

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MANUAL PARA SUPERVISAR LA COLOCACIÓN DEL
CONCRETO EN OBRAS DE CONCRETO
ESTRUCTURAL**

TESIS

**PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA**

FOR

ELMER OMAR RODRÍGUEZ DEL CID

**AL CONFERÍSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, ABRIL DE 1,999.



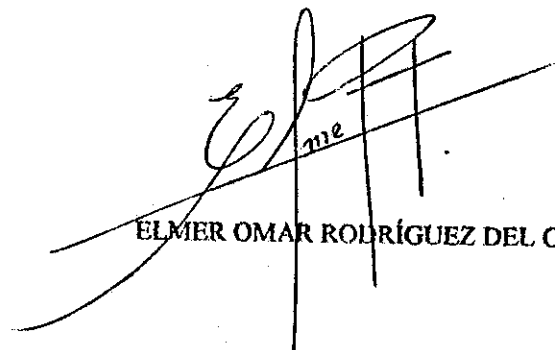


HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

**MANUAL PARA SUPERVISAR LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO EN OBRAS DE
CONCRETO ESTRUCTURAL,**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 20 de mayo de 1,998.


ELMER OMAR RODRÍGUEZ DEL CID.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	ING. HERBERT RENÉ MIRANDA BARRIOS
VOCAL PRIMERO:	ING. JOSÉ FRANCISCO GÓMEZ RIVERA
VOCAL SEGUNDO:	ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ
VOCAL TERCERO:	ING. JORGE BENJAMÍN GUTIERREZ QUINTANA
VOCAL CUARTO:	BR. DIMAS ALFREDO CARRANZA BARRERA
VOCAL QUINTO:	BR. JOSÉ ENRIQUE LÓPEZ BARRIOS
SECRETARIA:	INGA. GILDA MARINA CASTELLANOS BAIZA DE ILLESCAS

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	ING. HERBERT RENÉ MIRANDA BARRIOS
EXAMINADOR:	ING. FRANCISCO JAVIER QUIÑONEZ DE LA CRUZ
EXAMINADOR:	ING. ALFREDO ENRIQUE BEBER ACEITUNO
EXAMINADOR:	ING. JOSÉ FERNANDO SAMAYOA ROLDÁN
SECRETARIA:	INGA. GILDA MARINA CASTELLANOS BAIZA DE ILLESCAS

Guatemala, 23 de febrero de 1999.-

Ingeniero:
Edgar Fernando Valenzuela Villanueva
Jefe del Departamento de Estructuras
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente.

Estimado Ingeniero Valenzuela:

Cumpliendo con lo resuelto por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, se procedió a la asesoría y revisión del trabajo de tesis, titulado: **MANUAL PARA SUPERVISAR LA COLOCACION DEL CONCRETO EN OBRAS DE CONCRETO ESTRUCTURAL**, presentado por el estudiante universitario **ELMER OMAR RODRIGUEZ DEL CID**.

Considerando que el trabajo de tesis se ha desarrollado satisfactoriamente y cumple con los objetivos que motivaron la selección de dicho tema; por lo que hago de su conocimiento que apruebo el trabajo realizado.

Sin otro particular, atentamente:



Ing. Oscar Alfredo Melgar Chávez.
Colegiado 2678.
Asesor de Tesis





FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 23 de febrero de 1999.-

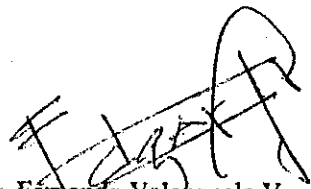
Ingeniero:
Sidney Samuels
Director de Escuela
De Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
USAC

Señor Director:

Por medio de la presente informo a usted que he revisado el trabajo de tesis titulado MANUAL PARA SUPERVISAR LA COLOCACION DEL CONCRETO EN OBRAS DE CONCRETO ESTRUCTURAL, elaborado por el estudiante universitario Elmer Omar Rodríguez del Cid y asesorado por el Ingeniero Oscar Alfredo Melgar Chávez.

Habiendo determinado que dicho trabajo cumple con lo establecido, el suscrito le da su aprobación.

Sin otro particular, me suscribo de usted, atentamente:



Ing. Fernando Valenzuela V.
Jefe del Departamento de Estructuras.



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Oscar Alfredo Melgar Chávez y del Jefe del Departamento de Estructuras Ing. Edgar Fernando Valenzuela Villanueva, del trabajo de tesis del estudiante Elmer Omar Rodríguez del Cid, titulado MANUAL PARA SUPERVISAR LA COLOCACION DEL CONCRETO EN OBRAS DE CONCRETO ESTRUCTURAL, da por este medio su aprobación a dicha tesis.

Ing. Sydney Alexander Samuels Wilson



Guatemala, abril de 1, 1999



FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Sydney Alexander Samuels Milson, al trabajo de tesis MANUAL PARA SUPERVISAR LA COLOCACION DEL CONCRETO EN OBRAS DE CONCRETO ESTRUCTURAL, del estudiante Elmer Omar Rodríguez del Cid, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:


Ing. Herbert René Miranda Barrios

DECANO



Guatemala, abril de 1,999

AGRADECIMIENTOS

A:

- DIOS

- Mis padres;

- Los docentes de la Facultad de Ingeniería por su valiosa contribución a mi formación profesional;

- Mi asesor de tesis, Ingeniero Oscar Alfredo Melgar;

- Todas las personas que en alguna forma colaboraron con la realización de la presente tesis.

DEDICATORIA

A:

- Mis padres:

Elmer Napoléon Rodríguez Soto,
Zoila América del Cid Sotomayor de Rodríguez;

- Mi esposa y futuro hijo:

Mónica Ventura Colindres Molina de Rodríguez;

- Mis hermanos:

Néstor Rodolfo y Aída Fabiola;

- Mis abuelos

Rodolfo Napoléon Rodríguez Barillas,
María Consuelo Soto de Rodríguez,
Clemente del Cid Catalán,
Elizabeht Sotomayor de del Cid.

- Toda mi familia



ÍNDICE

	Página
GLOSARIO.....	I
INTRODUCCIÓN.....	III
OBJETIVOS.....	IV
<u>Capítulo 1 ASPECTOS IMPORTANTES DEL SUPERVISOR Y LA SUPERVISIÓN</u>	
1.1 Generalidades del Supervisor.....	1
1.1.1 Sus características.....	1
1.1.2 Autoridad del supervisor.....	1
1.1.3 Responsabilidades del supervisor.....	3
1.1.4 Obligaciones del supervisor.....	4
1.1.5 Relaciones del supervisor.....	5
1.2 Cómo proceder para organizar la supervisión.....	7
<u>Capítulo 2 SUPERVISIÓN DE MATERIALES A UTILIZAR EN LA OBRA Y ASPECTOS IMPORTANTES A VERIFICAR EN EL ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE ÉSTOS</u>	
2.1 Cemento.....	9
2.1.1 Supervisión.....	9
2.1.2 Almacenamiento.....	10
2.2 Agregados.....	12
2.2.1 Supervisión.....	12
2.2.2 Manejo y almacenamiento.....	13
2.3 Agua.....	15
2.3.1 Supervisión.....	15
2.3.2 Almacenamiento.....	15
2.4 Aditivos, Compuestos para curado y Materiales para Juntas.....	15
2.4.1 Supervisión.....	15
2.4.2 Manejo y almacenamiento.....	17
2.5 Acero de refuerzo.....	17
2.5.1 Supervisión.....	17
2.5.2 Almacenamiento.....	18
<u>Capítulo 3 CONOCIMIENTO QUE DEBE TENER EL SUPERVISOR ACERCA DEL CONCRETO</u>	
3.1 Generalidades.....	19
3.1.1 Clasificación de las construcciones de concreto.....	19
3.2 Requisitos del concreto.....	19

3.3	Naturaleza del concreto.....	20
3.3.1	Sedimentación.....	21
3.3.2	Composición de la pasta (Cemento-Agua).....	22
3.3.3	Proceso de fraguado del concreto.....	23
3.3.4	Calor de hidratación.....	24
3.3.5	Curado y protección.....	25
3.3.6	Resistencia a la congelación.....	26
3.3.7	Protección con aire incorporado.....	27
3.3.8	Contracción y expansión.....	28
3.3.9	Revenimiento.....	29

Capítulo 4 SUPERVISIÓN DEL SITIO ANTES DE LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO

4.1	Estudio preliminar del sitio.....	33
4.2	Inspección de trabajos de preparación.....	34
4.2.1	Excavación y cimentación.....	36
4.2.2	Formaletas para edificios.....	37
4.2.3	Colocación del refuerzo.....	39
4.2.4	Elementos ahogados.....	41
4.3	Formulario de verificación.....	42

Capítulo 5 PROCEDIMIENTOS PARA LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO

5.1	Condiciones del sitio.....	43
5.2	Manejo del concreto.....	44
5.2.1	El transporte.....	45
5.2.2	Colocación.....	48
5.3	Consolidación del concreto.....	49
5.4	Acabado del concreto.....	51
5.4.1	Superficies sin formaleta.....	51
5.4.2	Superficies acabadas.....	52
5.5	Juntas de construcción.....	52
5.5.1	Juntas de construcción planeadas.....	52
5.5.2	Juntas de construcción no planeadas.....	53

Capítulo 6 LA SUPERVISIÓN DURANTE EL CURADO, REMOCIÓN DE LA FORMALETA Y REAPUNTALAMIENTO

6.1	Procedimientos del curado y protección de concreto.....	55
6.1.1	Curado.....	55
6.1.2	Protección contra daños.....	56
6.2	Tiempo para la remoción de la formaleta.....	57
6.3	Apoyo y reapuntalamiento.....	58
6.4	Corrección de defectos.....	59
	CONCLUSIONES.....	V
	RECOMENDACIONES.....	VI
	BIBLIOGRAFÍA.....	VII

GLOSARIO

Abrasión: acción y efecto de desgastar por fricción, la cual se da entre diferentes elementos que intervienen en la conformación del concreto.

Adherencia: acción del concreto de fijarse al acero de refuerzo sin que exista deslizamiento.

Aditivos: añadidura de una sustancia o elemento al concreto fresco con fines determinados.

Apuntalar: colocación de maderos que sirven de sostén, parte de la formaleta que sirve de molde para la apariencia final del concreto.

Bombear concreto: acción de llevar el concreto impulsado por bombas a través de tuberías, para dejarlo en el lugar requerido.

Concreto masivo: volumen de concreto relativamente grande que es colocado en una sola fundición, presenta gran calor de hidratación.

Consistencia del concreto: estado del concreto fresco que tiende a solidificarse y se cohesionan sus partículas entre sí.

Consolidación de concreto: fortalecimiento del concreto, aseguramiento y mayor solidez que obtiene el mismo.

Contractuales: derivados del documento del contrato.

Cuadrilla: grupo de hombres que llevan a cabo juntos una misma obra.

Curado del concreto: cuidados que necesita el concreto que se ha colocado, para no perder la humedad durante el calor de hidratación y poder obtener la resistencia para la cual se ha diseñado la mezcla.

Demolición: destrucción ordenada de concreto en un área específica.

Densidad: es la proporción de la masa del concreto y su volumen, la cual está sujeta a variaciones según el proporcionamiento utilizado para realizar la mezcla y además a variaciones mínimas dependiendo de la temperatura ambiente.

Disgregación del concreto: asentamiento del agregado grueso que tiende a irse hacia la parte inferior del elemento que se está fundiendo, creando separación en la mezcla y además crea sangrado en el concreto.

INTRODUCCIÓN

Debido al desarrollo en la construcción de obras de concreto estructural en el país, surge la necesidad de la supervisión de las mismas y por consecuencia el presente documento trata de unificar, en forma general, los aspectos técnicos de la supervisión y construcción, con el propósito primordial de ser un documento que funcione de guía, asistencia e instrucción, brindando información para aquellas personas que estén involucradas en la construcción con concreto como, ingenieros o arquitectos que desempeñen el trabajo de supervisión, contratistas, maestros de obra, técnicos de laboratorio y para estudiantes que en un futuro estarán al frente del desempeño de dichas labores profesionales. Además se pretende incrementar la bibliografía existente en el medio que ayude a conocer sobre el tema.

Es importante mencionar que el cumplimiento de documentos contractuales, planos, especificaciones y reglamentos técnicos no implican que se esté realizando una supervisión adecuada; esto a causa que existen otros aspectos que son tan importantes como los anteriores y que se tornan necesarios para una buena supervisión, tales como el comportamiento del supervisor, procedimientos de supervisión y aspectos propiamente vinculados con la colocación del concreto, como trabajos previos y posteriores a la fundición.

A consecuencia de que el campo de la supervisión de obras de concreto es muy amplio, este **MANUAL PARA SUPERVISAR LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO EN OBRAS DE CONCRETO ESTRUCTURAL**, no agota el tema, más sin embargo trata los temas más importantes, lo que se ha logrado con ayuda de referencias bibliográficas y experiencia propia obtenida en obras de este tipo, tal es el caso de la Obra Línea Horno 3 Holderbank Engineering Ltd., de la Fabrica Cementos Progreso S.A., en la cual fueron colocados 30,540 metros cúbicos de concreto reforzado.

Como existirán diversos lectores de este documento y que pueden contar con diferente o ninguna experiencia, se incluyen las razones que justifican las instrucciones técnicas que se dan aquí, esperando que sea este documento de provecho para quienes recurran a su estudio.

OBJETIVOS

GENERALES.

- a) Proporcionar los aspectos técnicos de la supervisión y la construcción con concreto, asegurando la calidad de ejecución de obra.
- b) Brindar una referencia en la cual basarse para quienes tengan poca o ninguna experiencia en el trabajo de supervisión, estableciendo además su importancia.
- c) Garantizar el cumplimiento de planos y especificaciones independientemente de la magnitud del proyecto.

ESPECÍFICOS.

- a) Proporcionar a la Facultad de Ingeniería y, en general a la Universidad de San Carlos de Guatemala, material bibliográfico que reúna los aspectos fundamentales para la supervisión de obras de colocación de concreto en obras de concreto estructural.
- b) Proporcionar al estudiante un documento que le sirva de guía con fines de conocimiento general en el tema de la supervisión de colocación de concreto.
- c) Proporcionar al profesional que ejecuta un proyecto de construcción con concreto estructural, un documento de consulta en el cual pueda encontrar algunos aspectos y críticas básicas de la supervisión que debe de tomar en cuenta en el proyecto a ejecutar.

Capítulo 1.

ASPECTOS IMPORTANTES DEL SUPERVISOR Y LA SUPERVISIÓN

1.1 GENERALIDADES DEL SUPERVISOR.

1.1.1 SUS CARACTERÍSTICAS.

Para ser supervisor se debe contar con experiencia práctica en el proyecto el cual requiere de un control de supervisión, logrando así calidad y garantía en el cumplimiento de los aspectos técnicos requeridos en la obra que se ejecuta; y además el supervisor debe contar con la preparación teórica, la cual permite que conozca los principios técnicos básicos. Las personas con preparación teórica y con falta de experiencia deben ir adquiriendo ésta en obra, trabajando bajo guía y dirección de supervisores experimentados, antes de trabajar por sí mismos.

El supervisor tiene que contar con la capacidad de jerarquizar los distintos conceptos, estableciendo un orden de gradación para así poder centrar su atención en los asuntos más importantes y primordiales. Es determinante que el supervisor conozca las tolerancias y criterios de recepción que establecen los documentos del diseño, siendo entonces eficaz en la labor que se le encomienda.

Además todo supervisor debe registrar de inmediato toda variación o cambio encontrado en la parte física de la obra e informar tanto a la gerencia del contratista como parte ejecutora, y a sus superiores, pudiendo ser el propietario o los representantes. No está de más mencionar que la supervisión será efectiva siempre y cuando cuente con el apoyo sólido de la alta dirección.

1.1.2 AUTORIDAD DEL SUPERVISOR.

Cuando se trata de un grupo de supervisión, es necesario que el jefe de supervisores delegue en

forma clara y precisa su autoridad al supervisor, dando las indicaciones pertinentes, haciendo conocer las acciones que deben tomarse en distintas situaciones que puedan llegar a presentarse durante el desarrollo de la obra, teniendo entonces criterios definidos para poder actuar. Es recomendable que las obligaciones y responsabilidades se proporcionen en forma escrita a los supervisores, entre los aspectos más importantes en los cuales el supervisor estará plenamente autorizado y capacitado para intervenir están:

- a) El poder detener la autorización para la ejecución de una fundición, por el hecho de que de las condiciones previas no cumplan con lo establecido en documentos contractuales, planos y especificaciones; los cuales pueden ser la colocación de formaleta, la preparación de las juntas constructivas, el refuerzo estructural o inclusive la limpieza de preparación antes del colado.
- b) Negar la autorización para proceder a la utilización de equipo, materiales e incluso mano de obra que no cumplan con los requerimientos necesarios que satisfagan los índices establecidos en los documentos de diseño, los cuales al no ser ejecutados pueden conducir a un producto terminado que no satisfaga las necesidades requeridas.
- c) Exigir la demolición o reparación de una construcción defectuosa o realizada sin haber sido supervisada y aprobada para la colocación de concreto.
- d) Exigirle al contratista equipo de seguridad para el personal que trabaja en la obra y evitar daños a terceros.

