRETO MUY RIGIDO EN ESPECIMENES DE LABORATORIO

- El "apisonado" (consolidación) es usado en algunas veces para consolidar mezclas muy rígidas.

Para esto, se utiliza un martillo compactador de suelos con un peso de 4.5 kg. y una altura de caída de 45 cm.

- Es importante que la "densidad" del concreto de laboratorio sea cercana a la del concreto estructural que representa.
- Durante las primeras etapas de un proyecto puede ser deseable comparar las "densidades" de los cilindros con las densidades de los "corazones", a fin de determinar la cantidad adecuada de esfuerzo de compactación.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

BIBLIOGRAFÍA

**Ing. Sergio E. Zerecero Galicia
Palacio de Minería
Agosto/2000**



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

BIBLIOGRAFÍA.

- 1) Manual de Inspección del Hormigón A.C.I. – 311. Publicación SP-2. 1985.
- 2) Guía Práctica para la Colocación del Concreto. A.C.I. – 304 y 308.
I.M.C. y C., A.C.
- 3) Elaboración, Colocación y Protección del Concreto en Clima Caluroso y Frío.
A.C.I. – 305 y 306.
I.M.C. y C., A.C.
- 4) Construcción de Losas y Pisos de Concreto. A.C.I. – 302.
I.M.C. y C., A.C.
- 5) Compactación del Concreto. A.C.I. – 309.
I.M.C. y C., A.C.
- 6) Reglamento para las Construcciones de Concreto Estructural y Comentarios.
A.C.I. – 318 – 95.
I.M.C. y C., A.C.
- 7) Especificaciones para el Concreto Estructural en Edificios. A.C.I. – 301.
I.M.C. y C., A.C.
- 8) Diseño y Control de Mezclas de Concreto PCA.
I.M.C. y C., A.C.
- 9) Manual del Supervisor. CP-20.
I.M.C. y C., A.C.

NORMAS OFICIALES MEXICANAS NOM SECOFI

NORMAS MEXICANAS

NORMA	APLICACIÓN
NMX-C-083-1997-ONNCCE	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION- CONCRETO-DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO.
NMX-C-156-1997-ONNCCE	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION - CONCRETO DETERMINACION DEL REVENIMIENTO EN EL CONCRETO FRESCO..
NMX-C-160-1987	ELABORACION Y CURADO EN OBRA DE ESPECIMENES DE CONCRETO.
NMX-C-161-1997-ONNCCE	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION- CONCRETO FRESCO-MUESTREO.
NMX-C-109-1997-ONNCCE	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION- CONCRETO CABECEO DE ESPECIMENES CILINDRICOS.
NMX-C-159-1985	ELABORACION Y CURADO EN EL LABORATORIO DE ESPECIMENES DE CONCRETO.
NMX-C-169-1997-ONNCCE	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION- CONCRETO-OBTENCION Y PRUEBA DE CORAZONES Y VIGAS EXTRAIDOS EN CONCRETO ENDURECIDO.
NMX-C-030-1997-ONNCCE	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION. AGREGADOS-MUESTREO.
NMX-C-073-1990	DETERMINACION DE LA MASA VOLUMETRICA DE AGREGADOS PARA CONCRETO.

NORMA	APLICACIÓN
NMX-C-077-1997-ONNCCE	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-AGREGADOS PARA CONCRETO-ANALISIS GRANULOMETRICO-METODO DE PRUEBA.
NMX-C-084-1990	PARTICULAS MÁS FINAS QUE LA CRIBA F-0.075 MM POR MEDIO DE LAVADO, MEZCLA DE PRUEBA.
NMX-C-088-1997-ONNCCE	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-AGREGADOS-DETERMINACION DE IMPUREZAS ORGANICAS EN EL AGREGADO FINO.
NMX-C-164-1986	DETERMINACION DE LA MASA ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGUA DEL AGREGADO GRUESO.
NMX-C-165-1985	DETERMINACION DE LA MASA ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGUA DEL AGREGADO FINO.
NMX-C-166-1990	DETERMINACION DEL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD POR SECADO EN AGREGADOS PARA CONCRETO.
NMX-C-170-1997-ONNCCE	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-AGREGADOS REDUCCION DE LAS MUESTRAS DE AGREGADOS OBTENIDAS EN EL CAMPO AL TAMAÑO REQUERIDO PARA LAS PRUEBAS.
NMX-C-049-1997-ONNCCE	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-METODO DE PRUEBA PARA LA DETERMINACION DE LA FINURA DE CEMENTANTES HIDRAULICOS MEDIANTE EL TAMIZ No. 130 M.
NMX-C-056-1997-ONNCCE	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-DETERMINACION DE LA FINURA DE LOS CEMENTANTES HIDRAULICOS (METODO DE PERMEABILIDAD AL AIRE).

