

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**SUPERVISION DE OBRAS DE CONCRETO EN
EDIFICACIONES**

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

CRISTABELL ASCUE YENDO

Lima - Perú

2007

INDICE

CAPITULO 1 - SUPERVISOR Y SUPERVISION

1.	PROCESO DE SUPERVISION	2
2.	EL SUPERVISOR	7

CAPITULO 2 - FUNDAMENTOS DEL CONCRETO

1.	CLASIFICACION GENERAL	13
2.	REQUISITOS DEL CONCRETO	13
3.	NATURALEZA DEL CONCRETO	14
4.	CONCRETO FRESCO	16
5.	EL PROCESO DE ENDURECIMIENTO	18
6.-	CALOR DE HIDRATAACION	20
7.-	RESISTENCIA A LA CONGELACION	21
8.-	CONTRACCION Y EXPANSION	22

CAPITULO 3 - SUPERVISION DE MATERIALES

1.	CONCEPTO	25
2.	CEMENTOS	25
3.	AGREGADOS	32
4.	AGUA	42
5.	ADICIONES	44
6.	ADITIVOS	44
7.	ACERO DE REFUERZO	45

CAPITULO 4 - PROPORCIONAMIENTO Y CONTROL DE MEZCLAS

1.	CONCEPTOS GENERALES	48
2.	ESPECIFICACIONES	49
3.	PROPORCIONAMIENTO PARA UNA RESISTENCIA ESPECIFICADA	51
4.	PROPORC. PARA CONDICIONES DE EXPOSICION VARIABLES	56
5.	CONTROL DE LAS PROPORCIONES DEL CONCRETO	67

CAPITULO 5 - MEDICION Y MEZCLADO DE MEZCLAS

1.	ASPECTOS GENERALES	64
2.	TOLERANCIAS EN LAS OPERACIONES DE MEDICION	65
3.	EQUIPO DE PESAJE	66
4.	EQUIPO DE DOSIFICACION	67
5.	OPERACIONES DE MEZCLADO	71
6.	SUPERVISION DE LA MEZCLA	76

CAPITULO 6 - SUPERVISION DEL TRANSPORTE Y COLOCACION

1.	ASPECTOS GENERALES	87
2.	SUPERVISION DEL TRABAJO PREPARATORIO	87
3.	SUPERVISION FINAL - ANTES DE LA COLOCACION	104
4.	OPERACIONES DE COLOCACION DEL CONCRETO	105
5.	CONDICIONES DEL SITIO	105
6.	MANEJO DEL CONCRETO	106
7.	CONSOLIDACION	115
8.	ACABADOS	120

CAPITULO 7 - SUPERVISION DEL CURADO Y DESENCOFRADO

1.	ALCANCE	127
2.	REMOCION Y APOYO DE ENCOFRADOS	127
3.	PROTECCION CONTRA DAÑOS	131
4.	CURADO	132
5.	CONDICIONES ESPECIALES DE CURADO Y PROTECCION	141

CAPITULO 8 - CORRECCION DE DEFECTOS

1.	INTRODUCCION	145
2.	SUPERFICIES EXPUESTAS	146
3.	CONCRETO ESTRUCTURAL	151
4.	REPARACIONES ESTRUCTURALES CON RESINA EPOXICA	154
5.	REPARACION CON MORTERO Y CONCRETO DE RESINA EPOXICA	157

6.	INYECCION DE LECHADA	160
----	----------------------	-----

CAPITULO 9 - CASO ESPECIAL: CONCRETO PREMEZCLADO (Norma ASTM C 94)

1.	RECOMENDACIÓN	167
2.	ALCANCE	167
3.	CONDICIONES DE VENTA	167
4.	MATERIALES	167
5.	ORDENES DE COMPRA	167
6.	ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES	171
7.	TOLERANCIAS EN EL ASENTAMIENTO	172
8.	CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO	173
9.	PROPORCIONAMIENTO DE LOS MATERIALES	173
10.	PLANTAS DOSIFICADORAS	174
11.	EQUIPOS DE MEZCLADO	175
12.	MEZCLADO Y ENTREGA	176
13.	CONTROL DE LA CALIDAD	179
14.	CERTIFICACION	181
15.	TEMPERATURA Y CONDICIONES DE CLIMA	182
16.	INSPECCION DE LA PLANTA	182
17.	PRECAUCIONES	182
18.	PRACTICAS, METODOS DE ENSAYO Y REPORTE	183
19.	MUESTREO Y ENSAYO DEL CONCRETO FRESCO	184
20.	RESISTENCIA	185
21.	FALLA EN CUMPLIR LOS REQUISITOS DE RESISTENCIA	186
22.	RECOMENDACION FINAL	186
23.	RESPONSABILIDAD	187
	ANEXO - REQUISITOS DE UNIFORMIDAD DEL CONCRETO	188

CAPITULO 10 - CONTROL DE CALIDAD

1.	INTRODUCCION	192
2.	MUESTREO	192
3.	PRUEBAS DEL CONCRETO RECIEN MEZCLADO	194
4.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	196
5.	RESISTENCIA A FLEXION DEL CONCRETO	202

6.	CURADO ACELERADO DE LOS ESPECIMENES DE PRUEBA	202
7.	TRANSPORTE Y MANEJO DE LAS MUESTRAS	204
8.	DURABILIDAD	204
9.	PRUEBAS DE UNIFORMIDAD DE LAS MEZCLADORAS	208
10.	PRUEBAS DE ESTRUCTURAS TERMINADAS	209

CAPITULO 11 - GUIA PARA SUPERVISAR OBRAS DE CONCRETO

1.	INTRODUCCION	215
2.	DEFINICIONES	215
3.	RESPONSABILIDADES	216
4.	GUIA PARA SUPERVISORES	217
5.	PLANEAMIENTO PARA LA SUPERVISION	218
6.	LISTA DE VERIFICACION PARA SUPERVISAR OBRAS DE CONCRETO	224
7.	CAUSAS DE FALLAS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO (ILUSTRADO)	230
8.	RESUMEN ILUSTRATIVO DE FALLAS EN ESTRUC. DE CONCRETO	243

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	264
---------------------------------------	------------

BIBLIOGRAFIA	267
---------------------	------------

ANEXOS	278
---------------	------------

CAPITULO 1

SUPERVISOR Y SUPERVISION

1. PROCESO DE SUPERVISION

1.1. DEFINICION

De acuerdo al Diccionario de la Real Academia Española, supervisar es *ejercer la inspección en trabajos realizados por otros*.

En el contexto de la construcción, el Manual de Supervisión del Concreto (ACI, 1995) define la actividad de supervisar como *asegurar que se logren fielmente los requisitos y propósitos de los planos y las especificaciones*.

De otra parte, el Reglamento de la Ley de Contrataciones y Adquisiciones del Estado (Ref. 1), define al Supervisor como la persona que será responsable de velar directa y permanentemente por la correcta ejecución de la obra y del cumplimiento del contrato.

1.2. TIPOS DE SUPERVISIÓN

1.2.1 LA SUPERVISIÓN QUE REALIZA EL EQUIPO DEL CONSTRUCTOR O CONTRATISTA

Este tipo de Supervisión está orientado a la función de administrar o gestionar la ejecución, y hacer uso principalmente del ejercicio de la autoridad, la delegación de funciones y la utilización de los medios de comunicación, entre un equipo humano. Además que participa también en el ejercicio del control, la Supervisión es responsable de que el tiempo de ejecución y la calidad correspondan con lo planeado, y de ejercer el control de los costos. Así también, la Supervisión como parte del equipo del Contratista, tiene una responsabilidad legal y moral sobre la seguridad y la higiene del personal técnico y obrero asignado a la obra, y sobre el impacto que los procesos constructivos tengan sobre el medio ambiente.

1.2.2 LA SUPERVISION QUE REALIZA EL PROPIETARIO

La Supervisión ejercida por el propietario se realiza con la contratación del servicio de Supervisión, con lo que el propietario pone dentro de la obra a un profesional (o

equipo de profesionales) que lo representa, y cuya misión es garantizar el cumplimiento exacto de lo estipulado en los planos, especificaciones y documentos contractuales. El ejercicio de este tipo de Supervisión está principalmente orientado a la función administrativa del Control.

La presente Tesis está orientada a destacar el papel y responsabilidad del Supervisor de Obras como representante del propietario, garantizando éste el cumplimiento de lo estipulado en los planos, especificaciones y documentos de obra en general, para lograr una obra de calidad y las metas trazadas, en los plazos programados y con ello también conseguir evitar mayores costos de obra, que va en desmedro de la economía del propietario.

1.2.3 LA SUPERVISION QUE REALIZA LAS ENTIDADES ESTATALES EN EL PERU

La Supervisión de las actividades estatales es realizada por un Inspector o Supervisor, quedando prohibida la existencia de ambos en una misma obra (Ref. 1).

El Inspector será un profesional, funcionario o servidor de la Entidad, expresamente designado por ésta, mientras que el Supervisor será una persona natural o jurídica especialmente contratada para dicho fin. En el caso de ser una persona jurídica, ésta designará a una persona natural como Supervisor permanente en la obra.

El Inspector o Supervisor, según corresponda, debe cumplir por lo menos con las mismas calificaciones profesionales establecidas para el residente de obra.

Será obligatorio contar con un Supervisor cuando el valor de la obra a ejecutarse sea igual o mayor al monto establecido en la Ley Anual de Presupuesto.

La Entidad controlará los trabajos efectuados por el Contratista a través del Inspector o Supervisor, según corresponda, quien será el responsable de velar directa y permanentemente por la correcta ejecución de la obra y del cumplimiento del contrato. (Ref. 1)

El Inspector o el Supervisor, según corresponda, tienen como función controlar la ejecución de la obra y absolver las consultas que le formule el Contratista. Está facultado para ordenar el retiro de materiales o equipos por mala calidad o por el

incumplimiento de las especificaciones técnicas; y para disponer cualquier medida generada por emergencia.

No obstante lo señalado en el párrafo precedente, su actuación debe ajustarse al contrato, no teniendo autoridad para modificarlo.

1.3. IMPORTANCIA DE LA SUPERVISIÓN

Muchos estudios han mostrado que gran parte de los problemas en las construcciones, tanto desde el punto de vista de la seguridad, como desde el punto de vista del servicio, no provienen del diseño, ni de los materiales, sino principalmente de la ejecución de la construcción. Calavera (1996) (Ref. 2) reporta para Europa 51 % de fallas atribuibles a la ejecución y 37% atribuibles al proyecto. Lo cual pone de manifiesto la importancia de la Supervisión.

La importancia de la Supervisión en la construcción ha sido reconocida desde que esta actividad se profesionalizó. La siguiente cita proporciona un ejemplo del modo de pensar y de los problemas concernientes a la construcción de estructuras de concreto que se tiene desde tiempos remotos, en un documento fechado en el año 97 d.C., Sixto Frontino, comisionado de aguas del Imperio Romano, escribió: *“Ni una obra requiere mayor cuidado que aquella que debe soportar la acción del agua; por esta razón todas la partes del trabajo deben hacerse de acuerdo con las reglas del arte, que todos los obreros saben, pero pocos cumplen”* (Ref. 3). Esto nos muestra que los tiempos han cambiado, pero el problema persiste. Este importante constructor de hace casi dos mil años deja en claro que aún cuando el personal obrero sea competente, la labor de la Supervisión es necesaria para garantizar que el trabajo cumpla con las especificaciones técnicas.

Las habilidades manuales, la preparación técnica que se brinda al personal por parte del Contratista ya sea con Charlas directas o por convenios en Instituciones de Educación Técnica (Ej. SENCICO) y la motivación, contribuyen a disponer de una mano de obra adecuada, que es la clave para lograr construcciones de concreto de buena calidad. Muchos de éstos se esfuerzan realmente en obtener una calidad satisfactoria. Sin embargo la necesidad de no exceder el presupuesto previsto, hacen que el Contratista preste más atención a la producción que a la calidad de la obra. La ironía del caso es que muchas veces la búsqueda indiscriminada de mayor producción puede subir costos y retrasar la programación,

ya que muchas de las técnicas de vaciado rápido implican una o mas de las siguientes condiciones: operaciones adicionales post construcción en el acabado o su reparación y/o aumento en el tiempo de curado.

En 1964, Jacob Feld, notable investigador de las fallas estructurales de los edificios de concreto, observó que, en muchos casos, las causas de los colapsos no provienen de la insuficiencia en el diseño, sino de la falta de competencia de la Supervisión, y escribió: *“La Supervisión competente y estricta, casi inamistosa, parece ser la clave del problema de cómo prevenir fallas “.* (Ref. 4)

1.4. ACCIONES DE LA SUPERVISION DURANTE LA EJECUCION DE OBRAS DE CONCRETO

El concepto de Supervisión como se usa en el campo de la construcción con concreto, incluye no solo observaciones y mediciones de campo, sino también prueba de laboratorio, con obtención y análisis de sus resultados.

Una responsabilidad importante del Supervisor de concreto consiste en verificar la calidad de los materiales utilizados en él. A veces se pueden utilizar materiales de baja calidad, en especial los agregados, para producir concreto de calidad satisfactoria, siempre que sean mejorados o adecuadamente procesados. Sin embargo los componentes finales utilizados en la mezcla de concreto deben ser de la calidad especificada. Resulta difícil y rara vez posible el producir concreto satisfactorio a partir de materiales inadecuados.

Para desempeñar exitosamente la supervisión de una obra es necesario realizar una serie de actividades programadas, ordenadas y sistematizadas. Estas actividades deben tener una orientación principalmente preventiva para evitar realizar trabajos por segunda vez, los que incrementan tanto el costo, como el tiempo de ejecución, y probablemente también afecten la calidad. Las **acciones preventivas** están orientadas a la revisión de los requisitos de ejecución de las actividades antes que estas se ejecuten, como por ejemplo: revisar la calidad de los materiales, antes de utilizarlos; revisar el alineamiento de los encofrados de un grupo de columnas, antes de ser vaciadas; hacer una prueba de presión en una tubería, antes de ocultarla bajo rellenos o pisos, etc. (Ref. 5)

También, serán necesarias las **acciones de verificación**, en la que se inspeccionará el trabajo ejecutado, en algunos casos de manera sistemática – cuando la importancia del trabajo lo amerite– y en otros casos de manera selectiva. Cuando el trabajo no cumpla con los requisitos pactados el Supervisor deberá hacer uso de las **acciones correctivas** para cumplir con su misión dentro de la obra; sin embargo, muchas acciones correctivas no hablan de un buen Supervisor, sino de una carencia de acciones preventivas. (Ref. 5)

1.5. IMPORTANCIA DE LOS DOCUMENTOS DEL DISEÑO

Los documentos del diseño constituyen el criterio básico que rige las decisiones y acciones del Supervisor por consiguiente es importante contar con los planos y especificaciones completas. La mayoría de las controversias en el proyecto, provienen de la diferencias en la interpretación de los documentos contractuales, producto de una información incompleta. Los documentos del diseño no deben ser muy extensos, pero sí completos, concisos y claramente redactados.

En la presente Tesis se presenta la descripción de procedimientos que se considera, necesarios para garantizar una construcción satisfactoria a base de concreto, además se enfatiza el hecho de que el Supervisor se rige por los requerimientos de los documentos del diseño, que son parte del contrato de obra. Esta tesis y demás referencias deben usarse únicamente como fuente de información o como guía adicional en temas no incluidos en las especificaciones del diseño. En algunas situaciones, los Supervisores se guiarán por los procedimientos aprobados, por la institución que los contrata o por Normas y Reglamentos de construcción vigentes.

1.6. OBLIGACIONES DE LA SUPERVISION

Citaremos las actividades más importantes que debe realizar la Supervisión, y así de esta manera asegurar la buena calidad del producto terminado.

- a) Revisar, compatibilizar las Especificaciones Técnicas y Planos del Proyecto antes de la ejecución de la obra y de esta manera absolver dudas encontradas,

con apoyo del Proyectista, y ejecutar una obra con menores contratiempos.

- b) Identificación, examen y aceptación de los materiales. Incluye la verificación de la calidad, basados en los certificados y resultados de pruebas entregados por los productores y proveedores, así como también las pruebas de los materiales durante la ejecución de la obra.
- c) Control del proporcionamiento, dosificación, mezclado y ajuste de mezcla, pruebas de consistencia, contenido de aire, temperatura y peso volumétrico del concreto.
- d) Revisión de la estructura del encofrado y sus apoyos, de los moldes, del acero de refuerzo y de otros elementos embebidos, y de la limpieza y demás trabajos previos al vaciado, según planos (Encofrado, Detalles, etc.).
- e) Supervisión del mezclado, transporte, colocación, consolidación, acabado, curado y protección del concreto.
- f) Preparación de las probetas de concreto requeridas para pruebas de laboratorio, incluyendo su curado y protección.
- g) Revisión de la planta y equipo del Contratista, de las condiciones de trabajo, del clima y otros factores que puedan afectar al concreto o a otros elementos de la estructura.
- h) Evaluación de los resultados de las pruebas y de las gráficas de comportamiento.
- i) Verificación que se hayan corregido los procedimientos y elementos inaceptables.
- j) Preparación de informes.

2. EL SUPERVISOR

2.1. PERFIL DEL SUPERVISOR

El trabajo de Supervisión –como la mayoría de las labores desempeñadas por los ingenieros – requiere de tres tipos de competencias: competencias técnicas, habilidades interpersonales, y valores y actitudes positivas; del concurso de estas tres competencias dependerá su desempeño integral como Supervisor. (Ref. 5)

2.1.1. COMPETENCIAS TÉCNICAS

El Supervisor debe ser una persona íntegra, con experiencia en la parte del proyecto que se le ha asignado y la preparación teórica que le permita conocer los principios técnicos pertinentes. Debe conocer cómo se hacen las cosas y porque se hacen así. Las personas con preparación teórica pero sin experiencia práctica, deben adquirirla en la obra trabajando bajo la dirección de Supervisores y/o Residentes de Obras experimentados.

2.1.2. RELACION SUPERVISOR - RESIDENTE DE OBRA

Se debe evitar que la relación Supervisión – Contratista (y su personal), se convierta en una relación antagónica. Se debe reconocer que todos se benefician de un trabajo bien organizado y bien hecho. La Supervisión se debe desarrollar bajo un esfuerzo conjunto entre el Supervisor y Residente de Obra.

Por otro lado, el Supervisor también requiere habilidades para el trabajo en equipo, las mismas que son indispensables para interactuar con otros profesionales responsables de supervisar otros frentes del proyecto. Generalmente, las metas de cada persona son diferentes, por lo que suelen presentarse conflictos entre sus intereses, ya que cada uno tiene sus propias responsabilidades y orden de prioridades. Se requiere que todos trabajen en equipo y estén concientes que comparte un objetivo común: el proyecto; cuando esto no se da, son comunes las relaciones de escasa colaboración entre Supervisores de diferentes frentes, o entre el personal de supervisión. En general, el Supervisor debe desarrollar habilidades para interactuar con todas las personas que intervengan o tenga injerencia en el proyecto. (Ref. 5)

Mientras se cumpla con los requerimientos de los documentos de diseño, el Contratista tiene la libertad de utilizar los procedimientos que permitan realizar el trabajo al menos costo posible. Siempre que se salvaguarden los intereses del propietario, las sugerencias del Supervisor que conduzcan a una reducción de costos, ganarán la buena voluntad del Contratista y su colaboración. Las revisiones deben realizarse en cuanto sean solicitadas. La Supervisión debe ser preventiva y

anticipar en lo posible las condiciones que pudieran llevar a un producto final inadecuado, indicándoselo al Contratista a la brevedad posible para evitar el desperdicio de tiempo, materiales, y mano de obra. El Supervisor no debe retrasar al Contratista innecesariamente, ni interferir en sus procedimientos a menos que sea evidente que el producto estará fuera de especificación. Nunca se deberá pedir al Contratista algo fuera de los documentos del diseño. Si éstos dan libertad al Contratista sobre lo procedimientos constructivos a utilizar, el Supervisor puede hacer sugerencias pero no exigir que se adopte algún procedimiento específico. (Ref. 6)

Es común e inevitable que durante la construcción de las obras se presenten disputas y controversias de diversa índole que dan lugar a conflictos. Un ambiente cordial y profesional propicia buenas relaciones de cualquier interacción humana, lo cual hará más fácil la solución de los conflictos. La actitud del Supervisor en la obra debe ser agradable, pero impersonal; debe mostrar una actitud de colaboración, pero a su vez evitar la familiaridad.

Para un mejor control de la Obra se debe dar uso adecuado del Cuaderno de Obra, el cual es el instrumento legal mediante el cual se deja constancia de lo sucedido en la obra día a día. Es un medio tanto de comunicación como de mando que el Supervisor debe utilizar de manera correcta y sistemática durante todo el desarrollo de la obra. Cuando una disputa trasciende al ámbito de los tribunales, el cuaderno de obra es una prueba legal de gran importancia y puede ser el factor que incline la balanza hacia una de las partes en el conflicto. De ahí que las anotaciones deben ser claras, concretas, veraces y oportunas. La utilización ésta restringida al Residente de Obra y el Supervisor de Obra.

En la fecha e entrega del terreno, se abrirá el Cuaderno de Obra, el mismo que será legalizado notarialmente y firmado en todas sus paginas por el Inspector o Supervisor, según corresponda, y por el residente. Dichos profesionales son los únicos autorizados para hacer anotaciones en el Cuaderno de Obra.

El Cuaderno de Obra debe constar de una hoja original con tres (3) copias desglosables, correspondiendo una de éstas a la Entidad, otra al Contratista y la tercera al Inspector o Supervisor. El original de dicho Cuaderno debe permanecer en la Obra, bajo custodia del residente, no pudiendo ser por ninguna de las partes.

Concluida la ejecución de la obra, el original quedará en poder de la Entidad. (Ref. 7)

En el Cuaderno de Obra se anotarán las consultas y hechos relevantes que ocurran durante la ejecución de ella, firmando al pie de cada anotación el Inspector o Supervisor o el residente, según sea el que efectuó la anotación.

En el caso de Obras realizadas por el Estado se han establecidos plazos para la absolución de consultas, las que figuran en Texto Unico Ordenado de la Ley de Contrataciones y Adquisiciones del Estado y su Reglamento.

Las consultas cuando por su naturaleza, en opinión del Inspector o Supervisor, no requieran de la opinión del Proyectista serán absueltas por éstos dentro del plazo máximo de (5) días siguientes de anotadas las mismas. Vencido el plazo anterior y de no ser absueltas, el Contratista dentro de los (02) dos días siguientes acudirá a la Entidad, la cual deberá resolverlas en un plazo máximo de cinco (5) días, contados desde el día siguiente de la recepción de la comunicación del Contratistas.

Las consultas cuando por su naturaleza, en opinión del Inspector o Supervisor, requieran de la opinión del Proyectista serán elevadas por éstos a la entidad dentro del plazo de dos (2) días siguientes de anotadas, correspondiendo a ésta en coordinación con el Proyectista absolver la consulta dentro del plazo de (10) diez días siguientes de la comunicación del Inspector o Supervisor.

Si, en ambos casos, vencidos los plazos, no se absuelve la consulta, el Contratista tendrá derecho a solicitar ampliación de plazo contractual por el tiempo correspondiente a la demora. Esta demora se computará sólo a partir de la fecha en que la no ejecución de los trabajos materia de la consulta empiece a afectar el calendario de avance de obra. (Ref. 8)

El Cuaderno de Obra será cerrado por el Inspector o Supervisor cuando la obra haya sido recibida definitivamente por la entidad.

2.1.3. VALORES Y ACTITUDES

El desempeño del Supervisor también se ve fuertemente influenciado por un tercer componente: los valores y las actitudes (Smith, 1987). El fracaso de un proyecto atribuido a una deficiente supervisión no únicamente se da por incompetencia

técnica o por fallas en la interacción humana, sino también por el desapego a la ética profesional. (Ref. 9)

El Supervisor jamás debe recibir favores personales, obsequios, invitaciones, etc. de las personas a las cuales les debe revisar su trabajo, y mantener la relación en un plano estrictamente profesional.

Parte de las labores propias del Supervisor es detectar los errores en el trabajo de los demás; en estos casos debe tomar todas las medidas que correspondan, pero dentro de un marco ético, por lo que debe evitar la crítica hacia los ejecutores del trabajo y no hacer alarde de su descubrimiento, lo cual es negativo para el clima en la obra. Asimismo debe reconocer y ponderar el trabajo bien ejecutado y ayudar a dar satisfacción a las necesidades humanas de reconocimiento, atención y estimación. (Ref. 9)

CAPITULO 2

FUNDAMENTOS DEL CONCRETO

1. CLASIFICACION GENERAL

La mayoría de las construcciones de concreto pueden dividirse en: elementos moldeados con encofrados, losas de pisos - concreto masivo. Dentro de estas divisiones generales, se pueden hacer subdivisiones, y los capítulos posteriores trataran de requisitos de Supervisión para tales divisiones. Los fundamentos del concreto son, sin embargo, aplicables a todos los tipos de construcción, y las tres grandes divisiones señaladas aquí serán suficientes para la presentación de los fundamentos comunes.

Los elementos moldeados con encofrados, como es el caso de vigas, columnas, muros, arcos, y algunos revestimientos de túneles van, por lo general, reforzados; el espacio para la colocación del concreto es restringido y, en algunos casos, puede necesitarse un tratamiento a la superficie después de la remoción del encofrado.

En cambio, las losas de pavimento y de piso tienen una superficie expuesta relativamente grande, cuyo acabado y protección debe hacerse lo más pronto posible después de la colocación del concreto. Aunque el concreto masivo en muelles, presas y cimentaciones, tiene una relación superficie-volumen relativamente baja, merece considerarse la adherencia entre las diferentes partes colocadas y la elevación de la temperatura debido al calor de hidratación del concreto.

2. REQUISITOS DEL CONCRETO

Los principales requisitos del concreto endurecido son:

- Que sus elementos constituyentes estén dispersados uniformemente.
- Que tengan la resistencia requerida.
- Que sea impermeable y resistente al clima, al desgaste y a otros agentes destructores a los que puede estar expuesto.
- Que no tenga contracción excesiva al enfriarse o secarse.

Puede requerirse que:

- El concreto endurecido tenga una apariencia o acabado arquitectónico particular.

- Alta resistencia a la abrasión o a productos químicos agresivos.
- Alta impermeabilidad al agua o a otros líquidos.

En algunos usos, se requiere que el concreto cumpla requisitos especiales, tales como:

- Que sea resistente al fuego
- Ligero en peso.
- Que su acabado superficial tenga una textura hecha a propósito.

El conocimiento fundamental de las partes esenciales de la construcción con concreto capacita al diseñador para elaborar los planos y especificaciones de Obra y al constructor para cumplir requisitos y al Supervisor para verificar su cumplimiento. (Ref. 10).

3. NATURALEZA DEL CONCRETO

El concreto de uso común, o convencional, se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo. Al mezclar estos componentes se introduce de manera simultánea un quinto participante llamado "aire atrapado", el cual se origina así el concreto haya sido compactado.

En el concreto recién mezclado, todos los sólidos granulares, inclusive el cemento, están separados temporalmente por delgadas capas de agua. Esta separación de las partículas y el efecto lubricante de las capas de agua junto con ciertas fuerzas entre ellas, hacen que la mezcla sea manejable.

La mezcla íntima de los componentes del concreto convencional produce una masa plástica que puede ser moldeada y compactada con relativa facilidad; pero gradualmente pierde esta característica hasta que al cabo de algunas horas se torna rígida y comienza a adquirir el aspecto, comportamiento y propiedades de un cuerpo sólido, para convertirse finalmente en el material mecánicamente resistente que es el concreto endurecido.

La representación común del concreto convencional en estado fresco, lo identifica como un conjunto de agregados, dispersos en una matriz viscosa constituida por una pasta de cemento de consistencia plástica. Esto significa que en una mezcla así hay muy poco o ningún contacto entre las partículas de los agregados, característica que tiende a permanecer en el concreto ya endurecido .

Consecuentemente con ello, el comportamiento mecánico de este material y su durabilidad en servicio dependen de tres aspectos básicos:

- a) Las características, composición y propiedades de la pasta de cemento.
- b) La calidad propia de los agregados, en el sentido más amplio.
- c) La afinidad de la pasta con los agregados y su capacidad para trabajar en conjunto.

Para asegurar la calidad de la pasta se debe seleccionar un cemento apropiado, el empleo de una relación agua/cemento conveniente y el uso eventual de un aditivo necesario.

En cuanto a la calidad de los agregados, es importante adecuarla a las funciones que debe desempeñar la estructura, a fin de que no representen el punto débil en el comportamiento del concreto y en su capacidad para resistir adecuadamente y por largo tiempo los efectos consecuentes de las condiciones de exposición y servicio a que esté sometido.