Cuando se den los casos mencionados anteriormente el supervisor tiene la autoridad para tratar directamente con los maestros de obra o jefes de cuadrilla del contratista, pero debe informar de la disposición al jefe de éstos, con el fin de no crear conflictos de orden laboral. La medida de suspender los trabajos es uno de los últimos recursos a los cuales debe acudir y para proceder a la suspensión ha de ser evidente que de seguir los trabajos como van, se producirá un concreto de mala calidad, el cual no será aprobado. Es de gran interés que el supervisor aplique su criterio personal, en los conceptos secundarios que no se encuentran explícitamente contenidos en los criterios de recepción de las especificaciones, resolviendo así sobre la marcha de la obra los problemas que se susciten. En el caso que se traten de conceptos de importancia o políticas generales no definidas explícitamente en las especificaciones que se incluyen, debe someter dichos conceptos a consideración de su jefe en forma inmediata.

1.1.3 RESPONSABILIDADES DEL SUPERVISOR.

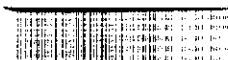
- a) **Como representante del propietario:** en este caso tiene la responsabilidad de supervisar para la recepción de obra velando por los intereses del propietario y garantizando que se cumpla con los requerimientos de los documentos del diseño, como lo son planos y especificaciones definidas en forma singular para el proyecto, también especificaciones y requerimientos generales de las construcciones con concreto estructural; en ningún caso la responsabilidad de supervisión de recepción debe estar bajo el control del contratista, salvo cuando así lo indique la legislación vigente o el propietario considere que es una buena forma de proteger sus intereses.

Como la responsabilidad final de supervisión recae en el diseñador en última instancia, éste debe de mantener vigilancia a las partes que realicen operaciones de supervisión.

- b) **Como representante del contratista:** el supervisor del contratista debe de velar por el control de calidad, tomando en cuenta pruebas de laboratorio, aunque no sea requisito contractual. El supervisor del contratista debe ser mucho más detallado que los supervisores que tiene el propietario para recepción; por esto el supervisor del contratista realiza revisiones más minuciosas de nivel, alineación y colocación de varillas de acero de refuerzo, limpieza de formaleta y otros elementos que se tengan que ahogar en concreto.

Es necesario mencionar que la supervisión que ejecuta el contratista se utiliza como seguro contra el rechazo de un elemento de una obra, causando esto pérdidas para la empresa contratista al tener que reparar o reponer en algún momento el elemento.

- c) **Como representante del proveedor:** éstos, dependen de los requisitos contractuales y del control de calidad que lleve el proveedor, dicha supervisión funciona en forma paralela a la supervisión del contratista.
- d) **Como representante de organismos gubernamentales:** generalmente, el supervisor o supervisores son empleados permanentes de la dependencia en cuestión. El nivel de supervisión que se lleva en estos casos es mucho menor que en cualquiera de los casos anteriores, generalmente verifica la supervisión realizada por otros.



1.1.4 OBLIGACIONES DEL SUPERVISOR.

En algunos casos la técnica de supervisión no varía, pero las acciones específicas y el enfoque pueden ser proyectadas de distinta forma; es tal el caso que un supervisor que es representante del propietario hará énfasis en el producto terminado, mientras que un supervisor del contratista velará por el control de los procesos de producción de materiales, colocación de acero de refuerzo, elementos ahogados en concreto, de la formaleta y en la colocación del concreto en el lugar.

Generalmente se puede decir que son obligaciones del supervisor las siguientes:

- a) La adecuada identificación, examen y aceptación de los materiales que se utilizarán en la obra. Aquí se incluye la comprobación de la calidad de los materiales y productos que se estén recibiendo para colocar, todo con base a certificados y resultados de pruebas entregadas en algún momento por los productores y proveedores, lo mismo sucederá en el muestreo y prueba de materiales.
- b) El control del proporcionamiento, dosificación, mezclado y ajustes de la mezcla de concreto, teniendo muy presente las pruebas de consistencia, temperatura y peso volumétrico.
- c) La adecuada revisión de la estructura de la formaleta y sus apoyos, el acero de refuerzo y de otros elementos ahogados. Aquí se puede citar también la supervisión de la limpieza que debe presentar el área en la cual se va a fundir y de todos aquellos trabajos previos que se deben efectuar para poder llevar a cabo la fundición.
- d) La supervisión del mezclado del concreto, la forma en que es transportado hacia el lugar de su colocación, los procedimientos que se utilizarán para su vaciado, al igual que la consolidación de éste. También es obligación del supervisor velar por el acabado, el curado y la protección necesaria para que el elemento de concreto sea de la calidad y tipo que se requiere.
- e) Evaluar los resultados obtenidos en pruebas de laboratorio y de gráficas de comportamiento del concreto ensayado.
- f) Comprobar que todos aquellos procedimientos y elementos que no fueron aceptados se hayan corregido o en determinado momento reemplazados por otros que llenen todos los requerimientos necesarios.

- g) Hacer una revisión de la planta y equipo que se esté utilizando para la elaboración y colocación del concreto, examinando también las condiciones de trabajo, del clima y otros factores que puedan afectar al concreto o a otros elementos de la estructura.
- h) Preparar informes de la supervisión y el avance de la obra al igual que registros.

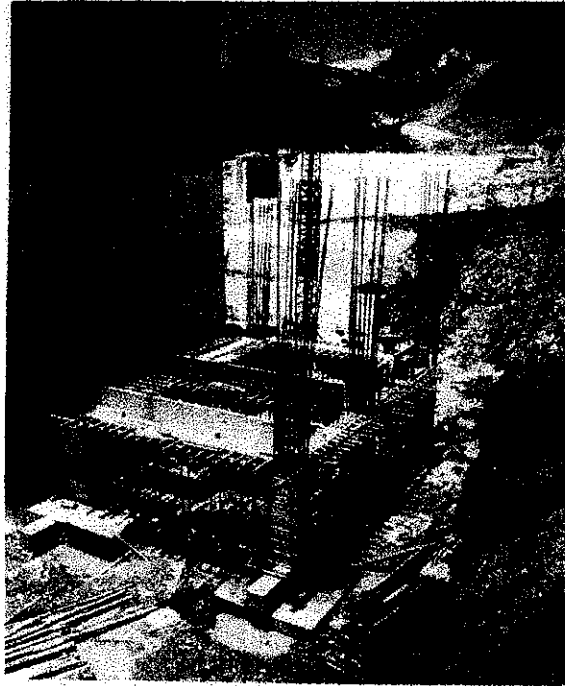


Fig. 1. Durante los trabajos de preparación para la fundición, la supervisión será continua con el fin de no causar atrasos al ejecutor de la obra. En caso no se apruebe algún procedimiento debe ser informado al constructor de inmediato.

1.1.5 RELACIONES DEL SUPERVISOR.

- a) **Cuando el supervisor representa al propietario:** aquí se entiende por relación con el contratista la cooperación de ambos con miras de terminar el trabajo en el tiempo y costo estipulados bajo las especificaciones aprobadas. En estos casos mientras se cumpla con los requerimientos de diseño establecidos en documentos, el contratista tendrá la opción de utilizar los procedimientos que se le faciliten y permitan ejecutar el trabajo al menor costo posible, siempre que los documentos no

especifiquen un procedimiento constructivo en especial para la elaboración de la obra y a la vez se salvaguarden los intereses del propietario.

Se debe mencionar que la supervisión siempre debe ser preventiva e ir anticipando, en lo posible, algunas condiciones que puedan llevar a un producto final no adecuado, es por esto, que es necesario indicar al contratista, a la brevedad posible, cuando se está haciendo un trabajo en forma inadecuada, lo cual en muchos casos lo dicta la experiencia del supervisor y se hace con el fin de evitar que se desperdicie tiempo, materiales y mano de obra.

Nunca se debe retrasar al contratista innecesariamente, ni mucho menos interferir en los procedimientos que éste adopte, a no ser que se evidencie que el producto estará fuera de especificación. El supervisor podrá hacer sugerencias de algún procedimiento constructivo que crea sea adecuado para la realización del trabajo, pero nunca podrá exigir que sea el procedimiento sugerido el que se adopte, a no ser que se tenga establecido un procedimiento en documentos contractuales.

Es necesario que el supervisor mantenga una actitud impersonal, agradable y sea colaborador con el contratista y su personal. Se debe evitar a toda costa las familiaridades y no aceptar favores de tipo personal con el contratista y de trabajadores de éste, simplemente por ética profesional, evitando en un momento llegar a adquirir compromisos de tipo moral. El supervisor deberá actuar honestamente, reconociendo cuando el trabajo esté bien hecho, es ésta una forma de lograr respeto y colaboración del contratista y su personal.

El supervisor solamente debe dar instrucciones al personal autorizado por el contratista y cuando se trate de asuntos que representarán un cambio en el tiempo de entrega o en el costo de la obra u otros factores importantes, las comunicaciones se deben hacer por escrito y entregarse al representante autorizado del contratista y a la vez deberá adoptarse la línea de acción que se tomará. Cuando existan indicaciones que puedan causar polémica, éstas deben darse por escrito.

La obra no debe ser dirigida por el supervisor, pero sí debe ser observada cuidadosamente, así como todas las operaciones que se realicen. Cuando sea necesario el supervisor debe tratar con los jefes de cuadrilla de los subcontratistas y en el caso que no sean atendidas sus recomendaciones se tendrá que reportar al contratista general, pues, es éste el legalmente responsable.

Un buen inicio es importante, ya que un procedimiento equivocado, es más fácil de corregir la primera vez que se hace y no cuando ya se ha hecho repetidas veces en esa forma. Generalmente los errores se presentan más frecuentemente al principio de la jornada de trabajo y al final de ésta, es entonces recomendable que el supervisor se encuentre presente en la obra en esos lapsos y mientras se esté colocando, acabando o reparando concreto.

- b) **Cuando el supervisor es contratado por el contratista:** lo tratado anteriormente acerca de la supervisión y las relaciones del supervisor representante del propietario con las cuadrillas de trabajadores pueden aplicarse también cuando el supervisor es empleado del contratista, sin embargo, el enfoque será distinto ya que ahora todos son empleados del contratista y por consiguiente están directamente bajo el mando del supervisor. Se debe mencionar que siempre la gerencia instruirá detalladamente las relaciones específicas que se mantendrán entre supervisor y personal del contratista.

1.2 CÓMO PROCEDER PARA ORGANIZAR LA SUPERVISIÓN

Existen diversas formas de cómo poder organizar una supervisión, esto dependerá de la clase, magnitud y complejidad de la obra. Cuando los trabajos son de menor magnitud, tales como pequeños edificios y puentes pequeños, la supervisión generalmente es realizada por un solo hombre; lo cual no quiere decir que el supervisor no podrá contar con un personal técnicamente capacitado y digno de confianza para colaborar con él, inspeccionando las distintas etapas de la obra y también en la obtención de especímenes de los diferentes materiales y mezclas, con el fin de someterlos a prueba de laboratorio.

Cuando las obras son grandes en magnitud, podrán intervenir uno o más supervisores, según la necesidad, algunos para fines generales y otros con propósitos especiales, esto dependerá de la clase de trabajo que se necesite ejecutar.

Es de importancia mencionar que independientemente de la clasificación que tenga la supervisión, un equipo de supervisión puede estar formado por varias personas o una sola. Los distintos grupos de supervisión pueden ser:

- a) **Grupo de supervisión dependiente del propietario.** Como ejemplo se puede mencionar a los equipos permanentes o semipermanentes de las dependencias gubernamentales o de las grandes industrias que tienen programas continuos de construcción.

- b) Grupo de supervisión dependiente de una empresa comercial de diseño para trabajar en los proyectos diseñados por la misma.
- c) Grupo de supervisión de un laboratorio comercial contratados para dar servicios de pruebas de supervisión.
- d) Grupo de supervisión que forma parte del personal del contratista y está capacitado para proporcionar la supervisión de control de calidad, como parte del proceso en los proyectos que la empresa construye.
- e) Grupo de supervisión que forma parte del personal de un proveedor de la industria de la construcción y está capacitado para proporcionar, como parte del proceso, las pruebas y supervisión que requiere el control de calidad moderno.

Un ejemplo de organización para la supervisión de la colocación de concreto en obras de concreto estructural se muestra en la siguiente tabla, la cual podrá variar según las necesidades o forma de trabajar de la empresa o persona que esté desempeñando la supervisión de la obra.

ORGANIZACIÓN TÍPICA PARA SUPERVISIÓN EN OBRAS DE CONCRETO			
TIPO DE TRABAJO	EJEMPLOS	ORGANIZACIÓN	LABORATORIO
Grandes proyectos	Grandes plazas	Jefe de supervisión Supervisor de materiales Personal de muestreo personal de laboratorio Supervisor de planta por cada turno Supervisor de colocación por cuadrilla de trabajo Supervisor para juntas de construcción Supervisor del curado	Grande Equipo con cuartos de curado Máquina para probar compresión Facilidad para investigaciones especiales
Grandes proyectos de unidades de tamaño moderado, no centralizado; organización permanente.	Carreteras, sistemas ferroviarios, utilidad pública.	Jefe de supervisión Supervisor de materiales y de prueba Personal de laboratorio Supervisores de campo Supervisor para planta por cada turno Supervisor de colocación por cuadrilla de trabajo	Laboratorio central Totalmente equipado con facilidad para realizar todo tipo de pruebas e investigaciones. Pequeños laboratorios de campo para cada grupo de trabajo. Especímenes de concreto se enviarán al laboratorio central para prueba. Posibilidad de que el laboratorio sea volante. Laboratorio de Campo: sin máquina para probar; los especímenes se ensayarán con la ayuda de algún laboratorio.
Estructuras individuales de tamaño moderado no relacionado a otros trabajos.	Grandes edificios, presas pequeñas, puentes, Etc.	Supervisor para planta por cada turno Supervisor de colocación por cuadrilla de trabajo	

Capítulo 2.

SUPERVISIÓN DE MATERIALES A UTILIZAR EN LA OBRA Y ASPECTOS IMPORTANTES A VERIFICAR EN EL ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE ÉSTOS.

A los materiales se le supervisa para verificar que cumplan los requisitos indicados en las especificaciones y que sean almacenados, manejados y utilizados apropiadamente en la obra. Aún cuando los materiales hayan sido sometidos a una supervisión antes de su despacho a la obra, éstos tienen que ser nuevamente supervisados a la llegada, esto se hace con el fin de verificar si han sufrido algún daño durante el almacenamiento y transporte. Cuando el supervisor solicite los documentos de envíos y certificados de calidad de los materiales, el contratista está en la obligación de ponerlos a disposición del supervisor.

Como ya se sabe el concreto es un material artificial el cual está formado por tres componentes básicos en cantidades predeterminadas según el tipo de concreto y la resistencia que se desee obtener. Pero la calidad del concreto producido dependerá, en gran medida, del cuidado que se tenga en la conservación de la calidad de los ingredientes usados para su elaboración. El uso de material contaminado y material que sea pobre en granulometría, o la utilización de cementos viejos sólo puede ocasionar dificultades, como pueden ser problemas de rendimiento alto o bajo, de resistencia baja, y de deterioro; además se debe tener especial cuidado con el almacenamiento de los materiales, pues podría afectar la calidad del concreto. Entonces se requerirán una serie de operaciones sencillas, pero necesarias, para el almacenamiento, manejo y transporte de los materiales, encontrando amplias recomendaciones.

2.1 CEMENTO.

2.1.1 SUPERVISIÓN.

Éste es un producto de materiales calcinados que al estar en presencia de agua o humedad reacciona y hace el papel de liga entre los agregados. La supervisión debe llevarse de acuerdo a la norma C 150 de la ASTM (American Society Testing of Materials), que especifica cinco tipos estándar de cemento portland, los cuales son:

Tipo I: Es un cemento de uso general, se utiliza cuando no se necesitan las propiedades específicas de otros cementos.

Tipo II: Es cemento de uso general que tiene resistencia moderada a los sulfatos y moderado calor de hidratación.

Tipo III: Cemento de alta resistencia a temprana edad.

Tipo IV: Es un cemento para cuando se necesita bajo calor de hidratación, se utiliza en construcciones de concreto masivo.

Tipo V: Es utilizado cuando se requiere resistencia a sulfatos, por ejemplo, estructuras que están en contacto con suelos o aguas freáticas de alto contenido de sulfatos, y en cementos en contacto con aguas negras domésticas concentradas.

La prueba del cemento con fines de aceptación es, fundamentalmente, un procedimiento de laboratorio y es por eso que el supervisor de campo de una obra solamente se remitirá a las garantías que debe ofrecer la fábrica del producto a la que se le está comprando y debe examinar el cemento por si hay algún signo de pérdida, contaminación o exposición a humedad durante el transporte, pudiendo en algún momento rechazar el pedido.

Es importante conocer que cuando el cemento en la fábrica permanezca almacenado a granel por más de seis meses, contados a partir de la terminación de las pruebas, la norma C150 de la ASTM indica que se deberán llevar a cabo nuevas pruebas.

El cemento llamado "caliente", que no es más que el cemento entregado por la fábrica antes que se enfríe hasta aproximadamente la temperatura ambiente, al utilizarse puede afectar las propiedades del concreto; causando un aumento en la temperatura del concreto que puede ser despreciable.