NORMA	APLICACIÓN
NMX-C-057-1997-ONNCCE	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION- CEMENTANTES HIDRAULICOS- DETERMINACION DE LA CONSISTENCIA NORMAL.
NMX-C-059-1997-ONNCCE	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION- DETERMINACION DEL TIEMPO DE FRAGUADO DE CEMENTANTES HIDRAULICOS (METODO DE VICAT).
NMX-C-061-1973	RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CEMENTANTES HIDRAULICOS.
NMX-C-062-1997-ONNCCE	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION- METODO DE PRUEBA PARA DETERMINAR LA SANIDAD DE CEMENTANTES HIDRAULICOS.
NMX-C-085-1982	MEZCLADO MECANICO DE PASTAS Y MORTEROS DE CEMENTANTES HIDRAULICOS.
NMX-C-132-1997-ONNCCE	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION- CEMENTANTES HIDRAULICOS DETERMINACION DEL FRAGUADO FALSO DEL CEMENTO PORTLAND-METODO DE PASTA.
NMX-C-329-1964	DETERMINACION DE LA GRANULOMETRIA DE LA ARENA SILICA.
NMX-C-058-1967	DETERMINACION DEL TIEMPO DE FRAGUADO EN CEMENTANTES HIDRAULICOS POR EL METODO GILLMORE.
NMX-C-144-1968	REQUISITOS PARA EL APARATO USADO EN LA DETERMINACION DE LA FLUIDEZ DE MORTEROS CON CEMENTANTES HIDRAULICOS.

NORMA**APLICACIÓN**

NMX-C-148-1981	ESPECIFICACIONES PARA GABINETES Y CUARTOS HUMEDOS Y TANQUES DE ALMACENAMIENTO PARA LAS PRUEBAS DE CEMENTANTES Y CONCRETOS HIDRAULICOS.
NMX-C-150-1973	DETERMINACION DE LA FINURA DE CEMENTOS HIDRAULICOS POR MEDIO DEL TAMIZ No. 80 M.
NMX-C-152-1970	METODO DE PRUEBA PARA LA DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO EN CEMENTANTES HIDRAULICOS.
NMX-C-300-1980	DETERMINACION DEL CONTENIDO DE AIRE EN EL MORTERO.
NMX-C-192-1986	DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ACELEROMETRO.
NMX-C-162-1987	DETERMINACION DEL CONTENIDO DE AIRE, PESO UNITARIO Y RENDIMIENTO DEL CONCRETO.
NMX-C-128-1997-ONNCCE	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION CONCRETO SOMETIDO A COMPRESION. DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO Y RELACION DE PISSON.
NOM-C-155-1987	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION. CONCRETO HIDRAULICO ESPECIFICACIONES CONCRETO PREMEZCLADO.
NOM-C-173-1988	DETERMINACION DE LA VARIACION EN LONGITUD DE ESPECIMENES DE MORTERO DE CEMENTO Y DE CONCRETO ENDURECIDO.
NOM-C-002-1986	CEMENTO PORTLAND PUZOLANA

NORMA	APLICACIÓN
NOM-C-071-1983	AGREGADOS. DETERMINACION DE TERRONES DE ARCILLA.
NMX-C-072-1997-ONNCCE	INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION-AGREGADOS-DETERMINACION DE PARTICULAS LIGERAS.
NOM-C-076-1983	AGREGADOS. EFECTO DE LAS IMPUREZAS ORGANICAS EN LOS AGREGADOS FINOS SOBRE LA RESISTENCIA DE LOS MORTEROS. METODO DE PRUEBA.
NOM-C-196-1988	AGREGADOS. RESISTENCIA A LA DEGRADACION POR ABRASION E IMPACTO DEL AGREGADO USANDO LA MAQUINA DE LOS ANGELES. METODO DE PRUEBA.
NOM-C-245-1986	DETERMINACION DE LA HUMEDAD SUPERFICIAL DEL AGREGADO FINO.
NOM-C-131-1976	DETERMINACION DEL ANALISIS QUIMICO DEL CEMENTO HIDRAULICO.
NOM-C-014-1981	CONCRETO. ADITIVOS QUIMICOS.
NOM-C-045-1983	ADITIVOS PARA CONCRETO. MUESTREO.
NOM-C-240-1985	ADITIVOS PARA CONCRETO. DETERMINACION DE LA VISCOSIDAD CINEMATICA Y CALCULO DE LA VISCOSIDAD DINAMICA.
NOM-C-255-1988	ADITIVOS QUE REDUCEN LA CANTIDAD DE AGUA Y/O MODIFICAN EL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO.
NOM-C-122-1982	AGUA PARA CONCRETO.

678 202 47

NORMA

APLICACIÓN

NOM-C-157-1987

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO POR EL METODO DE PRESION.