Finalmente, la compatibilidad y el buen trabajo de conjunto de la pasta con los agregados, depende de diversos factores tales como las características físicas y químicas del cemento, la composición mineralógica y petrográfica de las rocas que constituyen los agregados, y la forma, tamaño máximo y textura superficial de éstos.

De la esmerada atención a estos tres aspectos básicos, depende sustancialmente la capacidad potencial del concreto, como material de construcción, para responder adecuadamente a las acciones resultantes de las condiciones en que debe prestar servicio. Pero esto, que sólo representa la previsión de emplear el material adecuado, no basta para obtener estructuras resistentes y durables, pues requiere conjugarse con el cumplimiento de previsiones igualmente eficaces en cuanto al diseño, especificación, construcción y mantenimiento de las propias estructuras.

4. CONCRETO FRESCO

4.1 TRABAJABILIDAD

El concepto de trabajabilidad del concreto no responde a una definición precisa. Este engloba varias propiedades interdependientes como la consistencia, la cohesión (adherencia interna), la tendencia a la homogeneidad, la plasticidad y la tixotropía.

Una buena trabajabilidad facilita el transporte y el uso del concreto, o sea la colocación en los encofrados y la compactación. Además, ésta influye favorablemente en el costo de estas operaciones.

En cuanto a la cohesión (que evita la segregación), la finura es la única característica del cemento que puede aportar beneficio a ésta. Sin embargo, existen otros factores con efectos más decisivos para evitar que las mezclas de concreto segreguen durante su manejo y colocación. Entre tales factores puede mencionarse la composición granulométrica y el tamaño máximo del agregado, los aditivos inclusores de aire y el diseño de la mezcla de concreto.

La resistencia del concreto y sobre todo su durabilidad, dependen directamente de una buena preparación, de un desencofrado perfecto y de una compactación adecuada, operaciones éstas que pueden llevarse a cabo de modo correcto sólo si la trabajabilidad es adecuada.

4.2 PÉRDIDA DE CONSISTENCIA

Este es un término que se acostumbra usar para describir el aumento de rigidez, que una mezcla de concreto experimenta desde que sale de la mezcladora hasta que termina colocada y compactada en la estructura. Lo ideal en este aspecto sería que la mezcla de concreto conservara su consistencia original durante todo este proceso, pero usualmente no es así y ocurre una pérdida gradual cuya evolución puede ser alterada por varios factores extrínsecos, entre los que destacan la temperatura ambiente, la presencia de sol y viento, y la manera de transportar el concreto desde la mezcladora hasta el lugar del vaciado, todos los cuales son aspectos que configuran las condiciones de trabajo en obra.

Para unas condiciones de trabajo dadas, la evolución de la pérdida de consistencia también puede resultar influida por factores intrínsecos de la mezcla de concreto, tales como la consistencia o fluidez inicial de ésta, la humedad de los agregados, el uso de ciertos aditivos y las características y contenido unitario del cemento. La eventual contribución de estos factores intrínsecos, en el sentido de incrementar la pérdida normal de la consistencia del concreto, es como se indica:

- a) Las mezclas de consistencia más fluida tienden a asentarse con mayor rapidez, debido a la evaporación del exceso de agua que contienen.
- b) El empleo de agregados porosos en condición seca tiende a reducir pronto la consistencia inicial, por efecto de su alta capacidad para absorber agua de la mezcla.
- c) El uso de algunos aditivos reductores de agua y superfluidificantes acelera la reducción de consistencia, como consecuencia de reacciones indeseables con algunos cementos. En relación con este factor, lo conveniente es verificar oportunamente que exista compatibilidad entre el aditivo y el cemento de uso previsto.

Es importante no confundir la pérdida normal de consistencia que toda mezcla de concreto exhibe en la primera media hora subsiguiente al mezclado, con la rápida rigidización que se produce en pocos minutos como consecuencia del fenómeno de falso fraguado en el cemento. Para evitar esto último, es recomendable seleccionar un cemento que en pruebas de laboratorio demuestre la inexistencia de falso fraguado.

4.3 ASENTAMIENTO Y EXUDACION

En cuanto el concreto queda en reposo, después de colocarlo y compactarlo dentro del encofrado, se inicia un proceso natural mediante el cual los componentes más pesados (cemento y agregados) tienden a descender en tanto que el agua, componente menos denso, tiende a subir. A estos fenómenos simultáneos se les llama respectivamente asentamiento y exudación, y cuando se producen en exceso se les considera indeseables porque provocan cierta estratificación en la masa de concreto, según la cual se forma en la superficie superior una capa menos resistente y menos durable por su mayor concentración de agua. Esta circunstancia

resulta particularmente inconveniente en el caso de pavimentos de concreto ya que la capa superior debe ser apta para resistir los efectos de la abrasión mecánica.

Para evitar el asentamiento y la exudación del concreto que se origina por exceso de fluidez en las mezclas y falta de finos en la arena, se debe tomar medidas aplicables para moderar ello, entre las que podemos mencionar:

- a) Emplear mezclas de concreto con la consistencia menos fluida que pueda colocarse satisfactoriamente en la estructura, y que posea el menor contenido unitario de agua que sea posible, preferiblemente utilizando aditivos reductores de agua si es necesario.
- b) Utilizar agregados de forma angular y textura superficial y con adecuada composición granulométrica; en especial, con un contenido de finos en la arena que cumpla especificaciones en la materia.
- c) Ensayar el uso de un aditivo incorporador de aire, particularmente cuando no sea factible cumplir con la medida anterior.

Sin embargo, existe el efecto opuesto ya mencionado en el sentido de que un aumento de finura en el cemento tiende a incrementar el requerimiento de agua de mezclado en el concreto.

Para fines constructivos se considera que el tiempo medido desde que se mezcla el concreto hasta que adquiere el fraguado inicial, es el lapso disponible para realizar todas las operaciones inherentes al vaciado hasta dejar el concreto colocado y compactado dentro del encofrado. De esta manera, este lapso previo al fraguado inicial adquiere importancia práctica pues debe ser suficientemente amplio para permitir la ejecución de esas operaciones en las condiciones del trabajo en obra.

5. EL PROCESO DE ENDURECIMIENTO

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, continua 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 evaporable se escape de aquella, de ahí la importancia que tiene un curado adecuado.

Después de un curado inicial adecuado, la hidratación del cemento continúa durante un tiempo variable, que depende de la temperatura ambiente y de la accesibilidad a una fuente externa de calor. Cuando se cura concreto común durante un mes en condiciones de humedad de laboratorio, más del 80% 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 obra, el concreto colocado en secciones delgadas y el concreto superficial pueden secarse parcialmente en pocos días. De ahí en adelante el cemento puede no tener más oportunidad para hidratarse en forma continua que la proporcionada por la lenta migración del agua de una subrasante con la cual se halle en contacto, o por la humedad obtenida durante períodos de lluvias u otras condiciones de humedecimiento. Por consiguiente, sólo si se tienen condiciones favorables de humedad, la hidratación del cemento continuará durante años.

Las velocidades de desarrollo de resistencia son algo diferentes de la de hidratación, aunque ambas están relacionadas. A temperatura normal, las primeras etapas de hidratación producen relativamente poca resistencia. En condiciones normales de laboratorio, en la primera semana se alcanza, aproximadamente, la mitad de la resistencia última a compresión del concreto y al cabo del primer mes, aproximadamente tres cuartos de ella, siempre y cuando se halla usado cemento Tipo I.

Puesto que la ganancia en resistencia se debe a un aumento en el grado de hidratación del cemento, el secado impide tanto el desarrollo de resistencia como el progreso de la hidratación.

El aumento de la temperatura ambiente incrementa la velocidad de hidratación y también se modifican las características físicas de los productos de hidratación, mientras mayor sea la temperatura ambiente, mayor será el cambio especialmente

a edades tempranas. La modificación del gel debida a temperaturas altas aplicadas al comienzo es tal que baja la resistencia última del concreto.

6.- CALOR DE HIDRATACION

En el curso de la reacción del cemento con el agua, o hidratación del cemento, se produce desprendimiento de calor porque se trata de una reacción de carácter exotérmico. Si el calor que se genera en el seno de la masa de concreto no se disipa con la misma rapidez con que se produce, queda un remanente que al acumularse incrementa la temperatura de la masa.

El calentamiento del concreto lo expande, de manera que posteriormente al enfriarse sufre una contracción, normalmente restringida, que genera esfuerzos de tensión capaces de agrietarlo. La posibilidad de que esto ocurra tiende a ser mayor a medida que aumenta la cantidad y velocidad de generación de calor y que disminuyen las facilidades para su pronta disipación. Es decir, el riesgo de agrietamiento de origen térmico se incrementa cuando las estructuras tienen gran espesor.

Para controlar la temperatura del concreto masivo, se han adoptado varios métodos, entre ellos: el empleo de concreto pobre, de cemento de bajo calor de hidratación, y de un aditivo plastificador reductor de agua para disminuir el contenido de cemento; el reemplazo de éste por adiciones (de acuerdo a la Norma ASTM C 618 o NTP 334.204), el enfriamiento previo de los materiales; o el reemplazo por hielo de parte del agua de mezclado.

Otras medidas consisten en programar bien los vaciados durante los períodos más fríos del día, o en las estaciones más frías; o bien la colocación del material en forma tal que cada capa pueda enfriarse antes de colocar la siguiente, y en remover el calor por medio de tubos embebidos por lo cuales se hace circular el agua fría.

7.- RESISTENCIA A LA CONGELACION

Entre las causas naturales que pueden desintegrar las estructuras expuestas de concreto, la más común es la acción de congelación y descongelación,

especialmente cuando el concreto está saturado durante la congelación. En algunas circunstancias resultan vulnerables, tanto la pasta endurecida como las partículas de agregado.

7.1. NATURALEZA DEL DAÑO

La pasta de cemento normal es vulnerable a la congelación porque, cuando hay saturación de ésta, la expansión de agua congelable produce un incremento en el volumen de la pasta que sobrepasa la cantidad de expansión que puede soportar sin daño.

Cuando la congelación ocurre en un concreto que contenga agregado saturado, se pueden generar presiones hidráulicas nocivas dentro del agregado. El agua desplazada desde las partículas del agregado durante la formación del hielo no puede escapar lo suficientemente rápido hacia la pasta circundante para aliviar la presión. Sin embargo, bajo casi todas las condiciones de exposición, una pasta de buena calidad (de baja relación Agua – Cemento) evitara que la mayor parte de las partículas de agregado se saturen. También, si la pasta tiene aire incorporado, acomodará las pequeñas cantidades de agua en exceso que pudieran ser expulsadas por los agregados, protegiendo así al concreto contra daños por congelación y deshielo.

- a) El concreto con aire incorporado es mucho más resistente a los ciclos de congelación y deshielo que el concreto sin él.
- b) El concreto con una relación Agua – Cemento baja es mas durable que el concreto con una relación Agua – Cemento alta.
- c) Un periodo de secado antes de la exposición a la congelación y el deshielo beneficia sustancialmente la resistencia a la congelación y deshielo del concreto con aire incluido, pero no beneficia de manera significativa al concreto sin aire incluido.

7.2. PROTECCION CON AIRE INCORPORADO

La pasta producida normalmente en el concreto, por contener agua congelable, no puede soportar por largo tiempo la acción de congelamiento después de saturarse. Sin embargo, si se procura que dicha pasta contenga gran número de poros de

aire, pequeños y muy próximos, mediante el empleo de un aditivo incorporador de aire, el congelamiento no dañara la pasta aunque la porción de ella que rodee los poros esté saturada de agua.

Para que sean efectivos, los poros inducidos deben ser tan numerosos que la distancia máxima calculada entre cualquier punto de la pasta y la superficie de un poro de aire resulte menor de 0.2 mm. A esta distancia se la conoce como factor de espaciamiento, lo que no ocurre en forma natural; así que debe producirse mediante la utilización de agentes incorporadores de aire.

8.- CONTRACCION Y EXPANSION

El concreto se contrae cuando se seca y se expande al humedecerse. 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 pequeña 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 a las subsecuentes contracciones, en vez de que se expanda.

La magnitud de la contracción depende de varios factores, como las cantidades de agregado empleado, las propiedades del agregado, tamaño y forma de la masa de concreto, temperatura y humedad relativa del medio ambiente, método de curado, grado de hidratación, y tiempo, pero el mas importante es la cantidad total de agua en la mezcla original.

Cuando un elemento de concreto está restringido contra la contracción, ya sea por el refuerzo embebido en el concreto, partes de la estructura conectadas entre sí, o la fricción de la subrasante sobre la cual va colocado el concreto tiende a agrietarse como resultado de la contracción por secado o de los efectos combinado de los cambios térmicos y de secado. Más aún, cuando en un elemento estructural la superficie del concreto endurecido se seca más rápido que el interior, se origina esfuerzos diferenciales que pueden causar la formación de un red de grietas extensibles hacia adentro en una corta distancia a partir de la superficie.

Por tanto, si no existe una causa que impida el movimiento del concreto y ocurren estas contracciones, el concreto no se agrieta. Por ello, las juntas son el método más efectivo para controlar agrietamientos. Si una extensión considerable de concreto (una pared, losa o pavimento) no contiene juntas convenientemente espaciadas que alivien la contracción por secado y por temperatura, el concreto se agrietara de manera aleatoria.

Los cambios de volumen del concreto debido a variaciones de temperatura, son tan importantes para el comportamiento de la estructura, como lo es la contracción por secado. El restringir la contracción térmica puede causar agrietamiento en los elementos estructurales como en las losas; por eso es necesario tomar medidas para minimizar el agrietamiento térmico.

En losas con poco o ningún refuerzo, es preciso formar juntas de adecuada profundidad a intervalos apropiados, que proporcionen alivio de esfuerzos en sitios planeados y eviten un agrietamiento incontrolable. Cuando se diseñan elementos que no requieren refuerzo estructural, es suficiente con un ligero "acero de temperatura", simplemente para controlar el agrietamiento térmico, mediante la producción de muchas grietas pequeñas insignificantes, en vez de unas pocas grandes, objetables.

CAPITULO 3

SUPERVISION DE MATERIALES

1. CONCEPTO

La Supervisión de los materiales en obra se efectúa a fin de verificar que ellos cumplan con las Especificaciones Técnicas que deberán estar en concordancia con el Reglamento Nacional de Edificaciones y que, adicionalmente sean manejados y utilizados adecuadamente en la obra. La verificación en obra de los materiales debe siempre revisarse a pesar de que previamente a su entrega ellos hayan sido supervisados, comprobándose así si han sufrido daño durante las operaciones de almacenamiento y transporte.

Por lo que la Supervisión goza de autonomía y tiene acceso al Cuaderno de Obra, a los planos, especificaciones y archivos del Contratista referidos al proyecto.

2. CEMENTOS

2.1. CONCEPTOS GENERALES

La Norma ASTM C 150 y la correspondiente Norma NTP 339.009 especifican 5 tipos de cementos Portland, de los cuales en el Perú se utilizan los 3 tipos estándar siguientes:

- Tipo I, que es un cemento de uso general cuando no se necesitan propiedades especiales de otros cementos.
- Tipo II, que es un cemento de uso general que tiene resistencia moderada a los sulfatos y moderado calor de hidratación.
- Tipo V, que es un cemento recomendado en aquellos casos en que se requiere resistencia a los sulfatos.

La Norma ASTM C 150 o NTP 339.009 incluye especificaciones para un Cemento con incorporador de aire, el cual no se emplea en el Perú.

2.2. OTROS CEMENTOS

En el Perú también pueden encontrarse otros cementos que son resultado de combinaciones y que se usan en general, por razones económicas. Entre ellos se

pueden citar los cementos Portland puzolánicos y los cementos Portland de escoria de alto horno.

Las adiciones pueden emplearse conjuntamente con el cemento y reaccionan con el hidróxido de calcio libre resultante de la hidratación del cemento Portland para formar gel adicional, el cual gana resistencia lentamente. Las adiciones cuando se usan como reemplazo parcial del cemento Portland, producen una mezcla de concreto caracterizada por la generación más lenta de calor; y por su control sobre el ataque por sulfatos y la reacción entre los álcalis y los agregados.

2.3. REQUISITOS ADICIONALES

La Norma ASTM C 150 contiene requisitos adicionales que deben tenerse en consideración por la Supervisión cuando se emplea cementos adicionados. Entre ellos se encuentra mejoras en la resistencia a la compresión a los 28 días, disminución del calor de hidratación y una mayor resistencia a los sulfatos.

Así como también señala que cuando se van usar determinados agregados conjuntamente con elementos tales como óxido de sodio o potasio, que son los álcalis secundarios presentes en los cementos, es recomendable utilizar cemento de bajo contenido de álcalis y/o una adición aceptable para asegurar las durabilidad y funcionalidad del concreto, garantizando que éste estará libre de una expansión sílico-alcalina objetable.

La Supervisión cuando considere necesario verificará que el cemento no tenga más del 0.40% como suma del porcentaje de óxido de sodio más el 0.658 del porcentaje de óxido de potasio, ya que en el Perú no es común encontrar agregado reactivo. Así como también podrá ordenar se realice examen un petrográfico de los agregados, de acuerdo a la Norma ASTM C 295, el cual es un método confiable para identificar el agregado reactivo.

Si bien es cierto que las demoras en la Obra y el dejar pasar demasiado tiempo entre el mezclado y la colocación del concreto ocasionan la mayoría de los problemas de pérdida de asentamiento; la Supervisión debe tener presente que estos problemas pueden agravarse por causas tales como:

- El empleo de cemento de fraguado rápido, también llamado Cemento Romano (producido en forma similar al cemento Portland, pero con el horno a una temperatura menor).
- La incompatibilidad entre aditivos y cementos (especialmente en climas cálidos).
- Empleo de cementos con tendencia al fraguado falso.
- La pérdida de agua debido a alta temperatura del concreto fresco.

Igualmente debe tener presente que en climas fríos, el fraguado instantáneo puede provenir del recalentamiento de los materiales o de la presencia excesiva de cloruros.

2.4. MUESTREO Y PRUEBA

La prueba del cemento con fines de aceptación es, fundamentalmente, un procedimiento de laboratorio y no corresponde a la Supervisión, la verificación del mismo, debiendo ampararse en los informes y certificados expedidos por la fábrica.

Sin embargo, la Supervisión debe recordar que la Norma ASTM C 150 o NTP 339.009 indica que todo cemento que permanezca almacenado a granel en la fábrica, por más de 6 meses contados a partir de la terminación de las pruebas deberá probarse de nuevo. Por ello dispondrá la toma de muestras periódicas del cemento para comprobar su calidad y uniformidad. La Supervisión determinará, de acuerdo con el Proyectista, la frecuencia de la toma de muestras y certificará que se efectúe de acuerdo a las recomendaciones de las Normas ASTM C 183 o NTP 334.007.

La Supervisión tiene la facultad de ordenar, en cualquier etapa de la ejecución del proyecto, ensayos de certificación de la calidad del cemento empleado (de acuerdo a las Normas ASTM ó NTP correspondientes). Así como también la facultad de impedir el empleo de un determinado lote de cemento si considera que éste no cumple con las especificaciones de obra. El rechazo y sus causas deben quedar registrados en el Cuaderno de Obra.

La Supervisión, mediante un laboratorio independiente puede verificar la calidad del cemento que va a ser empleado y si éste cumple con las especificaciones del proyecto. Deberá certificar que el cemento que llega a obra no está húmedo o contaminado y que los sellos de los embarques a granel no han sido violados.

Si en la obra se van a obtener muestras de cemento, la Supervisión deberá garantizar que éstas son representativas de lote, siguiendo las recomendaciones de la Norma ASTM C 183 o NTP 334.007. La muestra deberá tener por los menos 4.5 Kg. Si el cemento viene en sacos, debe tomar una pequeña cantidad de un saco de cada 100 o fracción de 100. Después de mezclar bien estas cantidades, se escogerá la muestra por medio de un separador de muestras o por el método de cuarteo.

Cuando el cemento se transporta a granel, las muestras se pueden tomar por cualquiera de los siguientes métodos:

- (1) Usando un tubo de muestreo, o
- (2) sacando por la compuerta de descarga una cantidad significativa de cemento, de la cual se forma una muestra compuesta como se indica anteriormente.

La muestra de cemento se debe colocar en un recipiente metálico, seco y limpio, y la tapa cerrarse herméticamente para eliminar el aire y la humedad; y alrededor de toda junta, puede emplearse como sello una tira de cinta adhesiva.

La muestra debe ser debidamente identificada incluyéndose fecha, nombre de la obra, nombre del Supervisor, número del carro o lote, marca del cemento, cantidad del cemento representada por la muestra, elementos de la obra en que se usó el cemento, temperatura en el momento del muestreo, autoridad que tomó las muestras y pruebas deseadas.

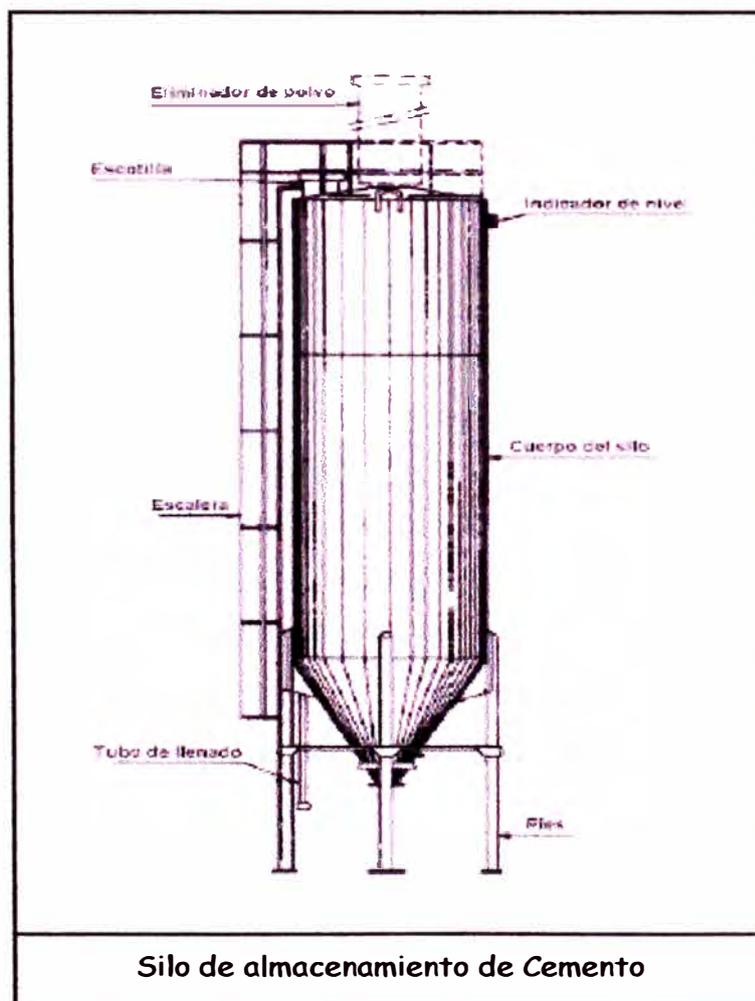
2.5. MANEJO Y ALMACENAMIENTO DEL CEMENTO (ACI 225 R)

El ACI 225 R da las recomendaciones del manejo y almacenamiento del cemento, entre otras: conservarse indefinidamente, sin deteriorarse, en la medida en que esté protegido de la humedad, incluyendo la existente en el aire.

En las plantas de concreto, en las obras y en el transporte de larga duración, el cemento tiende a deteriorarse, por lo que deben observarse ciertas precauciones para su almacenamiento.

2.5.1. ALMACENAMIENTO DEL CEMENTO A GRANEL

La Supervisión certificará que el cemento a granel se almacene en silos metálicos aprobados por ella; debiendo ser éstos a prueba del intemperismo y reciba ventilación apropiada para impedir que se acumule la humedad, o ingresen elementos contaminantes. Las facilidades de almacenamiento para el cemento en volumen deberán incluir compartimientos separados para cada tipo de cemento empleado.



Los silos de cemento son elementos verticales, de forma generalmente cilíndrica y sección circular, de gran altura con respecto a su diámetro, los caracterizan generalmente, por el tonelaje almacenado, que varía entre los 15 y 50 m³.

Cada silo o compartimiento de almacenaje debe estar equipado con una compuerta y un sistema de transporte para la medición y éste hallarse aislado del medio ambiente. El interior de los silos debe ser suavizado y tener tal forma que permita la fácil remoción de todo el cemento, prefiriéndose los perfiles circulares con conos truncados en la parte inferior.

En obras grandes, los silos deberán desocuparse e inspeccionarse periódicamente, para asegurar que no ha ocurrido un amontonamiento de cemento. Esta inspección tiene que ser hecha por la Supervisión en el silo siempre que un nuevo tipo de cemento, o un cemento procedente de otra fuente, o de la misma fuente pero de distinto tipo, se coloca en él. Si en el silo se encuentra acumulación de cemento, habrá de removerse éste antes de proceder al nuevo llenado.

Se deberá tenerse especial cuidado durante el traslado del cemento de los camiones a los silos, a fin de evitar que se humedezca o contamine con sustancias extrañas.

2.5.2. CEMENTO EN BOLSAS

El uso de cemento en bolsas se presenta en trabajos relativamente pequeños. Cuando se utiliza cemento empacado en bolsas, deberá protegerse tanto de la humedad del terreno como del medio ambiente. La Supervisión no aceptará en obra bolsas de cemento cuya envoltura se encuentre deteriorada o perforada, o que tengan un peso menor que el oficial.

El método preferido de almacenamiento consiste en colocarlo dentro de un compartimiento cerrado, sobre tarimas de maderas puestas en el piso. Si se utiliza almacenamiento externo, la Supervisión tiene que asegurarse que todo el recubrimiento sea hermético al agua.

Se recomienda que el cemento en bolsas se almacene en obra en un lugar techado, fresco, protegido de la humedad o del agua libre que pueda correr por el mismo. Las bolsas deberán almacenarse juntas, de manera de minimizar la circulación del aire, dejando un espacio alrededor de las paredes. El apilamiento del cemento, por períodos no mayores de 60 días, podrá llegar hasta una altura de doce bolsas. Para mayores períodos de almacenamiento el límite recomendado es el de ocho bolsas, para evitar la compactación del cemento, debiendo estar cubiertas con un medio de protección que no genere humedad por condensación.

Las bolsas de cemento se dispondrán de manera que se facilite su utilización de acuerdo al orden cronológico de recepción, a fin de evitar el envejecimiento de éstos. Es responsabilidad de la Supervisión el verificar el cumplimiento de todo lo indicado.



2.5.3. FRAGUADO DURANTE EL ALMACENAMIENTO

En caso de que el cemento se haya aglutinado ligeramente formando terrones, debido a su hidratación parcial por encontrarse éste expuesto al aire durante el transporte a obra o almacenamiento, puede permitirse su uso si la mayoría de ellos son suficientemente blandos como para ser aplastados entre el pulgar y los otros dedos, y si los más duros se remueven mediante tamices; todo esto siempre y cuando, no lo prohiban las especificaciones del proyecto.

3. AGREGADOS

3.1 CONCEPTO

Corresponde a la Supervisión el examen y prueba de los agregados para su aceptación y rechazo, así como la verificación de la realización de las pruebas de control que sean necesarias; de que sean manejados y almacenados en forma apropiada, y de las operaciones de medición. La Supervisión debe cuidar que durante la medición no haya variación en los agregados.

3.2 CUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES

La Supervisión empleará la Norma ASTM C 33 o NTP 400.037 en el control de los agregados de peso normal; y las Normas ASTM C 330 y C 332 para los agregados livianos.

La Supervisión verificará que los agregados sean limpios, duros, sanos, durables, y que los tamaños de las partículas estén comprendidos entre los límites establecidos. Igualmente se requiere la comprobación frecuente que la granulometría escogida se mantiene razonablemente uniforme, dentro de las restricciones que las especificaciones señalan como límites para las variaciones del módulo de fineza. Igualmente se debe comprobar que las diversas sustancias perjudiciales estén dentro de los límites máximos establecidos.

La Supervisión comprobará que el agregado no contiene cantidades indeseables de terrones y partículas indeseables de arcillas; material que pasa la malla N° 200, carbón y lignito y partículas blandas.

Los agregados que no cumplan con alguno de los requisitos indicados podrán ser autorizados, por escrito, por la Supervisión, si se demuestran mediante ensayos de laboratorio o experiencia de obra, que pueden producir, bajo condiciones similares a las que se espera en obra y sin incidir en el costo, concreto de las propiedades requeridas.

3.3 MUESTREO DE LOS AGREGADOS

Las muestras seleccionadas del agregado deberán ser representativas de la carga preparada en las condiciones reales de dosificación. La Supervisión certificará que el método de muestreo cumpla con los requisitos de la Norma ASTM D 75 o NTP 400.010.