2.1.2 ALMACENAMIENTO.

a) A granel:

Generalmente se hace en silos, éstos deben ser a prueba de intemperie y recibir ventilación apropiada, para impedir que se acumule la humedad en ellos. Su interior debe ser liso y tener una inclinación de 50° en el fondo para silos circulares y de 55° a 60° para silos rectangulares, con lo cual se garantiza la remoción de todo el cemento. También se utiliza en éstos espas de flujo difusoras de aire,

instaladas antes de la operación de llenado, constituyen un medio excelente para aflojar el cemento que se ha pegado fuertemente al silo. Otro aspecto importante es el cuidar que los agujeros de ventilación del silo no se hayan atascado.

Cada silo o compartimento de almacenaje debe estar equipado con una compuerta y un sistema de transporte para la medición y éste hallarse aislado del medio ambiente. Cuando los trabajos son grandes, los silos deberán desocuparse e inspeccionarse periódicamente, asegurando que no ha ocurrido un amontonamiento de cemento; dicha inspección debe hacerse cuando se coloca en el silo cemento procedente de otra fuente o al colocar un tipo distinto de cemento, cuando en el silo se encuentre acumulación de cemento habrá que removerlo antes de proceder al nuevo llenado.

b) En sacos:

Normalmente el cemento en sacos se utiliza en trabajos relativamente pequeños. Cuando se utilice cemento empacado, deberá protegerse de la humedad del terreno así como también de la humedad del ambiente.

El método preferido para el almacenamiento de cemento en sacos consiste en colocarlos dentro de un compartimento cerrado, sobre tarimas, permitiendo que exista ventilación en la parte inferior y en ningún momento debe existir contacto de las pilas de cemento con las paredes de la bodega o almacén.

Si en dado caso se almacena en el exterior el supervisor tendrá que asegurarse que el recubrimiento sea completamente hermético al agua. Es aconsejable utilizar un sistema de almacenamiento que permita que el material más viejo se remueva y utilice primero.

Cuando los periodos de almacenamiento son menores a los 60 días, es recomendable que las pilas sean no mayores a los 14 sacos y si los periodos son más largos no deben apilarse más de 7 sacos.

Durante el manejo de transporte y colocación en las pilas para el almacenamiento del cemento puede darse el caso que se lleguen a romper sacos de cemento, los cuales deben ser separados y pueden ser utilizados para partes de la obra que no requieran mucho cuidado.

2.2 AGREGADOS.

2.2.1 SUPERVISIÓN.

Los agregados están constituidos por material pétreo, los cuales en el concreto sirven de relleno; a éstos se les clasifica según su tamaño en agregado grueso o grava (retenido tamiz No. 4) y agregado fino o arena (pasa tamiz No. 4 y retenido tamiz No. 200). Además al agregado grueso se le puede clasificar por su forma en canto rodado y triturado, según las normas ASTM C33, C330 y C332.

Pero el trabajo de supervisión para los agregados consiste en el examen y prueba de ellos para su aceptación o rechazo y deben hacerse las pruebas de control que sean necesarias.

La norma C33 de la ASTM enumera las siguientes sustancias nocivas, junto con las razones por las que se restringen las cantidades de ellas que pueden estar presentes en el agregado final, dichas sustancias son:

a) Terrones y partículas desmenuzables de arcilla:

Estos materiales proporcionan partículas nocivas en el concreto y pueden incrementar la demanda de agua si se llegan a partir durante el mezclado.

b) Material que pasa la malla No. 200:

Dicho material también incrementa la demanda de agua en el concreto.

c) Carbón y lignita:

Perjudican la apariencia superficial del concreto.

d) Partículas blandas:

Éstas básicamente son perjudiciales en el comportamiento de pavimentos para tráfico pesado, en los cuales se requiere dureza superficial.

e) Pedernal ligero (densidad menor que 2.4):

Este material tiende a reducir la durabilidad del concreto y se le atribuye el hecho de causar ampollas o burbujas en el concreto.

Cuando se realicen tomas de muestras para someterlas a supervisión, las muestras deben ser representativas de la carga preparada para mezclarse. Los métodos de muestreo deben cumplir con los requisitos de la norma D75 de la ASTM.

Generalmente el eslabón más débil en la producción de concreto de calidad es el muestreo de los agregados, situación por la cual es necesario brindarle atención preferente. Para el muestreo se puede tomar

material que se encuentre en bandas transportadoras, silos, carros, barcazas o pilas de almacenamiento; la toma de muestras en las pilas de almacenamiento es la más complicada de ejecutar correctamente y se debe evitar en lo posible, dicho muestreo no lo cubre la norma mencionada anteriormente. Sin embargo, cuando se lleve a cabo un muestreo en pilas de almacenamiento se recomienda que se tomen muestras en tres o cuatro puntos a lo largo de la pila y aproximadamente, a media altura de ella, evitando el material segregado de la superficie, además debe provenir de material no superficial y para ello es preferible utilizar un tubo de muestreo.

Hay que mencionar que la muestra más representativa de todas es la que se toma de bandas transportadoras, pero para que las muestras sean más representativas aún es necesario utilizar el método del cuarteo y utilizar para la muestra materiales tomados de las partes primera, media y última. Cuando se trate de muestras de arena es necesario que, siempre que sea posible, se tome del material húmedo, para evitar la segregación que ocurre con la arena seca.

En el caso de que las muestras sean enviadas a un laboratorio es necesario que sean colocadas en recipientes limpios, puesto que, cualquier pequeña cantidad de algunos materiales puede causar contaminación seria, un ejemplo puede ser residuos de azúcar o fertilizante que se puede adherir a los sacos en que se envíe una muestra. La muestra debe ir protegida, a manera que no pierda partículas finas y debe de ser claramente identificada, y se dan datos como fecha, clase de agregado, cantidad representada por la muestra, sitio, razón de la prueba y clase de prueba deseada.

Las pruebas principales que se le practican a los agregados son:

- a) Pruebas iniciales de aceptación, efectuadas en laboratorio, sobre granulometría, limpieza, sanidad y durabilidad, resistencia a la abrasión, materiales nocivos, sustancia extrañas y composición mineral.
- b) Pruebas secundarias de laboratorio, de muestras aprobadas, para determinar las propiedades físicas que se usan en la dosificación de la mezcla. Incluye absorción, peso específico aparente, peso unitario, vacíos y expansión.
- c) Pruebas de campo para control de aceptación secundaria, entre ellas se verifica la limpieza, materiales nocivos y contenido de humedad.

2.2.2 MANEJO Y ALMACENAMIENTO.

A los agregados se les debe de guardar y mantener uniformes, tanto como sea posible, en cuanto a su granulometría y contenido de humedad, con el fin de protegerlos de la contaminación. Se tiene que

evitar que haya paso de vehículos sobre las pilas de material, pues esto puede causar fractura en las partículas del agregado y a menudo dejan tierra mezclándose con el material. En el código ACI (American Concret Institute) 304R están contenidas recomendaciones para el manejo y medición de los materiales, a continuación se hace un resumen de los aspectos más importantes.

a) Cómo evitar contaminantes en los vehículos:

Los vehículos que transportan material deben encontrarse libres de restos de otros materiales con el fin de evitar contaminación y disgregación por distintos motivos. En ningún momento el supervisor debe permitir que los medios destinados para la transportación sean remendados con pedazos grandes de material, paja o sacos.

b) Pilas de almacenamiento de agregado:

Cuando los agregados se van a almacenar en pilas, la base sobre la cual se haga debe ser sólida y de preferencia debe estar pavimentada. En algunos casos cuando no existe pavimento se procede a colocar tabloncillos sobre el suelo, o dejar sin remover una capa inferior de varios centímetros de espesor del material, pero es obligatorio nivelar y apisonar el terreno.

No debe permitirse que se maniobren otros agregados por encima de una pila de material. Las pilas de agregado deben levantarse en capas para impedir la disgregación de tamaños y tomarse el material de ellas de tal manera que el agregado no resbale por las paredes hasta el borde inferior. No es bueno que exista un manejo extralimitado, pues éste tiende a causar disgregación y a degradar el material.

Además se deben dejar las distintas pilas de material separadas por distancias amplias, bien definidas y que los agregados de distintas fuentes no sean mezclados o almacenados en una misma pila, dicha práctica puede causar variaciones objetables en el concreto. Debe utilizarse el material de agregado hasta que éste se acabe y para el agregado siguiente se deben ajustar las proporciones, si fuera necesario.

Tampoco ha de permitirse que el agregado caiga desde una altura en forma que las partículas grandes se separen de las más pequeñas, o bien sea que el viento se encargue de separar a las pequeñas.

En el caso de la arena es aconsejable que mantenga un contenido de humedad uniforme y apropiado, para evitar que a la hora de mezclarla cause pérdida de revenimiento en el concreto debido a que exista una alta absorción de agua; en algunos casos es necesario humedecer las pilas de almacenamiento

antes de usarlas, otra medida es el tener una barra de aspersión sobre las tolvas de carga de la planta dosificadora.

2.3 AGUA.

2.3.1 SUPERVISIÓN.

En general el agua potable en su mayoría es satisfactoria como agua de mezclado. Se debe conocer que las impurezas dañinas que se pueden encontrar en el agua son álcalis, ácidos, material vegetal en descomposición, aceite, aguas de albañal, o cantidades excesivas de limo. Cuando el supervisor tenga duda del agua a utilizar, ésta debe ser enviada para un análisis de laboratorio, en caso que no se contara con el tiempo, se puede optar por elaborar comparaciones de resistencia y durabilidad de especímenes de concreto hechos con dicha agua y así poder determinar si es o no satisfactoria. Se debe mencionar que la norma ASTM C94 permite utilizar el agua de lavado que queda dentro de la mezcladora para la mezcla siguiente, siempre que se pueda medir su cantidad con precisión.

2.3.2 ALMACENAMIENTO.

Cuando se trata de abastecimiento de agua es muy frecuente disponer de tanques de almacenamiento que regulen el suministro. Para este efecto se requiere que los tanques se encuentren limpios y tengan un mantenimiento para su limpieza, en forma periódica, para eliminar así el material que se puede sedimentar.

2.4 ADITIVOS, COMPUESTOS PARA CURADO Y MATERIALES PARA JUNTAS.

2.4.1 SUPERVISIÓN.

Según la norma C949 de la ASTM se consideran cinco tipos de aditivos químicos con propósitos diferentes, según se indica a continuación:

Tipo A: aditivos reductores de agua,

Tipo B: aditivos retardantes,

Tipo C: aditivos acelerantes,

Tipo D: aditivos reductores de agua y retardantes,

Tipo E: aditivos reductores de agua y acelerantes.

Básicamente el supervisor deberá asegurarse que los aditivos utilizados en el trabajo cumplan con los requisitos de las especificaciones del proyecto, y además cuidar que en la obra éstos se mantengan cuidadosamente almacenados y sean dosificados en la forma correcta.

Según el ACI 116R se define a un aditivo como "material diferente de agua, agregados y cemento hidráulico, que se utiliza como ingrediente del cemento o del mortero y se añade a la mezcla inmediatamente antes, o durante el mezclado". El uso de aditivos en el concreto puede ser requerido por más de un propósito, algunos de ellos pueden ser:

- a) Aumentar la trabajabilidad sin aumentar el contenido de agua o disminuir el contenido de agua conservando la misma fluidez.
- b) Acelerar tempranamente la rapidez de desarrollo de la resistencia.
- c) Aumentar la resistencia.
- d) Retardar o reducir el desarrollo de calor.
- e) Modificar la rapidez o la capacidad de sangrado, o ambas.
- f) Aumentar la durabilidad o la resistencia, en condiciones severas de exposición, incluyendo la aplicación de sales removedoras de hielo.
- g) Controlar la expansión causada por la reacción de álcalis con ciertos contribuyentes del agregado.
- h) Disminuir el flujo capilar de agua.
- i) Disminuir la permeabilidad al paso de líquidos.
- j) Mejorar la penetración y facilidad de bombeo de lechadas y de bombeo de concreto.
- k) Reducir o prevenir asentamiento, o crear expansión ligera en cemento o mortero utilizados para rellenar espacios en columnas y vigas o en la fijación de maquinaria, llenar los ductos de cables postensados o los vacíos en agregado precolado.
- l) Aumentar la adherencia del concreto al acero.
- m) Aumentar la adherencia entre el concreto viejo y nuevo.
- n) Obtener cemento o mortero de colores.
- o) Desarrollar propiedades fungicidas, germicidas e insecticidas en concretos o morteros.
- p) Impedir la corrosión de metales corroibles ahogados.
- q) Disminuir el costo unitario del concreto.

Para la supervisión de los aditivos se confía en lo que los fabricantes dicen y recomiendan, según la necesidad existente; ha de velarse que sean almacenados sin contaminación o deterioro; que éstos sean medidos con precisión e introducidos en la mezcla según esté especificado; y que su comportamiento sea como se esperaba al hacer la mezcla y por los resultados de las pruebas practicadas.

En lo que se refiere a los materiales para juntas, que hoy día son en su mayoría de tipo elastomérico, generalmente antes de su remisión a la obra son ensayados y probados, por lo que el supervisor debe encargarse, principalmente, de verificar, al llegar éstos, que no hayan sido dañados o contaminados, que estén identificados en forma apropiada, y que se almacenen, preparen e instalen adecuadamente. En el caso que el material para junta no especifique el rango de temperatura en la cual se puede utilizar, es necesario que se evite la colocación de éste por encima de 32° C o por debajo de los 4° C. El supervisor debe tomar en cuenta la especificación del material que determina el ancho de junta que se puede trabajar y que ésta esté dentro de los requerimientos de los documentos de diseño.

2.4.2 MANEJO Y ALMACENAMIENTO.

El almacenamiento de aditivos líquidos debe ser en tambores o tanques herméticos y protegerse del congelamiento, y los fabricados en forma de polvo hay que protegerlos de la humedad y de contaminaciones con otro material, al igual que los materiales cementantes. Con los aditivos presentados en polvo generalmente hay que pasarlos a forma líquida y se necesita de un hidrómetro para verificar que la solución tenga la concentración correcta, además de tanques de mezclado y dosificación, al igual que equipo para agitación.

2.5 ACERO DE REFUERZO.

2.5.1 SUPERVISIÓN.

En general, la compra del acero de refuerzo bajo especificaciones requeridas por el cliente cubre lo que respecta a la fabricación, ciertos requisitos químicos, pruebas de tensión y dobléz, acabado superficial, recubrimiento para protección a la corrosión, marca o identificación y variaciones permisibles en peso. Usualmente el acero de refuerzo viene marchamado en manojos, con etiquetas, el supervisor entonces, deberá verificar cada pedido para asegurar que pasó la inspección siderúrgica, que se ha recibido el grado

de acero especificado y que el acero no ha sido dañado por oxidación excesiva, durante el almacenamiento en la fabrica o durante el transporte. Cuando se trate de una película roja de oxido en el acero no es objetable para rechazo, situación que es contraria si éste tiene alguna escamación, aceite o cualquier material no adherente que haya sido derramado sobre él.

Ocasionalmente el acero de alto grado de resistencia, como el grado 60, se agrieta o rompe, especialmente en clima frío, por lo que se debe rechazar cuando esto ocurra.

2.5.2 ALAMACEMAMIENTO.

Para el almacenamiento del acero de refuerzo se debe aislar del suelo y evitar cualquier contacto con humedad para que éste no se oxide, preferentemente se debe colocar sobre tablones o párales, en un lugar bajo techo, en caso no se tuviera el espacio requerido para almacenar la varilla bajo techo se puede proteger a ésta recubriendo con nylon.

Capítulo 3.

CONOCIMIENTOS QUE DEBE TENER EL SUPERVISOR ACERCA DEL CONCRETO.

3.1 GENERALIDADES.

Es necesario que el supervisor conozca sobre el concreto, sus propiedades o características, las cuales estarán encaminadas a obtener del concreto la resistencia que se desea, impermeabilidad, resistencia al intemperismo, resistencia al desgaste, y tantas otras más y esto se hace con el fin que el supervisor sepa no solamente cómo hacer las cosas sino también el por qué se hacen así, y que tenga una base fundamentada con teoría y conjugarla con la práctica. A continuación se presentan los hechos básicos del concreto que afectan el trabajo del supervisor.

3.1.1 CLASIFICACIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES DE CONCRETO.

Se puede decir en forma general que las construcciones con concreto pueden dividirse en trabajos con obra falsa o formaleta, losas de piso y concreto masivo. Y aquí dentro de estas divisiones generales se pueden hacer subdivisiones, mas sin embargo, los fundamentos del concreto son aplicables a todos los tipos de construcción, entonces son suficientes las tres grandes divisiones nombradas anteriormente para la presentación de los fundamentos comunes del concreto. Se centrara más la atención hacia el concreto que necesita de la realización de obra falsa tales como vigas, columnas, muros, arcos y algunos revestimientos de túneles, que van reforzados; aquí el espacio para la colocación del concreto es restringido y, en algunos casos, puede necesitarse un tratamiento a la superficie después de remover la formaleta.

3.2 REQUISITOS DEL CONCRETO.

Se puede decir que los principales requisitos del concreto endurecido son:

- a) Que los elementos que lo constituyen estén dispersados uniformemente,
- b) Que tengan la resistencia requerida,
- c) Resistencia al clima o medio ambiente,
- d) Resistencia al desgaste y a otros agentes destructores a los cuales pueda estar expuesto, y

e) Que no tenga una contracción excesiva al enfriarse o secarse.