NOM-C-162-1985

CONCRETO.
DETERMINACION DEL PESO UNITARIO, CALCULO DEL RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO, POR EL METODO GRAVIMETRICO.

NOM-C-177-1997-ONNCCCE

INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION
CONCRETO.
DETERMINACION DEL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS DE CONCRETO, MEDIANTE LA RESISTENCIA A LA PENETRACION.

NOM-C-219-1984

CONCRETO.
RESISTENCIA A LA COMPRESION A EDADES TEMPRANAS Y PREDICCIÓN DE LA MISMA A EDADES POSTERIORES.
METODO DE PRUEBA.

NOM-C-158-1987

CONCRETO.
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO POR EL METODO VOLUMETRICO.

**ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACION Y CERTIFICACION
DE LA CONSTRUCCION Y EDIFICACION, S.C.
(ONNCCE)**

PROYECTOS DE NORMAS MEXICANAS PARA CONSULTA PUBLICA

De conformidad con los requisitos de acreditamiento otorgado al ONNCCE por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial y a lo estipulado en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización en el artículo 51-A, estos proyectos de normas mexicanas se publican para consulta pública a efecto de que los interesados cuenten con 60 días naturales para que presenten sus comentarios. Los documentos pueden ser consultados por las autoridades federales, estatales y municipales, así como por cualquier interesado, en el domicilio del ONNCCE, sito en la calle de Constitución número 50, colonia Escandón, código postal 11800, México, Distrito Federal; teléfonos: 5273 1991 y 5273 3399, fax 5273 3431; correo electrónico: normas@mail.onncce.org.mx, lugar en donde podrán solicitar y obtener copia a su costa y, en su caso, de envío; asimismo podrán enviar sus comentarios debidamente justificados, los cuales serán turnados para su atención al grupo de trabajo que corresponda.

Designación	Título
PROY-NMX-C-061-ONNCCE -2000 Cancela a la NMX-C-061-1976	Industria de la construcción-Cemento-Determinación de la resistencia a la compresión de cementantes hidráulicos.
Extracto.- Esta Norma determina el método para la resistencia a la compresión de cementantes hidráulicos, por medio de especímenes cúbicos de 50 mm por lado.	
PROY-NMX-C-151-ONNCCE -2000 Cancela a la NMX-C-151-1977	Industria de la construcción-Cementantes hidráulicos-Determinación del calor de hidratación.
Extracto.- Esta Norma establece el método para la determinación del calor de hidratación de los cementantes hidráulicos por medición del calor del cemento anhidro y del calor de solución de una porción separada del cemento que ha sido parcialmente hidratado por 7 días y por 28 días. Siendo la diferencia de estos valores el calor de hidratación respectivo.	
PROY-NMX-C-180-ONNCCE -2000 Cancela a la NMX-C-180-1986	Industria de la construcción-Cementos hidráulicos-Determinación de la reactividad potencial de los agregados con los álcalis de cementantes hidráulicos por medio de barras de mortero.
Extracto.- Este método cubre la determinación de la susceptibilidad de combinaciones de cemento-agregado a reacciones expansivas que involucran iones hidroxilo asociados con los álcalis (sodio y potasio) midiendo el incremento (o decremento) de la longitud en barras de mortero que contengan dicha combinación durante el almacenamiento bajo condiciones de prueba establecidas.	
PROY-NMX-C-185-ONNCCE -2000 Cancela a la NMX-C-185-1979	Industria de la construcción-Cemento-Determinación de la expansión de barras de mortero de cemento sumergidas en agua
Extracto.- Este método se refiere a la determinación de la expansión de barras de mortero hechas exclusivamente con cemento portland ordinario, del cual los sulfatos son parte integral.	
PROY-NMX-C-273-ONNCCE -2000 Cancela a la NMX-C-273-1978	Industria de la construcción-Cemento-Determinación de la actividad hidráulica de las adiciones con cemento portland ordinario.
Extracto.- Esta Norma establece el método para probar la actividad de un material puzolánico, escoria granulada de alto horno y/o humo de silice, que pueda desarrollar el material que se pretende mezclar con un clinker o cemento determinado.	
PROY-NMX-C-418-ONNCCE -2000	Industria de la construcción-Cemento-Cambio de longitud de morteros con cemento hidráulico expuesto a una solución de sulfato
Extracto.- Este método cubre la determinación del cambio de longitud en barras de mortero sumergidas en una solución de sulfato de sodio, las barras se curan en agua junto con cubos de mortero, a una temperatura de 35°C, hasta que se logra una resistencia a la compresión de 200 kg/cm ² , entonces se sumergen las barras en la solución de sulfato de sodio.	

México, D.F., a 2 de mayo de 2000.
Presidente del Consejo Técnico
Ing. Arq. Víctor Maurilio López Díaz
Rúbrica.

(R.- 126200)