La Supervisión certificará que la muestra se tome de los silos o pilas de almacenamiento. Esta última es la mas difícil de hacer correctamente y se debe evitar en lo posible debido a que la Norma D 75 del ASTM o NTP 400.010 no cubre este tipo de muestreo.

La cantidad de material representada por una sola muestra podría variar ampliamente por lo que es conveniente tomar una muestra por carga. La muestra que se toma de una banda transportadora es la más representativa de todas. En el caso del agregado fino se podrán tomar muestras a medida que pasa la banda, hasta llenar una cubeta de la cual se seleccionará la muestra por división o cuarteo.

En caso de agregado grueso, se detendrá completamente la banda transportadora a fin de remover todo el material transportado en una longitud corta de ella. También se puede tomar directamente de toda la sección del flujo de material que se está descargando de la tolva o banda de descarga. Las muestras mas representativas se lograrán cuando sea posible efectuar el cuarteo utilizando materiales tomados de las partes primera, media y ultima del material que se va ha

ensayar.

En medida en que ello es posible es recomendable no tomar muestras de pilas de agregados o de los equipos de transporte, especialmente cuando se prepara una muestra para determinar las propiedades de los agregados que dependen de la granulometría de la misma. Si es obligatorio tomar muestras de la pila, éstas deben estar constituidas por porciones provenientes de diversos puntos separados y además se diseñará un plan de muestreo para el caso específico bajo consideración.

Las muestras de agregado fino deberán tomarse, siempre que ello sea posible, del material húmedo para evitar la segregación que pudiera ocurrir en el agregado seco. Las muestras deben provenir de material no superficial y para ello se deberá usar un tubo de muestreo hincado en el agregado fino en varios puntos separados. Al tomar muestras para pruebas de contenido de humedad se tendrá en consideración que una masa de agregado fino húmedo, almacenada o apilada unas pocas horas, estará más mojada hacia la base de la pila.

Corresponde a la Supervisión la selección del laboratorio, en el cual se han de efectuar los ensayos y la interpretación de los resultados de los mismos. Las muestras se enviarán en recipientes limpios, sellados y debidamente identificados, indicándose fecha, clase de agregado, cantidad representativa de la muestra, sitio y condiciones de muestreo, razón del ensayo y clase de ensayo deseado.

3.4 PRUEBAS PRINCIPALES

A las Supervisión le corresponde vigilar las siguientes pruebas de agregados:

- a) Pruebas iniciales de aceptación sobre granulometría, limpieza, estabilidad de volumen y durabilidad, resistencia a la abrasión, materiales nocivos, sustancias extrañas y composición mineral.
- b) Pruebas secundarias para determinar propiedades físicas que se han de usar en la dosificación de la mezcla. Se incluye las de absorción, peso específico

aparente, peso unitario, vacíos y expansión.

- c) Pruebas de obra, para control de aceptación secundaria, entre ellas las de limpieza, materiales nocivos y contenidos de humedad.

Las pruebas se efectuarán de acuerdo a lo indicado en la Norma ASTM o NTP correspondientes.

3.5 PRUEBAS DE GRANULOMETRIA

La importancia de la granulometría de los agregados totales en el concreto se debe a que por razones de economía, mayor resistencia y mayor estabilidad volumétrica, conviene que los agregados ocupen la mayor masa del concreto, compatible con la trabajabilidad.

En la práctica no existe ningún método que permita llegar a la "granulometría ideal" aplicable en todos los casos a los todos los agregados. Sin embargo, existen especificaciones de granulometría las cuales, en promedio, permitirán obtener concretos de propiedades satisfactorias a partir de materiales disponibles en áreas determinadas.

La granulometría del agregado se determinará, siguiendo el procedimiento indicado en la Norma ASTM C 136 o NTP 400.012.

El módulo de Fineza,.-

La utilidad del módulo de Fineza reside en indicar si un agregado es mas fino o mas grueso que otro, aunque no dé ninguna idea sobre la granulometría y no distinga entre un agregado de un tamaño único y otro que tenga el mismo tamaño promedio.

La Supervisión verificará que el módulo de Fineza de un envío de agregado fino no varíe en más - menos 0.20 con respecto al establecido en las especificaciones de obra.

3.6 MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200

El material extremadamente fino, que se presenta recubriendo el agregado grueso, o mezclado con la arena. En el primer caso, si el material fino está firmemente adherido a los agregados, impide una buena unión con la pasta y por lo tanto la interfase mortero-agregado será una zona débil por donde se puede originar la rotura del concreto; en el segundo caso, a mayor cantidad de finos habrá mayor demanda de agua, ya que aumenta la superficie a mojar y por lo tanto también aumentará el contenido de cemento si se quiere mantener constante la relación agua/cemento. Debido a todo ello, las especificaciones limitan la cantidad de material que pasa la malla N°200 a un pequeño porcentaje.

La Norma ASTM C 117 o NTP 400.018, describe el método de determinación del mismo y la Norma ASTM D 2419 o NTP 339.146 permite realizar una prueba de campo para determinar el material fino menor que la malla N°200 contenido en el agregado fino.

La Supervisión verificará el cumplimiento de las Normas anteriormente indicadas; así como la cantidad de terrones de arcilla u otras partículas deleznable, siguiendo el procedimiento indicado en las Norma ASTM C 142 o NTP 400.015.

3.7 IMPUREZAS ORGANICAS

Los agregados pueden ser resistentes a las sollicitaciones mecánicas y a la acción de desgaste y; aun así, no ser satisfactorios para preparar concreto si ellos contiene impurezas orgánicas las cuales pueden interferir en el proceso de hidratación. Estas impurezas pueden ser productos de destrucción o descomposición de materia vegetal, y aparecen en forma de margas orgánicas, barro orgánico o humus., mayormente en el agregado fino, ya que no pueden ser removidas mediante el lavado.

La Norma ASTM C 40 o NTP 400.024 describe, por comparación de colores, un procedimiento para determinar la presencia y cantidad aproximada de materia orgánica. Si el ensayo indica la presencia de impurezas orgánicas, puede ser necesario hacer pruebas de comparación de resistencia entre morteros hechos con

el agregado fino cuestionado y otro reconocido como sano. El Supervisor rechazara, el empleo de estos agregados si la resistencia obtenida estuviera por debajo del 95% de la alcanzada con la arena patrón.

El Supervisor debe tener en cuenta que la presencia de materia orgánica no indica necesariamente que ésta sea dañina para el concreto, ya que partículas de carbón o de lignito presentes en el agregado fino pueden producir color oscuro en la prueba colorimétrica y, sin embargo ser permitidas en los agregados finos, siempre y cuando no excedan los límites admisibles indicados en la Norma ASTM C 33 o NTP 400.037. Queda a criterio de la Supervisión elegir la decisión más conveniente.

3.8 HUMEDAD Y ABSORCION

La Supervisión determinará en obra si es preciso efectuar pruebas para determinar el contenido de humedad y absorción de los agregados, en los casos siguientes:

- a) Para determinar la cantidad de agua aportada por los agregados a la mezcla, o absorbida de ella si no es compensada. Esta agua adicional podría aumentar el asentamiento de la mezcla hasta en 2" y disminuir la resistencia en compresión hasta en 20 kg/cm².
- b) Si la medida de los agregados se hace por peso o volumen, para determinar los ajustes necesarios en uno u otro caso, que aseguren cantidades uniformes de agregados equivalentes a los saturados superficialmente secos. Cuando la medición se hace por volumen, es necesario conocer el factor de expansión.

Es necesario entender claramente estas relaciones para poder dosificar o medir apropiadamente los agregados. De preferencia, todos los cálculos se deben hacer con base a agregados que se encuentran en la condición de saturado y superficialmente seco. Si no se encuentran en dicha condición, por una aplicación de aritmética simple, las medidas de agregado seco o húmedo pueden convertirse en cantidades equivalentes de agregado saturado superficialmente seco.

Para ello es necesario, tan solo, conocer el contenido total de humedad interna y la capacidad de absorción de los agregados; por consiguiente:

$$\text{Humedad libre o total} = \text{humedad total} - \text{absorción.}$$

Cuando la humedad total es menor que la capacidad de absorción (como en el caso de agregados que se secan en el aire), la humedad superficial resulta negativa, y el agregado adsorberá parte del agua de mezclado.

La Supervisión verificará que se aplican algunas de las pruebas existentes para determinar el contenido de humedad y la absorción de los agregados, descritas en las Normas ASTM C 70; C 127 o NTP 400.021; C 128 o NTP 400.022; y C 566 o NTP 339.185.

La Supervisión considerará en la aceptación del trabajo, que los porcentajes de humedad y absorción son generalmente tan pequeños, que estas diferencias en la base del cálculo producen poco efecto en los resultados numéricos.

3.9 PESO ESPECIFICO

El peso específico en los agregados se refiere a la densidad de las partículas individuales y no a la masa del agregado como un todo. Por ello que para la conversión de un peso dado de agregado a volumen para el cálculo de su rendimiento o de un volumen a peso para propósitos de medición, requiere el conocimiento del peso específico del agregado.

Se define el peso específico relativo, como la relación entre el peso de un volumen dado del material al peso de un volumen igual de agua. El peso específico relativo de la mayoría de los agregados es aproximadamente de 2.65, exceptuándose los agregados livianos y pesados, cuyos pesos específicos relativos deben ser determinados cuando se les emplea. Para un agregado dado, el valor es sustancialmente constante, y para la mayoría de los propósitos, la Supervisión puede tomarlo como constante, sin que se presenten errores serios. Como verificación de rutina la Supervisión puede disponer que las determinaciones de

peso específico, se hagan una vez a la semana para detectar cualquier cambio o para confirmar que no ha ocurrido ninguno. La determinación se hará siguiendo las recomendaciones de la norma ASTM C 127 o NTP 400.021 en el caso del agregado grueso y C 128 en el caso del agregado fino.

3.10 PESO UNITARIO

La información referente al peso por unidad de volumen de los agregados es útil para calcular el contenido de vacíos; tener una medida de la uniformidad de agregados, ya que granulometrías sin exceso de un tamaño dado generalmente tienen un peso unitario mas alto que aquellas en las que hay preponderancias de un tamaño dado en relación a los otros; así como también para convertir volúmenes a peso; o viceversa.

La Norma ASTM C 29, proporciona un método estandarizado para determinar el peso unitario del agregado.

Aunque la prueba podría hacerse con mayor precisión, los valores del peso unitario de los agregados se consideraran por la Supervisión como correctos dentro del 1% ó quizás el 0.5%.

3.11 PORCENTAJE DE VACIOS

El término “vacíos”, con respecto a la masa de agregados, se refiere a los espacios no ocupados entre las partículas de agregado. En otras palabras, es el volumen total de la masa de agregado y el espacio realmente ocupado por las partículas.

El porcentaje de vacíos del agregado se calcula, generalmente, a partir del peso unitario y el peso específico de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$\%Vacíos = 100 \cdot \left(\frac{PesoEspecífico - PesoUnitario}{PesoEspecífico} \right)$$

La condición del agregado respecto al contenido de humedad y grado de

compactación se debe hacer siempre en relación con la cantidad de vacíos. En el caso del agregado compactado seco, el método para determinar la relación de vacíos que se indica, está descrito en la Norma ASTM C 29.

3.12 SUSTANCIAS INDESEABLES

La Supervisión dispondrá que las pruebas empleadas por las especificaciones para determinar propiedades y sustancias indeseables en los agregados sean:

- Partículas ligeras	ASTM C 123
- Terrones de arcilla	ASTM C 142 o NTP 400.015
- Carbón y lignito	ASTM C 123
- Sanidad (pruebas de sulfatos)	ASTM C 88 o NTP 400.016
- Abrasión	ASTM C 131 o NTP 400.019, C 533
- Examen petrográfico	ASTM C 295
- Reactividad alcalina (barra de mortero)	ASTM C 227 o NTP 334.113
- Reactividad alcalina (química rápida)	ASTM C 289 o NTP 334.009
- Reactividad a los carbonatos.	ASTM C 586
- Resistencia a las heladas (prueba de dilatación)	ASTM C 682
- Impurezas orgánicas en el agregado fino	ASTM C 40 o NTP 400.013.

La Supervisión dispondrá un examen petrográfico, complementado con inspección visual, sorteo y pesado, en todos aquellos casos en que se presenten cambios importantes de volumen durante el humedecimiento y secado, o congelamiento y descongelamiento, o cuando hay descascaramiento; así como cuando se presentan pérdidas importantes en la prueba de durabilidad con sulfatos de sodio o magnesio.

El examen petrográfico identificará también elementos presentes en algunos agregados, que reaccionan en forma indeseable con los álcalis del cemento; algunos de estos elementos son el ópalo, la calcedonia, la tridimita y los vidrios volcánicos ácidos o intermedios.

3.13 MANEJO Y ALMACENAMIENTO DEL AGREGADO

El almacenamiento de los agregados debe garantizar continuidad para la fabricación del concreto, han de mantenerse tan uniformes como sea posible en cuanto a:

- Granulometría
- Contenido de humedad
- Evitar segregación.
- No mezclar los agregados de origen y tamaños diferentes.
- Evitar la contaminación (suciedad) con sustancias perjudiciales.

La Supervisión controlará que se sigan las recomendaciones del ACI 304 para el manejo y medición de los materiales.

3.13.1 PILAS DE ALMACENAMIENTO

Los agregados deben de colocarse en terreno duro y seco, limpiando el suelo de materiales arcillosos o sustancias orgánicas, o en su defecto, poner tabloncillos sobre el suelo, o dejar sin remover una capa inferior de varios centímetros de espesor del material. En caso necesario podrá construirse una losa de concreto pobre de 10 cm. de espesor. El nivel tendrá una ligera pendiente para permitir el drenaje a fin de obtener un contenido de humedad uniforme antes de su utilización.

La zona de almacenamiento deberá ser lo suficientemente extensa y accesible para facilitar su acomodo y traslado al sitio de mezclado. Las pilas de agregado se formarán en capas horizontales de no más de 1 metro de espesor para impedir la segregación de tamaños y tomarse el material de ellas de tal manera que el agregado no se deslice por las paredes hasta el borde de la pila, dado que el manejo excesivo causa segregación y degradación.

La Supervisión velará porque el agregado no caiga desde una altura en forma tal que las partículas más grandes vayan más allá de las pequeñas, o que sean separadas por el viento, según su tamaño. Si la altura de caída del agregado es grande se deben utilizar pantallas o ductos escalonados para romper la caída e

impedir, de esta manera, segregación y rotura excesiva. La segregación del agregado fino que esté lo suficientemente seco como para fluir libremente, puede reducirse, humedeciéndolo.



DEFICIENTE ALMACENAMIENTO DEL AGREGADO
Agregado almacenado directamente sobre el terreno natural, sin protección de los agentes nocivos que pueden alterar las propiedades de éste, humedad, suciedad, polvo, lluvia.

4. AGUA

Casi toda agua potable y que no tiene olor o sabor pronunciados, es satisfactoria para ser empleadas como agua de mezclado en la preparación del concreto y este es el criterio de calidad que debería ser aceptado por la Supervisión.

Por lo general se debe conocer la presencia en el agua de impurezas dañinas, como álcalis, ácidos, material vegetal en descomposición, aceite, aguas de desagüe, o con cantidades excesivas de limo. El agua de calidad dudosa deberá enviarse a un laboratorio para que se efectúen pruebas.

Es responsabilidad de la Supervisión autorizar el empleo de aguas no potables, debiendo figurar dicha autorización en el Cuaderno de Obra, y son de su

responsabilidad las consecuencias negativas que pudieran presentarse por el empleo de las mismas.

4.1 LIMITACIONES

Cuando las impurezas en el agua de mezcla son excesivas pueden afectar el tiempo de fraguado, la resistencia del concreto y estabilidad de volumen (cambios de longitud). Así como ocasionar eflorescencias y corrosión de refuerzo. Por ello no se deben utilizar éstas aguas en la preparación del concreto y curado del mismo.

4.2 ALMACENAMIENTO

El agua a emplearse en la preparación del concreto se almacena, de preferencia, en tanques metálicos o silos. Se tomarán las precauciones que eviten su contaminación.

4.3 MUESTREO

La Supervisión determinará la frecuencia de la toma de muestras, la que se efectuará de acuerdo en lo indicado en la Norma NTP 339.070 ó ASTM D 75.

4.4 ENSAYO

El agua se ensayará y tendrá los valores máximos indicados en las Especificaciones de obra y además nos mayores que los indicados en la Norma NTP 339.088. Los ensayos se efectuarán en un Laboratorio autorizado por la Supervisión.

5. ADICIONES

Las adiciones minerales, ya sean cementantes o puzolánicas, tienen por finalidad mejorar el comportamiento al estado fresco de las mezclas deficientes en partículas muy finas y, en estado endurecido, mejorar las propiedades del concreto,

especialmente su resistencia y durabilidad, así como las propiedades colaterales.

Dentro del grupo de las adiciones al concreto se considerará las puzolanas y las cenizas, las cuales deberán cumplir con las recomendaciones de la Norma ASTM C 618 o NTP 334.104; y las escorias de alto horno finamente molidas, así como las microsílices, las cuales deberán cumplir con los requisitos de la Norma ASTM C 989.

6. ADITIVOS

6.1. CONCEPTO

La Recomendación ACI 116R define un aditivo como "material diferente del agua, agregados y cemento hidráulico que se utiliza como ingrediente antes, o durante el mezclado con la finalidad de modificar una o algunas de las propiedades del concreto". Las especificaciones pueden requerir o permitir el uso de aditivos en el concreto con uno o más de los siguientes propósitos:

- 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 resistencia.
- c) Aumentar la resistencia.
- d) Retardar o acelerar el fraguado inicial
- e) Retardar o reducir el desarrollo de calor
- 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 silicios del agregado.
- h) Disminuir el flujo capilar del agua
- i) Disminuir la permeabilidad al paso de líquidos
- j) Producir concreto celular
- k) Mejorar la penetración y facilidad de bombeo de lechadas y el bombeo del concreto.
- l) Reducir o prevenir asentamientos, o crear expansión ligera en pastas utilizadas

para rellenar espacios en columnas y vigas o en la fijación de maquinaria, llenar los ductos de cables postensados o los vacíos en agregado premezclado.

- m) Aumentar la adherencia del concreto al acero
- n) Aumentar la adherencia entre concreto viejo y nuevo
- o) Obtener mortero o concreto de colores
- p) Desarrollar propiedades fungicidas, germicidas e insecticidas en concretos o morteros.
- q) Impedir la corrosión de metales corroídos embebidos
- r) Disminuir el costo unitario del concreto.
- s) Incorporar aire a las mezclas.

6.2. ALMACENAMIENTO Y MANEJO

Los aditivos fabricados en forma líquida deben ser almacenados en tambores o tanques herméticos y protegerse del congelamiento. Los aditivos fabricados en forma de polvo se pasan normalmente a forma líquida antes de aplicarlos.

Las Recomendaciones ACI 212.1 y 212.R dan soluciones detalladas para el almacenamiento y manejo de aditivos.

7. ACERO DE REFUERZO

El acero de refuerzo empleado será de la calidad, diámetro y longitud indicado en los planos del proyecto.

Si la Supervisión considera, en cualquier momento, que el acero no cumple con los requisitos de las especificaciones, es aconsejable enviar muestras a un laboratorio para pruebas de verificación. Una ligera película de óxido rojo no es objetable en el acero de refuerzo ordinario (de hecho su rugosidad mejora la adherencia), pero, en cambio, debe removerse toda capa gruesa consistente de escamas o laminillas, que se caen al golpear o doblar la barra.

7.1 ALMACENAMIENTO Y MANEJO

La Supervisión debe verificar que las condiciones de almacenamiento no puedan causar oxidación excesiva del acero.

Antes de colocar el refuerzo, la superficie debe estar libre de capas objetables de corrosión muy fuerte. Excepto para tendones de pre-esfuerzo una delgada película adherente de oxidación o escamas de la fábrica, no son objetables, ya que incrementan la adherencia del acero al concreto.

Se debe quitar las capas objetables tales como pintura, aceite, grasa, lodo seco, o concreto seco y débil, limpiando con un cepillo metálico y sacando los restos de los encofrados.



La Recomendación ACI 318, indica los procedimientos de corte, doblado, almacenamiento, manejo y colocación del refuerzo.

CAPITULO 4

PROPORCIONAMIENTO Y CONTROL **DE MEZCLAS**

1. CONCEPTOS GENERALES

La Supervisión deberá coordinar con el Contratista a fin de que en la determinación de las proporciones de la mezcla se consideren varias características que se estima son necesarias.

Así, la durabilidad y la resistencia requeridas en las especificaciones del proyecto, fijarán la relación agua-cementante para un conjunto dado de materiales. Los requisitos de durabilidad indicarán también si es necesario un concreto de alta resistencia, y además con incorporación de aire.

La facilidad de colocación, incluyendo trabajabilidad y consistencia, estará fijada en gran parte por los métodos de colocación a ser empleados, ya sea baldes, carretillas, bombas, bandas transportadoras; por las condiciones de colocación, ya sea profundidad y dimensiones del encofrado, cantidad del refuerzo y elementos complementarios, y accesibilidad; y por el método de compactación, ya sea vibración interna o externa.

La apariencia final del concreto, como el caso del concreto arquitectónico, puede requerir consideraciones del color de los materiales, tipo de cemento, y relación de agregado grueso a fino, especialmente en el caso del concreto con agregado expuesto.

La Supervisión tendrá en consideración que en algunas ocasiones puede ser necesario efectuar ajustes en la mezcla debido a las características de fraguado del concreto o a modificaciones en los requisitos de agua. Para hacer dichas modificaciones podrá emplearse aditivos del tipo superplastificantes, retardadores, o acelerantes de fraguado.

El empleo que se vaya a dar al concreto determina que propiedades debe tener éste. Tales propiedades pueden verse reflejadas en las especificaciones de obra.

En este capítulo de la Tesis, se presentan los diversos factores que deben ser tomados en cuenta y determinados principios generales que se emplean en la dosificación y control de las mezclas de concreto, para así obtener la durabilidad y

resistencia deseadas, las cuales deberán ser el resultado de un balance adecuado entre la economía y los requisitos de colocación, resistencia, durabilidad y apariencia. Las recomendaciones ACI 211.1, ACI 211.2 y ACI 211.3, dan procedimientos detallados para el proporcionamiento de mezclas. Es importante indicar que estos no son los únicos a ser utilizados, pudiendo trabajarse con el método del módulo de fineza de la combinación de agregados; o con el método de Walker, si se trata de resistencias hasta de 350 kg/cm². Para resistencias mayores, la Supervisión recomendará, de acuerdo con el proyectista, el procedimiento a ser seguido.

2. ESPECIFICACIONES

2.1 CONCEPTOS GENERALES

Generalmente las especificaciones requieren que el concreto desarrolle determinada resistencia a una edad especificada, dentro de un intervalo limitante de consistencia. Por ello es necesario especificar una relación agua-cementante máxima o un contenido de cemento mínimo como precaución adicional para asegurar la necesaria durabilidad, impermeabilidad o trabajabilidad.

2.2 ESPECIFICACIONES DE RESISTENCIA

Con frecuencia, a la resistencia que se desea obtener se le denomina "Resistencia mínima" o "Resistencia de diseño", y la interpretación literal de ésta expresión puede confundir y originar discusiones sobre los resultados de prueba, ocasionalmente bajos, que pueden ocurrir aunque se use un proporcionamiento satisfactorio de la mezcla de concreto.

Tales argumentos pueden resultar en modificaciones innecesarias al proporcionamiento de la mezcla implementando los requisitos de pruebas u otras acciones no deseables. Por ello es necesario dejar claramente especificado que cuando nos referimos a la resistencia de diseño estamos hablando de aquella que el proyectista desea que el concreto alcance a la edad especificada, y que cuando hablamos de resistencia promedio, nos estamos refiriendo a la resistencia para la

cual se diseña la mezcla, y que siempre es mayor que la resistencia de diseño. Entonces:

$$f_{cr} > f'_c$$

En la cual:

f_{cr} Resistencia promedio
 f'_c Resistencia de diseño

Es importante recordar que la resistencia de probetas curadas bajo condiciones estándar, es la mejor resistencia obtenible del concreto y que no representa necesariamente su verdadera resistencia, la cual sólo puede ser determinada a partir de testigos tomados de la estructura.

La Supervisión en la evaluación de los resultados de las pruebas de resistencia de concreto, debe tener en consideración que la producción de éste está sometida a variaciones en los ingredientes, en la producción de concreto, y en los ensayos. Los Reglamentos de diseño estructural, permiten que, ocasionalmente, se obtengan resultados de pruebas individuales que pueden estar hasta 35 kg/cm² por debajo de la resistencia de diseño especificada.

Debido a la variabilidad en el concreto, lo mismo que a la correspondiente en los especímenes de prueba y en los resultados de los ensayos, es necesario dosificar el concreto de manera que se obtenga una resistencia promedio por encima de la especificada f'_c , para que así toda la producción de concreto, iguale o exceda a ésta última.

2.3 ESPECIFICACIONES DEL PROPORCIONAMIENTO

La dosificación que gobierna el proporcionamiento de materiales se expresa en las especificaciones en una de las siguientes formas:

- Cantidad fija o mínima de cemento por metro cúbico de concreto.
- Cantidad de aditivo, si éste se emplea, por metro cúbico de concreto.
- Proporciones fijas de cemento, agregado fino, agregado grueso y aditivos.
- Relación fija o máxima de agua cementante.
- Límites en la relación de volúmenes absolutos de agregado fino o agregado grueso.

Los tres primeros requisitos son los más usados y se combinan a menudo. También es típico especificar la consistencia en la forma de asentamiento. En el caso de concreto con aire incorporado, es usual especificar el rango de aire incorporado o de aire total en la mezcla de concreto.

Si no se alcanza el asentamiento requerido, con el contenido de cemento mínimo y la relación agua cemento máxima especificados, se pueden hacer varios cambios para remediar la situación; por ejemplo: aumentar el contenido de cemento, cambiar los tipos de agregados (angular o redondeado), o las proporciones relativas de agregado fino a grueso. También puede lograrse el asentamiento deseado utilizando un aditivo reductor de agua.

3. PROPORCIONAMIENTO PARA UNA RESISTENCIA ESPECIFICADA

3.1 RELACION AGUA/CEMENTANTE

Según Abrams, la relación agua/cemento se mantiene constante para una determinada resistencia a la compresión, esto, si los materiales no cambian y los agregados son de aproximadamente la misma granulometría, tamaño máximo y obtenidos de la misma cantera. Para una resistencia y asentamiento deseados, el valor de esta relación variará para diferentes agregados y diferentes granulometrías (particularmente lo que respecta al tamaño del agregado) y hasta puede modificarse sustancialmente por el uso de uno o mas aditivos.

Sería de mucha utilidad, en el caso de que existiera historia de utilización de los materiales dados, que la Supervisión revise estos archivos de pruebas que pueden proporcionar datos útiles, particularmente en lo que se refiere al requisito de agua y al nivel de resistencia del concreto. Sin embargo se debe tomar en cuenta que un comportamiento satisfactorio en el pasado no garantiza que el material actuará en forma similar, ya que son otras las condiciones de obra.

3.2 AGREGADO

La Supervisión debe recordar que, generalmente, el tamaño máximo nominal del agregado está o restringido, o especificado por las condiciones de colocación, dimensiones del encofrado, las dimensiones del elemento estructural y las dimensiones y recubrimiento del acero de refuerzo.