Otros requisitos secundarios requeridos pueden ser que el concreto tenga una apariencia o acabado de tipo arquitectónico particular; alta resistencia a la abrasión; a productos químicos agresivos; alta impermeabilidad al agua o a otros líquidos. Y como requisitos especiales pueden mencionarse la resistencia al fuego, ligero en peso, especialmente liso o que su acabado superficial tenga una textura hecha a propósito.

El conocimiento fundamental de las partes del concreto hace que el diseñador sea capaz de cumplir tales requisitos hasta donde sea posible, y también al supervisor, para que éste verifique su obtención.

3.3 NATURALEZA DEL CONCRETO.

Cuando el concreto está recién mezclado todos los elementos sólidos granulares que lo conforman, inclusive el cemento, se encuentran separados temporalmente por capas delgadas de agua. Dicha separación de las partículas y el efecto de lubricación de las capas de agua junto con ciertas fuerzas entre los sólidos, logran que la mezcla sea manejable.

El concreto, ya como mezcla, va a tener dos componentes principales que es la pasta, ésta funciona como ligante, y el agregado mineral, con partículas individuales las cuales están embebidas en la pasta y a la vez separadas por ella. La pasta es la mezcla resultante del cemento con aire y agua. El volumen de toda la mezcla será igual al de la masa de cemento, agua y agregado, más la del aire incorporado, o atrapado, o de ambos. El concreto puede tener uno o más aditivos, los cuales pasarían a formar parte del volumen de la mezcla también.

Cuando el concreto es compactado durante la mezcla éste no liberará el aire en su totalidad, y es conocido como aire atrapado. El aire atrapado en concretos bien compactados, de peso normal es, por lo general, inferior al 2%, en volumen. Lógicamente cuando la consistencia del concreto sea más dura y el agregado más pequeño el volumen de aire atrapado será mayor. Comúnmente el aire atrapado existe en el concreto en forma de vacíos dispersos que, por lo general, tienen tamaños comparables a los granos más grandes de arena. El aire atrapado es característico del concreto y en ningún momento su presencia es perjudicial.

Además del aire atrapado, el concreto puede contener poros introducidos a propósito y se puede hacer por medio de aditivos incorporadores de aire; tales aditivos forman en la pasta de cemento, durante la mezcla, gran número de pequeños vacíos esféricos, del tamaño de los granos más pequeños de arena y los más grandes de cemento. A este aire se le denomina aire incorporado.

El objetivo de la inclusión de aire es hacer la mezcla más manejable, que sea resistente a la congelación en aquellos casos en que el concreto endurecido está muy saturado y tiene poca oportunidad de secarse antes de estar expuesto a temperatura de congelamiento. La inclusión de aire también aumenta sustancialmente la durabilidad del concreto, reduce el descascaramiento en pavimentos, aumenta la cohesión y la trabajabilidad, mejora ligeramente la resistencia a los sulfatos al reducir la permeabilidad y disminuye la segregación y sangrado. La tensión superficial y el agente activo que se absorbe en las fronteras de los poros de aire atrapado, le imparten a la pasta mayor cuerpo y cohesión, y estos efectos son más notables cuando mayor es la cantidad de aire presente.

3.3.1 SEDIMENTACIÓN.

Enseguida de la compactación del concreto, si a éste no se le perturba, los sólidos descenderán lentamente a través de la sustancia fluida de la mezcla, quedando en la superficie una capa de agua. A dicho fenómeno se le conoce como sangrado o ganancia de agua. Además como resultado de la sedimentación, en la parte baja del elemento de concreto las partículas sólidas quedan más apretadas.

La sedimentación y el sangrado resultante hacen que el volumen del concreto endurecido sea un poco menor que el que tenía recién colado, hay que hacer notar que el nivel de sedimentación y sangrado resultante están influidas por la fricción contra la formaleta, la temperatura y el manejo; también por las proporciones que se utilicen para la mezcla, el aire atrapado, la consistencia y los procedimientos de compactación que se ejecuten. Es importante mencionar que las mezclas que son proporcionadas adecuadamente y con bajo revenimiento tienen un nivel de sedimentación menor que las aquellas que estén mal dosificadas o con alto revenimiento.

Generalmente se reduce la magnitud y velocidad de la sedimentación, cuando existe aire atrapado, en algunos casos la reducción es tal, que el agua de sangrado se evapora a medida que aparece, es por esta razón que cuando se incorpora aire en el concreto se elimina el sangrado visible.

El sangrado, en climas cálidos y secos ayuda a prevenir el secado superficial y la excesiva contracción plástica que puede crearse por causa del prematuro secado superficial. Un aspecto que tiene que mencionarse es que el sangrado demora los trabajos de acabado, puesto que las operaciones de enrase y pulido, bien sea con llana metálica o de madera, no deben hacerse sobre la superficie húmeda.

Si en algún momento el concreto es vibrado justo antes del sangrado, y nuevamente éste adquiere un estado plástico por vibración, es posible que el sangrado cause la formación de capas de agua y fisuras por debajo de las partículas de agregado y del acero de refuerzo, lo que causa pérdidas de resistencia e impermeabilidad. De esta consideración se deduce que el sangrado no es ventajoso, a pesar que en teoría, reduce la relación agua-cemento, con lo cual se debería mejorar la calidad del concreto. Con la incorporación de aire se puede reducir a la mitad el sangrado.

El supervisor debe poner especial cuidado cuando las condiciones de secado sean muy severas, pues, el sangrado puede continuar por debajo de la superficie de enrase y pulido, ya que ésta, por secado se habría endurecido lo suficiente. Una superficie acabada en tales condiciones es susceptible a descascamiento, causado por la formación de una delgada capa de agua por debajo de la superficie endurecida, proveniente del continuo sangrado de las capas inferiores de concreto, que se pueden encontrar en estado relativamente fresco mientras que ofrecía una superficie suficientemente dura para el acabado. Si se coloca concreto bajo condiciones de secado severo, hay que aplicar un recubrimiento plástico o aspersión fina, para impedir que la superficie se endurezca antes que el interior, y el acabado se debe demorar lo más que se pueda. El mismo problema puede ocurrir cuando en un clima frío se coloque concreto en una sub-base en extremo fría, pues la superficie podría tener efectos de calefacción.

3.3.2 COMPOSICIÓN DE LA PASTA (Cemento-agua).

Debido a que la pasta es la encargada de rodear y separar las partículas individuales de agregado y de conformar a todas éstas como una unidad, la resistencia del concreto se limita por el más débil de los tres componentes que entran en juego, los cuales son:

- a) Resistencia de la pasta,
- b) Resistencia del agregado,
- c) Resistencia de la adherencia que se desarrolla entre la pasta y el agregado.

Al interponerse la pasta, el entrelazamiento de los agregados no contribuye apreciablemente a la resistencia a compresión del concreto endurecido, pero si a la resistencia a flexión, que es importante en pavimentos. Algunos de los elementos constitutivos de la pasta son solubles con el agua, y cuando el concreto va a estar en contacto prolongado con agua blanda o que contenga cloruros, sulfatos o ácidos u otros productos químicos agresivos, es deseable que la pasta sea densa y tenga relación agua-cemento baja.

La resistencia y densidad de la pasta dependerán principalmente de la relación agua-cemento y del grado de hidratación que alcance el cemento, por esto, es necesario limitar la relación agua-cemento y proporcionar al concreto un curado abundante.

3.3.3 PROCESO DE FRAGUADO DEL CONCRETO.

Se sabe que el producto principal de reacción del proceso de endurecimiento tiene configuración de gel, formado de agua y los constituyentes reactivos de las partículas de cemento. Si la pasta se mantiene húmeda, este proceso de hidratación del cemento y formación del gel, continúa a velocidades cada vez menores, mientras haya humedad. Si, en cambio, la pasta no se conserva húmeda, la hidratación del cemento cesará tan pronto el agua se evapore de la pasta; es por esto la importancia de un curado adecuado del concreto.

Después del curado inicial adecuado, la hidratación del curado inicial adecuado, la hidratación del cemento continúa durante un tiempo, el cual es variable, que depende de la temperatura ambiente y de la accesibilidad a una fuente externa de agua. Cuando se cura un concreto común durante un mes en condiciones de humedad de laboratorio, más del ochenta por ciento del cemento alcanza a hidratarse. El porcentaje de hidratación está influido por la molienda del cemento, alcanzando los cementos más finos una hidratación más completa. Sin embargo, en condiciones de campo, el concreto colocado en secciones delgadas y el superficial pueden secarse parcialmente en pocos días. De ahí en adelante el cemento puede no tener más oportunidad para hidratarse en forma continua, pero, si existieran condiciones favorables de humedad, la hidratación podría continuar durante años.

Las velocidades de hidratación comparadas con las de desarrollo de resistencia son diferentes, aunque ambas están relacionadas. A temperatura normal, las primeras etapas de hidratación producen relativamente poca resistencia. En laboratorio, en condiciones normales, en la primer semana se alcanza, aproximadamente, la mitad de la resistencia última a compresión del concreto y al alcanzar el concreto la

edad de veintiocho días, aproximadamente tres cuartos de ella, siempre y cuando se haya usado cemento portland tipo I. Debido a que la ganancia de resistencia se debe al incremento del grado de hidratación del cemento, el secado impide tanto el desarrollo de resistencia como el progreso de la hidratación. Pero, en lugares donde se puede presentar temperaturas menores 0° C, es ventajoso el secado antes de la exposición y después de haber sido protegido para su curado, ya que el concreto saturado se daña más fácilmente por el congelamiento.

Cuando existe aumento de temperatura ambiente se incrementa la velocidad de hidratación y también se modifican las características físicas de los productos de hidratación, mientras mayor es la temperatura ambiente, mayor será el cambio especialmente a edades tempranas. Los cambios que sufre el gel debido a temperaturas altas aplicadas al comienzo es tal que existe pérdida de resistencia última del concreto.

3.3.4 CALOR DE HIDRATACIÓN.

La reacción que se origina entre los elementos constitutivos del cemento portland y el agua está acompañada por la liberación de calor; una parte de éste escapa por la superficie del concreto, pero otra queda retenida y manifiesta su incremento de temperatura. Cuando la temperatura en el concreto aumenta excesivamente se torna en una situación indeseable, pues esto puede disminuir la resistencia y colaborar a que se originen esfuerzos causantes de grietas al descender la temperatura posteriormente, en particular, si la masa está restringida parcialmente y existen diferencias de temperatura entre los diversos puntos de ella. Es claro que la temperatura depende también del tipo de cemento que se esté utilizando y a la vez la temperatura es proporcional al contenido de cemento que se utilice en el concreto.

Para controlar las temperaturas del concreto masivo, se han adoptado varios métodos, entre ellos se puede mencionar el uso de mezcla pobre, de cemento de bajo calor de hidratación, y de un aditivo plastificante reductor de agua para disminuir el contenido de cemento, también el enfriamiento previo de los materiales o el remplazo del agua de mezclado por hielo y el uso de tubería embebida en concreto por la cual se hace circular agua. Otras medidas menos radicales son tales como programar las fundiciones en los períodos más fríos del día, o durante las estaciones más frías.

En grandes masas de concreto, en las que el calor escapa lentamente, la temperatura se eleva.



Fig. 2. En las obras en las cuales se ejecutan fundiciones de concreto masivo, es necesario tomar las medidas pertinentes para que no existan problemas posteriores como puede ser la disminución de la resistencia del concreto o fracturas en él debido a los esfuerzos que se pueden generar al descender la temperatura.

3.3.4 CURADO Y PROTECCIÓN.

El periodo de curado que se exige en las especificaciones tiene por objeto asegurar la obtención de la resistencia potencial y prevenir la formación de grietas superficiales, causadas por la rápida pérdida de agua y la contracción resultante que ocurre cuando el concreto no ha adquirido todavía buena resistencia y es incapaz de resistir los esfuerzos de contracción del fraguado. Un poco después de terminado el curado especificado, la hidratación del cemento de vigas de sección delgada, columnas y losas, que no estén en

contacto con agua o tierra húmeda, se reduce en tal forma que se vuelve insignificante en la superficie y sus proximidades.

Cuando un elemento está protegido de la lluvia u otra agua libre, la hidratación puede continuar a velocidades significativas, en las partes ya secas del concreto, únicamente si la humedad ambiente relativa está bastante por encima del ochenta por ciento. Por otra parte, los elementos de sección delgada en contacto con tierra húmeda u otro elemento con agua libre, como es el caso de los muros de contención y losas de pavimento, continúan hidratándose a velocidades significativas. Es estas circunstancias el propósito principal del curado especificado es prevenir la rápida extracción de agua al comienzo, que ocasionan las subrasantes secas, el sol y el viento, de manera que se asegure la pronta obtención de la resistencia especificada y se reduzcan los efectos de la contracción por fraguado. Es muy deseable que la hidratación del cemento se lleve a cabo más allá de lo necesario para obtener la resistencia requerida.

La remoción de agua existente en el concreto por hidratación del cemento de mezclas muy ricas puede adquirir importancia cuando se cura el concreto colado por medio de compuestos comerciales de curado, del tipo que forman membrana. Los compuestos disponibles solamente retardan la pérdida de agua; no proporcionan sellado perfecto ni suministran agua. Sin embargo, cuando se aplican con prontitud y en la forma correcta a mezclas de proporciones ordinarias, pueden retener el agua evaporable durante tiempos suficientemente largos como para que el concreto alcance su resistencia especificada en un período aceptable.

3.3.5 RESISTENCIA A LA CONGELACIÓN.

Una de las causas naturales que puede provocar la desintegración de las estructuras expuestas de concreto, es la acción de congelación y descongelación, especialmente, cuando el concreto se encuentra saturado durante la congelación, algunas veces resultan afectados tanto la pasta endurecida como los agregados.

La pasta del cemento resulta afectada debido a la congelación, pues, el agua que se puede encontrar atrapada en ella produce un incremento en el volumen de la pasta al congelarse, que sobrepasa la cantidad de expansión que puede soportar sin daño. Además algunas partículas de agregado que tienen poros lo suficientemente grandes como para permitir la entrada lenta de agua, pero no tanto como para que ésta salga rápidamente, aliviando así la presión cuando comienza el congelamiento, pueden tener más agua

congelable en el momento en el que se presente la congelación, que en la que están en capacidad de soportar. Incluso en algunos casos puede que el agregado no se vea afectado, pero al contener agua, virtualmente sellada dentro de sus poros por la densa pasta del cemento que las rodea, al congelarse no tienen más que romper la piedra, la pasta, o ambas y en consecuencia, perjudicar el concreto si efectivamente se congela cuando los poros están llenos o casi llenos. Es importante mencionar que mientras menor sea la porosidad de la pasta, mayor será la resistencia del concreto a la congelación.

3.3.6 PROTECCIÓN CON AIRE INCORPORADO.

Normalmente la pasta producida en el concreto, por contener agua congelable, no puede soportar por largo tiempo la acción del congelamiento después de saturarse. Pero, si se procura que la pasta contenga gran número de poros de aire, pequeños y muy próximos, mediante el uso de un aditivo incorporador de aire, el congelamiento no dañará la pasta, aunque la porción de ella que rodee los poros esté saturada de agua. Para que sean efectivos, los poros inducidos deben ser muy numerosos y la distancia máxima calculada entre cualquier punto de la pasta y la superficie de un poro de aire sea menor que 0.2 mm.

La cantidad de aditivo inductor de aire que se requiere en un concreto sujeto a congelamiento severo, es la que pueda producir los porcentajes de aire siguientes, estos porcentajes fueron calculados para lograr el espaciamiento de poros mencionado.

Tamaño máximo del Agregado grueso (plg.)	Porcentaje total de aire
3/8	7.5+-1.5
1/2	6.0+-1.5
1 1/4	5.5+-1.5
3	4.5+-1.5
6	4.0+-1.5

¹ Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, Manual para Supervisar Obras de Concreto ACI 311-92, Primera Edición, Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial 1952, México, Año 1994, Página 45.

El comité 201 ACI cree que los contenidos de aire se pueden reducir aproximadamente 1%, siempre y cuando existan datos experimentales o experiencia que apoye la decisión, para casos particulares de combinación de materiales, prácticas constructivas y exposición.

3.3.7 CONTRACCIÓN Y EXPANSIÓN.

Como es de conocimiento general, todo cuerpo sufre contracciones por cambios de temperatura y humedad, lo mismo sucede con el concreto, se contrae cuando seca y se expande al ser humedecido. Cuando se conserva continuamente húmedo, se expande lentamente por varios años, pero tanto la cantidad total como la rapidez de expansión son, por lo general, tan pequeños, que se considera que el volumen permanece constante. Sin embargo, es usual que el concreto no se mantenga continuamente húmedo, sino que esté sometido a pérdida de agua y por consecuencia a la contracción, en vez de que se expanda. Puesto que una parte de la contracción debida al secado inicial es irreversible, también el máximo volumen en la vida de la estructura se presenta, en condiciones ordinarias, cuando el concreto está recién fraguado.

Tan pronto se haya secado el concreto hasta tener un contenido constante de agua en condiciones atmosféricas, una disminución de humedad le hará perder agua y un aumento le hará ganarla, lo que significa que la pasta de cemento endurecida es higroscópica. Entonces el concreto se contrae o expande con cada cambio de contenido de agua.

Al existir un cambio de estado saturado a seco, un concreto promedio se contraerá alrededor de 0.55 mm/m, o sea, 0.06 %. Esto es equivalente, aproximadamente, a la cantidad de contracción que produce una caída de temperatura de 38° C.

Tanto el cemento como el agregado en particular en uso, o la porosidad del concreto influyen sobre la cantidad de contracción en condiciones dadas de secado, pero lo más importante es la cantidad total de agua en la mezcla original.

Cuando un elemento de concreto está restringido contra la contracción, o bien sea por la subrasante, el esfuerzo, o conexiones estructurales con otros elementos, tiende a agrietarse como resultado de la contracción por secado de los efectos combinados de los cambios térmicos y desecado. Más aún, cuando en un elemento estructural la superficie del concreto endurecido se seca más rápido que el interior,

se originan esfuerzos diferenciales que pueden causar la formación de grietas extensibles hacia adentro en una corta distancia, a partir de la superficie. El secado desigual de superficies opuestas de losas con un poco o ningún refuerzo, como es el caso de pavimentos, puede causar que aquellas se onduen, especialmente en los bordes y esquinas, fenómeno que se conoce como alabeo, aunque este término es más apropiado para describir desplazamientos similares, causados por movimientos de la subrasante. Aunque la contracción por secado es una de las causas principales para el agrietamiento, también hay que tomar en cuenta otros factores como, la resistencia a la tensión, las características de esfuerzo-deformación y la difusión de humedad del concreto, que se deben considerar para tomar en cuenta las diferencias en el agrietamiento de las estructuras realizadas con concreto.

Las variaciones de volumen del concreto debido a cambios de temperatura son tan importantes para el comportamiento de la estructura, como lo es la contracción por secado. La restricción de la contracción térmica puede causar agrietamiento en los elementos estructurales o en las losas; por eso, es necesario tomar medidas para minimizar el agrietamiento provocado por el aspecto térmico. En construcciones de concreto reforzado, el refuerzo que se emplea para resistir la carga, generalmente, cumple dicho propósito. Sin embargo, en losas con poco o ningún refuerzo, es preciso formar o cortar juntas de adecuada profundidad, a intervalos apropiados, que proporcionen alivio de esfuerzo en sitios planeados y eviten agrietamientos incontrolables. Cuando los elementos no requieren de refuerzo estructural, con colocar un ligero acero llamado por temperatura, se controlará el agrietamiento térmico, y generalmente se producirán muchas grietas pequeñas, insignificantes, en vez de unas pocas pero grandes y objetables.

3.3.8 REVENIMIENTO.

El revenimiento puede ser de gran ayuda para controlar la consistencia del concreto, hacienda esta prueba el operador de la mezcladora o el chofer del camión mezclador para atender y ajustar el revenimiento deseado tal como está mezclado.

La consistencia del concreto es una medida de trabajabilidad, la cual se puede definir por sus características de revenimiento. Los métodos estándar de ASTM referentes a la prueba de revenimiento la resumen así:

- a) Colocar un cono húmedo y limpio sobre una superficie plana, húmeda y no absorbente.
- b) Llenar el cono con concreto fresco en tres capas de igual volumen, con la capa superior amontonada encima del cono. Apisonando con una varilla 25 veces cada capa. Manteniendo el cono firmemente en su lugar durante el relleno y el varillado.
- c) Luego se procede a levantar el cono en un suave movimiento vertical, y medir el revenimiento con respecto al centro original con una aproximación de 6 mm.

Es de importancia que los registros de los medidores de potencia usados en la mezcladora (watts, presión de aceite y otros) se puedan instalar en un lugar conveniente, debido a que la relación entre la potencia usada y el revenimiento deseado del cemento se puede establecer, de tal modo que los ajustes al agua de mezclado se pueden hacer de acuerdo a la lectura de potencia.

También es necesario mencionar que algunos trabajadores tienen la tendencia de hacer la consistencia del concreto tan húmeda como sea posible, debido a que una consistencia así reducirá el trabajo de colocación. Sin embargo, el uso de una consistencia más húmeda resulta en afectar la resistencia del concreto y también en una demanda mayor de cemento, dependiendo si se diluye la pasta agua-cemento en el nivel requerido. A mayor contenido de agua, mayor será la contracción en el concreto. Más aún, los concretos con mucha agua tienen una tendencia mayor a la segregación. Por esto, la mezcla sólo ha de contener la cantidad necesaria de agua para su colocación. Cuando se requiera tener una consistencia menor con el fin de tener una mejor trabajabilidad, se puede lograr utilizando aditivos específicos para esto, los cuales no diluyen la relación agua-cemento.

Generalmente la consistencia se regula variando la cantidad de agua añadida a la mezcladora. El promedio del contenido de humedad de los agregados y el promedio de requisito de agua adicional en la mezcladora demostrarán si la mezcla promedio cumple o no con las especificaciones, en lo que respecta a la relación agua-cemento; de no ocurrir así la mezcla no obtendrá la consistencia, deberá ajustarse, variando los volúmenes apropiados de sólidos, para mantener el mismo rendimiento por carga, según ACI 211.1.

Es necesario verificar los extremos de alto contenido de agua y si ellos resultan en valores más altos que los admisibles de relación agua-cemento, hay que usar una mezcla más rica, o bien tomar acción para controlar los finos en el agregado grueso.

Se deben efectuar pruebas de consistencia de vez en cuando para llevar un registro y poder determinar el cumplimiento de las especificaciones, pero la trabajabilidad del concreto y la adecuación de su

consistencia tienen que juzgarse desde el punto de vista de cómo está respondiendo el concreto al trabajo y vibración en las formaletas, y no únicamente por los resultados obtenidos en las pruebas. El resultado de una sola prueba no es base para el rechazo, debido a que la prueba puede estar sujeta a variación considerable, en especial si la persona que la está ejecutando no ha sido capacitada para ello.

Capítulo 4.

SUPERVISIÓN DEL SITIO ANTES DE LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO

Antes de proceder a la colocación del concreto es importante supervisar cuidadosamente el lugar donde se colocará el concreto. Algunos de los aspectos que generalmente deben supervisarse pueden ser, verificar las condiciones de preparación del lugar en donde se fundirá, si en caso se tratara de una cimentación o pavimento habría que supervisar la tierra para tener la seguridad de una compactación y humedad apropiada. Siempre antes de toda fundición debe humedecerse completamente el material para proporcionar humedad al concreto durante el curado. Por otra parte, no se debe permitir la existencia de pozas de agua estancada al estarse llevando a cabo la fundición, pues, éstas incrementan la relación agua cemento del concreto.

Así como la falta de humedad, también la colocación inapropiada del refuerzo puede conducir a un agrietamiento severo, corrosión del refuerzo y deflexiones o inclusive fallas. Otras de las cosas importantes para tomar en cuenta antes de proceder a una fundición es que las formaletas sean herméticas, que se encuentren alineadas, que se les haya aplicado un agente que agilice la labor de desencofrar y que éstas estén limpias, para lograr que las superficies expuestas sean placenteras visualmente y así poder obtener un concreto sano.

Es muy importante tener conciencia que los resultados insatisfactorios y las imperfecciones comunes en una construcción son muchas veces resultado de falta de preparación adecuada del sitio.

4.1 ESTUDIO PRELIMINAR DEL SITIO.

Cuando el supervisor llega a la obra por primera vez debe irse familiarizando tan pronto como le sea posible, y debe hacerlo con los documentos contractuales y con todos aquellos requisitos que sean relevantes de cualquier especificación, también con los códigos de construcción y las condiciones del sitio.

Es aconsejable al llegar a una obra seguir los siguientes lineamientos:

- a) Cuando no haya un personal de ingeniería, ver todos los documentos del contrato y que éstos correlacionen uno con otro y todas las instrucciones especiales que hay que seguir.
- b) Examinar cuidadosamente todos los detalles de los planos y los dibujos para el montaje o colocación y verificar que éstos correspondan con los documentos.
- c) Corroborar los detalles del refuerzo y otros que puedan llegar a causar problemas de construcción.
- d) Es necesario observar el plano general de trabajo, pero también es necesario observar la planta, el equipo y la organización del contratista.
- e) Se debe prestar especial atención a los trabajos de compactación, tanto en los procedimientos como del equipo utilizado para ejecutar dicho trabajo; además a la dosificación para la elaboración del concreto, al mezclado, transporte del concreto y limpieza de las juntas constructivas, por último al equipo usado para vibrar el concreto colocado.
- f) Inspeccionar los métodos que han de usarse para el curado, desencofrado, apuntalamiento y desapuntalamiento, como también a los procedimientos de prueba.
- g) Tomar en cuenta las condiciones del sitio tales como colindancias, rasantes, cimentaciones existentes y otras; la localización de los derechos de paso, la ubicación de carreteras, arroyos, alcantarillas, tuberías, postes o alambres y otros servicios públicos aéreos o subterráneos que se puedan ver afectados por la construcción. Deben conocerse las disposiciones especiales o regulares del tránsito y todos aquellos reglamentos que sean de seguridad.

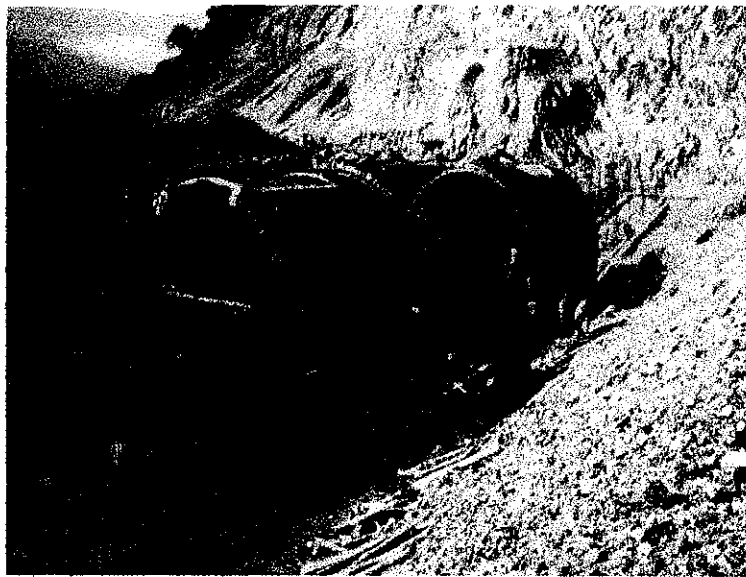


Fig. 3. Las formaletas deben ser lo más herméticas posibles y deben encontrarse bien apuntaladas, además deben tener sus superficies húmedas o desencofrante para evitar que se adhiera el concreto, con todo esto se puede lograr la apariencia deseada sin ningún tratamiento decorativo.

4.2 INSPECCIÓN DE TRABAJOS DE PREPARACIÓN.

Cuando se va a colocar concreto en una sección dada de trabajo, hay que supervisar la excavación, la formaleta, los puntales, el reapuntalamiento, el refuerzo y los detalles ahogados para estar seguro de que éstos cumplen con los requisitos contractuales. Además, antes de comenzar la colocación del concreto, debe el supervisor asegurarse que se hayan ejecutado los preparativos necesarios para formar las juntas constructivas, y también los preparativos para curar y proteger el concreto.

Con el fin de evitar al mínimo los retrasos, se hace necesario supervisar en tres etapas de trabajo los siguientes aspectos, definidos por cada una de las etapas:

a) Preliminar:

Debe hacerse una supervisión preliminar al finalizar los trabajos de excavación, si es que existen, y luego se deben supervisar las formaletas que se hayan construido; en las formaletas se ha de verificar que tengan las dimensiones establecidas, que sean satisfactoriamente estables, con lo cual el contratista puede entonces proceder a la limpieza y aplicar algún desencofrante y así poder colocar el acero de refuerzo y los accesorios que pudieran ir colocados. No siempre se ha de seguir estrictamente el orden de la colocación de la formaleta en primera instancia y luego el acero de refuerzo, y la aplicación del desencofrante, pues éstos son procedimientos de los cuales podría tener opción el contratista de realizarlos como más cómodamente y funcional le resulte.

b) Semifinal o limpieza:

Cuando todo esté correctamente ubicado y preparado para poder colocar el concreto, el supervisor debe hacer una supervisión detallada del área donde se fundirá, revisando nuevamente la formaleta, los refuerzos y todo el equipo o las partes que vayan a ser ahogadas en el concreto. Al estar todo correctamente colocado dentro del área que se fundirá, el trabajo está listo para ser sometido a una limpieza final antes del colado.

d) Final:

Justo un momento antes que el concreto sea colocado se lleva a cabo la supervisión final, en ningún momento las formaletas y los accesorios deben ser desplazados, las superficies deben estar limpias y, si está especificado o si es necesario deben de estar húmedas. Todos los aspectos importantes y necesarios de conocer se encuentran detallados en el formulario de verificación, el cual debe ser firmado de conformidad por la supervisión y contratista. Al ser firmado el formulario de verificación el supervisor está autorizando al contratista a colocar el concreto en el lugar y esto quiere decir que él mismo ha cumplido con los requisitos respecto a, lo adecuado de los materiales, las proporciones y las condiciones de trabajo como lo es el clima, tiempo, luz, equipo, acceso para la carga y descarga de concreto en el tiempo pertinente, protección para el curado, y otros aspectos relevantes.

En la supervisión final debe observarse que, todo el apuntalamiento y contraventeo para estar seguro de que no se va aflojando o que esté mal colocado, además se ha de ver toda la formaleta con la finalidad de ver si no ha sufrido daños y que tengan la hermeticidad contra el flujo del concreto. Se ha de verificar el refuerzo para ver que esté completo y colocado apropiadamente, verificando que obtenga el recubrimiento necesario; cuando se tienen vías de paso para transportar el concreto es necesario prestar atención especial y algunas veces reforzar dichas vías.

También se tendrán que verificar todos los elementos ahogados que se coloquen, viendo que se encuentren bien localizados, ubicados y protegidos contra la contaminación. En las juntas de construcción, al igual que en la formaleta, se debe ver que se encuentren debidamente limpias removiendo el material extraño y libres de humedad en la superficie. Se debe estar seguro que a la formaleta se le aplicó desencofrante u otro material que ayude a removerla. Hay que asegurarse que todas las preparaciones han

sido completadas para la supervisión final, no es una buena práctica acabar algunas preparaciones cuando están empezado las operaciones de colado.

Pero además es importante la supervisión que conlleva los trabajos preparatorios tales como:

4.2.1 EXCAVACIÓN Y CIMENTACIÓN.

Las superficies excavadas, contra las que se va a colocar concreto, deben cumplir con requisitos especificados de localización, dimensiones, forma, compactación y humedad; además es muy prudente tomar medidas adecuadas para ubicar drenajes para las excavaciones.

a) En el caso que se vayan a construir losas sobre terreno:

Es necesario supervisar que la subrasante, según requisitos de los documentos contractuales, cuente con la compactación establecida y necesaria para su buen funcionamiento. Aquí el tipo de material de la subrasante será el que dicte qué equipo de compactación es el más adecuado para utilizar, cuando los materiales son cohesivos como el caso de las arcillas funcionan mejor para la compactación los rodillos o equipo de apisonamiento. Los materiales sin cohesión, tales como arena y materiales granulares, se compactarán mejor con equipo vibratorio.

Se debe prestar particular atención a la compactación a lo largo de bordes de los muros de cimentación. Han de eliminarse lugares suaves y todas las porciones de la subrasante que pudieran estar sujetos a asentamiento o abultamiento en algún momento. Algunos de éstos pueden ser fisuras en la subrasante, capas inclinadas, capas de arcilla y arenas que contengan agua.

Se le ha de tener especial cuidado a la compactación en zanjas y baches.

b) Para cimentación de edificios:

Debe verificarse que la excavación esté hecha hasta alcanzar material firme, ya que el suelo por debajo de las zapatas debe tener la capacidad de soporte requerida en el diseño. El material firme puede ser logrado a través de compactación y obviamente puede ser el suelo original sin modificar.

Cuando las excavaciones se hacen en roca las superficies deben ser sanas y firmes, además tendrán que ser completamente expuestas, perpendiculares a la dirección de la carga, y de la capacidad requerida de soporte que especifica el diseño.

Se ha de amarrar las zapatas a la roca colocando varillas ancladas a ésta, si fuera necesario, para lograr mayor estabilidad.

Preferentemente, cuando se va a cimentar contra roca debe limpiarse la superficie con agua o con un chorro de agua y aire, seguido de un chorro de aire, para eliminar el exceso de agua. A continuación se deben remover los charcos de agua.

Si fuese necesario hacer demoliciones o voladuras han de tomarse todas las precauciones necesarias para no afectar la excavación u otros cimientos cercanos.

Uno de los aspectos muy importantes en la supervisión es que las superficies en contacto con el concreto que se va a colocar deben de estar húmedas, pero esto no quiere decir que se encuentren suaves.

En el caso que se necesite colocar concreto nuevo contra concreto viejo, la superficie de éste se debe limpiar, quitando aceite, grasa, lechada y toda materia extraña. Algunas veces en los documentos contractuales se requiere rugosidad, pero la aspereza no es necesaria para lograr una buena adherencia, esto se puede lograr al obtener una superficie limpia por completo, una superficie de junta limpia que se aproxima a la condición de sequedad sin agua libre es lo mejor para lograr una buena adherencia.

c) Para cimentaciones con pilotes:

En el caso que el concreto tenga que ser soportado por pilotes, se debe supervisar y verificar el número, localización y penetración de cada uno de ellos. Se supervisará que los pilotes después de hincarse no se hallan desviado fuera de las tolerancias indicadas se ha de reportar para tomar las medidas pertinentes.