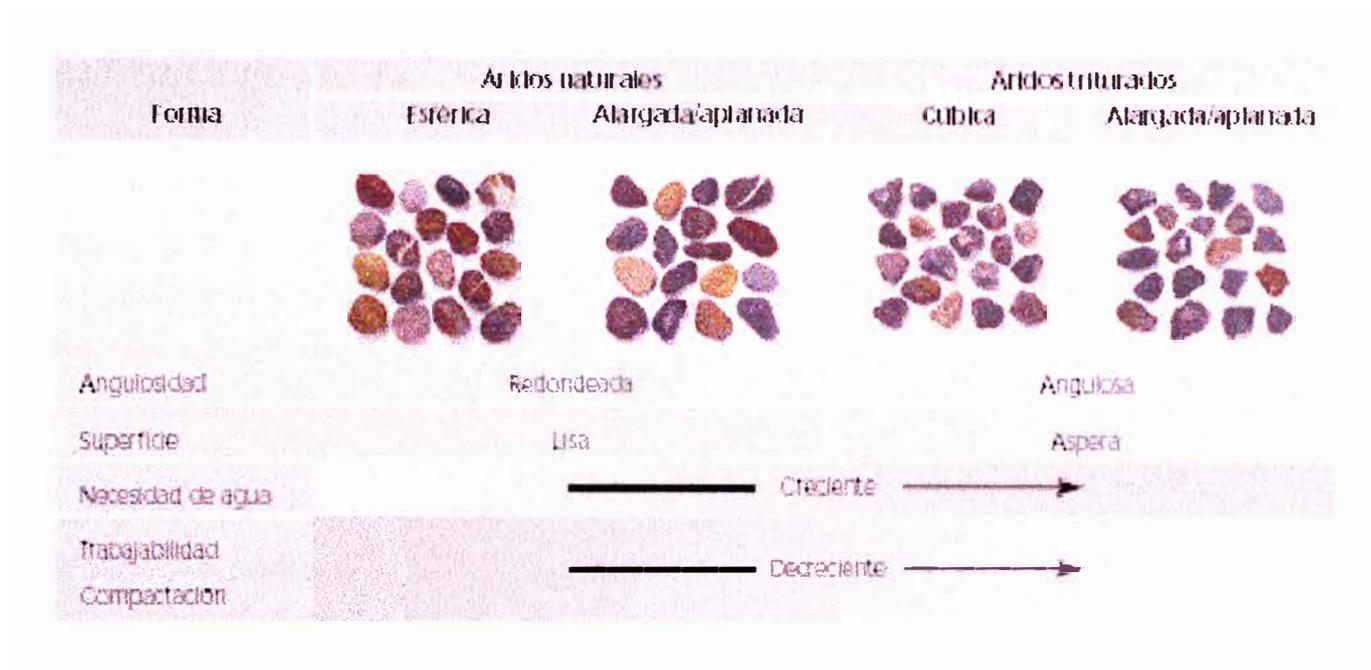
Así como recordar que la selección de la proporciones de agregado grueso y fino en las unidad cúbica del concreto, tiene la finalidad de obtener ciertas propiedades del concreto con la cantidad mínima de pasta. Y esto se va lograr si la granulometría del agregado es tal que al espacio entre partículas es mínimo.

Igualmente que los agregados bien graduados de tamaño máximo más grande tienen menor volumen total de poros que los agregados de tamaño más pequeño. Por consiguiente los concretos con agregado de tamaño mayor, con una adecuada granulometría, requieren menos mortero y por lo tanto menos agua por unidad de volumen de concreto.

También que desde el punto de vista de las propiedades del concreto en estado fresco y para ciertos límites, mientras menor es la cantidad de partículas finas, mas pobres son las mezclas para obtener una trabajabilidad necesaria, para una cantidad de a/c dada. Pero igualmente que cuanto menor es la cantidad de partículas finas, también disminuirá la consistencia de la mezcla y aumenta la probabilidad de segregación del agregado grueso y la exudación posterior a la compactación.

Generalmente, el porcentaje de arena deberá ser tan bajo como resulte práctico el hacerlo, siempre y cuando proporcione los tamaños finos necesarios para obtener buena trabajabilidad y exudación mínima. El contenido bajo de arena, generalmente, minimiza los requisitos de agua del concreto y da el proporcionamiento más económico obtenido por una granulometría escalonada que no ocurre debido a una falta de tamaños intermedios.

Siendo iguales los otros factores, los agregados compuestos por partículas angulares requieren más pasta que los de proporciones iguales de partículas redondeadas y lisas. Sin embargo, cuando el criterio dominante es la resistencia del concreto, no son siempre preferibles los agregados redondeados, puesto que los triturados normalmente dan resistencia más alta para una relación agua cemento dada.



3.3 CONTENIDO DE AIRE

El contenido de aire se presentan de dos formas: las burbujas de aire atrapado, las que se generan según las condiciones de puesta en obra del concreto fresco y las burbujas de aire incorporado, las cuales se adicionan al concreto fresco mediante el uso de aditivos incorporadores de aire.

La incorporación de aire en el concreto tiende a reducir la resistencia en aproximadamente 5% por cada 1% de aire incorporado, ya que aumenta la porosidad del mismo.

Sin embargo, con aire incorporado se requerirá menos agua de mezclado para proporcionar el mismo asentamiento, puesto que las pequeñas burbujas de aire proporcionan lubricación a la mezcla.

Usualmente, las proporciones de agregado son las mismas para concretos con aire incorporado que para mezclas sin él, pero a veces se necesita menos agregado fino, puesto que el aire aumenta el volumen de mortero y ayuda a proporcionar trabajabilidad. Con algunas mezclas pobres (bajo contenido de cemento), el aire incorporado, con la reducción consecuente en la relación agua-cemento, puede, en realidad, aumentar la resistencia a compresión.

3.4 CANTIDAD DE PASTA

Con materiales dados, las proporciones óptimas de la mezcla se logran cuando el agua total por unidad de volumen de concreto, necesaria para obtener el asentamiento y trabajabilidad requeridos, es mínima. Con relación agua-cemento fija, los costos del material se reducen, al usar mezclas que tengan la mínima cantidad de pasta. Las razones para utilizar esta mínima cantidad son evidentes. El cemento en la pasta es casi definitivamente el ingrediente más costoso del concreto y, por consiguiente, usar más pasta de la requerida aumenta innecesariamente el costo del concreto.

Por otra parte es deseable minimizar la pasta, ya que el agua en ella es la causa principal de la contracción por fraguado a medida que el concreto se endurece y seca. Mientras mas agua (esto es, mas pasta) mayor es la contracción por fraguado. Las acciones subsecuentes de humedecimiento y secado también causan cambios de volumen.

El cemento, a medida que se hidrata, produce calor. Por consiguiente, contenidos altos de cemento pueden producir elevación indeseable de temperatura y diferenciales de temperatura que producen grietas.

La cantidad de pasta requerida por unidad de volumen de concreto depende principalmente de los siguientes factores:

- Relación agua cemento de la pasta.
- Consistencia del concreto fresco.
- Granulometría del agregado.
- Forma y textura superficial de las partículas de agregado.

- Cantidad de aire incluido.
- Aditivos químicos y minerales.
- Tamaño máximo nominal del agregado.
- Proporción de agregado fino a agregado total.
- Características del cemento.
- Cantidad, tipo y calidad de otros materiales cementantes.

El tamaño máximo nominal de un agregado de buena granulometría es la característica principal que determina los requisitos.

3.5 PROPORCION DE AGREGADO FINO A GRUESO

La Norma ASTM C 33 o NTP 400.037, permite limites bastante amplios en la granulometría de cualquier agregado ya sea este grueso o fino.

El requisito principal de toda granulometría es que se establezca la proporción óptima de agregado fino a grueso para cada agregado que vayan a combinarse, definiéndose aquí como óptimo el porcentaje que da la trabajabilidad requerida con la mínima cantidad de agua por unidad de volumen de concreto y la relación agua/cemento seleccionada.

Tratándose del agregado fino, puesto que las curvas son relativamente suaves y poco inclinadas, y una desviación pequeña en porcentaje, con respecto al óptimo, no resultará en variaciones significativas, algunas veces se aconseja emplear uno o dos puntos más, en porcentaje, que la proporción óptima, para asegurar trabajabilidad adecuada.

Un requisito igualmente importante es que la arena tenga un porcentaje adecuado de finos para mayor facilidad de acabado y de trabajabilidad. El porcentaje requerido depende principalmente de la calidad y composición de la pasta.

En concreto con aire incorporado, las deficiencias en la granulometría de la arena afectan menos la trabajabilidad del concreto que en el que carece de aire de tal condición.

4. PROPORCIONAMIENTO PARA CONDICIONES DE EXPOSICION VARIABLES.

4.1 CALIDAD DE LA PASTA

Independientemente de la fuente de agregados, la calidad de la pasta es de principal consideración. Dicha calidad está controlada por el empleo de agua de mezclado limpia, materiales cementantes apropiados y por la relación agua-cemento. Las tablas del Comité 211 - ACI, dan los valores máximos recomendados de la relación agua/cemento para diferentes condiciones de temperatura y de exposición a ambientes sulfatados. En la recomendación ACI 201.2R se presenta un análisis completo sobre durabilidad.

Cuando se espera prolongada exposición al agua, hay que usar pasta con bajo contenido de agua, para reducir la permeabilidad, la absorción y el efecto de la lixiviación. Igualmente, cuando preocupa la rapidez de la transmisión de humedad del lado de la tierra húmeda al lado expuesto del concreto, la densidad de la pasta debe ser tal que reduzca esta rapidez de transmisión y, por consiguiente, el grado promedio de saturación del elemento de concreto. Otros materiales cementantes son útiles en la reducción de estos problemas y deben ser tomados en cuenta; los mismos contribuyen a hacer impermeable la pasta puesto que reaccionan con la cal libre que se encuentra en el concreto, impidiendo su disolución y proporcionando al mismo tiempo propiedades cementantes.

4.2 AIRE INCOPORADO REQUERIDO

El aire incorporado es necesario para proporcionar resistencia a los efectos de la congelación en el concreto.

La Supervisión debe recordar al Ingeniero proyectista que, tanto la calidad del agregado, como el contenido de cemento, la relación agua/cemento, la clase y cantidad de aditivos, la consistencia, compactación, y curado son características importantes para la calidad y durabilidad del concreto, pero ninguno de ellos influye tanto a la resistencia a los efectos de la congelación como el tener la cantidad y distribución apropiada de la incorporación de aire.

La recomendación ACI 211.1, da las cantidades deseables de inclusión de aire en la sección que trata de la resistencia a la congelación. La mayor efectividad de los poros producidos por un agente incorporador de aire, en relación con la de los poros de aire atrapado, se debe a su mayor pequeñez relativa, y, por consiguiente, al menor espaciamiento en la pasta, para una cantidad de aire total dada. La función del aditivo incorporador de aire es proporcional al número grande de poros pequeños (casi microscópicos) en la pasta, de tal manera que la distancia máxima entre cualquier punto de ésta y la periferia de un poro de aire sea menor que 0.2 mm. Este estrecho espaciamiento permite aliviar la presión desarrollada por el agua en el concreto, a medida que se expande durante el congelamiento.

4.3 PROPORCIONES DE LOS AGREGADOS

Para juzgar el grado de durabilidad, se debe obtener, de ser posible la trayectoria de servicio del agregado.

En construcciones críticas es recomendable examinar el agregado con base en la Norma ASTM C 295, empleando de ser recomendable un petrógrafo calificado. Las características estructurales de los poros de éste pueden afectar la resistencia a la congelación y deshielo de los concretos. El comportamiento de los diferentes agregados en el concreto puede compararse con los métodos de las Normas ASTM C 666 o ASTM C 682.

En caso de exposiciones de hielo y deshielo, el porcentaje de agregado fino en la mezcla deberá ajustarse de tal manera que, con la cantidad apropiada de aire incorporado, el contenido de pasta sea mínimo para la consistencia requerida.

El procedimiento que por lo general se sigue hasta ahora consiste en:

- a) Dosificar la mezcla tal como se haría si no hubiese necesidad del uso de un aditivo incorporador de aire.
- b) Teniendo en cuenta el efecto de la adición del aditivo, reducir la proporción de arena y de agua lo suficiente como para producir concreto del mismo contenido de agregado grueso y la misma consistencia que se obtendría sin aire incorporado.

Tal procedimiento minimiza la pérdida efectiva de resistencia a la compresión del concreto, causada por la adición de aire incorporado.

Con la mezcla dosificada de manera tal que incluye la cantidad de aire incorporado, la cantidad del concreto para resistir los efectos del congelamiento depende principalmente de la calidad de la pasta y de la porosidad y características de los poros de las partículas de agregado, en especial de las de agregado grueso.

5. CONTROL DE LAS PROPORCIONES DEL CONCRETO

En proyectos grandes las mezclas se dosifican en laboratorios oficiales y las proporciones se enuncian al trabajo como mezclas de pruebas iniciales, que pueden ajustarse ligeramente según se necesite, después de probarlas en el trabajo. Las mezclas para muchos trabajos más pequeños se pueden dosificar en laboratorios particulares, con un adecuado control de obra. En algunos casos las especificaciones indican el contenido mínimo de cemento o la máxima relación agua/cemento admisible o ambos, y los tipos y cantidades de aditivos que deben emplearse.

Muchas Normas de concreto especifican o bien un valor definido de la relación agua/cemento o un máximo. En la mayoría de los casos, el especificar o limitar la relación agua/cemento, no permite aprovechar cemento de alta calidad, tipos y granulometría favorables de agregados, y aditivos para obtener mayor economía. Los valores conservadores de resistencia que pueden obtenerse para varias relaciones agua/cemento se dan en las tablas de ACI 211.1. Para tener en cuenta las fluctuaciones del campo y evitar exceder una especificación de relación agua/cemento máxima, la dosificación de las mezclas de prueba ha de conducirse con el asentamiento máximo permisible. El concreto resultante, con relación agua/cemento mas alta deberá proporcionar una resistencia que exceda a $f'c$ en la cantidad especificada en la recomendación ACI 318, o en la especificación ACI 301.

5.1 CANTIDADES PARA MEZCLAS EN OBRA

Las cantidades de materiales se suministran generalmente a los trabajos de campo en términos del peso de cada ingrediente. Estas cantidades aparecen como proporciones relativas a una porción unitaria de cemento, o, con muchísima mas frecuencia, la cantidad de cada ingrediente se establece en peso real por metro cúbico de concreto, suponiendo que los agregados están en condición saturada y superficialmente seca. Si se dan las proporciones en términos diferentes al peso, deberán convertirse a peso antes de calcular los de la mezcla.

La Supervisión tomará en cuenta que a causa de condiciones que varían entre la operación de obras y la de laboratorio, puede ser necesario ajustar las proporciones en obra para lograr la trabajabilidad, la resistencia o el contenido de cemento deseado.

Después que se hayan hecho los ajustes necesarios para adecuar las proporciones de concreto a otras condiciones de campo, es necesario ajustar los pesos de los agregados y del agua para tener en cuenta los cambios en humedad de los agregados, con respecto a la condición saturada y superficialmente seca. Es importante explicar, en relación con las correcciones para la humedad superficial presente en los agregados que, una corrección tal, no es un ajuste de "una sola vez", puesto que los contenidos de humedad de los agregados cambiarán inclusive durante el día. Por consiguiente, se requieren verificaciones periódicas de los contenidos de humedad de los agregados y ajustes subsecuentes en la medición. Corresponde a la Supervisión la ejecución adecuada de todas las etapas de este proceso.

5.2 CONTROL EN CAMPO DE LAS PROPORCIONES

Las proporciones en el concreto deben seleccionarse de tal manera que se obtenga la trabajabilidad necesaria, (lo mismo que la resistencia y durabilidad apropiadas) para la aplicación particular. La trabajabilidad (incluyendo propiedades para un acabado satisfactorio) encierra características que están implícitas vagamente en los términos trabajabilidad y consistencia.

La trabajabilidad está condicionada a los requisitos de colocación. Por las variaciones inevitables en los materiales, en el clima y otras condiciones de trabajo, la consistencia cambia aunque se mantenga estrictamente una cantidad fija de cada material constituyente. No obstante mientras mas uniforme sea la granulometría y el contenido de humedad de los agregados menor será el ajuste requerido en la práctica, a la obra se debe suministrar concreto que tenga una consistencia tan uniforme como sea posible. Se deberán ajustar las cantidades de agua añadidas en la mezcladora, según sea necesario para lograr lo anterior, de acuerdo con los procedimientos estipulados en las especificaciones. Tales ajustes deberán basarse en pruebas para determinar cambios en contenido de humedad, y, si es necesario, granulometría de los agregados, de manera que se obtenga concreto de consistencia casi uniforme. Este deberá variar tan poco como sea posible en cuanto a relación agua/cemento, contenido de cemento, resistencia o proporciones básicas, de acuerdo con los requisitos de la especificación y la buena práctica. Por consiguiente, la uniformidad de peso en la medición es muy importante.

Es responsabilidad de la Supervisión el velar porque, en concretos con aire incorporado, el contenido de éste se mantenga tan uniforme como sea posible, de lo contrario resultaría una variación excesiva en rendimiento, trabajabilidad, asentamiento, contenido de agua y de cemento, relación agua/cemento, resistencia y durabilidad.

Los aditivos químicos (como por ejemplo los reductores o retardadores) generalmente incorporan algo de aire; así, si se usan estos en conjunto con un agente aireante, a veces, la dosis requerida de tal agente es menor a la normal. La que la Supervisión debe exigir para mantener un contenido de aire especificado, aumenta con la temperatura y viceversa. También aumenta con el uso de concreto de bajo asentamiento (5 cms.ó menos), con altos contenidos de cemento y en concretos de alta resistencia a edad temprana.

El contenido de humedad del agregado en la mezcla particularmente del agregado fino debe ser objeto de vigilancia continua y, en lo posible, por medio de medidores de humedad. Las proporciones de agregado prescritas, o las cantidades de éste para un cierto contenido de cemento, permanecen uniformes sólo cuando los pesos

del agregado y del agua en la medición se ajustan para tener en cuenta la cantidad de agua en el agregado.



Obra: "Estructura aporricada"

Se observa fisuras en la parte central de la luz de la viga y porosidad en el concreto, todo esto debido a un exceso de contenido de agua en la mezcla del concreto.

Para determinar las causas del fisuramiento, inicialmente, se procedió a picar la zona afectada y verificar el cumplimiento de la cuantía de acero estipulado en los planos cuyo resultado fue satisfactorio.

Luego se realizó la extracción de corazones de concreto, para determinar la resistencia a compresión de éstos.



Se observa el procedimiento para la ubicación de lugar de donde se extraerán los testigos de concreto.

Se aprecia la extracción de los corazones de concreto para el ensayo de rotura a compresión.

Los resultados obtenidos se encuentran por debajo de los parámetros especificados, todo ello por un inadecuado proporcionamiento de la mezcla.

CAPITULO 5

MEDICION Y MEZCLADO

1. ASPECTOS GENERALES

La Supervisión debe recordar, en todo momento, que la meta de todos los procesos de medición y mezclado es producir un concreto uniforme y homogéneo, que contenga las proporciones requeridas de los materiales. Para lograr ello, es necesario asegurarse:

- Que los materiales se mantengan homogéneos y no se segreguen antes o durante la medición.
- Que el equipo disponible mida adecuadamente las cantidades requeridas de material y que éstas puedan cambiarse fácilmente, cuando así se requiera.
- Que se mantengan las proporciones requeridas de materiales entre carga y carga.
- Que todos los materiales se introduzcan en la mezcladora en la secuencia apropiada.
- Que todos los ingredientes queden completamente entremezclados y todas las partículas de agregado completamente cubiertas con pasta de cemento, durante la operación de mezclado.
- Que el concreto, cuando se descargue de la mezcladora, sea uniforme y homogéneo dentro de cada carga y de carga en carga.

La medición puede hacerse en forma manual, semiautomática o totalmente automática. Como el propio nombre lo indica, en el proceso manual todas las operaciones de medición de los ingredientes del concreto se hacen a mano o con el uso de pesadoras mecánicas donde el peso o nivel de corte de los ingredientes depende de la observación de las escalas por parte del operador.

La medición manual es aceptable para obras pequeñas con requisitos de baja producción.

En un sistema semiautomático de medición, las compuertas de los silos de los agregados para cargar las tolvas de medición se abren mediante botones o interruptores operados a mano. Las compuertas se cierran automáticamente, sólo

una vez que tiene lugar la entrega de la carga señalada de material. El sistema incluye trampas que impiden la ocurrencia simultánea de cargas y descargas.

En una planta de dosificación automática, la medición de todos los materiales se logra eléctricamente mediante la activación de un solo interruptor de arranque. Sin embargo, el sistema interrumpe el ciclo de medición cuando la escala no vuelve a una posición que esté a menos de 0.3% del cero de la balanza o cuando se excedan las tolerancias de pesado, previamente establecidas.

El mezclado generalmente se hace en plantas centrales o locales, en camión mezclador, mezcladoras portátiles en el lugar de vaciado, o en una combinación de dos tipos. La medición y el mezclado se cubren totalmente en la publicación ACI 304 "Recommended Practice for Measuring, Mixing, Transporting, and Placing Concrete" y la Norma ASTM C 94 "Especificación Estandar for Mixed Concrete". La Supervisión velará que se cumpla lo indicado en estas dos recomendaciones.

2. TOLERANCIAS EN LAS OPERACIONES DE MEDICION

Las tolerancias de las mediciones de ingredientes en el caso de concreto premezclado se dan en la Norma ASTM C 94 o NTP 339.114.

En grandes proyectos, así como en plantas dosificadoras, en los que se requiere alta producción, una medida segura, sencilla y cuidadosa del agua sólo puede obtenerse por el empleo de medidores o dosificadores en peso automático y adecuadamente calibrado. Los equipos y procedimientos empleados deberán, bajo todas las condiciones de operación, ser capaces de garantizar que sólo ingresa a la mezcladora la cantidad de agua seleccionada y que permiten efectuar medidas rutinarias dentro de una tolerancia del 1%.

3. EQUIPO DE PESAJE

3.1 ASPECTOS GENERALES

La Supervisión vigilará que las tolvas de pesaje se construyan de tal manera que los materiales se descarguen fácil y completamente por la acción de la gravedad, sin que se presenten acumulaciones de material que se pegue a ellas. Así como también, se pueda inspeccionar fácilmente el material depositado en ellas y que éste así pueda ser objeto de muestreo. En casos en que las muestras de agregado no se puedan tomar de las tolvas, se deberán tomar de la banda del sistema de transporte.

El mecanismo de pesado y los tableros indicadores deben disponerse de manera que faciliten una conveniente observación por parte del operador y del Supervisor, e indiquen la cantidad correcta de material.

Todas las partes que trabajan, en especial los apoyos de cuchillas, deberán estar en buena condición, fácil accesibilidad para inspección y protegidas de que se les caiga o adhiera material o sufran cualquier otra contaminación. Todas las tuercas susceptibles de aflojarse durante la operación estarán protegidas mediante dispositivos de fijación. Las tolvas y compuertas de pesaje deben ser herméticas contra filtraciones.

La Supervisión deberá asegurarse que todas las plantas semiautomáticas y automáticas, estén provistas de trampas de manera que:

- El mecanismo de carga pueda abrirse o comenzar únicamente cuando la báscula indique carga cero y cuando esté cerrada la compuerta de descarga de la tolva de pesaje, y
- La compuerta de descarga pueda abrirse únicamente cuando el peso deseado esté completo dentro de la tolva y cerrado el mecanismo de carga.

En máquinas automáticas que miden pesos acumulados, las trampas se utilizan para asegurar que la báscula vuelva a cero antes de comenzar la medición y que cada material esté dentro de la tolerancia antes que se pese el siguiente. El operario de medición nunca deberá interferir los mecanismos de las trampas.

3.2 PRUEBAS DE VERIFICACION

Corresponde a la Supervisión certificar que cada una de las plantas de una obra dada esté provista de por lo menos 10 pesos estándares de 25 kg que cumplan con los requisitos del "National Bureau of Standards" sobre calibración y pruebas de equipo de pesaje; por medio de estas pesas de prueba, el Supervisor deberá verificar las básculas hasta la cantidad total de las mediciones.

Para ello, primero se balanceará la báscula con carga cero, y luego de verificarla hasta el límite de los pesos, se removerán éstos; después se colocará suficiente material en la tolva de pesaje para obtener la misma marca en la báscula, a la cual se le volverán a aplicar pesos, para verificar su comportamiento con cargas mayores. Se registrarán las lecturas de la báscula para cada incremento de peso y se ajustará la propia báscula para que lea correctamente.

Los medidores automáticos con cargas en cero, requieren, por parte de la Supervisión verificación para ver si suspenden el suministro en forma apropiada.

El mecanismo de corte de carga se puede probar durante las operaciones regulares de medición, llevando el marcador hasta su posición normal en varios incrementos, durante un número de cargas sucesivas, y comparando las lecturas de la carátula en cada detención, con las posturas del marcador que se habían fijado antes.

4. EQUIPO DE DOSIFICACION

Son disposiciones deseables del equipo de dosificación para grandes instalaciones, las siguientes:

- La planta de dosificación debe planearse en tal forma que esté de acuerdo con el tamaño del proyecto. Los silos de la planta de dosificación han de tener tamaño adecuado para acomodar efectivamente la capacidad de la producción de la planta.



- Los compartimientos de las tolvas deberán separar adecuadamente los diversos componentes del concreto.
- El perfil y características de las tolvas de agregados deberán permitir prevenir la segregación y rotura del agregado.
- Los silos para cemento y puzolanas, tendrán un sellador de polvo, entre el silo y la tolva de pesaje. El sella polvo, se instalará de tal manera que no afecte la precisión de pesaje.

4.1 MEDICION DEL AGUA

En las plantas de dosificación, por lo general, el agua se pesa o se mide con un medidor. En plantas mas antiguas el agua puede medirse volumetricamente en un tanque calibrado.

- El tanque o medidor se calibra midiendo o pesando muestras de cantidades de agua, sacadas con varias mediciones del dispositivo. Los medidores modernos operan bien en un amplio rango de presiones, pero son poco precisos a velocidades de flujo muy bajas.
- No deberá haber ninguna filtración en el tubo que conduzca a la mezcladora, proveniente del medidor o de cualquier conexión o válvula ni usarse ninguna disposición de válvulas.
- No debe permitirse ningún arreglo de válvulas que permita que el agua no medida fluya en el mezclador de un tanque durante la carga o descarga.

Si la mezcladora no se va a mantener nivelada en todos los momentos, como puede ser el caso de mezcladora de pavimentación, el tanque deberá calibrarse con pendientes o inclinaciones naturales. El tanque deberá ser de preferencia, uno cuyas lecturas no se afecten con los cambios ordinarios de inclinación, como, por ejemplo, uno de cilindro vertical con descarga de sifón central.

Para una medición segura deberá emplearse un medidor digital. Todos lo equipos para la medida del agua deberán ser diseñados para ser fácilmente calibrados, de manera que la seguridad de las medidas puedan ser fácilmente verificadas.

4.2 PROPORCIONAMIENTO DEL ADITIVO

Los aditivos en forma líquida han de suministrarse a la mezcladora, ya sea por peso o por volumen, algunos fabricantes de aditivos líquido, suministran alimentadores, que inyectan la dosis apropiada en el agua de mezclado o en el agregado fino. En cualquier caso, el equipo alimentador tiene que cumplir con los

requisitos de la Norma ASTM C 94 (Ver anexo) y las Recomendaciones del ACI 212.3R; permitiendo una confirmación visual de volumen correcto para cada carga, con una descarga lo suficientemente lenta como para eliminar cualquier posibilidad de una doble dosificación inadvertida. Cuando se usa aditivo líquido concentrado, se asegura mejor precisión si se prepara en solución diluida antes de la dosificación.

- Cuando se emplean dos o más aditivos en el concreto, la Supervisión se constatará que estos sean agregados en forma separada para evitar que se mezclen entre sí, antes de combinarse con el agua de mezclado y esté en contacto con el cemento. Esta precaución tiene por objeto impedir cualquier posible interacción química que podría causar solidificación parcial de los aditivos, disminuir la eficiencia de cualquiera de ellos, o afectar adversamente al concreto.
- Los aditivos que no pueden ser añadidos a la mezcla en forma de solución, serán pesados o medidos en volumen, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.
- Es necesario agitar constantemente los tanques de suministro de aditivos durante las operaciones de dosificación, para prevenir el posible asentamiento de materiales, cuando el aditivo es material que tiende a sedimentarse en la suspensión.
- Los aditivos en polvo que se vayan a usar en pequeñas cantidades deben empaquetarse con anterioridad, hay que pesar los aditivos sin disolverse primero en agua, pues ocurre grandes fluctuaciones cuando la medida se hace por volumen. Sin embargo, es recomendable no emplear aditivos en polvo, salvo que ello fuera necesario, puesto que son difíciles de dosificar y de combinar en forma apropiada con la mezcla. La mayoría de las especificaciones prohíben la dosificación de estos aditivos por volumen.

4.3 DOSIFICACION Y MEZCLADO POR VOLUMEN

Hoy en día se encuentra en el mercado equipo moderno de dosificación volumétrica combinado con mezclado continuo. La medición y mezclado volumétrico puede ocurrir no solo en plantas fijas, centrales, o en la obra, sino también en camiones que llevan agregados, cemento y otros ingredientes en compartimientos separados y mezclan concreto fresco en el sitio de colocación. La Norma ASTM C 685, da especificaciones para la dosificación y el mezclado volumétricos. Deberá vigilarse cuidadosamente la tasa de producción de tales concretos mediante verificaciones frecuentes de la cantidad de concreto producida durante algún número especificado de revoluciones del equipo, o por algún otro indicativo de producción.

Los mecanismos de dosificación y los indicadores se han de verificar individualmente, siguiendo las recomendaciones del fabricante del equipo en lo que se relaciona con cada unidad individual de dosificación y mezclado de concreto. Así como también en lo que respecta a operación del equipo y al uso y calibración de los varios medidores: contador de revoluciones, indicador de velocidad, y demás dispositivos de control.

Si el volumen de concreto de una obra es pequeño, puede no ser práctico instalar una planta dosificadora en la obra. En tales casos es más práctico emplear concreto premezclado o dosificadores volumétricos móviles y equipo de mezclado continuo.

5. OPERACIONES DE MEZCLADO

Son requisitos esenciales para el mezclado satisfactorio del concreto que:

- Los materiales estén adecuadamente mezclados hasta obtener una masa de apariencia uniforme.
- Obtener una distribución uniforme de los materiales a través de toda la masa del concreto.

- Que todas las superficies de agregado resulten bien cubiertas con la pasta agua-cemento.

El equipo deberá ser capaz de combinar y mezclar los componentes, producir una mezcla uniforme dentro del tiempo y a la velocidad especificada y descargada sin segregación de partículas. Para lograr esto, es necesario que la mezcladora esté limpia y en buenas condiciones, tenga un diseño apropiado, particularmente en lo que respecta a las cuchillas, no se sobrecargue si no que se cargue en forma correcta y se opere a la velocidad óptima recomendada por el fabricante. Las válvulas que controlan el agua de mezclado no deberán permitir que ésta se filtre a la mezcladora.

El Supervisor velará por que se cumplan los requisitos esenciales para un mezclado satisfactorio, que se mencionaron inicialmente y para ello debe asegurarse que:

- El concreto se mezclara en cantidades para uso inmediato. La mezcla que no ha sido utilizada deberá ser eliminada. La mezcladora se descargará totalmente antes de colocar los materiales de la tanda siguiente.
- Después de mezclado, al concreto no se debe incorporar agua adicional a la mezcladora para obtener la consistencia deseada.
- Si la porción final de la tanda contiene un volumen excesivo de agregado grueso, ella será retenida y batida conjuntamente con la tanda siguiente la cual será reducida en un volumen equivalente al de la mezcla retenida.
- Las mezclas con asentamientos que sobrepasen la tolerancia en relación con los valores especificados, o en las que se ha cometido evidentes errores en la medición de los materiales, serán eliminadas.

Independientemente de todo lo indicado, se considera que el más positivo método de control para mantener la uniformidad tanda a tanda es un programa regular de ensayos del concreto fresco incluyendo peso unitario, contenido de aire,

asentamiento y temperatura. Aunque los ensayos de resistencia proporcionan una excelente medida de la eficiencia de los procedimientos de control de calidad que son empleados, los resultados de los ensayos de resistencia son disponibles demasiado tarde para ser de uso práctico para un control diario de la producción.

5.1 FORMAS DE MEZCLADO

El mezclado del concreto puede ser:

- a) Manual
- b) Mecánico
 - Mezclado en obra.
 - Mezclado en planta central.
 - Mezclado parcial en planta central, completado en camión mezclador.
 - Mezclado total en camión mezclador.

El mezclado manual de los materiales del concreto no es recomendable, estando prohibido para concretos con una resistencia a la compresión mayor de 140 kg/cm² a los 28 días. Estos solo serán utilizados en elementos que no tiene importancia estructural.

Cuando el mezclado sea mecánico, la Supervisión, antes que empiece el mezclado del concreto, deberá:

- Comprobar que todas las partes de la mezcladora estén libres de acumulaciones de mortero, cemento u otros materiales que pudieran restar eficiencia a la mezcladora.
- Comprobar que el diseño de las paletas permita que en el movimiento del concreto éste siga diversas trayectorias, sin pérdidas por la boca del tambor.
- Comprobar el desgaste de las paletas de mezclado y de interior del tambor, estén limpias; que aquellas no aparezcan desgastadas en mas de un 10%.
- Calibrar y mantener en condiciones de operación los dispositivos de medición

del agua de mezclado.

- Comprobar que las canaletas de entrada y salida del material esté en buenas condiciones, a fin de evitar pérdidas del mismo.
- Que el reloj de dosificación y el contador de revoluciones (si se especifica) funcione en forma apropiada.

Es necesario que haya una placa de referencia donde aparezca la capacidad máxima de la mezcladora y la velocidad de mezclado.

5.2 OPERACIONES DE CARGADO

La secuencia de cargado de los materiales en la mezcladora debe mantener la uniformidad del concreto, la calidad del proceso y la eficiencia del mezclado.

El agua deberá suministrarse a la mezcladora, de preferencia, durante todo el período de carga del material seco, empezando un instante antes y terminando inmediatamente después de la carga de los materiales secos. Todos estos han de introducirse al mismo tiempo, de manera que fluyan como "cintas" y tan rápidamente como sea práctico. No hay que permitir que haya pérdidas de materiales, ya sea por derrame o por pulverización, durante la carga.

En la incorporación del cemento a la mezcladora se deberá tener en cuenta que no debe ser incorporado separadamente a fin de evitar pérdidas o aglutinación del mismo. Otras causas de formación de grumos en el cemento son paletas desgastadas de la mezcladora, cemento o agregado caliente.

El material se coloca en la tolva de manera que volúmenes proporcionales de los materiales componentes de la mezcla estén en cada una de las partes del flujo total del material conforme éste ingresa al tambor de la mezcladora.

La tanda debe ser mezclada y empleada tan rápido como sea posible a partir del momento en que el cemento y el agua se ponen en contacto.

5.3 TIEMPO DE MEZCLADO

El tiempo de mezclado se inicia desde el momento que todos los materiales sólidos están en el tambor de la mezcladora, y finaliza cuando se inicia la descarga del concreto.

La Supervisión debe recordar que el tiempo necesario de mezclado varía con el tamaño y un poco con el tipo de mezcladora. En ausencia de especificaciones de tiempo de mezclado, los requisitos comunes para las mezcladoras estacionarias son los indicados en la Norma ASTM C 94, que requiere un tiempo de mezclado mínimo de 1 minuto para cargas de 1 m³ ó menos, y 15 segundos adicionales por cada metro cúbico adicional o fracción del mismo.

La Supervisión está en capacidad de exigir los siguientes puntos:

- Si lo estima conveniente, determinar tiempo de mezclado mas corto, a partir de los resultados de las pruebas de comportamiento tal como se describen en ASTM C 94 o NTP 339.114, con la condición que el tiempo de mezclado sea suficiente para producir un concreto uniforme.
- Exigir tiempo de mezclados mas largos, según sea necesario hasta que los resultados de comportamiento alcancen los niveles estándar. Generalmente se requerirá de tiempos de mezclados mas largos cuando se utiliza equipos sucios o de de baja calidad, aunque no debería permitirse el uso de tales equipos. Las aspas gastadas afectarán también la eficiencia.
- Establecer un tiempo máximo permitido de mezclado real (ACI 304R); y si la dosificación ha de retrasarse mas tiempo, operar la mezcladora solo intervalos. Aunque mezclado adicional por unos minutos se considera benéfico debido a la uniformidad y resistencia adicionales, el mezclado excesivo es dañino, debido a ocasionar la molienda del agregados, pérdidas de aire incorporado, elevación de la temperatura del concreto, pérdida del agua por evaporación y aumento de la consistencia de la mezcla.

- El efecto del tiempo de mezclado sobre el contenido de aire requiere de particular atención. El % total del contenido de aire se incrementa en aproximadamente 1% cuando el tiempo de mezclado se aumenta de 1 a 5 minutos. Después permanece constante durante los siguientes 5 minutos de mezclado; pero después de 10 minutos, el aire comenzará a perderse gradualmente durante el mezclado adicional.
- En algunos documentos del contrato limitan el tiempo después del mezclado para poder usar el concreto, no hay razón para tal límite de tiempo si el concreto puede mezclarse apropiadamente y consolidarse completamente sin agregar agua.
- La Supervisión debe procurar que el equipo de mezclado tenga los dispositivos que aseguren que la mezcla no puede ser descargada hasta que haya transcurrido el tiempo de mezclado requerido. Deben transcurrir al menos 3/4 del tiempo de mezclado requerido después que se haya agregado la última porción del agua de mezclado. La Supervisión debe recordar al Contratista que es en la mezcladora donde puede malograrse un concreto bien diseñado.
- La mezcladora se debe operar a la velocidad recomendada por el fabricante de la misma. Debe descargarse toda la mezcla antes de que la mezcladora se vuelva a cargar.

6. SUPERVISION DE LA MEZCLA

6.1 SUPERVISION DE LA PLANTA

En las plantas de mezclado, ya sea en sitio o en centrales, el Supervisor deberá verificar que se emplee el tipo y cantidad del cemento especificado, hacer las pruebas necesarias de clasificación de los materiales, los cambios indispensables en la dosificación, observar la medición y mezclado en la central y verificar la precisión de los dispositivos de medición.

Si se requiere pruebas de peso unitario, contenido de aire, o asentamiento en el sitio de la planta, éstas han de estar a cargo del Supervisor. De la misma manera si se requiere en el sitio de la planta la toma de especímenes de comprobación de la resistencia, el Supervisor deberá hacerla y cuidar que estos se almacenen apropiadamente para entregarlos al laboratorio de pruebas en el momento oportuno.

6.1.1 CONTROL DEL CONTENIDO DE AGUA

En relación con el control del contenido de agua, esta operación es muy importante, por su influencia sobre la relación agua-cemento efectiva, para asegurar la calidad del concreto. En esta tarea deberán asegurarse cuatro puntos:

- La observación continua del suministro de agua es necesaria para asegurarse que tenga lugar en forma apropiada, tal como ya se ha analizado, y haciendo los ajustes necesarios para tener en cuenta el contenido de humedad de los agregados.
- Si las plantas están equipadas con medidores de humedad se deberá verificar que estén bien calibrados y se empleen correctamente.
- Si las plantas también usan medidores de consistencia o de momento torsor, estos también deberán tener correcta su calibración y ser usados con buen criterio.
- En el control de la consistencia, la Supervisión debe verificar las fluctuaciones en la presión de agua, puesto que en ocasiones, cuando dicha presión es baja, el estanque de medida no se llena completamente antes de la descarga. Esto puede evitarse con el empleo de entrecierres efectivos, o de otros medios.

6.1.2 CONTROL DEL CONTENIDO DE AIRE

En relación con el control del contenido de aire, la Supervisión debe recordar que es más fácil obtener buen contenido de aire cuando se emplea un aditivo incorporador de aire, cuidadosamente medido. El uso de cementos incorporadores de aire lleva a menudo a contenidos de éste mas bajos y erráticos y hace mas difícil aumentar su volumen con la adición de un agente aireante, por ser tales cementos muy sensible a dosis muy pequeñas de dichos agentes. Esta es la razón principal por la cual en el Perú no se emplea los cementos con incorporador de aire.

Teniendo en consideración los muchos factores que afectan el contenido de aire y puesto que el asentamiento es sensible a los cambios en él, la uniformidad de este último se afecta adversamente cuando se usa inclusión de aire. Algunas veces, cuando no se requiere incorporar aire para incrementar la durabilidad, se puede encontrar que es también innecesario desde el punto de vista de la trabajabilidad. Esto es especialmente cierto cuando las proporciones de la mezcla son favorables y cuando se utilizan aditivos reductores de agua o puzolanas que incorporan una pequeña cantidad de aire.

Cuando se requiere incorporación de aire los porcentajes máximo y mínimo se especifican, por lo general, para cada tamaño máximo del agregado que contenga el concreto. Las cantidades permitidas figuran en las recomendaciones ACI 211.1; ACI 211.2; y ACI 301. La Supervisión debe recordar que las especificaciones del proyecto pueden requerir ciertos límites.

Cualquiera que fuere la cantidad seleccionada de incorporador de aire, es importante que el concreto contenga uniformemente una cantidad de aire aproximada de la cantidad deseada carga tras carga y día a día. La presencia de demasiado aire, disminuye innecesariamente la resistencia, sin que se presente una mejora en durabilidad que signifique una justificación en la pérdida mencionada. Si hay muy poco aire no proporcionará la trabajabilidad y durabilidad deseadas. Si la arena y el contenido de agua son mínimos para una cierta cantidad

de inclusión de aire, una caída en el contenido de aire puede causar una pérdida seria de trabajabilidad.

Las variaciones del contenido de aire, obtenidas en la obra para una cierta dosis de aditivo incorporador de aire, pueden ser producto de uno o más factores. La Supervisión debe recordar que muchos de estos son reconocibles cualitativamente, pero todos varían en forma cuantitativa. El Supervisor debe saber anticipar los cambios en el contenido de aire resultantes de condiciones variables, como, el resultado de cambios en el agente incorporador, marca o tipo de cemento u otro aditivo, temperatura de la mezcla, asentamiento, o durabilidad del mezclado.

Se recomienda que la Supervisión efectúe en cada turno de trabajo pruebas de rutina si hay razón para sospechar un cambio, con el fin de verificar que se esté obteniendo las cantidades correctas de aire. La pérdida de trabajabilidad puede provenir de la reducción drástica en el contenido de aire así como la superfluidés debido a un excesivo aire incorporado. El contenido de aire puede determinarse por los métodos gravimétrico, volumétrico, y de presión descritos por el ASTM. La Supervisión también puede recurrir a los medidores de aire para determinar directamente el contenido de aire de una muestra representativa de concreto, colocada en forma correcta en un recipiente.

La cantidad de aire que realmente importa es la que se da en el concreto colocado después que éste se consolida. Las pérdidas de aire que ocurren tanto en el manejo y transporte como durante la vibración del concreto después de colocado, pueden no reflejarse en las pruebas de contenido de aire de muestras tomadas en la mezcladora, salvo por el grado en que la consolidación de la muestra, en el recipiente de medidor de aire, represente la consolidación en los encofrados. El ensayo mencionado es importante dado que un mezclado largo en la mezcladora de camión, o una vibración excesiva pueden reducir seriamente la cantidad de aire efectivo incorporado, en especial, cuando la cantidad inicial de éste, es menor que la recomendada por el ACI.

6.1.3 CONTROL DE LA TEMPERATURA

Una alta temperatura dentro del concreto fresco puede causar evaporación excesiva y dificultades en la colocación y acabado. Las altas temperaturas del concreto combinadas con factores atmosféricos, como fuertes vientos y baja humedad, conducen a veces a un secado excesivo o demasiado rápido y a contracción plástica. Es por esta razón, que la mayoría de las especificaciones limitan la temperatura del concreto en el momento de colocarlo. Así que es esencial medir la temperatura de la mezcla con anterioridad a su colocación.

Se debe registrar la temperatura cada vez que se efectúe una prueba de asentamiento, o de contenido de aire, o cuando se hacen cilindros de concreto para pruebas. Si se espera que las temperaturas de concreto fresco sean menores de 10 C y si la temperatura baja está causando dificultad, se puede utilizar agua tibia como agua de mezclado. Sin embargo, vale la pena notar que las temperaturas bajas que no causen peligro de congelación, son ventajosas para la calidad última del concreto y disminución de agrietamiento.

El hielo es mucho mas efectivo que el agua fría en la reducción de las temperaturas de la mezcla de concreto, principalmente porque el hielo absorbe calor cuando se derrite (80 caloría/gramo hielo). El agua resultante de la fusión absorbe calor adicional a razón de 1 caloría/gramo por cada grado C de cambio cuando su temperatura se eleva de 0 C a la temperatura final de la mezcla.

6.2 SUPERVISION DE LA COLOCACION

El Supervisor del concreto premezclado deberá verificar el contador de revoluciones de la mezcladora del camión para confirmar que el número de revoluciones a la velocidad de mezclado está dentro de los límites prescritos, y que las otras revoluciones sólo a velocidad de agitación; asimismo, determinar la consistencia del concreto entregado y tomar los especímenes de prueba requeridos. Por lo demás, su responsabilidad es similar a lo establecido para el concreto mezclado en obra.

6.2.1 CONTROL DE LA CONSISTENCIA

Siempre es deseable mantener constante la consistencia del concreto para una clase dada de trabajo, con el fin de simplificar las operaciones de transporte, colocación y acabado. Si el suministro de agregados varía en granulometría o contenido de humedad, o si se requieren diferentes consistencias para partes diferentes del trabajo, es preciso hacer ajustes en la dosificación de uno o más materiales.

Una de las obligaciones más importantes del Supervisor es observar la consistencia del concreto en la mezcladora, en los mecanismos de transporte y, especialmente, en los encofrados. De estas observaciones deberá determinar si está empleándose la consistencia especificada, juzgando desde el punto de vista de su trabajabilidad en los encofrados y, en particular, de la respuesta del concreto durante la vibración. Es recomendable contar con comunicación entre los encofrados y la planta, a fin de ejercer un mejor control sobre la consistencia, especialmente si se emplean camiones mezcladores.

Una buena consistencia, o medición de asentamiento, puede ser de gran ayuda para el operador de la mezcladora o del chofer del camión mezclador para atender y ajustar el asentamiento deseado tal como está mezclado.

La Supervisión debe velar sobre un adecuado control de la tendencia general de algunos trabajadores de hacer la consistencia del concreto tan húmeda como sea posible, dado que una consistencia así reducirá el trabajo de colocación (pero no necesariamente el requisito del trabajo total). Debe recordarse que el empleo de una consistencia más húmeda da una menor resistencia del concreto y una mayor demanda de cemento, dependiendo de si se diluye la pasta agua-cemento, o se añade más cemento para mantener la relación agua-cemento en el nivel requerido y que, además, a mayor contenido de agua, mayor contracción del concreto. Más aún, los concretos con mucha agua tienen una tendencia mayor a la segregación. De ahí que la Supervisión debe verificar que la mezcla sólo contenga la cantidad de agua que sea absolutamente necesaria para su apropiada colocación. El empleo de reductores de alto rango hace posible una consistencia más fluida sin diluir la

relación agua-cemento, considerando que, desde el punto de vista del trabajo, siempre es deseable un alto asentamiento.

Por lo general, la consistencia se regula variando la cantidad de agua añadida a la mezcladora, con base en la consistencia observada o en la proveniente de pruebas o en experiencias de cargas previas. Así, si los agregados tienen contenido de humedad y granulometría uniformes, habrá poca necesidad de variar la cantidad de agua añadida.

Si ello no ocurriera, la mezcla (no la consistencia) deberá ajustarse, según esto, cambiando los volúmenes apropiados de sólidos, para mantener el mismo rendimiento por carga (ACI 211.1). Deben verificarse también los extremos de alto contenido de agua; y si ellos resultan en valores más altos que los admisibles de relación agua-cemento, hay que emplear una mezcla más rica, o bien tomar acción efectiva para controlar los finos en el agregado grueso.

En caso de que se produzca concreto en la planta, el tamizado final de medición, el mantenimiento de las pilas de almacenamiento y de los silos de la planta de medición tan llenos como sea posible, y la limpieza y desecho rutinarios de la acumulación de finos en la parte inferior de los silos ayudarán a prevenir variaciones en los agregados, y, por consiguiente, al requisito de agua de mezclado. Es preciso que el contenido de humedad de los agregados se mantenga tan constante como sea posible.

Es necesario hacer pruebas de consistencia periódicamente para llevar un registro y poder determinar el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones, pero la trabajabilidad del concreto y la adecuación de su consistencia tienen que juzgarse desde el punto de vista de como está respondiendo el concreto al trabajo y la vibración en los encofrados, y no únicamente por los resultados de la prueba.

Se recomienda hacer una prueba, y el registro de la misma, cuando se rechaza concreto con demasiada agua. La prueba usual para el registro de consistencia es la de asentamiento efectuado de acuerdo a la Norma ASTM C 143 o NTP 339.035. El resultado de una sola prueba de asentamiento no debe constituir base de

rechazo, puesto que la prueba está sujeta a variación considerable, particularmente si los trabajadores que la efectúan no han sido entrenados en forma adecuada. Por ejemplo, el asentamiento elegido puede ser muy alto si la base está sometida a sacudimiento, o indicar que es demasiado rígido si la base es tosca o seca.

La prueba de consistencia con la bola Kelly es tan simple y rápida que se puede hacer inclusive en los encofrados, y consiste en observar la penetración de una bola metálica de 15 cms y 13.6 kg en el concreto fresco, de acuerdo a la Norma ASTM C 360 o NTP 339.043.

De preferencia, los ensayos de consistencia y de contenido de aire del concreto han de hacerse simultáneamente, puesto que los aumentos en el contenido de aire aumentan el asentamiento y viceversa.

Las primeras cargas de concreto tienden a ser erráticas puesto que las condiciones de medición no se han estabilizado todavía y porque el mortero o la pasta se pegan a la mezcladora o a los dispositivos de transporte. Para eliminar esta tendencia, usualmente la primera carga tendrá más arena y será algo más rica y húmeda que lo normal; estos tres efectos pueden lograrse convenientemente sacando parte del agregado grueso, elaborando la nota pertinente de la respectiva reducción en el volumen de la carga. Un cambio tal en la relación de los tamaños de agregado debe hacerse bajo supervisión apropiada. En ningún caso se ha de permitir que las cargas iniciales del concreto tengan consistencias en la parte seca del asentamiento especificado.

Si el tiempo entre las operaciones de mezclado del concreto y de su colocación final en los encofrados es demasiado largo, la mezcla probablemente se ha hecho tan rígida que no sea posible consolidarla satisfactoriamente. El grado de rigidez más allá del cual no puede consolidarse el concreto dependerá de la naturaleza de la colocación y de si se utiliza o no vibración efectiva.

Apenas se inicie la rigidez deberá procederse a hacer las correcciones necesarias si el tiempo no es reducible suficientemente. Por lo general, la causa puede ser debida a la evaporación excesiva del agua de mezclado por el sol o el viento, a una alta absorción, no anticipada, del agua de mezclado por los agregados, a alta

temperatura de uno o más de los ingredientes, al empleo de un acelerante inapropiado, o a características de rigidez prematura del cemento. Algunas veces el comportamiento defectuoso de los vibradores da una falsa indicación de rigidez.

6.2.2 PERDIDA DE ASENTAMIENTO

Algunas especificaciones requieren que la pérdida de asentamiento no exceda de 1" (2.5 cms). Las pérdidas de asentamiento mayores son objetables porque crean, en general, una demanda de contenido inicial más alta para proporcionar un asentamiento inicial que comprende la pérdida que ocurrirá antes de la colocación. La pérdida de asentamiento aumenta con el tiempo transcurrido desde el comienzo del mezclado hasta la colocación, y se agrava con temperaturas altas, agregados absorbentes, fraguado falso severo del concreto, mezclas ricas, o uso mal aconsejado de un acelerante.

Las correcciones en pérdidas de asentamiento deben hacerse atacando las causas, o sea:

- Si las temperaturas son altas, entre los métodos prácticos para bajar las del concreto y sus alrededores están: poner hielo en el agua de mezclado, rociar los agregados y encofrados con agua, sobre los materiales y trabajar únicamente de noche o durante las primeras horas de la mañana.
- Si hay demasiada demora entre la descarga de la primera y la última parte de cada carga, es aconsejable que la Supervisión recomiende la reducción del tamaño de las cargas.
- La Supervisión debe verificar que el cemento se mantenga tan frío como sea posible y libre de cualquier tendencia hacia el fraguado falso.
- La Supervisión debe verificar cuidadosamente la relación agua-cemento, así como aumentar los requisitos de cemento en lo que sea necesario, para compensar los aumentos en el contenido unitario de agua.

- La Supervisión, en coordinación con el Proyectista, debe considerar el empleo de retardadores, recordando que, dependiendo de éstos, algunas veces la pérdida de asentamiento puede ser mayor con los aditivos reductores de agua.

6.2.3 MEDICION DE LA CANTIDAD DE CONCRETO

El concreto puede medirse por volumen en las tolvas de recepción, o en los encofrados por peso, o por la suma de los volúmenes absolutos de cemento, agua, aire y agregados. De acuerdo con la Norma ASTM C 94 o NTP 339.114 que rige el concreto premezclado, la base de la venta es la de rendimiento en volumen de la carga, determinado mediante el cociente entre el peso total de los materiales medidos y el peso unitario del concreto fresco sin fraguar.

CAPITULO 6

SUPERVISION DEL TRANSPORTE Y **COLOCACION**

1. ASPECTOS GENERALES

Antes que el concreto sea colocado en una sección dada del trabajo, se debe Supervisar la excavación, los encofrados, los puntales, el reapuntalamiento, el refuerzo y los detalles embebidos, para estar seguro de que se cumple con los requisitos del contrato.

Además, antes de comenzar el vaciado del concreto, la Supervisión debe asegurarse que se hayan realizado los preparativos necesarios para formar la junta de construcción y para curar y proteger el concreto.

Suponiendo que se ha cumplido con los requisitos respecto a lo adecuado de los materiales, las proporciones y las condiciones de trabajo (clima, tiempo, luz, equipo, acceso para la descarga rápida del concreto, protecciones para el curado, etc.), el constructor puede entonces proceder a la colocación.

2. SUPERVISION DEL TRABAJO PREPARATORIO

2.1 EXCAVACION Y CIMENTACION

Las superficies excavadas sobre las cuales o contra las que se ha de vaciar el concreto, deben cumplir con los requisitos especificados de ubicación, dimensiones, formas, compactación y humedad.

La Supervisión, antes del vaciado del concreto, debe verificar las condiciones de preparación de la cimentación para tener la seguridad de una compactación y humedad apropiadas, a fin de proporcionar al concreto humedad durante el curado. Además no debe permitir que existan charcos de agua, pues estos incrementarán la relación agua/cemento del concreto en contacto con la tierra. La Supervisión debe tomar las medidas para procurar colocar los sistemas de drenaje cuando sea necesario.

Para las cimentaciones de edificios, la Supervisión deberá tener en consideración, lo siguiente:

- Se deberá hacer una excavación hasta alcanzar material firme, ya que la tierra por debajo de las zapatas debe tener la capacidad de soporte requerida en el diseño. El material firme puede ser el suelo original sin modificar o un suelo apropiadamente compactado.
- En excavaciones en roca, su superficie debe estar sana y firme, completamente expuesta, perpendicular a la dirección de la carga, y de la capacidad de soporte requerida por el diseño. Deberá contemplar la posibilidad de amarrar las zapatas en la roca, si así se requiere.
- Si es necesario efectuar voladuras, deberá controlar la carga para evitar daño a otras cimentaciones o al trabajo acabado.
- Verificar que las superficies contra las cuales debe vaciarse el concreto, estén limpias y húmedas, pero no suaves.
- Verificar que las superficies de las rocas empleadas como cimiento se limpien con un chorro de agua y aire, seguido de un chorro de aire para quitar el exceso de agua.
- Si se va a vaciar concreto nuevo contra concreto colocado con anterioridad, la Supervisión debe verificar que la superficie de concreto viejo esté limpia, sin aceite, grasa, lechada, o cualquier sustancia extraña.

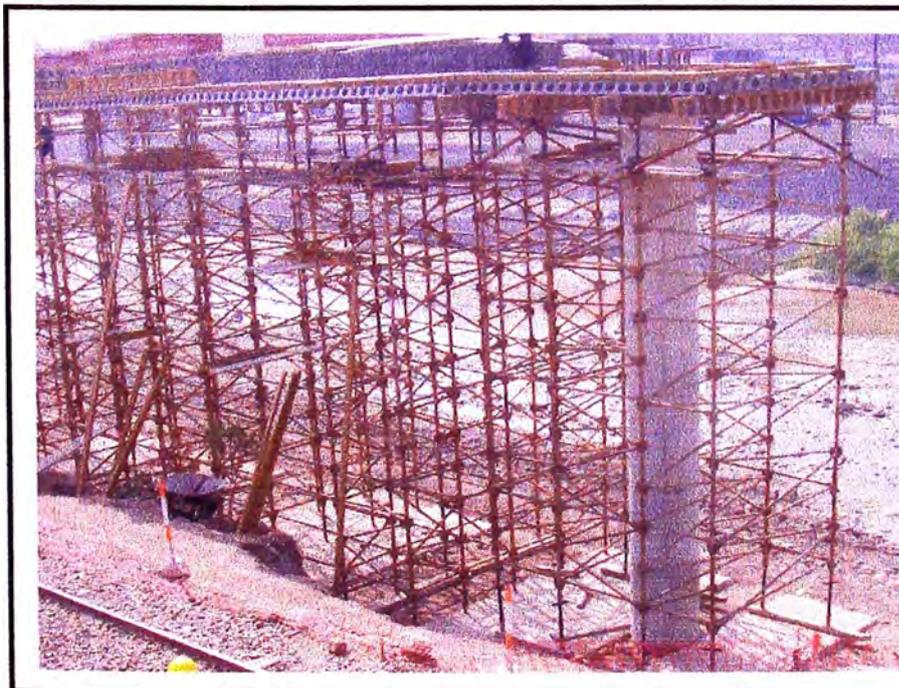
Si el concreto ha de ser soportado por pilotes, la Supervisión verificará el número, ubicación y penetración de cada pilote, y reportará después que ya se han hincado los pilotes, cualquiera que se desvíe más de las tolerancias especificadas, respecto a la alineación teórica.