4.2.2 FORMALETAS PARA EDIFICIOS.

Deben supervisarse las formaletas y los apuntalamientos de las mismas que soportarán el concreto, antes de que empiece el colado. La supervisión de las formaletas se refiere a la ubicación y dimensión de éstas, luego de haber colocado el concreto las formaletas pueden sufrir cambios, respecto a colocación y construcción, esto puede ser por el peso del concreto, el peso de los trabajadores y el equipo empleado para colocar el concreto; causando asentamientos en la formaleta, o pandeos que causen abultamientos o hundimientos. Es por esto entonces que se debe verificar que:

- a) Las cimbras, tan pronto como sea posible después de ser montadas, se revisen y se puedan corregir los errores que surjan y corregir también aberturas que provoquen falta de hermetismo, tratando de minimizar los retrasos.
- b) Debe chequearse el número, tipo y ubicación de los párales, pues puede que se necesite reforzar colocando párales a intervalos más cortos que los que se han considerado. Tiene que asegurarse que los puntales se encuentren apoyados en áreas adecuadas, las cuales no puedan sufrir asentamientos.
- c) En muchas ocasiones es necesario durante los colados ajustar los puntales y es por esto muy aconsejable contar con párales telescópicos que tengan tornillo de ajuste, para poder así, por medio de éstos, mantener las elevaciones apropiadas.
- d) Cuando se construyen pisos sucesivos una buena práctica es colocar los puntales directamente sobre los que están por debajo.
- e) Para fundiciones grandes o importantes, deben colocarse indicadores tales como hilos y líneas de plomo dejadas en su lugar durante las operaciones de colocación del concreto, éstas deben estar colocadas en diferentes ubicaciones de las formaletas, particularmente en lugares que pueden causar dificultades. Es muy importante que las formaletas sean bien amarradas y apuntaladas, pues un abultamiento o hundimiento es demasiado difícil de regresarlo a su lugar durante el colado por las presiones que ejerce el concreto a la formaleta.
- f) Para controlar el asentamiento y pandeo pueden utilizarse contraflechas en la formaleta, generalmente se diseñan contraflechas de 2 milímetros por metro de longitud o luz de los elementos estructurales.
- g) Una buena práctica es mantener a un trabajador monitoreando la formaleta respecto a los indicadores que se ha dejado, al igual que la hermeticidad, el apuntalamiento y que los elementos que han de quedar ahogados en el concreto no sufran desviaciones por fuerzas de empujes que pueda causar el concreto hacia ellos.
- h) Generalmente los apuntalamientos de los voladizos son críticos, hay que poner especial atención en la supervisión de éstos.

- i) En caso que después de la supervisión se note la posibilidad de resultados insatisfactorios, es conveniente notificarlo al constructor por escrito, si no se toman acciones correctivas.

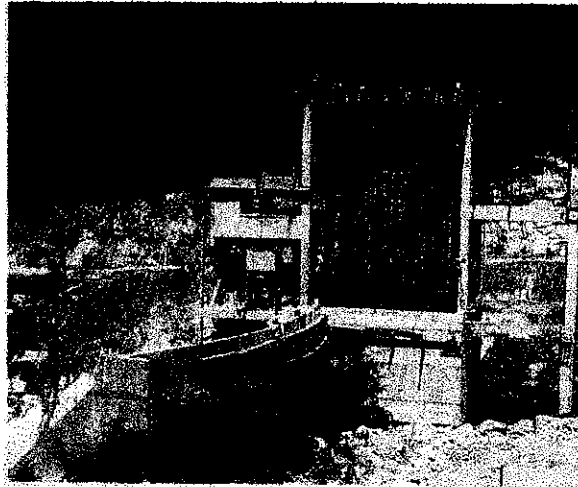


Fig. 4. En fundiciones de concreto de gran tamaño, la obra falsa que sirve como molde para la estructura debe ser adecuadamente calculada y además no debe perderse de vista la supervisión de la misma. Puesto que al no tener un diseño adecuado puede obtenerse un producto final no deseado.

Es recomendable en las formaletas ya sean metálicas o de madera, que sus superficies sean lisas, con juntas apretadas y libres de agujeros, para evitar que el concreto se escape durante la vibración; cuando la apariencia de la estructura sea importante deben arreglarse los forros y los separadores de las cimbras para lograr patrones nítidos, los sujetadores y espaciadores de las cimbras no deben dejar metal cerca de las superficies expuestas, ni doblarse si los trabajadores se suben en ellas. Cuando se utilicen amarres de alambre se debe tratar de hacer agujeros tan pequeños como sean posibles. También es aconsejable, antes de colocar el concreto, mojar las formaletas o colocarles algún aceite u otro material satisfactorio que no cause manchas en el concreto o que pueda corroer la formaleta si ésta es de metal.

4.2.3 COLOCACIÓN DEL REFUERZO.

Aquí es necesario verificar la resistencia, grado, tamaño, dobleces, espaciamiento horizontal y vertical, ubicación, amarres, conveniencia de soporte y condición de la superficie. Es aconsejable no esperar hasta el último momento para realizar la supervisión del acero, con el fin de evitar cambios o modificaciones cuando el acero se encuentre totalmente amarrado.

Por otra parte se deben corregir todos los detalles de dobléz, a menos que se especifiquen límites más reducidos en los documentos contractuales. Las varillas cuando aún no están dobladas deben tener una tolerancia en longitud de una pulgada. Las varillas dobladas usualmente se miden de exterior a exterior de la varilla. Para no tener problemas con el armado del acero se deben cumplir los siguientes aspectos:

- a) Sin importar la tolerancia de dobléz, todas las partes de las varillas deben tener el recubrimiento especificado. Al hacer los dobleces de las varillas ha de cerciorarse, con una primer varilla, que ésta entre en la formaleta y que tenga las dimensiones requeridas, antes de proceder a hacer los dobleces de todas las demás.
- b) No ha de doblarse o enderezarse la varilla de manera que ésta pueda debilitarse, tal es el caso de calentar el acero para realizar el dobléz. Se ha de calentar el acero únicamente si es aprobado por el diseñador, debido a que éste cambia las características del mismo y en todo caso no debe calentarse el acero arriba de 93° C, y ha de permitirse que se enfríe en forma lenta.
- c) Si se van a realizar dobleces de varillas que estén embebidas en concreto, es necesario evitar el daño al concreto que las rodea.
- d) Nunca ha de doblarse o calentarse el acero preesforzado.

Antes de colocar el refuerzo se debe supervisar que la superficie esté libre de capas objetables de corrosión; una delgada película adherente de oxidación o escamas de la fábrica no son causa de rechazo, pues esto ayuda a la adherencia del acero al concreto. En cambio, si han de eliminarse capas de pintura, aceite, grasa, lodo seco, o concreto seco y débil.

En la instalación del acero de refuerzo éste tiene que estar a una distancia mínima de la superficie de concreto para evitar pandeo bajo ciertas condiciones de cargas de compresión, evitar herrumbre, o pérdida de resistencia cuando se exponga al fuego. Cuando los concretos son expuestos se requieren márgenes más grandes de recubrimiento. Se verificarán los espaciamientos de los estribos, si hay más de una parrilla de refuerzo deben alinearse las varillas de refuerzo verticalmente una encima de la otra en ambas direcciones horizontales, para minimizar la interferencia con la colocación del concreto. En caso que al colocar el acero éste esté demasiado congestionado pueden proveerse aberturas planeadas en la parte superior de las parrillas y con esto evitar el esparcimiento y la segregación del concreto. Estas aberturas han de cerrarse en el momento preciso en que la fundición llegue al nivel de la abertura, si alternativamente es aprobado por el diseñador dejar dichas aberturas, éstas quedarán permanentes. También es importante que los empalmes de

las varillas se encuentren escalonados, al igual que el empalme de los estribos que también debe escalonarse en las cuatro esquinas de las columnas o vigas. Los empalmes deben ser exactamente como están especificados en los documentos de diseño, en cuanto a su longitud de desarrollo, pues de esto depende su resistencia.

Todo el refuerzo debe mantenerse firmemente en su lugar antes y durante el trabajo de colocación del concreto. Para esto se usan bloques de concreto, soportes metálicos y de plástico, varillas espaciadoras, alambres y otros accesorios que eviten cualquier desplazamiento del acero. Usualmente se colocan apoyos a cada 1.5 o 1.8 metros. No es aconsejable que se utilicen materiales corroibles para apoyos en partes expuestas de concreto o de contacto con el suelo.

4.2.4 ELEMENTOS AHOGADOS.

En caso se coloquen pernos de anclaje, mangas para tubos, tubos, conductos, el alambrado, bota aguas, marcos de tapas de pozos de visita, instrumentos, placas para anclaje u otros accesorios ahogados, básicamente ha de supervisarse que se encuentren colocados en las posiciones y ubicaciones correctas a los requerimientos que se necesitan. También debe tomarse en cuenta que todos los metales distintos al acero de refuerzo que se coloquen ahogados en concreto pueden causar una acción de corrosión galvánica, a menos que se les aisle, usualmente se utiliza pintura, la cual forma una película inhibidora.

En la colocación de elementos ahogados las varillas de refuerzo pueden moverse hasta un máximo de un diámetro de varilla sin requerir ninguna aprobación, de acuerdo con el ACI 301.

Cuando se colocan conductos y tienen un diámetro menor de 1 pulgada o menos no reducen significativamente la resistencia del concreto en compresión, pero cuando éstos se agrupan pueden requerir refuerzo extra por arriba y por debajo para minimizar el agrietamiento en dicho punto.

Si se hacen insertos de madera se han de humedecer perfectamente para evitar que éstos se hinchen y puedan ocasionar que el concreto se agriete.

Sin en algún momento es necesario crear aberturas adicionales que no muestren los documentos, debe pedirse al diseñador que apruebe las aberturas propuestas, además es necesario colocar en las esquinas de las aberturas varillas diagonales cortas, las que resistirán los esfuerzos que se generarán alrededor de la abertura, y los que pueden generar fallas en la estructura, estas varillas diagonales cortas se omitirán cuando las aberturas sean demasiado pequeñas.

4.3 FORMULARIO DE VERIFICACIÓN.

El utilizar un formulario de verificación produce muy buenos resultados, ayudando a tener un mejor control en los trabajos preparatorios para la colocación del concreto, produciendo éste un sistema de supervisión, con la finalidad de obtener un trabajo final satisfactorio y que cumpla con los requerimientos y especificaciones.

Solicitud de Concreto

FECHA EMISIÓN

CONTRATISTA		
LUGAR		
DIBUJO DE REF.		
CÓDIGO HAC.		
CANTIDAD		M3
RESISTENCIA F' C	PSI	KG/cm2
REVENIMIENTO		
CONCRETO FRAGUADO		NORMAL
		RÁPIDO
BOMBA REQUERIDA		SI
		NO
FECHA REQUERIDA		
HORA REQUERIDA		

CROQUIS DE UBICACIÓN

OBSERVACIONES

CONTRATISTA

SUPERVISOR

OPERADOR
DOSIFICADORA



Capítulo 5.

PROCEDIMIENTOS PARA LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO.

Al haberse completado los procedimientos preliminares para la colocación del concreto, con el fin de obtener un concreto satisfactorio se requiere que:

- a) Se transporte el concreto, se coloque y consolide sin que éste llegue a sufrir segregación; se deben llenar todas las partes de la formaleta, obteniendo una segregación completa. Logrando así eliminar las bolsas de aire y de agregado, lo cual asegura la adherencia del concreto con el acero de refuerzo y en algún momento con concreto existente.
- b) Se mantenga la uniformidad del concreto, manteniendo la calidad requerida.
- c) Que se le proporcione un curado adecuado al concreto colocado.

Al conjugar las acciones preparatorias de los sitios, las adecuadas supervisiones del concreto y los tres aspectos mencionados anteriormente se logra el elemento de concreto deseado.

5.1 CONDICIONES DEL SITIO.

Debe empezarse la colocación del concreto hasta el momento en el cual se hayan cumplido los requisitos de los documentos del contrato respecto a la preparación del sitio, así también a la ubicación y condiciones de la formaleta conjuntamente con el acero de refuerzo. Además de los puntos tratados en el capítulo anterior tienen que complementarse los siguientes aspectos:

- a) Revisar los tiempos de descarga del concreto para colocar, la entrega del concreto no debe ser tan rápida lo cual haga que resulte difícil o imposible la colocación y la consolidación. Cuidando sin embargo que la entrega, colocación y consolidación sean lo suficientemente rápidos para que no se ocasionen retrasos y en especial juntas frías. Es bueno mencionar que los retrasos ocasionan pérdidas de revenimiento en el concreto.
- b) Verificar si los documentos contractuales prohíben las fundiciones nocturnas con el objeto que se tenga la visibilidad necesaria para efectuar la fundición, si prohíben las fundiciones en períodos de extremo calor, viento o lluvia, a no ser que se procuren ciertas operaciones para brindar las condiciones o

protección necesaria. En otros casos se opta por las fundiciones nocturnas con el objeto de aprovechar la temperatura que brindan estas horas de la noche, generalmente se hace cuando son fundiciones de concreto masivo, tableros de puentes o pavimentos, los cuales tienden a agrietarse por la temperatura elevada más el calor de hidratación que generan.

- c) No debe vaciarse concreto en algunos lugares tales como columnas y muros hasta que haya transcurrido el tiempo necesario especificado que permite el asentamiento, el endurecimiento, o el enfriamiento del concreto previamente colado, sin que se llegue a formar una junta fría, la cual seguramente podría ocasionar problemas de resistencia.
- d) Debe supervisarse que se cuente con el equipo necesario para la operación de colocación del concreto y que el mismo sea suficiente, lo cual asegure la continuidad en el trabajo si se llegara a dañar alguno.
- e) Se supervisará que el personal sea suficiente para el trabajo, pues, en algunas situaciones, especialmente en áreas grandes de losas, se necesita que se le vaya dando el acabado en un tiempo límite, el cual lo marcará el clima y la cantidad del concreto usado.

5.2 MANEJO DEL CONCRETO.

Aquí el responsable directo del transporte, colocación, la consolidación, el acabado, el curado del concreto y en algunos casos de las pruebas de concreto fresco es el supervisor de la colocación del concreto. Esto hace necesario que se verifiquen los contadores de revoluciones de los camiones mezcladores, el mínimo generalmente varía entre 70 a 100 revoluciones a velocidad de mezclado y cuando hay revoluciones adicionales éstas deben ser solo de agitación. Se debe revisar que los depósitos de agua de los camiones estén llenos cuando se descargue el concreto, o que mantengan completamente vacíos según documentos contractuales. Deben leerse las boletas de dosificación de cada camión, las cuales tienen que contener el nombre de la empresa para la cual va dirigido el despacho, la dirección de la obra, cantidad de metros cúbicos que lleva el camión, el producto, tipo, No. de pedido, fecha, planta, No. de camión, hora de salida de la planta dosificadora, espacio para llenar la hora de llegada a la obra, hora en que se descarga, hora en que sale de la obra y llegada a la planta dosificadora. Esta boleta debe venir firmada por el despachador y firmarse si se recibió conforme.

En la mayoría de los contratos se limita el tiempo en que se puede utilizar el concreto después de que éste fue mezclado. Este límite de tiempo generalmente se da debido a que el concreto después de un

tiempo ya no permite su adecuada colocación, ni consolidación, mucho menos darle un acabado adecuado sin la adición de agua. No obstante no debe confundirse la adición de agua retardada con la adición inicial de agua para ajustar el revenimiento que se requiere, dicha operación se ejecuta durante el mezclado o cuando los camiones mezcladores llegan por primera vez al sitio de la obra; dicha adición de agua no debe sobrepasar la relación máxima de agua cemento.

5.2.1 EL TRANSPORTE.

Debe procurarse mantener la calidad y la uniformidad del concreto mientras éste es transportado, desde que éste se mezcla hasta que se entrega. Para seguir la uniformidad en el concreto en el momento de entrega han de tomarse ciertos criterios:

- a) Se debe verter el concreto en forma vertical, de hacerse en otra forma ocurrirá segregación del agregado grueso. Un método seguro para obtener una caída vertical consiste en pasar el concreto a través de una sección corta de canalón distribuidor, en muchas ocasiones las placas deflectoras no son satisfactorias porque algunas veces únicamente cambian la dirección de la segregación.
- b) Una caída corta la cual produzca un amontonamiento puede causar segregación más seria que una caída un poco más larga que llegue a crear una masa abultada. Se puede aceptar la diseminación de piezas individuales de agregado grueso, ya que éstas nuevamente se ahogaran en el concreto.
- c) En el caso que hayan formaletas profundas no debe dejarse que el concreto caiga sobre el refuerzo, debido a que el golpe del agregado grueso con las varillas provoca segregación.

Existen muchas y diversas formas de transportar el concreto para una fundición, en ocasiones es necesario auxiliarse de aparatos u otros tipos de utensilios tales como botes, tolvas o bachas, carretones, carretillas, canalones, bandas transportadoras y camiones, y al llenar estos recipientes deben tenerse los mismos cuidados que se mencionan anteriormente.