2.2 ENCOFRADOS PARA EDIFICIOS

Antes de que se empiece el vaciado del concreto, la Supervisión debe verificar los encofrados y los apuntalamientos que soportarán el concreto. La ubicación y dimensión de los encofrados después que se llenan con concreto, podrían no ser las mismas que cuando fueron contruidos y colocados debido a que el peso del concreto, los trabajadores y el equipo empleado en la colocación del concreto, pueden causar que los encofrados se asienten, se pandeen o que se abulten.

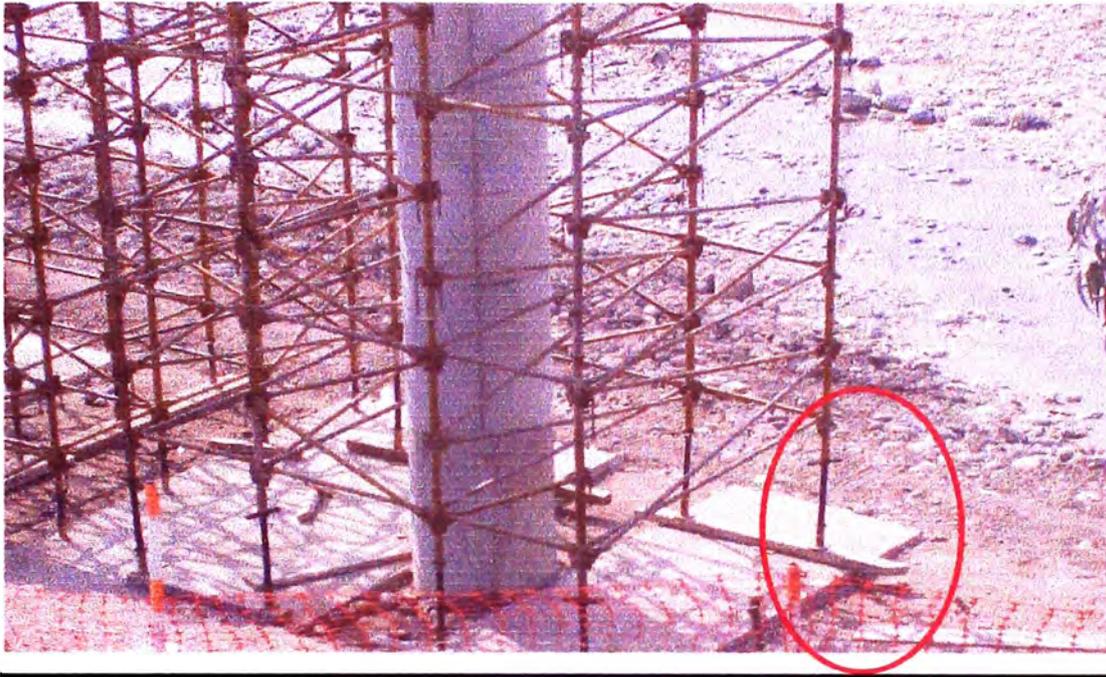
La Supervisión deberá verificar los siguientes puntos:

- Verificar los encofrados tan pronto como sea posible después de su montaje, de manera que los errores puedan corregirse con el mínimo de retraso y se pueda corregir cualquier falta de hermeticidad.
- Verificar el número, tipo y ubicación de puntales. Debe recordarse que puede ser necesario proporcionar apuntalamiento a intervalos mas cerrados que los planeados para evitar pandeo de la parte inferior de los encofrados. El asentamiento de los puntales puede evitarse determinando áreas adecuadas de apoyo en el suelo.



Puntales metálicos sosteniendo encofrado para construcción de losa de concreto de puente.

El apoyo inferior de puntales se encuentra sobre elemento estable, para evitar el asentamiento de éstos.

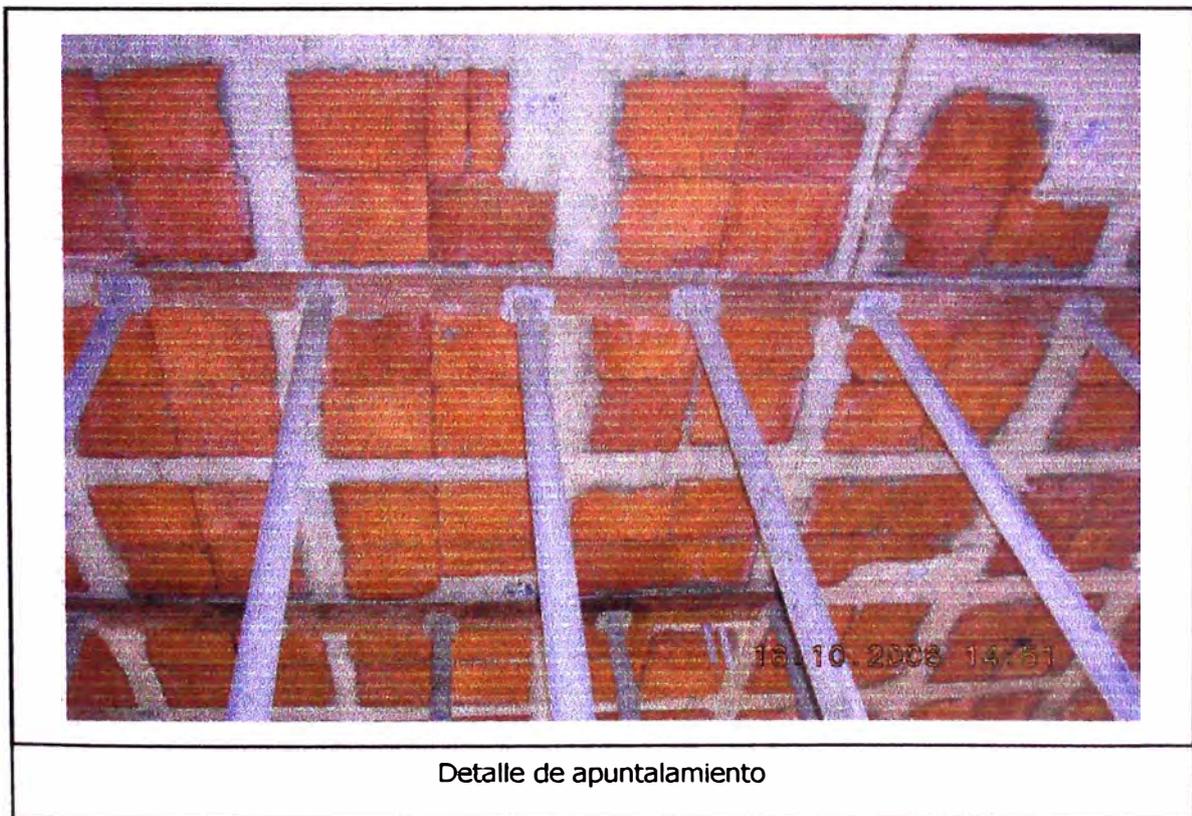


Durante las operaciones de vaciado del concreto, puede ser necesario ajustar el apuntalamiento por medio de gatos de tornillo para mantener las elevaciones

- Debe verificar que se coloque los puntales que soportan pesos sucesivos directamente sobre los que están abajo, y verificar que se apuntalen el número de pisos requeridos para soportar las cargas totales.



Se verifica que para proceso de vaciado de losa 3er. Nivel se han colocado puntales en los pisos inferiores.



- Debe verificar que se construya y coloque los encofrados tan exactamente como sea posible, en relación con el alineamiento, niveles y dimensiones indicadas, excepto lo que considere necesario para construir a contraflecha. Debe recordar que las tolerancias indicadas en las recomendaciones ACI 117 (Ver Anexo 3) se aplican al concreto endurecido y no a los encofrados.
- El asentamiento y el pandeo pueden controlarse construyendo una contraflecha en el encofrado. Se recomienda contraflechar los encofrados para pisos y vigas, 1/4" por cada 10 pies (2mm/m) de espaciamento. El contraflechado de los encofrados es responsabilidad del contratista, debiendo la verificación ser responsabilidad de la Supervisión.
- La Supervisión debe asegurarse que los encofrados den como resultado concreto endurecido de las dimensiones, alineamientos y acabado superficial requeridos. Las irregularidades se pueden detectar mediante una inspección visual cuidadosa, pudiendo en algunos lugares ser necesario emplear plomadas y alambre o cordeles estirados.
- El apuntalamiento y unión de los encofrados deben ser adecuados, ya que generalmente es imposible forzar los encofrados a su posición original después que se han deformado o se han deslizado mientras están siendo llenados.
- Para vaciados de concreto, grandes e importantes, se deberá instalar dispositivos indicadores (cordeles y líneas a plomo dejadas en su lugar durante las operaciones de colocación), en varias ubicaciones de los encofrados, especialmente donde es de esperarse asentamientos o flexión. Estos dispositivos le darán al Supervisor una señal oportuna sobre cualquier movimiento o deflexión de los mismos, pudiendo tomarse las acciones inmediatas para remediarlo, o al menos controlarlo dentro de los límites prescritos.
- En los encofrados deslizantes, la Supervisión verificará que sean acomodados después de ser elevados, de modo que queden pegados contra

el concreto ya colocado.

- Los puntales para voladizos frecuentemente son críticos y deben ser adecuados para soportar todas las cargas. Las juntas de construcción pueden crear voladizos temporales hasta que se ha completado el elemento. El concreto debe ser apoyado a ambos lados de tales juntas hasta que todo él haya desarrollado una resistencia que permita al elemento actuar, como en el caso de un claro.

Se requiere verificar que los encofrados sean herméticos, que estén alineados, que tengan facilidad para el desencofrado y que exista limpieza, tanto para logra superficies expuestas visualmente gratas, como para obtener un concreto sano. Las imperfecciones comunes y los resultados decepcionantes en las construcciones con concreto, se deben con frecuencia a la falta de una preparación adecuada para el trabajo, y de una buena Supervisión.

En los encofrados de madera que se pretenden usar nuevamente, se deben usar materiales que sellen eficientemente la madera y que permita su uso repetidas veces.

Si se emplea encofrados metálicos, éstos no deben contener rajaduras, muescas, pandeos, juntas flojas, o deformaciones que imposibiliten un acomodo apropiado.

La construcción de encofrados para concreto estructural y arquitectónico, debe tener en consideración lo siguiente:

- Se debe procurar superficies lisas en los encofrados, con juntas apretadas y libres de agujeros, para evitar que el concreto se escape durante la vibración.
- Los sujetadores y espaciadores de los encofrados, no se deben dejar metal cerca de la superficie expuesta.
- La Supervisión vigilará que se emplee amarres de alambre sólo en trabajos ligeros, haciendo agujeros para esos alambres tan pequeños como sea posible.

- Igualmente vigilará que se limpie, y si es necesario, se reacondicione los encofrados, antes de volver a usarlos. Los encofrados metálicos, no deberán ser sopleteados con arena para limpiarlos o para obtener una superficie brillante.
- Se debe evitar dañar las superficies de los encofrados durante su construcción y en cualquier otro trabajo preliminar al vaciado del concreto.
- Antes del vaciado del concreto, la Supervisión certificará que se moje las superficies de los encofrados o se les aplique una capa con aceite o algún otro material satisfactorio para encofrados, que no causen manchas o corrosión, debiéndose usar únicamente la cantidad apropiada de revestimiento de los encofrados, para evitar la decoloración del concreto.
- Se debe quitar los espaciadores de madera a medida que progresa el vaciado de concreto, por medio de alambres previamente atados a ellos. Igualmente se debe quitar el material extraño del interior de los encofrados. Dicho material extraño incluye cascajo, bloques, aserrín, mortero seco, hielo y nieve.
- Para la limpieza se recomienda usar preferentemente aire y agua o vapor, complementado por una limpieza manual, el material extraño tiende a acumularse en las esquinas y en lugares de difícil acceso. En los encofrados estrechos y profundos, se debe procurar agujeros para la limpieza y la supervisión en los puntos más críticos, generalmente en la parte inferior y a los niveles de las juntas de los encofrados. Se debe cerrar estos agujeros antes de que comience la colocación del concreto o justo antes de que alcance su nivel.

2.3 COLOCACION DEL REFUERZO

La Supervisión debe verificar el refuerzo tomando en cuenta resistencia, grado, tamaño, dobleces, espaciamiento horizontal y vertical, ubicación, conveniencia de soporte y amarres y condición de la superficie.

La colocación inapropiada del refuerzo puede conducir a agrietamiento severo, corrosión del refuerzo, y deflexiones excesivas e inclusive fallas.

2.3.1 CORTE Y DOBLEZ

Todos los detalles de dobleces se deben corregir. Las varillas dobladas usualmente se miden de exterior a exterior de la varilla, pero algunas veces se recomienda dimensiones de centro a centro.

La Supervisión, tendrá en consideración lo siguiente:

- Independientemente de las tolerancias del doblez, todas las partes de la varillas deben tener el recubrimiento especificado.
- Si el refuerzo va a ser doblado en la obra, el diámetro del pasador alrededor del cual se dobla el acero, no debe ser menor que el tamaño recomendado en el ACI 318.
- No se debe doblar o enderezar el acero de manera que pueda debilitar el material.

2.3.2 INSTALACION DEL REFUERZO

El refuerzo es colocado a una distancia mínima de la superficie del concreto (recubrimiento) para evitar oxidación cuando se exponga al clima o pérdida de resistencia cuando se exponga al fuego. Se requiere recubrimientos mayores para concretos expuestos a líquidos o vapores corrosivos.

Las recomendaciones ACI 301, ACI 318 y ACI 345, dan recubrimientos típicos para los casos particulares. El recubrimiento debe ser por lo menos tan grueso como se indica en las especificaciones del contrato.

El refuerzo debe estar apropiadamente espaciado, empalmado, amarrado firmemente en su posición y embebido para dar el margen requerido a toda la superficie del concreto.

Se entrenará a los trabajadores para que conozcan la importancia de la ubicación apropiada del refuerzo. Durante las operaciones de vaciado del concreto, el refuerzo, especialmente el ligero "refuerzo por temperatura", puede llegar a ser desplazado por las vías de circulación, por accidentes, por la acción de las pesadas cargas de concreto que se dejan caer sobre el (especialmente en encofrados profundos), y por la herramientas empleadas en la consolidación del concreto. Se requiere atención especial para evitar este desplazamiento y para detectar y corregir oportunamente cualquiera que efectivamente ocurra.

La Supervisión vigilará los siguientes aspectos:

- Verificará los espaciamientos de los estribos. En losas estructurales, tiene importancia crítica el recubrimiento del margen entre la parte superior de la losa y la parte superior del refuerzo.
- Si hay más de una parrilla de refuerzo, se debe alinear las varillas de refuerzo verticalmente una encima de la otra en ambas direcciones horizontales, para minimizar la interferencia con la colocación y consolidación del concreto.
- Cuando el refuerzo está demasiado congestionado para permitir la colocación del concreto, se debe proveer aberturas para que las varillas temporalmente se junten a cada lado y después volverlas a poner en su posición asignada.
- Escalonar el gancho de los estribos de columnas alrededor de sus cuatro esquinas en vez de una encima de la otra.
- No empalmar varillas o mallas de alambres soldadas sin la aprobación del diseñador, a menos que así se muestre en los documentos del contrato.
- Traslapar las varillas o la malla de alambre soldada en la longitud especificada, ya que la longitud determina la resistencia del empalme.
- Si los empalmes están soldados, se debe asegurar que la soldadura es del tamaño y longitud requeridos y que las varillas no se quemen o se reduzcan

en sección transversal. La soldadura de refuerzo de alta resistencia puede disminuir la resistencia de la varilla y se prohíbe en muchos contratos.

- La Supervisión no debe permitir soldadura de punto a menos que lo permitan los documentos del contrato, ya que tales soldaduras debilitan las varillas en el punto de la soldadura. Si se hacen muchas soldaduras, es aconsejable la prueba de algunas de ellas.

2.4 APOYOS

Todo el refuerzo debe mantenerse firmemente en su lugar antes y durante el vaciado de concreto.

- Se deberá emplear bloques de concreto, soporte metálicos o de plástico, varillas espaciadoras, alambres, y otros aditamentos que eviten el desplazamiento durante la construcción.
- Se usará la cantidad y resistencia de soportes para varillas y el número necesario para apoyar, tanto el refuerzo como las cargas de construcción.
- No se utilizará piedras, bloques de madera, u otros objetos no aprobados para soportar el acero.
- Se podrá usar bloques sobre el suelo, lo suficientemente grandes para evitar asentamiento en el suelo.

2.5 ACCESORIOS EMBEBIDOS

Antes de colocar el concreto, la Supervisión debe verificar que se encuentren fijos firmemente en su posición todos los conductos, tuberías, u otros accesorios embebidos que no sean dañinos para el concreto. La recomendación ACI 318, dá los requisitos detallados con respecto a los accesorios embebidos.

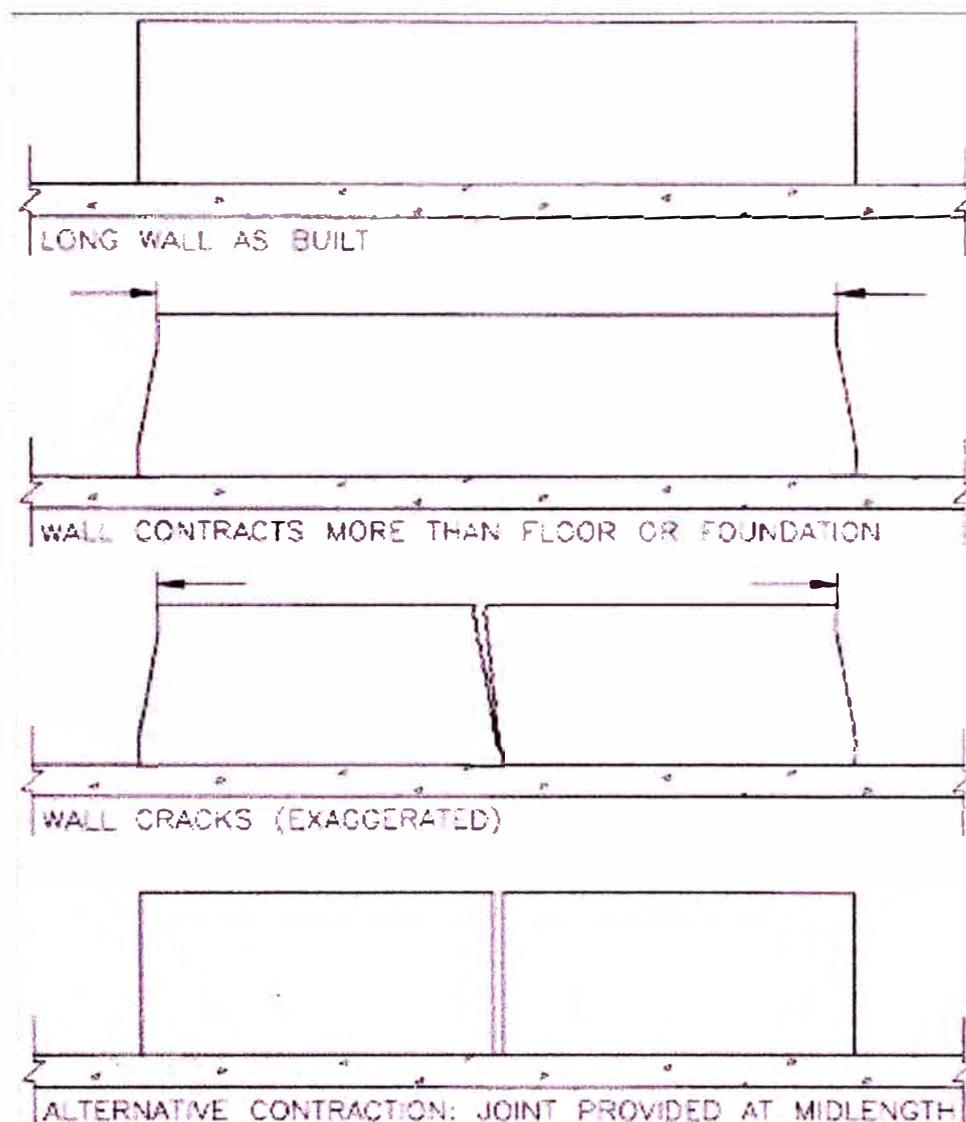
- No se deben embeber en el concreto estructural conductos o tuberías de aluminio o cualquier otro material, que reaccione químicamente con el concreto, a menos que se disponga de un revestimiento o protección que prevenga la reacción del material con el concreto.
- Siempre se debe considerar que los elementos embebidos no reemplazan estructuralmente al concreto desplazado.
- El refuerzo deberá poder moverse hasta un diámetro de la varilla, sin requerir ninguna otra aprobación, de acuerdo a las recomendaciones del ACI 301.
- Deberá recordarse que, en general, los ductos con un diámetro de 1" o menos, no reducen significativamente la resistencia del concreto en compresión. Los ductos que se juntan en una ubicación determinada, pueden requerir refuerzo extra por arriba y por abajo, para minimizar el agrietamiento en estos puntos dados. La Supervisión no permitirá que mas de un ducto ocupe un espacio en la sección transversal de una columna, ni que se agrupen en la cara de una columna, excepto cuando así lo permitan los documentos del contrato o estén específicamente aprobados por el diseñador.

2.6 JUNTAS

Los cambios de volumen son causados por cambios en la humedad y temperatura, los cuales deberán ser considerados en el diseño de los edificios de concreto. La magnitud de las fuerzas que se desarrollan y la cantidad de movimiento que causa el cambio de volumen están directamente relacionadas con la longitud del edificio. Las juntas de contracción y expansión limitan la magnitud de las fuerzas y movimientos; y las fisuras producidas por la pérdida de humedad o cambio de temperatura al dividir el edificio en segmentos individuales. Las juntas pueden ser planos de debilidad para controlar la ubicación de las fisuras (juntas de contracción) o líneas de separación entre segmentos (juntas de expansión)

En muros reforzados las juntas son usadas para facilitar la construcción, proveendole movimiento controlado y control de fisuras. Usualmente no es posible colocar un muro en una sola operación, por lo que se requiere de

juntas. Estas juntas de construcción no tienen un propósito estructural. Los muros de concreto están sujetos a cambios de longitud, alineamiento o volumen como resultado del movimiento de la estructura. Estos movimientos pueden ser causados por gradientes de temperatura, cargas, etc.



Fisura debido a la falta de movimiento es mostrada en la figura

Si no hubiesen juntas, las fuerzas que se desarrollan dentro del muro podría causar que esta se fisure, si la fuerza de tensión del concreto es excedida. Estas fisuras pueden ser minimizadas reduciendo el número de restricciones al movimiento. Esto normalmente se observa cuando el muro es dividido en segmentos que permiten su libre movimiento. Estas juntas sirven para aliviar

el esfuerzo de tensión que se genera. El muro esta restringido en la parte inferior por la base y en la parte superior por el sistema de pisos. Estas restricciones producen fuerzas en el concreto que exceden la capacidad de tensión del concreto, figurándola.

2.6.1 Tipos de juntas

- **Juntas de aislamiento o expansión**

Es una separación entre partes adyacentes de una estructura de concreto, la cual es intencionalmente dejada para permitir pequeños movimientos relativos. Están diseñadas para permitir que la estructura a cada lado de la junta se mueva independientemente. Si se omiten estas juntas, las fuerzas de compresión, de tensión y sísmicas pueden aplastar, agrietar, o causar daño de algún otro modo a la estructura. Tales fuerzas se desarrollan por expansión térmica o química, contracción, cargas aplicadas, sísmicas o asentamientos diferenciales. El refuerzo no debe cruzar las juntas de expansión.

Juntas de expansión son construidas dando un espacio entre dos elementos de concreto (Ej. columnas y columneta de muro, para evitar la falla por columna corta - Foto 2.6.1) y secciones de muros armados. El espacio es proporcionado por espaciadores colocados durante el encofrado. Dicho espacio entre juntas puede dejarse libre y protegido con una "tapajunta" o relleno con un material compresible y elástico, muy parecido al corcho. La junta debe ser derecha y continua desde la cimentación hasta la parte alta del muro. Los refuerzos deben de detenerse de 50 a 75 mm desde la junta.

También las juntas de expansión deben de utilizarse en los cambios de dirección del muro o cuando dos o mas muros convergen en un solo lugar de diferentes direcciones. El ancho de las juntas de expansión recomendadas es de 20 a 25 mm.

FOTO N° 2.6.1 – JUNTA DE EXPANSION



FOTO N° 2.6.1 – JUNTA DE EXPANSION



1. Junta entre pabellones libre protegida con "tapajunta".
2. Junta entre Columna (Placa) y columneta correspondiente a muro bajo.

- **Juntas de construcción**

Son planos que separan el trabajo hecho en diferentes periodos de tiempo. Se acomoda las diferentes secuencias o etapas y son diseñadas para una continuidad estructural. Estas juntas pueden ser horizontales o verticales, y su ubicación esta establecida antes de iniciada la construcción.

Las juntas de construcción deben ser normales a las direcciones de las líneas de tensiones principales y, en general, serán ubicadas en los puntos donde el esfuerzo cortante sea mínimo.

Las juntas de construcción en pisos, losas, vigas principales y secundarias, se ubicarán en el tercio central de la luz.

En muros, columnas y placas, las juntas de construcción se ubicarán al nivel inferior de los mismos.

La preparación de la superficie es extremadamente importante para la preparación de las juntas de construcción. La superficie del concreto colocado primero debe de estar limpio de sustancias contaminantes y fragmentos como agregado seco. El mortero es a veces utilizado como ligante. Para mejores resultados el concreto es agregado antes que el mortero seque.

En el caso de juntas antiguas, estas necesitan una superficie de preparación, una limpieza con agua a presión y escobilla debe de realizarse cuando el concreto aun esta suave que partículas indeseables pueden ser retiradas. El ACI 318 especifica que el concreto antiguo debe de ser humedecido antes de agregarle un nuevo concreto.

Si el concreto ha sido colocado recientemente es posible que no requiera agua adicional, pero concretos endurecidos y secos es posible que necesiten saturar de agua por un día o mas. Superficies libres de agua modifican la relación agua-cemento en los bordes y debilitan el esfuerzo que soporta.

Las juntas de construcción en muros armados deben de estar separados entre 4.5 a 7.5 m; donde la primera junta deberá de estar a 4.5. m de la esquina de la estructura. Las juntas de construcción deben de colocarse también donde hay cambios de espesor de los muros. Muros que poseen frecuentes aberturas deberán tener las juntas en separaciones no mayores de 6 m.

- **Juntas de Contracción**

La Recomendación ACI 224 3R, define como juntas de contracción como planos de debilidad creadas intencionalmente y diseñadas para controlar el agrietamiento que de otro modo podría ocurrir debido a la contracción del concreto (por secado, descenso brusco de temperatura, etc.). El refuerzo puede ser continuo o discontinuo en la junta de contracción, dependiendo del diseño de la estructura.

Las juntas de contracción no son costosas y relativamente simples de construir. Estas juntas son usualmente hechas de madera, caucho, plástico o tiras de metal unidas a los encofrados. Estas tiras dejan un delgado surco vertical en el concreto que va desde el interior hasta el exterior. Estos surcos posteriormente pueden ser sellados para prevenir que penetre humedad o químicos que producen corrosión al refuerzo en exceso (sellantes resistentes a las temperaturas como poliuretano o siliconas pueden ser usados). Para reducir la acción de la humedad en la parte exterior puede ser llenado con un sellante elastometrico. Un material que detenga el agua puede ser usado para prevenir el goteo del agua proveniente de las fisuras que ocurren en las juntas de contracciones.

Para muros reforzados, el ACI 224 3R recomienda que las juntas de contracción deben aparecer por lo menos una vez en un muro alto y hasta tres veces en un muro bajo cuyo largo es de la misma que el muro alto. Muros bajos son considerados aquellos que son menores de 2.4 m y muros altos son aquellos considerados mayores de 3.6 m. Esta recomendación reconoce claramente que la parte de arriba de un muro es mas fácil que se ventile y endurezca que la parte inferior del muro, el cual debe poseer a la vez mas restricciones. Ambas condiciones poseen a la vez esfuerzos de tensión que causaran fisuras.

Las juntas de contracción alineadas con aberturas en los muros controlan efectivamente las fisuras en las esquinas de estas aberturas. Las juntas

en muros serán un poco mayores en muros sin aberturas, pero el espacio entre juntas no debe de exceder los 7.5m. Es recomendable tener juntas de contracción cada 3 o 4.5 m en un muro de esquina.

SUPERVISION FINAL - ANTES DE LA COLOCACION

Antes del vaciado del concreto. se efectuará una Supervisión final que comprenderá los siguientes puntos:

- Se verificará todo el apuntalamiento y contraventeo a fin de asegurar que no se ha aflojado o se ha colocado erróneamente.
- Se verificará el refuerzo para ver que esté completo y colocado apropiadamente y asegurarse que se obtendrá el espesor especificado del recubrimiento.
- Se prestará atención especial al refuerzo que soporta las vías de paso para transportar el concreto. Puede ser necesario proveer soportes de varillas adicionales en estas áreas.
- Se verificará que los encofrados estén terminados, adecuadamente arriostrados y perfectamente herméticos. Así como que humedecidos y/o aceitados; sus alineamientos y dimensiones corresponden con las indicadas a los planos. Así como también que se haya retirado toda agua, nieve hielo o cualquier tipo de desechos de los lugares que van a ser ocupados por el concreto.
- Se debe verificar todo el equipo para una operación apropiada, y tener a la mano suficiente equipo para asegurar continuidad en la colocación por si se presentaran fallas en alguno de ellos; así como la suficiente cantidad de materiales; y equipos de iluminación para trabajo nocturno.
- Se estará atento al pronóstico del tiempo para el día del vaciado del concreto.

Si se pronostica un día extremadamente caluroso, frío o con mucho viento, se tomarán las precauciones apropiadas para proteger el concreto fresco, debiéndose tener a disposición inmediata material y equipo para darle mayor protección en caso que las condiciones climatológicas se empeoren.

OPERACIONES DE COLOCACION DEL CONCRETO

Después que se han completado las operaciones de dosificación y mezclado, para obtener un concreto satisfactorio se requiere de los siguientes:

- Transporte, colocación y consolidación sin segregación; la consolidación debe ser lo suficientemente completa para llenar todo el encofrado, a fin, esencialmente, de eliminar las bolsas de aire y de agregados para así formar una fuerte adherencia con el acero y el concreto adyacentes.
- Mantener la calidad requerida del concreto, especialmente la uniformidad.
- Un curado apropiado.

Los principios de control del concreto con respecto a la selección y proporcionamiento de los materiales ya han sido analizados. La práctica recomendada con respecto a la dosificación y el mezclado se ha estudiado en función de la Recomendación ACI 304R.

El éxito final de las operaciones de concreto involucra la preparación del sitio, la supervisión de la planta de dosificación, el transporte al sitio, el manejo del concreto en obra, y el cuidado después de la colocación.

3. CONDICIONES DEL SITIO

No se debe dar comienzo a las operaciones del vaciado del concreto a menos que se hayan cumplido los requisitos de los documentos de contrato respecto a la

preparación del sitio, así como a la ubicación y las condiciones de los encofrados y del refuerzo. Se podrá seguir la secuencia siguiente:

- Revisar la secuencia de colocación planeada.
- Recordar que algunos documentos del contrato prohíben el vaciado del concreto en la noche (para asegurar la visibilidad) o durante períodos de calor o frío extremos, viento o lluvia, a menos que se procure la protección ya especificada para el trabajo. Por otra parte, algunos contratos exigen el vaciado del concreto en la noche en clima caliente para reducir la evaporación y para reducir la temperatura del concreto, especialmente para estructuras en las que el agrietamiento puede ser un problema. Se debe procurar una iluminación adecuada para el trabajo en la noche.
- La entrega del concreto no debe ser tan rápida que resulte difícil o imposible la colocación y la consolidación. Sin embargo, la entrega, colocación y consolidación del concreto debe ser lo suficientemente rápida para evitar retrasos indebidos y especialmente para evitar la formación de juntas frías.
- Asignar el personal suficiente para el trabajo.

MANEJO DEL CONCRETO

La Supervisión es la responsable de verificar una adecuada operación del transporte, la colocación, la consolidación, el acabado y el curado del concreto.

Se deberá verificar los contadores de revoluciones en los camiones mezcladores y que las revoluciones adicionales sean solamente a la velocidad de agitado. Se deberá verificar también los tanques de agua para ver que estén todavía llenos cuando se descargue el concreto, o que se mantengan completamente vacíos según se requiera.

Algunos contratos limitan el tiempo en que puede utilizarse el concreto después del mezclado tal como se explica en el capítulo correspondiente; no es necesario un

límite de tiempo si el concreto puede colocarse, consolidarse y acabarse apropiadamente sin la adición de agua. La buena práctica y la mayoría de los contratos prohíben adiciones posteriores de agua, las que no deben ser confundidas con aquellas que se efectúan para ajustar el asentamiento durante el mezclado o cuando los camiones mezcladores llegan por primera vez al sitio de la obra. Tal adición inicial de agua es aceptable si se ha considerado pérdida de asentamiento y si no se excede la relación máxima de agua/cemento.

6.1 TRANSPORTE

La Supervisión debe vigilar que se mantenga la calidad y uniformidad del concreto mientras que es transportado desde la mezcladora o desde el camión de entrega hasta los encofrados.

Se tendrán en consideración los siguientes aspectos:

- El transporte del concreto, desde el punto de mezclado al de colocación, debe efectuarse en el menor tiempo posible y sin interrupciones, empleando procedimientos que eviten la segregación o la pérdida de material.
- Se coordinará procedimientos y capacidad de transporte con la cantidad de concreto a ser colocado, a fin de evitar juntas de vaciado o juntas de construcción no programadas.
- Se deberá verter o dejará caer el concreto verticalmente a fin de evitar la segregación del agregado grueso. El mejor método para asegurar una caída vertical consiste en pasar el concreto a través de una sección corta de canaleta.
- Nunca debe dejarse caer el concreto sobre el refuerzo en los encofrados profundos, ya que ocurrirá segregación al pasar el agregado grueso golpeando las varillas.
- No se limitará la consistencia o las proporciones de la mezcla en función de las características de equipo de transporte.

Se utilizan muchos tipos de equipos para el transporte, ya sean solos o en combinación con otros tipos.

6.1.1 BALDES Y TOLVAS

Los baldes y tolvas que descargan por su parte inferior permiten la colocación del concreto con bajo asentamiento. Deben tener pendientes laterales no menores a 60 grados con compuerta de descarga anchas que permitan trabajar libremente y cerrar herméticamente. La Supervisión tendrá en consideración lo siguiente:

- Las compuertas de descarga deben abrirse y cerrarse rápidamente en cualquier momento durante la entrega.
- La frecuencia de descarga debe permitir que el concreto sea colocado en capas casi horizontales, colocando cada una de ellas cuando la anterior aún está en estado plástico.
- Se debe evitar la contaminación del equipo cargándolo en la plataforma, en vez de hacerlo en el suelo.



- Se debe evitar que los baldes oscilen sobre el concreto recién acabado.
- Se debe quitar el concreto endurecido, limpiar y aceitar ligeramente el balde y el mecanismo de control de entrega en la compuerta después de cada utilización.

6.1.2 CANALONES Y FAJAS TRANSPORTADORAS

Se debe utilizar canalones redondos para evitar la acumulación de concreto en la esquinas. La pendiente debe ser lo suficientemente inclinada para permitir que el concreto fluya sin un asentamiento mayor que el especificado o exigido para la colocación (la pendiente usualmente requerida es de 1 a 2 o 2.5).

Las fajas transportadoras se utilizan ampliamente. El concreto se deposita a través de las tolvas sobre la faja transportadora en una cinta continua. Son posibles numerosas configuraciones de las fajas transportadoras para depositar el concreto, inclusive en áreas relativamente inaccesibles. Al usar las fajas transportadoras:

- Evite la segregación descargando a través de un canalón distribuido apropiadamente.
- Deberán ser horizontales o tener sólo una ligera inclinación a fin de evitar segregación o pérdida de materiales.
- Se evitará la pérdida de mortero en la faja de retorno empleando un dispositivo de caucho u otro tipo de rasquera. El mortero rasquetado se conducirá a las tolvas receptoras de concreto.
- No deberá emplearse fajas transportadoras largas pero si ello fuera inevitable se las hará descargar en una tolva para de ella ser conducido el concreto en carretillas al punto de entrega.

En clima caliente, seco o con viento, se debe cubrir las largas líneas de canalones distribuidores y las cintas transportadoras si fuera necesario, para evitar que el

concreto se seque y se tenga una excesiva pérdida de asentamiento. El cubrimiento de las fajas transportadoras a gran velocidad puede no ser obligatorio, excepto bajo condiciones extremas de secado. Se debe emplear canalones de descarga móviles o fajas transportadoras para acercarse tanto como sea posible al sitio de la colocación. Cuando los canalones y las fajas transportadoras se laven con chorro de agua, se debe evitar que el agua y el concreto diluido drenen hacia los encofrados o hacia el concreto recién acabado.



Fotos de colocación de concreto con cenizas, en una losa



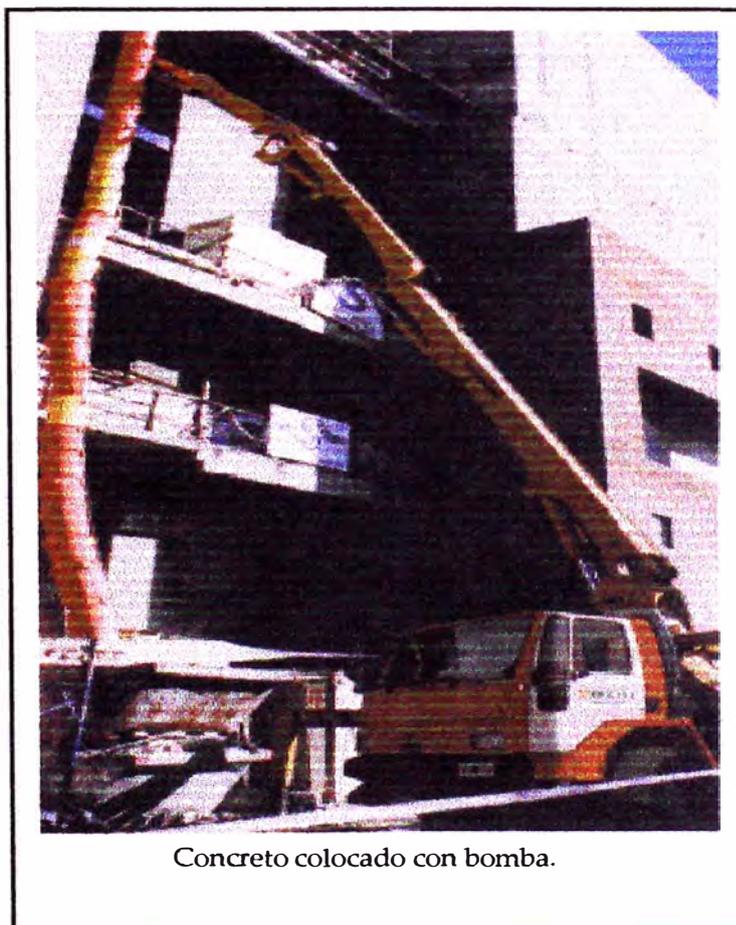
Acabado de la losa estructural en mención.

6.1.3 BOMBEO

En el proceso constructivo se considera como concreto bombeado a aquel que es transportado hasta su ubicación final, utilizando para ellos conductos formados por tuberías rígidas y mangueras flexibles.

El bombeo con bombas ligeras y de líneas cortas que pueden manejar el concreto con agregados de hasta 1 1/2", a través de tubos y mangueras de 4" a 6" de diámetro, es un método que se está volviendo mas usual. Sin embargo, antes de decidir la utilización de una bomba, haga una prueba del equipo y de las distribuciones de la línea propuesta con los materiales y mezclas de concreto que son apropiados y convenientes para el trabajo. Los tubos están disponibles en acero, aluminio y plástico. No obstante, la mayoría de los contratos prohíben el uso de tubería de aluminio, dado que la abrasión del aluminio por el flujo del concreto forma gas hidrógeno que causa expansión dañina al concreto.

El bombeo requiere la provisión continua de concreto uniforme plástico y trabajable de consistencia mediana. El tamaño máximo del agregado no será mayor de un tercio del diámetro de la tubería y en ningún caso deberá exceder de 50mm. El asentamiento del concreto entregado a la bomba debe ser entre 3" a 4", o ligeramente mas alto para el caso del concreto con aire incorporado. Puede resultar benéfico un aditivo reductor de agua o un auxiliar para el bombeo (aditivo, especialmente durante el clima caliente).



Concreto colocado con bomba.

En el caso del bombeo se debe:

- Supervisar la condición del concreto en el extremo del tubo, el asentamiento en cada extremo de la línea y ver que no se vierta agua no autorizada en la tolva de la bomba.
- Limpiar cuidadosamente la bomba y el tubo después de efectuado el bombeo. El agua utilizada para limpiar el tubo no debe caer en los encofrados.

6.1.4 TRANSPORTE EN EQUIPO LIVIANO

Las carretillas se emplearán para transportar el concreto distancias cortas o para depositarlo en los encofrados. Es recomendable descargar el concreto a tolvas desde las cuales se deposita en las carretillas por gravedad.

El transporte mediante carros de volteo lateral es útil para el transporte de concreto en cimentaciones y losas de edificios.

El transporte de concreto en baldes (latas) no es recomendable, estando prohibido en concretos de mas 175 kg/cm^2 a los 28 días.

6.2 COLOCACION

Los métodos de colocación deben mantener al concreto uniforme y libre de imperfecciones. Esta etapa del trabajo con frecuencia puede ser el punto clave de toda la operación del vaciado del concreto. Los métodos apropiados de colocación evitarán la segregación y áreas porosas o alveoladas. Evitarán el desplazamiento de los encofrados y el refuerzo y asegurarán una firme adherencia entre las capas, y minimizarán el agrietamiento por contracción, y producirán una estructura de buena apariencia.

6.2.1 DIRECCION Y LOCALIZACION DE LA CAIDA DEL CONCRETO

Deje caer el concreto verticalmente para evitar segregación. Use canalones de descarga si fuera necesario, para evitar el golpeo del refuerzo y de los lados del

encofrado. Esto minimiza la segregación y evita que se forme una capa de concreto en las superficies. Una capa de concreto seco sobre el refuerzo reduce la adherencia.

La Supervisión debe tener en consideración los siguientes puntos:

- No se deberá distribuir el concreto empujando o jalando las secciones inferiores de los canalones a un ángulo considerable de la vertical, ya que ocurrirá una segregación muy seria. En vez de eso, se mantendrá la sección inferior en una posición vertical.
- Cuando se vacíe el concreto cerca de la parte superior del elemento, se puede evitar la segregación y la formación de capas en los encofrados, se puede ahorrar tiempo y mano de obra, y se puede colocar y distribuir mejor el concreto, vaciando directamente los equipos de entrega sin usar tolvas o canaletas.
- Para lograr una mejor durabilidad, es recomendable colocar el concreto directamente en las esquinas y extremos de los muros de modo que el flujo vaya alejándose de las esquinas y extremos en vez de que vaya hacia ellos.
- En la construcción de losas, dejar caer el concreto nuevo sobre el concreto ya colocado y no alejándose de él. Depositar únicamente tanto concreto en un lugar como pueda consolidarse convenientemente.
- No usar rastrillos con dientes para extender el concreto de cualquier tipo. Emplear herramientas de cara sólida o palas comunes.

6.2.2 VACIADOS PROFUNDOS

Cerca de la parte superior de un vaciado profundo, el concreto tiende a hacerse más aguado, debido que el agua en la parte inferior del concreto emigra hacia arriba. Para contrarrestar esto, se recomienda emplear una consistencia mas seca a medida que el nivel de concreto se eleva. Esto normalmente no causa ningún problema en la colocación puesto que el concreto cerca de la parte superior puede alcanzarse más fácilmente para vibrarlo.

Si el agua de exudación se eleva a la superficie, probablemente se deba a que la arena es deficiente en finos, o una mezcla pobre, o a un concreto de alto asentamiento. Tal exudación, ya sea de agua clara y finos, produce una superficie exterior de concreto débil, inapropiado para una superficie de junta de construcción a la cual habrá que adherir concreto adicional, o para que sea expuesta al clima y al tráfico. El concreto con aire incorporado tiene un potencial de sangrado significativamente mas bajo que el concreto sin aire incorporado.

Antes de colocar el concreto en losas para piso y en vigas en la parte superior del concreto en muros y columnas, se debe permitir que transcurra un tiempo prolongado para el asentamiento del concreto en la colocación vertical pues de lo contrario habrá agrietamiento. Es recomendable retrasar la segunda colocación hasta que el concreto en los muros y columnas no pueda ser revibrado, el retraso será mas corto en climas cálidos.

6.2.3 VACIADO CORRECTO

De ser posible, se debe mantener la continuidad del vaciado sin demoras indebidas, con excepción de lo anotado antes, pero habrá numerosas ocasiones en que ocurra alguna interrupción en el equipo, lluvia, etc, y que interrumpan las operaciones de colocación. Siempre que ocurran interrupciones se debe proteger la superficie del concreto que mas tarde recibirá concreto fresco proporcionándole sombra y recubriéndola con una aspillera mojada, particularmente durante condiciones de clima caliente, seco o con viento. Un rociado de neblina es otro método apropiado de protección. Si el concreto alcanza un fraguado permanente antes de que se reanude la colocación, deberá procederse a la construcción de una junta.

La Supervisión deberá cuidar los siguientes puntos:

- Evitar que se camine sobre el concreto fresco o el refuerzo, ni permitir otras actividades que afecten la uniformidad, el acabado o la adherencia.

- Se debe mantener las botas lodosas fuera del concreto fresco.

- En los trabajos de losas anchas, debe procurar que se coloquen plataformas sobre las que se pueda caminar y que cubran todo el ancho de la losa para evitar cualquier tipo de perturbación en el concreto recién colocado.
- La Supervisión debe tomar datos de las mediciones antes, durante y después del vaciado del concreto. Los asentamientos lentos con frecuencia pasan inadvertidos y la excesiva deflexión o asentamiento durante y después de la colocación son un signo de perturbación.

CONSOLIDACION

Consolidar el concreto completamente a medida que es colocado utilizando herramientas manuales, vibradores mecánicos, enrrazadores, máquinas de acabado a fin de garantizar un concreto denso, buena adherencia con el refuerzo y superficies lisas. Trabajar el concreto perfectamente alrededor del refuerzo y de los otros elementos embebidos y en las esquinas de los encofrados. Si la mezcla de concreto tiende a segregar o a estratificarse al trabajarla o al ser vibrada, reducir el contenido de agua o volver a dosificar si fuera necesario.

La supervisión se asegurará de disponer de suficiente equipo y personal para lograr la velocidad de producción planeada que permita que el concreto se consolide lo suficientemente rápido para evita demoras y posibles juntas frías. Cuando la consolidación sea más lenta inesperadamente, por condiciones de congestión, por fallas del equipo, o por una pobre trabajabilidad de la mezcla o por cualquier otra causa, se deberá reducir también la velocidad de dosificación y mezclado.

En el proceso de consolidación del concreto se debe recordar que el aire atrapado es un conjunto de burbujas de aire en el concreto las cuales no han sido intencionalmente incorporadas y son más grandes y menos útiles que las burbujas de aire incorporado; y por ello no debe permitirse que el concreto endurezca en esta condición, pues el estará falto de uniformidad, débil, poroso, y probablemente adherido al acero de refuerzo.

No se debe permitir que el concreto no consolidado se acumule en los encofrados o se endurezca en la mezcladora, la tolva, los baldes, o cualquier otra forma de sistema de transporte.

7.1 CONSOLIDACION A MANO

Se obtiene alguna consolidación por gravedad conforme el concreto es colocado en los encofrados. Ello es especialmente cierto para mezclas sueltas bien diseñadas, en las que se requiere un esfuerzo de compactación pequeño. Estas mezclas son consolidadas por varillado. En este caso el concreto se pica, apisona y aplanando empleando varillas metálicas de sección circular con uno de sus extremos en forma de semiesfera.

En concretos de consistencia seca, las superficies deberán apisonarse con herramientas pesadas de cara plana, hasta que aparezca en la superficie una película delgada de concreto o pasta que demuestre que los vacíos se han llenado.

7.2 VIBRACION

Los vibradores son de tres tipos generales: internos, de superficie y de encofrado.

7.2.1 VIBRADORES INTERNOS



La vibración permite la colocación y consolidación del concreto con asentamiento de 2" a 4" en elementos altamente reforzados, e inclusive de asentamientos mas bajos que en colocaciones abiertas.

No se debe esperar que la vibración corrija la segregación que ya ha ocurrido debido a métodos defectuosos de manejo y colocación, ni que garantice buenos resultados si las proporciones de la mezcla no son correctas.

La recomendación ACI 309, detalla procedimientos para consolidar el concreto por medio de vibración, incluyendo información sobre tipos y tamaños de vibradores.

Cuando pueden usarse vibradores internos, se obtendrán mejores resultados si se utilizan los vibradores del tamaño, frecuencia y amplitud recomendados en el ACI 309. Se debe aplicar los vibradores sistemáticamente a intervalos cortos, de modo que las áreas vibradas del concreto se traslapen. Para el concreto normal, se continua la vibración hasta que el concreto esté completamente consolidado y los vacíos llenados, según queda evidenciado por la apariencia del concreto en las superficie expuesta y el hundimiento de los agregados superficiales.

Si existe alguna duda sobre lo adecuado del procedimiento de vibración del concreto normal, se aplicará mas vibración. Existe poco riesgo de sobrevibrar una mezcla adecuadamente proporcionada. Puesto que el concreto puede ser sobrevibrado si está muy húmedo o es muy susceptible a la segregación, se debe reducir el asentamiento o modificar las proporciones de la mezcla en vez de reducir la vibración. El temor a la sobrevibración a causado mas resultados pobres que la sobrevibración en sí misma.

Para el procedimiento de vibración:

- Se debe insertar rápidamente un vibrador interno verticalmente a toda la profundidad de la capa que está siendo colocada. El vibrador no se debe arrastrar en el concreto, si no mas bien, sacarlo lenta y verticalmente al mismo tiempo que se opera continuamente de modo que no quede ningún agujero en ninguna parte del concreto rígido.
- La cabeza del vibrador debe mantenerse en el interior de la masa de concreto cuando se está operando a fin de evitar el calentamiento del quipo.
- Las mangueras flexibles no deben doblarse en ángulos muy pequeños a fin

de evitar su desgaste.

- No se debe utilizar el vibrador para hacer que el concreto fluya de un lugar a otro, ya que tal práctica usualmente causa segregación con el agregado grueso más grande que va quedando atrás.



El empleo de vibradores internos no es recomendable en losas de menos de 15 cm de espesor cuando el concreto es de consistencia seca; ni en losas de menos de 10 cm de espesor cuando la consistencia es fluida.

Al consolidar concreto colocado sobre otro concreto endurecido o sobre roca, la primera capa requiere de mayor vibración que las capas subsecuentes para asegurar un contacto estrecho y continuo con la junta fría. Este trabajo se realiza

mejor insertando los vibradores a aproximadamente la mitad del espaciamiento normal para períodos cortos de tiempo. Se recomienda vibrar perfectamente las capas sucesivas dentro de la capa precedente mientras que ambas estén todavía blandas.

Ordinariamente los vibradores internos no dañaran el concreto en los vaciados inferiores ni en el acero de refuerzo. De hecho, la revibración resultará benéfica si el concreto responde al vibrador y se hace nuevamente plástico. Es conveniente dejar que continúen trabajando los vibradores a medida que se sacan lentamente. La revibración tardía de concreto ayudará mucho a eliminar las grietas horizontales y de contracción causadas por el asentamiento del concreto retenido por el refuerzo o por encofrados irregulares, la revibración incrementará la resistencia del concreto, disminuirá el número de agujeros de burbuja de aire en las áreas superiores, reforzará la adherencia por debajo de las varillas horizontales y reducirá la filtración bajo los pernos de los encofrados.

7.2.2 VIBRADORES DE SUPERFICIE

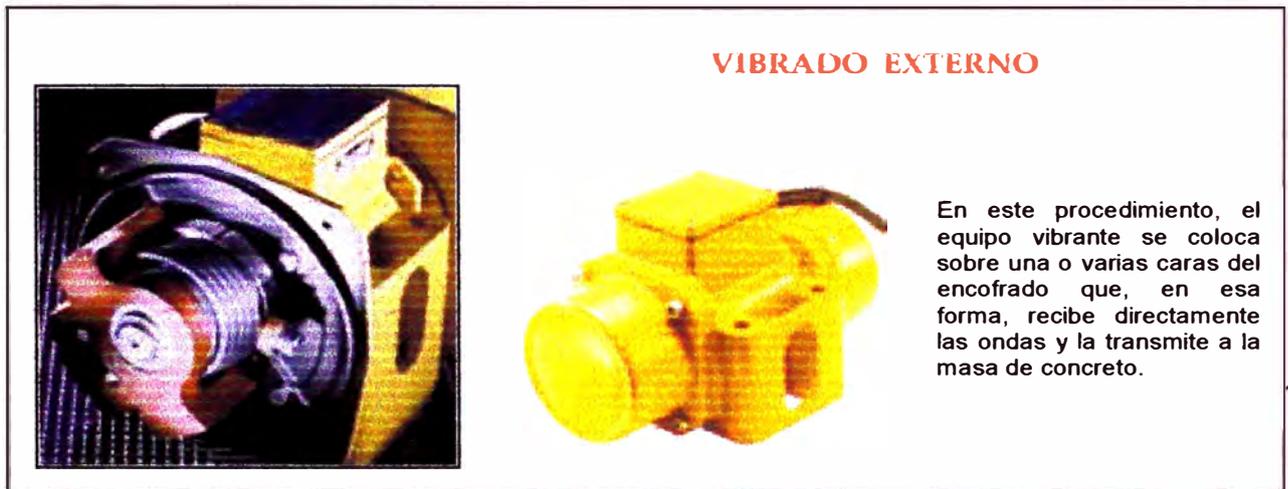
Son aquellos que actúan directamente sobre la superficie del concreto, consiste de una placa plana horizontal sobre la cual se colocan una o mas unidades vibratoras de tipo similar a las empleadas en los vibradores de encofrado.

Un vibrador de superficie debe consolidar la capa que se está colocando en toda su profundidad. Si no es así, se deberá reducir el espesor de la capa, o emplear una máquina más poderosa. El uso de un vibrador de superficie requiere que la mezcla de concreto esté apropiadamente proporcionada y tenga un bajo asentamiento. De otro modo, es posible que una cantidad indeseable de lechada sea traída a la superficie.

7.2.3 VIBRADORES DE ENCOFRADO

Son vibradores externos, se adhieren por medio de mordazas a la parte exterior de los encofrados, a través de los cuales transmiten un movimiento vibratorio al concreto.

Sin embargo, la vibración de encofrados es adecuada para secciones delgadas de concreto colocado en obra. Es también útil para reducir los vacíos de aire (cavidades) de las superficies. Los vibradores de encofrado deben ser lo suficientemente potentes para vibrar efectivamente los encofrados. Esto a su vez requiere que los encofrados sean lo suficientemente fuertes y rígidos para soportar la vibración sin que haya distorsión ni fugas de concreto.



- Que se utilizan únicamente en casos en que es imposible compactar en concreto por otro procedimiento, o como un complemento útil de la vibración interna en sitios donde es difícil o imposible insertar un vibrador interno
- Deberá evitarse vibración excesiva en un solo punto.
- El vibrador deberá colocarse en el encofrado en el zona que corresponde a la parte inferior de la superficie de concreto recién colocado y nunca en zonas del encofrado en las que no hay concreto.

ACABADOS

La calidad de una superficie de concreto se juzga en gran medida por la condición y apariencia de la superficie terminada. Las superficies expuestas están sujetas a condiciones (que van de benignas a severas) de humedecimiento o secado, cambios de temperatura y desgaste mecánico.

Además, la mayoría de la superficie de concreto está sujeta a agrietamiento debido a excesiva contracción por secado. Para mejorar estas condiciones, el concreto debe contener la mezcla apropiada (sin excesivo contenido de agua), estar apropiadamente consolidado y acabado, y ser adecuadamente curado por el tiempo especificado, siguiendo las recomendaciones del ACI 302.1R.

8.1 CONCRETO EXPUESTO

En los acabados de concreto expuesto se empleará un procedimiento que permita obtener en la superficie del concreto la textura requerida. El procedimiento deberá ser aprobado por la Supervisión.

Durante las operaciones de resane de un concreto expuesto se tendrá en consideración:

- El resane debe permitir obtener uniformidad en color y textura en relación a las áreas adyacentes.
- El mortero de resane deberá obtenerse por ensayos a fin de lograr un color similar al de la superficie que rodea al área a ser resanada.
- Es conveniente emplear el mismo material de encofrado e igual tiempo de curado, a fin de evitar variaciones en el color.