- a) **Tolvas:** éstas descargan por su parte inferior, permiten que se coloque el concreto con bajo revenimiento y deben tener pendientes laterales no menores a 60°, con compuertas de descarga con un ancho suficiente, las cuales permitan trabajar con libertad y deben tener un cerrar y abrir rápido y hermético. Debe evitarse además que se carguen estos equipos en la plataforma en vez de hacerlo en el suelo, también no se debe dejar que éstos oscilen encima del concreto ya acabado. No se debe permitir la acumulación del concreto durante el uso de dichos recipientes y el concreto endurecido que se

acumule en éstos debe de quitarse, al igual que limpiarse la grasa o aceite excesivo en las compuertas después de cada utilización.

- b) **Canalones y bandas transportadoras:** si se utilizan canalones éstos deben ser redondos con el fin de evitar acumulaciones de concreto en las esquinas, deben tener pendientes con una inclinación suficiente para permitir que el concreto fluya sin que sea necesario aumentar el revenimiento más que el requerido, una pendiente apropiada puede ser de 1 vertical por 2 o 2 ½ horizontal.

En nuestro medio no son muy utilizadas las bandas transportadoras para llevar concreto, pero, éstas se les deposita el concreto por medio de tolvas por encima de ellas, dichas bandas son de cinta continua y existen en numerosas configuraciones, al utilizar este sistema se deben tomar acciones de protección para el concreto; pues, éste puede perder humedad en el transporte en la banda propiamente debido al aire, velocidad o temperatura, causando pérdida en el revenimiento. Una medida de protección es el que éstas estén recubiertas por encima.

- c) **Bombas:** el uso de bombas ligeras y de líneas cortas que pueden bombear el concreto con agregados hasta de 1½ pulgadas a través de tubos y mangueras que van de 4 a 6 pulgadas de diámetro, es un método muy conocido y utilizado, pero antes de usar un equipo de bombeo para una fundición es aconsejable hacer una prueba del equipo y de la distribución de la línea propuestos con los materiales y mezclas de concreto.

Las tuberías pueden ser de acero, aluminio y plástico, pero la mayoría de contratos prohíben el uso de tubería de aluminio pues el desgaste que ocurre entre el concreto y la tubería produce gas hidrógeno el cual causa expansión en el concreto. Para el uso de bombas se requiere de un concreto uniforme, plástico y trabajable de consistencia mediana, usualmente es aconsejable reducir el tamaño del agregado en un 10% y esto a la vez incrementa la relación agua cemento, un revenimiento adecuado para bombear es entre 3 y 4 pulgadas y un poco más alto para concreto con aire incorporado.

Deben tenerse cuidados tales como supervisar el revenimiento en cada extremo de la línea y ver que no se agregue agua no autorizada al concreto. Al terminar de bombearse debe limpiarse la tubería y el agua que se utilice para esto debe de regarse fuera de las formaletas.

Si se utilizan bombas neumáticas debe tenerse cuidado que el aire utilizado para forzar el paso del concreto seque al mismo, por lo cual es necesario tener una consistencia más aguada al principio del tubo que la deseada en la formaleta. Las líneas de tubería deben mantenerse inclinadas hacia arriba u horizontales, nunca se debe bombear hacia abajo. Aquí el concreto sufre segregación cuando sale con velocidad desde el extremo del tubo, por lo que se recomienda que se descargue el concreto en la deposito de la bomba lentamente hasta que el extremo del tubo quede hundido en el concreto y también se deben utilizar capuchones de descarga apropiados para desviar la descarga.



Fig. 5. Cuando se realizan fundiciones con bomba es pertinente que la disposición de la colocación de la línea de tubería sea supervisada, para no tener contratiempos en la colocación del concreto que pueden crear problemas; además debe mantenerse comunicación directa entre el operador de la bomba y la cuadrilla de colocación. Es también aconsejable revisar los soportes del acero de refuerzo para evitar que éste pueda perder su ubicación.

5.2.2 COLOCACIÓN.

En la colocación del concreto se encuentra gran parte del éxito de los colados de concreto; se debe mantener al concreto uniforme y libre de cualquier imperfección. Esta etapa determina también la operación del vaciado del concreto, pues la utilización de los métodos apropiados van a evitar la segregación y las áreas porosas conocidas como ratoneras; también evitarán desplazamientos en las formaletas, el refuerzo y van además a asegurar la adherencia entre las distintas capas, minimizando el agrietamiento por contracción. Todo esto creara una estructura con buena apariencia y segura, cumpliendo los requerimientos establecidos.

En la colocación del concreto se deben tomar en cuenta aspectos físicos importantes tales como:

a) Dirección y localización que tendrá la caída del concreto:

Ha de dejarse la caída del concreto, como ya se dijo, en forma vertical, con la finalidad de evitar segregación. Tienen que usarse canalones de descarga si se requiere, esto con el fin de evitar el golpe del agregado grueso con las varillas del acero de refuerzo y la formaleta; siempre con el fin de hacer mínima la segregación del concreto y evitar la formación de capas de pasta de concreto seco en las varillas, las cuales reducen la adherencia, otras formas para prevenir segregación son evitar distribuirse el concreto empujándolo o jalándolo, pues esto provoca segregaciones muy serias; en vez de empujar o jalar se puede solucionar colocando las secciones inferiores del canalón en posición vertical. Cuando se pueda vaciar el concreto directamente de las tolvas o botes hacia la parte superior será mejor, es recomendable depositar el concreto cerca de su ubicación final y no dejar que el concreto fluya lateralmente, ha no ser que éste no se esté segregando.

Para lograr mayor durabilidad, se recomienda colocar el concreto en las esquinas y extremos de los muros, de modo que el flujo sea hacia el centro, alejándose de los extremos; cuando se construyan losas y éstas se unan a concreto antiguo se debe principiar por dejar caer concreto sobre el antiguo, con el fin de que éste se adhiera lo mejor posible.

Cuando ocurra segregación esparcir el agregado grueso por diferentes áreas en lugar de cubrirlo con más concreto al estar todo junto, pues esto puede dar como resultado cavidades o bolsas de aire atrapadas.

Nunca ha de jalarse el concreto con rastillos con dientes, las mejores herramientas para esto son las de cara sólida, tales como azadones y palas.

b) Fundiciones profundas:

Cuando las fundiciones son profundas, el concreto mientras va subiendo su nivel se ira haciendo cada vez más aguado, debido a que el agua de la parte inferior del concreto empezara a subir hacia arriba. Con el fin de evitar este fenómeno se utiliza concreto con consistencia más seca a medida que se va elevando el nivel del mismo. Esta variación en la consistencia del concreto no causa problema pues, el concreto cerca de la cara superior puede alcanzarse más fácilmente con el vibrador.

Para una fundición correcta se debe tratar de mantener la continuidad de descarga sin demoras a no ser una excepción, en el caso de interrupciones por desperfectos en el equipo u otros factores debe protegerse el concreto que más tarde tendrá contacto con concreto fresco, un método puede ser un rociado de neblina o con algún papel o trapo húmedos sin que goteen. En el caso que el concreto alcance un fraguado permanente tendrá que hacerse una junta constructiva no planeada.

Por ningún motivo ha de permitirse caminar sobre el concreto fresco o el refuerzo, ni permitir otras actividades que puedan llegar a afectar la uniformidad, el acabado del concreto y la adherencia. No debe de caminar entre el concreto fresco durante la fundición con botas lodosas.

Deben medirse los elementos antes, durante y después de la fundición debido a que pueden ocurrir desplazamientos de la formaleta, los cuales pueden ser tan lentos que con frecuencia pasan inadvertidos. El exceso de deflexión de los puntales o asentamientos son indicadores de perturbación. Tendrá que contarse con equipo y personal necesario para hacer cualquier reparación, se deben incluir provisiones como cuñas, párales y otros.

5.3 CONSOLIDACIÓN DEL CONCRETO.

Debe supervisarse que el concreto quede bien consolidado lo cual se puede hacer utilizando herramientas manuales tales como vibradores, enrasadores, o máquinas de acabado, con el fin de obtener un concreto denso, que tenga buena adherencia con el refuerzo y las superficies lisas.

En el caso que el concreto se empiece a segregar o estratificarse al momento de estarlo consolidando, lo usual es reducir el contenido de agua y si fuese muy necesario se vuelve a dosificar. Debe estimarse el personal necesario para la consolidación del concreto y que se cumpla con la velocidad de trabajo planeada.

No hay que permitir que el concreto no consolidado se acumule en las formaletas, que permanezca ocioso y se llegue a endurecer en la mezcladora, tolva o en cualquier otro sistema de transporte.

Cuando la consolidación se hace a mano debe de apisonarse con pesadas herramientas de cara plana o con varillas que vayan puyando el concreto hasta que aparezca en la superficie una delgada capa de pasta, garantizando que se han llenado los vacíos.

La vibración consolidará mezclas de bajo revenimiento que no se pueden consolidar a mano, exepctuando el apisonado, el cual lo puede lograr pero es muy difícil y no muy utilizado. Por medio de vibración se pueden consolidar mezclas de concreto hasta de 2 pulgadas de revenimiento en elementos que tienen un refuerzo estructural pesado. Es prudente mencionar que la vibración no corregirá problemas de segregación que pudieron ocurrir en el manejo del concreto.

Los vibradores existen de tres tipos generales, internos, de superficie y de formaleta, usualmente los vibradores internos dan mejores resultados que los demás, éstos deben hundirse a toda la profundidad de la capa de concreto que se esté colocando y en posición vertical. Los vibradores de formaleta generalmente se usan cuando se construyen elementos prefabricados, en obra pueden ser útiles para elementos delgados o como auxiliar de la vibración interna. Mientras que los vibradores de superficie se usan con mezclas de concreto de bajo revenimiento, para pavimentos generalmente; y deben ser capaces de consolidar al concreto en toda su profundidad, sino fuese así han de vibrarse capas más delgadas o vibradores con mayor potencia.

Nunca se debe permitir que se utilicen los vibradores para desplazar el concreto, debido a que esta práctica causa segregación. Además cuándo exista duda de cuanto vibrar algún concreto, es conveniente aplicar más vibración, ya que existe poco riesgo de sobrevibrar un concreto adecuadamente proporcionado. Y cuando ocurre sobrevibración generará segregación, la cual se puede controlar bajando el revenimiento o modificando las proporciones de la mezcla.

Al colocar concreto sobre otro más antiguo o sobre roca, la primera capa requiere de mayor vibración que las capas que siguen, y se hace con el fin de asegurar que exista un contacto estrecho y continuo con la junta fría.

Generalmente los vibradores internos no dañan el concreto que se ha ido colocando momentos antes de la capa que se está trabajando, ni tampoco el acero de refuerzo. Es más, resulta de beneficio la revibración si el concreto responde a la vibración y se hace nuevamente plástico, ayudando a eliminar las grietas horizontales y contracción causadas por el asentamiento el concreto retenido por el refuerzo o por

formaletas irregulares; además la revibración incrementa la resistencia del concreto, disminuye el número de agujeros de burbuja de aire en las áreas superiores, refuerza la adherencia por debajo de las varillas horizontales y ahogamientos, y reduce la filtración en agujeros pequeños que puedan existir en la formaleta.

5.4 ACABADO DEL CONCRETO.

El acabado final de un concreto dice mucho de él, se juzga en gran parte por la condición y apariencia de la superficie. Las superficies se encuentran expuestas a condiciones de humedecimiento o secado, cambios de temperatura y desgaste mecánico, dichas condiciones van de benignas a severas. Estas condiciones hacen que las superficies se puedan agrietar por la excesiva contracción por secado básicamente. La forma de mejorar estas condiciones es que la mezcla sea apropiada, sin exceso de agua, que se consolide bien y se le proporcione un buen acabado, más el curado adecuado.

5.4.1 SUPERFICIES SIN FORMAleta.

En la superficie solamente debe existir la cantidad de concreto suficiente para los propósitos de acabado, el concreto no debe tener demasiada arena o exceso de agua o ser sobre trabajado en la consolidación, pues tendrá demasiado sangrado o que se tenga una capa de concreto fresco muy gruesa, lo cual no es favorable para trabajar el acabado.

En este tipo de superficies debe irse extendiendo el concreto de una forma pareja, por delante del enrasador y durante las operaciones iniciales de acabado deben trabajarse las superficies lo menos que se pueda, este es el caso típico de un pavimento. Al existir puntos altos y bajos y con el objeto de producir una superficie plana, deberá utilizarse una llana, al terminar esta operación debe verificarse la alineación de nivel, utilizando una regla o plantilla, luego, para poder continuar las operaciones de acabado debe esperarse hasta que se evapore el agua, dicho punto ocurre cuando se pierde el brillo sobre la superficie. A continuación se podrá empezar con el pulido, escobillado u otro tipo de acabado.

Una buena práctica es el utilizar enseguida de pasar la llana metálica una de madera para eliminar las pequeñas imperfecciones.

5.4.2 SUPERFICIES ACABADAS.

En los documentos contractuales deben especificarse el tipo de superficies que se requieren, algunas veces basta con el quitar las rebabas y reparar las imperfecciones que surjan, y otras requieren de acabados más trabajados hasta decorativos. Independientemente del método de acabado, es importante la uniformidad en la textura de la superficie y el color para la buena apariencia.

Deben repararse las imperfecciones tan pronto como se remueva la formaleta, los procedimientos de acabado pueden incluir sopleteado con arena, cepillado y raspado. Y cuando la superficie se tenga que esmerilar o picar debe esperarse hasta que el concreto haya ganado la resistencia adecuada, para que el agregado grueso no se desprenda y no exista contracción en el concreto. Para aplicar algún material de acabado siempre tendrá que esperarse que no exista contracción en el concreto para evitar fracturas y grietas en dicho material.

Cuando se reparan agujeros debe hacerse con mezclas de concreto más pobre que la utilizada y si es posible aplicarle cemento blanco, con el fin de obtener el color de concreto que tenga el elemento colado. Una buena práctica es la de colocar mortero en un bloque de madera para hacer el remiendo y que éste pase inadvertido y no deben utilizarse herramientas metálicas pues éstas oscurecen el remiendo.

Las reparaciones tienen que llevarse a cabo por métodos aprobados y no solo por aplicaciones superficiales que ocultan problemas profundos. Nunca ha de permitirse que las labores de reparación interfieran y frenen los trabajos de curado del concreto y protección de éste.

5.5 JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN.

5.5.1 JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN PLANEADAS.

Las juntas de construcción llevan un trabajo de constructivo, y éstas no necesariamente permiten el movimiento a través de ella. Para estas juntas debe planearse su ubicación antes de proceder a la colocación del concreto y deben de ser respetadas. Debe tratarse que estén bien localizadas, limpias y bien adheridas.

Cuando existan juntas de construcción en losas de pisos y en las vigas, éstas deben ubicarse cerca o en la mitad de los claros, pues en estos puntos el esfuerzo de corte es menor y deben hacerse verticales, es

decir, normales al eje del elemento. En el caso que se traten de pavimentos las juntas de construcción han de ubicarse en las juntas de contracción o expansión que se han planeado.

Frecuentemente las juntas de construcción sufren filtraciones y éstas se van deteriorando con el clima, es por esta razón que deben evitarse tanto como sea posible, y de acuerdo con los lineamientos del contrato.

La limpieza en los bordes y las superficies de las juntas de concreto antiguo son requisitos esenciales, aparte que éstas no tienen que tener agregado que se encuentre flojo, ni que se quiebren los bordes y las esquinas del concreto. Una forma muy efectiva de limpiar las juntas es por medio de un chorro de aire y agua o por cepillado, lo cual puede hacerse aún cuando el concreto se encuentre fresco, pero siempre que éste halla alcanzado una consistencia que no permita que se afloje el agregado, la labor de limpieza en este momento ayudará a remover cualquier capa de lechada y así el concreto pueda adherirse adecuadamente. Si después de efectuar la limpieza no se va a colocar el concreto de inmediato se puede mantener la superficie húmeda por encharcamiento, rociado de agua o con arena húmeda, a la superficie de la junta tendrá que volverse a darle una limpieza rápida al colocar el concreto.

Para las juntas horizontales, tales como la que se dan en columnas o muros, debe procurarse que el borde expuesto de la junta adquiera una línea limpia y húmeda, pero no mojada en el caso que se vaya a seguir colocando concreto sin que transcurra mucho tiempo, en el caso que el concreto vaya a adquirir un fraguado total bastará con que esta junta quede alineada, lo cual se puede hacer colocando en la formaleta un elemento que delimite la altura del concreto.

La humedad, un buen vibrado y una mezcla que no contenga agregado más grueso que el de $\frac{1}{4}$ de pulgada, con un saco extra de cemento, aproximadamente, por metro cúbico y con más agua para alcanzar un revenimiento aproximadamente de 6 pulgadas y colocando una capa de 4 a 6 pulgadas se garantizará una buena adherencia en la junta.

5.5.2 JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN NO PLANEADAS.

Las juntas de construcción no planeadas se pueden dar por fallas en el equipo, falta oportuna de entrega de concreto, o por otros problemas que pueden obligar a detener la colocación del concreto en ubicaciones diferentes a las planeadas previamente. Tanto el diseñador como el supervisor deben exigir que con anticipación se hagan planes y detalles tentativos de las juntas constructivas. Siempre que surja la necesidad de hacer una junta de construcción no planeada debe el supervisor de consultar con el diseñador

respecto a las posibles incidencias negativas que pueda causar la junta en el comportamiento estructural o en la seguridad del elemento. Al igual que toda junta se debe tratar de colocar en un lugar que afecte lo menos posible la resistencia de la estructura. Además deben observarse todas las recomendaciones que se dictaron anteriormente.



LA SUPERVISIÓN DURANTE EL CURADO, REMOCIÓN DE LA FORMAleta Y REAPUNTALAMIENTO.

6.1 PROCEDIMIENTOS DEL CURADO Y PROTECCIÓN DEL CONCRETO.

6.1.1 CURADO.

Ha de saberse que la supervisión no termina en la propia colocación del concreto, la supervisión debe extenderse hasta ver si el concreto está protegido contra daños y si se le está brindando el curado que necesita el mismo. Esta labor ha de hacerse en una forma continua hasta la finalización por completo de la obra.

Además un buen curado ayudará a alcanzar los niveles de resistencia y durabilidad en el concreto. El fraguado y endurecimiento consiste en una hidratación adecuadamente progresiva de los granos de cemento, y es esta penetración de agua la que define el principio y el fin del fraguado, fase en la cual se logra el endurecimiento inicial del concreto, para luego prolongarse durante años, ganando resistencia. Las pruebas de laboratorio revelan que mientras mayor es la magnitud de la humedad retenida dentro del concreto mayor es la eficiencia del curado.

La hidratación que requieren las partículas de cemento para lograr un concreto de buena calidad, la mayoría de los documentos contractuales la exige y generalmente dicen que concretos de resistencia normal se mantengan húmedos durante un período de 7 días, para concretos de resistencia temprana se les mantenga húmedos por lo menos la mitad del tiempo recomendado para los de resistencia normal; y por último para concretos con cementos de fraguado lento un mínimo de 14 días.

Existen dos procedimientos básicos para mantener la humedad en el concreto:

- a) **Curado húmedo:** este método es el preferido, se puede hacer rociando agua, ya sea que ésta corra o se encharque, otro método es el de aplicar cubiertas de arena húmeda o en su defecto tela. El agua se debe aplicar en las superficies que no tienen formaleta tan pronto como se pueda hacer sin que se dañe el acabado y en las superficies que tengan formaleta, inmediatamente después de haber retirado ésta.

En los lugares que la apariencia de la superficie sea importante debe tenerse el cuidado de rociar agua limpia, pues las manchas en el concreto pueden ser ocasionadas por agua con alto contenido de hierro, lo cual en algún momento puede surgir de tubos ferrosos utilizados para esparcir el agua de curado o por cualquier otro agente que contamine la misma.

b) **Curado de membrana:** el objetivo de este método de curado es evitar la evaporación del agua, aplicando algún material que forme una membrana impermeable, estos materiales deben cumplir con la norma ASTM C 309. Este curado es mucho más eficaz si van precedidos por un curado húmedo.

Cuando los climas son extremadamente fríos o cálidos deben tenerse cuidados especiales tanto para el curado como para la protección del concreto y deben planearse los métodos a utilizar para el efecto, según recomendaciones dadas en el ACI 301, ACI 306R y ACI 318.

6.1.2. PROTECCIÓN CONTRA DAÑOS.

Normalmente las operaciones de construcción pueden dañar el concreto ya colocado por varios motivos como sobrecarga, vibración o lastimaduras en la superficie. Tal es el caso que puede causar daño al concreto fresco las cargas impuestas por almacenamiento de material, el reapuntalamiento de pisos superiores y la operación del equipo de construcción son, en muchos casos, las más comunes. Cuando las vibraciones no son fuertes éstas no afectan al concreto, pero no deben permitirse impactos fuertes.

El supervisor debe asegurarse que las cargas de almacenamiento sean espaciadas para evitar la sobrecarga en cualquier porción de la estructura, y en áreas que se encuentren demasiado congestionadas y estas cargas no se puedan distribuir debe reapuntalarse según la necesidad.

Las superficies deben protegerse cubriendo los pisos en los cuales se está llevando a cabo una actividad de construcción, debe supervisarse regularmente si hay señales de daño en las membranas de curado. Deben además protegerse los insertos, las tuberías y los ornamentos que tapan las aberturas y dificultan el trabajo futuro, nunca debe permitirse que se sujeten cargas al refuerzo saliente.

Cuando debe rellenarse se colocará y compactará, sobre y contra el concreto, solamente cuando éste sea lo suficientemente fuerte para soportar la carga, con cuidado para evitar impactos. Tiene que controlarse cuidadosamente el relleno y la compactación en los muros, particularmente en los muros altos sin contraventeo, utilizando compactadores manuales. No debe usarse equipo pesado cerca de un muro, pues se puede causar agrietamiento, desgaste u otro daño serio.

6.2 TIEMPO PARA LA REMOCIÓN DE LA FORMALETA.

El tiempo para remover la formaleta se basa en los efectos dañinos que puede causar dicha acción al concreto. Y mientras mayor sea la permanencia de la formaleta en relación con el curado y protección del concreto será más adecuado, generalmente se le da el tiempo mínimo para remover la formaleta debido a circunstancias como el uso múltiple que se le pueda dar a la misma y para el mismo mantenimiento que se le efectúe.

En algunos textos de concreto se indica que para la remoción de la formaleta el concreto debe haber llegado a obtener las dos terceras partes de la resistencia de diseño como requisito para proceder a retirar la obra falsa.

Un método muy acostumbrado y quizás el más aconsejable es el de utilizar las pruebas de resistencia hechas a probetas de concreto en un laboratorio, y así con esto proceder al desmontaje de la formaleta. Debe supervisarse que las probetas de concreto de prueba se curen bajo las mismas condiciones de la obra.

Existen algunas resistencias requeridas promedio para ciertos elementos estructurales para la eliminación de formaleta y que sea seguro para el concreto hecho con cemento normal y con un promedio de 24.5 litros de agua por saco de cemento. Tal es el caso de concreto no sujeto a momentos apreciables de flexión (superficies verticales de sección gruesa, revestimiento lateral de túneles y extremos de superficies inclinadas), el que necesita una resistencia mínima requerida 35 Kg/cm². Para concreto sujeto a momentos de flexión apreciables y esfuerzos directos que dependen de la formaleta para su soporte vertical, que pueden estar sujetos a carga muerta solamente (interior de cilindros, bóvedas de revestimiento en túneles, costados inferiores de superficies inclinadas, superficies verticales de sección delgada) se requiere 55 Kg/cm²; sujetos a carga muerta y viva (interior de galerías en presas, columnas y muros de contención) requieren 100 Kg/cm². Y concreto sujeto a esfuerzos altos de flexión y que dependen totalmente de la formaleta para su soporte vertical (vigas y losas de entrepisos, plataformas y voladizos) requiere 140 Kg/cm².



Fig. 6. El tiempo de remoción de la formaleta es primordial para que el concreto no sufra daños, puesto que si se retira ésta cuando el concreto no ha alcanzado una resistencia mínima se pueden suscitar desprendimientos de concreto.

6.3 APOYO Y REAPUNTALAMIENTO.

Tiene que cuidarse que las formaletas que soportan concreto no se muevan hasta que el concreto pueda soportar su propio peso más las cargas vivas y muertas de la construcción. En ningún momento la carga de construcción debe exceder aquella para la cual fue diseñado el elemento, en algunas ocasiones los documentos de construcción proporcionan dichas cargas. El tiempo de eliminación de la formaleta de apoyo y los puntales deben ser aprobados por el supervisor, de acuerdo con estudios de resistencia. Como regla general, las formaletas para columnas, pilas y muros pueden eliminarse antes que las formaletas para vigas y losas. Las formaletas y apoyos se deben eliminar siempre sin impacto o golpe, y se debe procurar que el concreto asuma la carga gradual y uniforme.

Los edificios de varios niveles presentan condiciones especiales para la eliminación de cimbras y puntales. El apuntalamiento que soporta el concreto fresco está necesariamente apoyado en pisos inferiores, que pueden no haber sido diseñados para estas cargas. Al darse esta situación los pisos inferiores deben apuntalarse para ayudar a soportar la carga de los puntales de arriba. Este apuntalamiento debe prepararse para un número suficiente de pisos, con el fin que soporten las cargas impuestas sin que exista deflexión o esfuerzo excesivo. La norma ACI 347R presenta una guía detallada para colocar reapuntalamientos.

El reapuntalamiento debe efectuarse tan pronto termine la labor de desencofrado, y deben colocarse en la posición y tiempo establecido. Como normas generales deben tenerse las siguientes:

- a) No debe removerse el reapuntalamiento hasta que el elemento de concreto apoyado haya obtenido suficiente resistencia para soportar todas las cargas.
- b) Se deben de contraventear lateralmente los puntales y los reapuntalamientos y quitar éstos solamente con aprobación previa.

6.4 CORRECCIÓN DE DEFECTOS.

Aún cuando se han tomado todas las medidas necesarias para producir un concreto de buena calidad es indiscutible que puedan aparecer ciertos defectos o fallas, en el momento de eliminar la formaleta. Además de defectos que pueden surgir puede existir la presencia de reparaciones, especialmente en estructuras en servicio, y pueden darse por causas tales como sobrecarga, deficiencia en el diseño, desgaste, incendio, congelamiento y ataques químicos, entre éstos la corrosión y otros.

El primer paso para proceder a la corrección de defectos es el investigar la extensión de la reparación necesaria y la calidad del área no dañada para determinar si los costos de la restauración requerida son justificables. Cuando se tratan de defectos en estructuras en servicio el supervisor debe contar con la aprobación del ingeniero estructural y si es posible del autor del diseño estructural. Además deben tomarse en cuenta las posibles causas que provocaron el defecto y si es necesario considerar la posibilidad de que exista alguna modificación a la estructura original ya sea un mayor apoyo, incrementar la sección y otros que pudieran contribuir a una mejor capacidad de servicio al futuro.

El personal que efectúe las reparaciones debe ser capacitado para llevar a cabo este trabajo, con lo cual se aseguran resultados satisfactorios y una buena calidad. Aparte las reparaciones tienen que hacerse con procedimientos que aseguren la durabilidad del trabajo.

Las reparaciones deben ejecutarse tan pronto como se necesite y es mucho mejor que el concreto esté recién endurecido, con lo cual se mejora la compatibilidad de las reparaciones con el concreto original, pues mientras más fresco esté el concreto de base es más receptiva la superficie a la adherencia de las reparaciones. La ventaja del curado simultáneo del concreto de base y las reparaciones ayuda a una mejor uniformidad del color. Lo mejor es tratar de evitar las reparaciones por medio de formaletas herméticas, métodos de curado apropiados y compactación por vibración amplia.

6.4.1 SUPERFICIES EXPUESTAS.

El supervisor debe tener el cuidado necesario en los trabajos de fabricación, montaje y remoción de las fomaletas, lo cual minimiza la necesidad de corrección de defectos. También debe supervisarse la colocación de la formaleta, la correcta aplicación de los elementos divisorios y las causas potenciales de superficies malogradas. El acero de refuerzo debe tener un recubrimiento apropiado para evitar herrumbre y que en algún momento surjan grietas superficiales en el concreto.

Es aconsejable utilizar para el desencofrado cuñas de madera en lugar de elementos metálicos como barretas y uñas, las cuales pueden dañar las orillas del concreto. Otro de los factores que ocasiona daño es la eliminación de los alambres que funcionan como tirantes de las formaletas.

6.4.1.1 Reparación de manchas.

En muchas ocasiones la reparación de manchas puede empeorar la situación y es conveniente evaluar si es oportuno o no hacer esta corrección.

Los materiales para la reparación deben ser seleccionados con cuidado y aplicarse con métodos apropiados, los cuales en muchas ocasiones se establecen antes de la construcción.

Para evitar parches oscuros deben evitarse mezclas ricas y herramientas de acabado metálicas y ha de utilizarse cemento blanco ajustando con gris en proporciones que permitan que la reparación sea del color deseado, a la hora de aplicar un repello. Al cabo de un mes de fraguado se puede ajustar el color aplicando una lechada de cemento blanco y gris según se requiera. Se debe mencionar que no se ha de interferir con el curado del concreto original, por lo que solamente, se repararán las áreas que se puedan reparar convenientemente, en un tiempo razonablemente corto, para interrumpir temporalmente el curado.

Deben hacerse las reparaciones tan pronto como se pueda después de haber retirado la formaleta, para este tipo de reparaciones se requiere de trabajadores y supervisores experimentados; las áreas más difíciles de reparar son las que se ha descascarado o que ha sufrido otros defectos que requieren reparaciones relativamente superficiales. Con el objetivo de evitar el descascaramiento se deben aceitar bien las formaletas y deben retirarse cuando el concreto haya alcanzado la suficiente resistencia.

Se debe mencionar que el repello de mortero y otras operaciones superficiales, no son satisfactorias para reparar superficies de concreto, a menos que se tenga mucho cuidado y en el caso que se utilicen métodos de repello manual, debe ligarse este material de reparación con resinas epóxicas o látex. El

concreto de base para la adherencia con resina epóxica debe estar seco y al menos a 10°C, de preferencia a 21°C o más.

Cuando se hacen reparaciones de superficies descascaradas el repello generalmente es una capa muy delgada a la cual se le debe brindar un curado por lo menos de 7 días, continuando con una aplicación de un compuesto de curado o membrana impermeable, debido que la adherencia se desarrolla con más lentitud que la resistencia a la tensión. Si el curado es insuficiente el mortero fácilmente se agrietará.

Existe un método de reparación de manchas que es por frotación, además con este método se pueden reparar agujeros y producir una apariencia uniforme. Se utiliza una lechada de arena fina, que pase la malla No. 30 y se le frota a la superficie entera con una tela limpia o llana de hule, para que penetre en los orificios superficiales, mientras la superficie está aún húmeda después de un mojado completo. Se tiene que aplicar una presión fuerte sobre la superficie, después de que no se pueda arrancar de la superficie, frotar nuevamente ésta con cemento seco y arena fina para eliminar todo el material sobrante, teniendo cuidado de no descubrir los agujeros superficiales. El tiempo requerido para esta acción lo determinará el punto en el cual se pueda eliminar el material sobrante y que no queden expuestos los agujeros, si se deja mucho tiempo será prácticamente imposible eliminar el material sobrante.

CONCLUSIONES

- a) La labor de la supervisión no es un fin en sí mismo, simplemente es un subsistema del sistema que es indispensable para poder optimizar una obra, logrando construcciones con el nivel de calidad deseado, que cumplen con los requerimientos y especificaciones con las que se han diseñado y planificado; pero, los supervisores deben contar con la facultad de reconocer que las necesidades y requerimientos podrán variar y deben ser ajustadas a cada proyecto por individual. Por lo cual el nivel de supervisión que habrá de usarse dependerá del tipo y complejidad del proyecto.
- b) Los supervisores deben estar capacitados por su educación, entrenamiento y experiencia, para poder tener una comprensión técnica de los principios del concreto, en lo que se involucra desde la dosificación de sus componentes hasta el curado y protección que hay que brindarle a éste, con el objetivo de obtener obras seguras y de buena calidad. Conjuntamente el supervisor debe cumplir con las obligaciones y responsabilidades mínimas de supervisión expuestas en el presente trabajo de tesis.
- c) La supervisión puede clasificarse en forma funcional como:
- **Supervisión para la aceptación:** siendo en sí una serie de procedimientos y actividades formalizados que proporcionan al propietario de la obra un aceptable grado de certeza que el contratista satisface sus obligaciones, tal como se describe en los documentos contractuales, en los planos del proyecto y en las especificaciones.
 - **Supervisión del control de calidad por parte del contratista:** se resume a una serie de actividades y procedimientos formalizados que forman parte del trabajo del contratista, con el fin de proveer una evaluación de su proceder en la construcción.

RECOMENDACIONES

- a) Es conveniente, cuando se supervisan obras de gran tamaño, que el supervisor tenga listados de actividades rutinarias, con el objetivo de tener una referencia para el desempeño de su trabajo de supervisión y evitar que se le pasen por alto algunos aspectos importantes los cuales merecen de una inspección. Estos listados de actividades han de ser básicamente listados de supervisión según el avance de la obra y la actividad que se esté ejecutando durante cierto periodo de trabajo.

- b) Que el trabajo de supervisión no se resuma únicamente a observaciones visuales y mediciones en campo, sino también a la evaluación y archivo de datos, con el objetivo de tener disponibilidad de ellos en cualquier momento e incluso para respaldar los informes que se realicen durante ejecución de la obra.

- c) Cuando se tiene a cargo un grupo de supervisión es recomendable dar una conferencia previa a la construcción, con el fin de establecer lazos de comunicación al comienzo de un proyecto. Será aún de más beneficio si esta conferencia incluye a todas las partes involucradas en la construcción. Su propósito principal será el de identificar responsabilidades y establecer procedimientos que permitan un buen desarrollo en la construcción, garantizando la mejor calidad posible, de acuerdo a los costos establecidos.

BIBLIOGRAFIA

1. INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO. Manual para supervisar obras de concreto ACI 311-92. México. Miembro de la Cámara de la Industria Editorial, 1052, 1994.
2. INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO. Reglamento de las construcciones de concreto reforzado ACI 318-77. México. Editorial Impresora Azteca , 1981.
3. INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO. Construcción y control de obras de concreto. México. Editorial Faradji, Marcos J, 1973.
4. MERRIT, Frederick S. Manual del ingeniero civil. México. Editorial Mc Graw Hill, 1996.
5. UCEE (Unidad Constructora de Edificios Educativos). Manual de supervisión. Guatemala. Folleto impreso por UCEE, 1984.