8.2 ACABADO DE SUPERFICIES NO ENCOFRADAS.

Se debe seleccionar las proporciones y la consistencia del concreto y los métodos de consolidación de modo que en la superficie sólo esté disponible la cantidad de concreto suficiente para los propósitos de acabado. Si la mezcla tiene demasiada arena o es demasiado húmeda, o si el concreto es sobre trabajado en la consolidación o el acabado, es muy probable que la superficie se cubra con agua de exudación o que contenga una capa relativamente gruesa de concreto demasiado húmedo o una lechada. Se debe extender el concreto de modo parejo por delante del enrasador. Durante las operaciones iniciales de acabados, se debe trabajar las superficies lo menos que sea posible.

La Supervisión tendrá en consideración los siguientes aspectos.

- Para remover puntos altos y bajos y para producir una superficie verdaderamente plana, debe utilizarse una regla para dos hombres o de mango largo. Después de completar el enrase con estas herramientas y mientras la superficie esté todavía suave, se debe verificar para corregir la alineación usando una regla o una plantilla. La Supervisión vigilará que se corrijan de inmediato las áreas altas y bajas, y se realice las operaciones de formación de bordes mientras el concreto está todavía en un estado bastante plástico.
- Se comience el pulido a mano o con máquina inmediatamente después que desaparezca el brillo en la superficie. Si la cantidad de agua o de lechada es excesiva, se debe eliminar antes de pulir nuevamente la superficie. Una larga manguera de jardín arrastrada a través de la superficie es una manera efectiva de quitar el exceso de agua superficial. No debe rosearse el cemento o una mezcla de cemento seco y arena sobre la superficie de concreto fresco. Sin embargo, las propiedades absorbentes del cemento seco colocado encima de la aspillera de yute que cubre la superficie, puede usarse ventajosamente en ciertas técnicas especiales para el acabado de piso endurecido. Antes del acabado se debe quitar cuidadosamente la aspillera para evitar la contaminación de la superficie.
- Se debe controlar todas las operaciones de acabado para evitar traer a la superficie un exceso de pasta. No debe realizarse ninguna operación de acabado mientras existe exceso de humedad o agua de exudación en la superficie.
- Después del enrase con la regla de mango largo, y antes de emparejar con regla metálica, se debe usar una regla de madera para quitar las pequeñas irregularidades que hayan quedado en la superficie y para empezar la densificación de la misma. El concreto está listo para su pulido cuando ha desaparecido cualquier brillo causado por el agua y cuando una persona que pise sobre la superficie deje una huella de aproximadamente 1/4"
- Se debe demorar el trabajo con regla metálica tanto como sea posible. El intervalo variará de acuerdo al cemento, el clima y otras condiciones. Se

estima que la superficie de concreto estará lista cuando alcance un estado tal que no se le pueda hacer ninguna marca con el dedo. Si la superficie se alisa con regla demasiado pronto, se forma una capa de lechada en la superficie. Si se alisa demasiado tarde, el concreto parcialmente endurecido está demasiado duro para ser trabajado o pulido efectivamente. Es responsabilidad de la Supervisión el vigilar que nada de lo no permitido ocurra.

8.2.1 AGRIETAMIENTO POR CONTRACCION PLASTICA

Las grietas que aparecen en la superficie de concreto sin encofrado inmediatamente después de la colocación (mientras que el concreto todavía es plástico) usualmente son causadas por evaporación excesiva debido a calor extremo y aire seco, y comúnmente se les denomina grietas por contracción plástica. Estas grietas son orientadas al azar sin conexión entre sí, ancha en la superficie pero solo moderadamente profunda. El rociado de neblina, las pantallas contra viento, los parasoles, el recubrimiento con hojas plásticas y otros procedimientos para inhibir la pérdida de humedad entre las operaciones de acabado, minimizarán el agrietamiento por contracción plástica en los trabajos planos colocados en condiciones desfavorables. A veces esta contracción plástica puede evitarse o remediarse trabajando a tiempo la superficie, realizando un enrase un poco más tardío de lo normal, seguido por un pulido ligeramente adelantado.

Las grietas formadas antes del pulido con frecuencia pueden desaparecer con la regla de madera. Si las grietas simplemente se emparejan por encima es muy probable que vuelvan a aparecer más tarde.

8.2.2 LLUVIA

Durante la lluvia se debe procurar un abrigo muy efectivo o bien discontinuar el trabajo hasta que la lluvia haya pasado. Hasta donde resulte práctico, se debe efectuar preparativos por adelantado para proteger el concreto de la lluvia cuando el trabajo deba continuar bajo tales condiciones. La lluvia que cae sobre el concreto

recién colocado puede erosionar la superficie del concreto fresco, diluir el concreto en, y cerca de la superficie, y dañar rápidamente el trabajo recién terminado.

8.3 ACABADO DE SUPERFICIES ENCOFRADAS

Los documentos de contrato deben establecer cual es el acabado que se requiere o que será permitido en la superficie. Estos acabados pueden variar entre aquel que consiste en simplemente reparar las imperfecciones hasta uno o varios acabados decorativos, tal como se indica en el ACI 303R.

Independientemente del método del acabado, la uniformidad en la textura de la superficie y el color es de importancia primordial para la buena apariencia.

La Supervisión deberá poner especial interés en los siguientes puntos:

- Reparar las imperfecciones tan pronto como sea posible para hacer que la reparación sea mas monolítica con el concreto de base. Para el momento en que los encofrados se quitan, el concreto habrá adquirido un considerable grado de dureza. Por lo tanto deben aplicarse tan pronto como sea posible muchas operaciones de acabado (distintas de las texturas proporcionadas por los encofrados).
- Los procedimientos de acabado usados en las superficies incluyen sopleteado con arena, cepillado y raspado. Si la superficie va a ser esmerilada, labrada o picada, retarde las operaciones hasta que el concreto haya ganado suficiente resistencia para evitar que se pierdan las partículas del agregado grueso.
- El acabado puede efectuarse en cualquier momento después que el concreto se ha curado suficientemente y que se haya detenido la contracción.
- En el momento en que se quitan los encofrados, se debe observar la condición de la superficie del concreto para determinar la necesidad de reparaciones y para planear las operaciones de acabado y reparación.

- Aplicar el mortero cuidadosamente con un badilejo de madera para hacer que el remiando pase inadvertido, no se debe usar herramientas metálicas porque con ellas se oscurece el remiando.
- Reparar de inmediato las áreas defectuosas por medio de métodos aprobados y no sólo por aplicaciones cosméticas que solo ocultan problemas más profundos.
- No permitir que los trabajos de reparación interfieran con la aplicación inmediata del curado húmedo continuo sobre las áreas adyacentes. Puesto que las operaciones tienden a estar en conflicto, este asunto requiere especial atención por parte del Supervisor. Durante todas las operaciones de la reparación, de los defectos y acabados de la superficie, no se debe permitir que ésta se seque o que las nuevas reparaciones dañen las operaciones de curado.

CAPITULO 7

SUPERVISION DEL CURADO Y DESENCOFRADO

ALCANCE

La Supervisión no termina con el vaciado del concreto; aún es necesario ver si el concreto está protegido contra daños y debidamente curado. La observación de las partes terminadas de la obra durante todo el período de construcción debe ser continua.

REMOCION Y APOYO DE ENCOFRADOS

2.1 TIEMPO DE DESENCOFRADO

El tiempo de desencofrado se basa en el efecto que causa sobre el concreto, se deberá retirar el encofrado cuando el concreto haya endurecido suficientemente para resistir las acciones de su propio peso, más las cargas vivas y muertas de la construcción y este retiro deberá ser efectuado sin golpes, además deberá respetar un programa elaborado de acuerdo con el tipo de estructura.

En ningún momento la carga de construcción debe exceder aquélla para la cual se diseñó el elemento. Algunas veces el calculista proporcionará las cargas de construcción, como en los edificios de varios niveles

La Supervisión recordará que las cargas de construcción pueden ser por lo menos tan grandes como las cargas vivas de diseño que, igualmente, a edades iniciales una estructura puede ser lo suficientemente fuerte como para soportar las cargas aplicadas, así como también puede reflejar lo suficiente como para causar daño permanente.

Los documentos contractuales normalmente contienen requerimientos para el tiempo de desencofrado basado en pruebas de cilindros vaciados en obra. Con respecto a los métodos de evaluación de resultados de estas pruebas y resistencias mínimas de los cilindros, se recomienda ver las recomendaciones detalladas para el desencofrado (y para apoyo y reapuntalamiento) en el ACI 301, ACI 306R, ACI 318 y ACI 347R.

La Supervisión tendrá en consideración los siguientes aspectos:

- Condiciones climáticas, curado y otras causas, las que pudieran haber afectado los procesos de fraguado y endurecimiento.
- Características, dimensiones, importancia, tipo y ubicación de los elementos estructurales.
- Cargas actuantes, incluidas las de construcción.
- Cuando se utilicen cilindros de prueba para determinar los tiempos de desencofrado, deben curarse de tal modo que el concreto correspondiente a los cilindros se encuentre bajo condiciones que no sean más favorables que las condiciones más desfavorables.
- Cuando las operaciones de desencofrado no son controladas por los documentos contractuales, La "Guía para el Diseño y Construcción de Encofrados" (ACI 347R), proporciona los tiempos mínimos que deben transcurrir antes del desencofrado, dependiendo del tipo de elemento de concreto.
- Si no se dispone de resultados de ensayos de resistencia en compresión, los siguientes plazos pueden tomarse como una guía para determinar el momento del desencofrado:

Descripción	Nº días
Encofrado laterales de vigas y columnas	1 a 3
Muros de contención con relleno	7
Encofrados en columnas y pilares	1 a 7
Encofrados en losas, dejando puntales de seguridad convenientemente distribuidos	7 a 14

Fondos de viga, viguetas, dejando puntales de seguridad convenientemente distribuidos.	14
Remoción de todos los puntales de seguridad de losas, vigas, viguetas y arcos.	21

Los plazos indicados se cuentan desde el momento que la última porción de concreto fue colocada en el elemento estructural considerado. El número de días aumentará cuando el aire en contacto con el concreto haya descendido por debajo de los 10°C.



El retiro temprano de los encofrados tiene una doble finalidad:

- Iniciar sin demora el proceso de curado
- Efectuar cualquier reparación a la superficie del concreto mientras éste está poco endurecido.

Cuando no se requiere protección, los encofrados que no soportan (muros, columnas y pórticos laterales, por ejemplo) pueden desencofrarse tan pronto como sea posible sin que se dañen las superficies y bordes del concreto. En clima cálido, y seco, especialmente, es preferible retirar los encofrados y empezar el curado tan pronto como sea posible. Mientras que los encofrados permanecen en su lugar, consérvense mojadas las porciones expuestas del concreto. También en clima cálido y seco consérvense mojados los encofrados de madera.

7.2 EDIFICIOS DE VARIOS NIVELES

Un edificio de varios niveles presenta condiciones especiales para la eliminación de encofrados y puntales.

El apuntalamiento que soporta concreto fresco está necesariamente apoyado en pisos inferiores., que pueden no haber sido diseñados para estas cargas. En tal caso, los pisos inferiores deben también apuntalarse para ayudar a soportar la carga de los puntales de arriba. El apuntalamiento debe prepararse para un número suficiente de pisos con el fin de soportar las cargas impuestas sin que haya deflexión o esfuerzo excesivo. El ACI 347R proporciona información detallada sobre el diseño de encofrados y puntales económicos para el soporte del concreto.

En una construcción de varios niveles, el ingeniero estructural debe diseñar todos los puntales y los otros apoyos. Fallas recientes indican que las prácticas de ingeniería basadas sobre los reapuntalamientos no han sido suficientemente adecuadas. El Supervisor deberá estar seguro de que los reapuntalamientos se extienden a través de un número suficiente de pisos inferiores.

El reapuntalamiento es una de las operaciones más importantes en las construcciones de muchos pisos. Se debe reapuntalar de tal modo que en ningún momento se requieran grandes áreas de construcción nueva para soportar la combinación de cargas muertas y de construcción, mayor que la capacidad diseñada. Las operaciones de remoción deben llevar una secuencia, de tal modo que la estructura apoyada no esté sujeta a impacto o a excentricidades de carga.

Mientras que el reapuntalamiento avanza no deben permitirse cargas de construcción sobre la nueva construcción. En cada piso sucesivo colóquese los reapuntalamientos en la misma posición. Donde los puntales no queden directamente sobre reapuntalamientos, el Supervisor debe hacer un análisis para determinar si puede producirse un esfuerzo de flexión perjudicial en la losa inferior. La Norma ACI 347R proporciona una guía detallada para colocar reapuntalamientos. Es importante tener en cuenta estos detalles:

- Colóquese los reapuntalamientos tan pronto como sea posible, después de completar las operaciones de desencofrado, pero en ninguno de los casos después de haber terminado el día de trabajo. Colóquese los reapuntalamientos en la posición y tiempo aprobados por el ingeniero.
- No debe quitarse el reapuntalamiento hasta que el elemento de concreto apoyado haya obtenido suficiente resistencia para soportar todas las cargas.



PROTECCION CONTRA DAÑOS

Las operaciones de construcción pueden dañar el concreto ya colocado por sobrecarga o vibración. La vibración ocasional, si no es fuerte, generalmente no es perjudicial, pero no debe permitirse que impactos intensos puedan dañar el concreto fresco. Las cargas impuestas por el almacenamiento del material de construcción, el reapuntalamiento de pisos superiores y la operación del equipo de construcción son, en muchos casos las mas severas que se imponen a la estructura.

La Supervisión debe asegurarse que las cargas de almacenamiento sean espaciadas para evitar la sobrecarga en cualquier porción de la estructura. En áreas congestionadas donde estas cargas no pueden distribuirse puede ser necesario un reapuntalamiento adicional.

Cualquier daño causado al concreto durante el proceso de desencofrado, deberá ser reparado por cuenta del Contratista y a satisfacción de la supervisión.

CURADO

Una de las decisiones más importantes en el proceso de diseñar, producir y colocar concreto de calidad es la selección del método de curado. Un curado adecuado es crucial en este proceso, sin embargo las decisiones que se toman en el momento de seleccionar los productos de curado son frecuentemente incorrectas, llevando a malos resultados en el campo, provocando que la resistencia y la durabilidad no sean totalmente desarrolladas.

El método de curado elegido deberá asegurar lo siguiente:

- Que se creen las condiciones que permitan al concreto obtener la resistencia a la compresión elegida.
- Que se mantengan las condiciones de temperatura que garanticen la hidratación del cemento,
- Que se evite el agrietamiento de las estructuras que podrían originarse por la pérdida de humedad en el concreto durante el período establecido.
- Que proporcione protección necesaria contra el impacto, cargas, y otros daños mecánicos.

I.1 TIEMPO DE CURADO

El curado debe ser mantenido durante el tiempo necesario para lograr la hidratación del cemento y el endurecimiento del concreto en el rango de valores indicados en las Normas y/o especificaciones para lograr las propiedades requeridas por la estructura.

La Supervisión tendrá en consideración que:

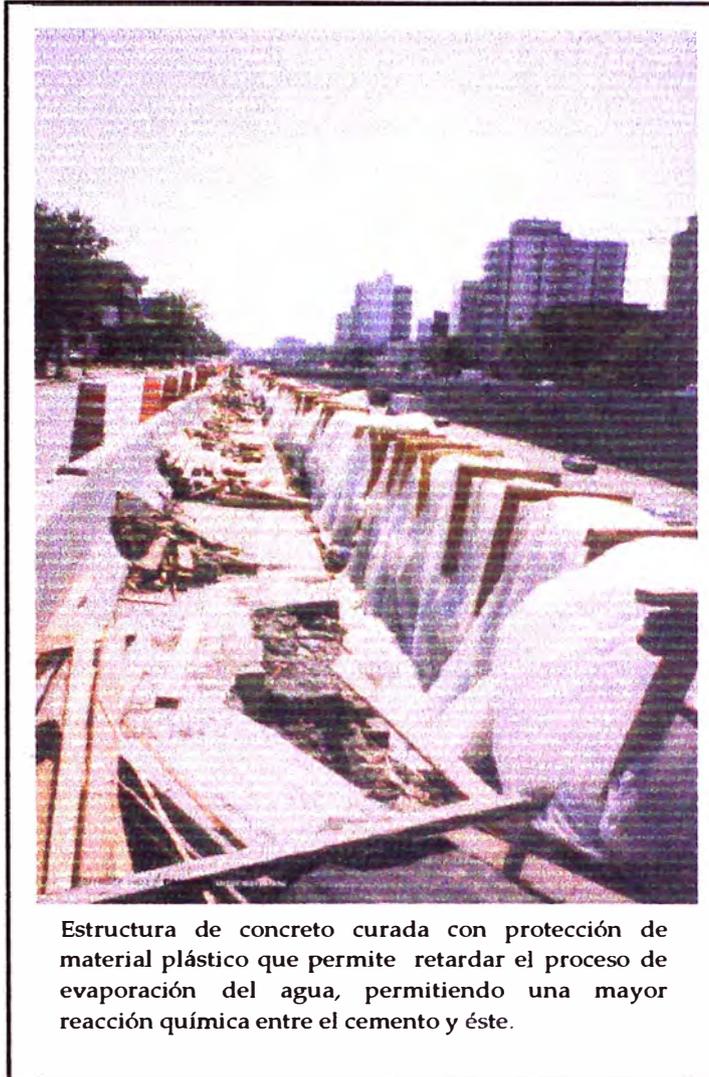
- La hidratación del cemento puede cesar debido a falta de humedad o condiciones desfavorables de temperatura en el concreto, pero puede reanudarse si desaparecen las mismas.

- Los concreto preparados con cementos Tipo I, II ó V , curados bajo condiciones atmosféricas normales, deberán mantenerse en condición húmeda sobre los 10C por lo menos 7 días después de colocados.
- Si la mínima dimensión lineal de la sección excede de 75cm; o si el tiempo es caluroso y seco; o si las estructuras o parte de ellas van estar en contacto con ambientes líquidos o suelos agresivos para el concreto, el período de curado se incrementará en 50%.
- Los concretos preparados con aditivos acelerantes tendrán un período de curado mínimo de 3 días
- Si se emplea cementos Tipos IP, IPM , el curado deberá mantenerse por lo menos los primeros 10 días.
- Los concretos preparados con cementos Pórtland y adición mineral, ya sean cenizas, escorias de alto horno o micro sílices, tendrán un período de curado no menor de 21 días.

4.2 CURADO CON AGUA

El agua sigue siendo el método más efectivo de curado. Cualquiera sea el método elegido de curado con agua, éste debe proporcionar una cubierta completa y continua de agua libre de componentes que puedan dañar la pasta de cemento.

El curado húmedo se realiza mediante el uso de agua rociada, corriente o encharcada, arena, aserrín, o cubiertas de material absorbente, continuamente saturadas.

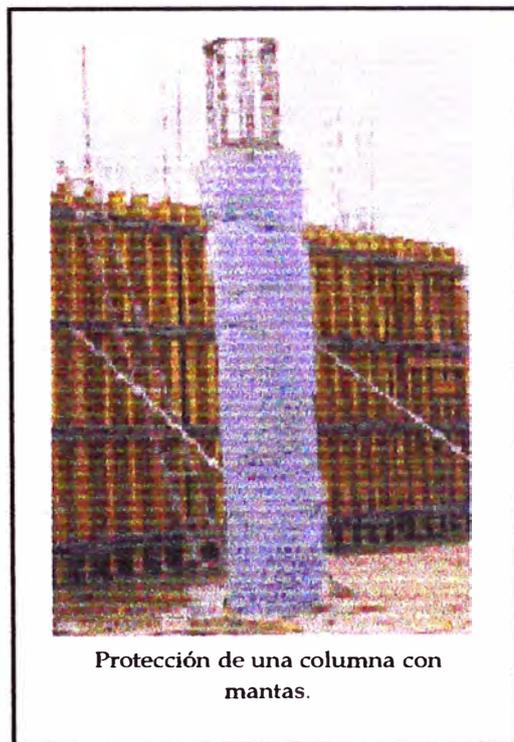


Se debe aplicar el agua en las superficies no encofradas tan pronto como se pueda sin que se dañe el acabado, y en las superficies encofradas inmediatamente después que los encofrados se han retirado. Donde la apariencia de la estructura terminada es importante, debe utilizarse agua limpia para el curado. Las manchas pueden ser ocasionadas por agua con un alto contenido de hierro, por tubos ferrosos utilizados para esparcir el agua de curado, o por otros agentes que ensucian el agua. Los tubos de plástico perforados o las mangueras de lona, son convenientes para la distribución del agua de curado.

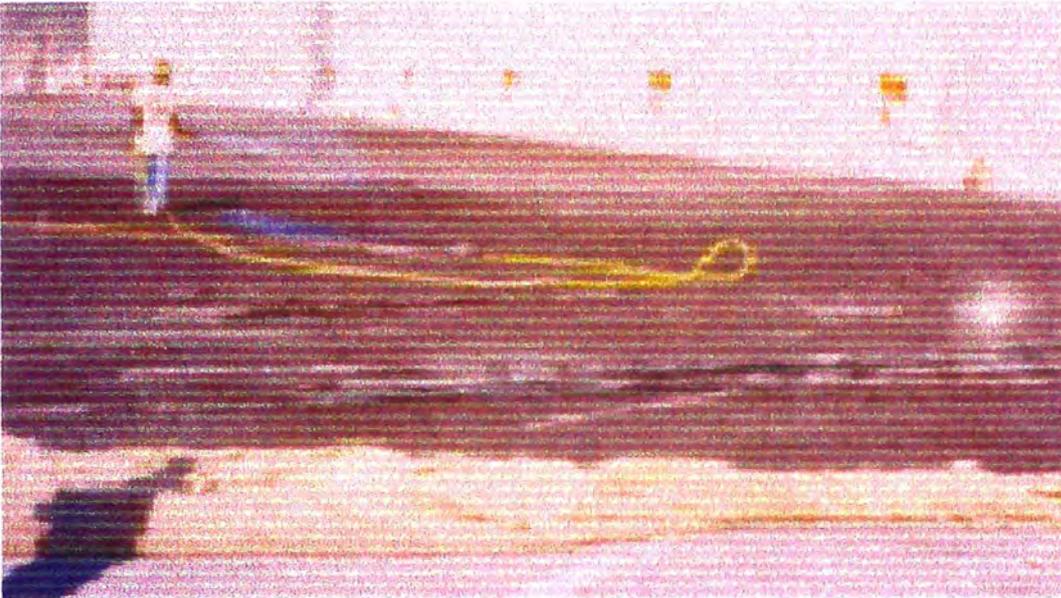
Los regadores de jardín son muy efectivos cuando no hay que preocuparse por el costo del agua. El rociado debe ser continuo y debe evitarse la intermitencia. El rocío con mangueras es útil en superficies verticales, aunque se debe evitar la erosión superficial.

Las cubiertas u otros materiales absorbentes se pueden aplicar sin dañar la superficie, casi inmediatamente después que el concreto está terminado. Estos materiales deben estar libres de sustancias que dañen y decoloren el hormigón, como azúcar o fertilizantes (se recomienda lavarlos antes de su uso, haciéndolos además más absorbentes). Debe considerarse que mientras más pesado el saco, más agua retendrá y será necesario mojarlo con menor frecuencia. Es conveniente colocar los sacos traslapados, proporcionando mejor retención de humedad y estabilidad contra el viento o lluvia. Deben tomarse medidas para evitar la putrefacción.

El concreto secará entonces más lentamente y estará menos sujeto a agrietamiento. Si se piensa utilizar agua rociada, utilice primero tela húmeda. Deje estas en su lugar y consérvelas mojadas hasta que no haya peligro de erosión de la superficie por el rocío del curado.

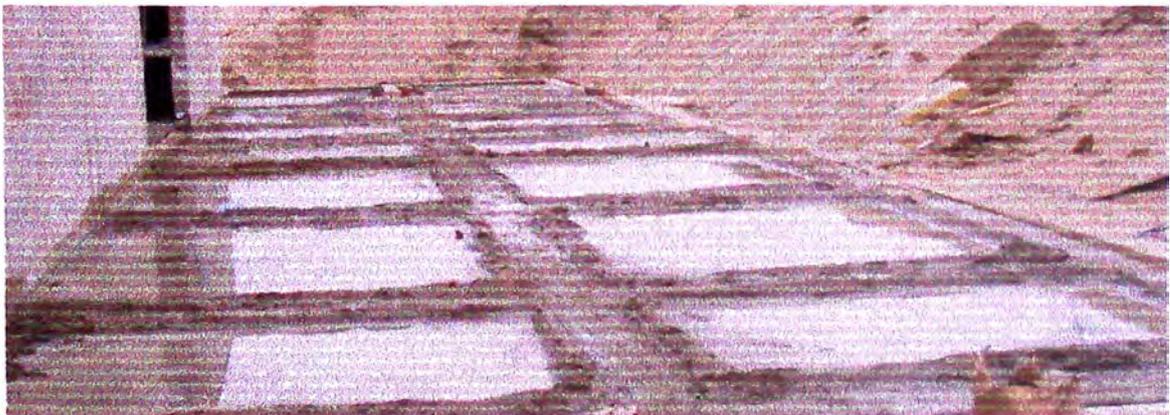


Protección de una columna con mantas.



Cobertura con telas absorbentes, membrana impermeable y riego.

Aunque prácticamente ya no se utilizan, la arena, el aserrín e incluso tierra húmeda se han usado con éxito en el curado de losas y pisos de obras pequeñas. Los materiales no deben contener cantidades peligrosas de materia orgánica u otra que pueda dañar el concreto.



Curado por inundación, también llamadas arroceras

4.3 MATERIALES SELLANTES

Los materiales sellantes son hojas o membranas colocadas sobre el hormigón que reducen la pérdida de agua por evaporación. Su uso tiene ventajas que los hacen preferibles en una gran cantidad de casos, siendo una de las principales el menor riesgo que el concreto se seque por un descuido en el mantenimiento de la humedad.

4.3.1 CURADO CON COMPUESTOS FORMADORES DE MEMBRANA

Los compuestos de curado que forman membrana que cumplen con la Norma ASTM C309, aplicados a la superficie del concreto retardan eficazmente la evaporación del agua de mezclado. Estos compuestos constituyen un medio eficaz de curado, particularmente si van precedidos por un curado húmedo. Los compuestos de curado de pigmento húmedo se utilizan comúnmente donde la apariencia futura no es importante. Los compuestos claros (utilizados en áreas donde la apariencia de los compuestos de curado blancos sería objetable durante el período que están fuera de la intemperie deben contener un tinte pasajero para asegurar un recubrimiento completo.

La Supervisión se asegurará que los compuestos se apliquen luego que el concreto ha exudado todo el exceso de agua y ha perdido el brillo superficial, pero antes de que la superficie este completamente seca, de lo contrario el compuesto curador puede penetrar el concreto y no se formara la película que retiene el agua. Los compuestos curadores están sujetos también a consideraciones de temperatura y a ciertas dosis de aplicación. Es siempre recomendable seguir las especificaciones que para estos efectos tiene cada fabricante.

Para el uso de estas membranas debe tenerse en cuenta los efectos que sus compuestos pueden causar sobre la superficie terminada. No utilice compuestos de curado sobre superficies que reciban concreto adicional, pintura o mosaico que requiera adherencia positiva, a menos que se haya demostrado claramente que la membrana puede eliminarse satisfactoriamente antes de que se haga la siguiente aplicación, o que la membrana puede servir como base para una posterior

aplicación, ya que estos productos están diseñados para que con el tiempo se rompan al ser expuestos a la luz ultravioleta (UV), tráfico y al ambiente.



La Supervisión debe verificar la uniformidad del recubrimiento, y que la cantidad de material utilizado cubra toda la superficie requerida. Antes de reanudar el trabajo sobre un área que ha sido tratada con un compuesto de curado, asegúrese de que el compuesto tiene la suficiente resistencia para soportar pisadas u otro tipo de tránsito. Las partes dañadas se deben resellar inmediatamente durante el período de curado.

Los encofrados de madera, mojados continuamente y los encofrados metálicos proporcionan cierta protección contra la pérdida de humedad. Las superficies superiores expuestas del concreto se deben conservar suficientemente mojadas para asegurar que el agua escurra al interior del encofrado previamente aflojado. Por otra parte, los encofrados se deben eliminar tan pronto como sea posible, de modo que el curado prescrito se pueda comenzar con la menor demora. Si se va a utilizar una membrana para el curado de superficies encofradas durante 24 horas o más, la superficie debe humedecerse con manguera durante varias horas, antes de aplicar el compuesto de curado. El mojado es importante, especialmente en las

mezclas ricas, ya que el concreto se seca parcialmente durante la autodesecación que acompaña la reacción entre cementos y agua.

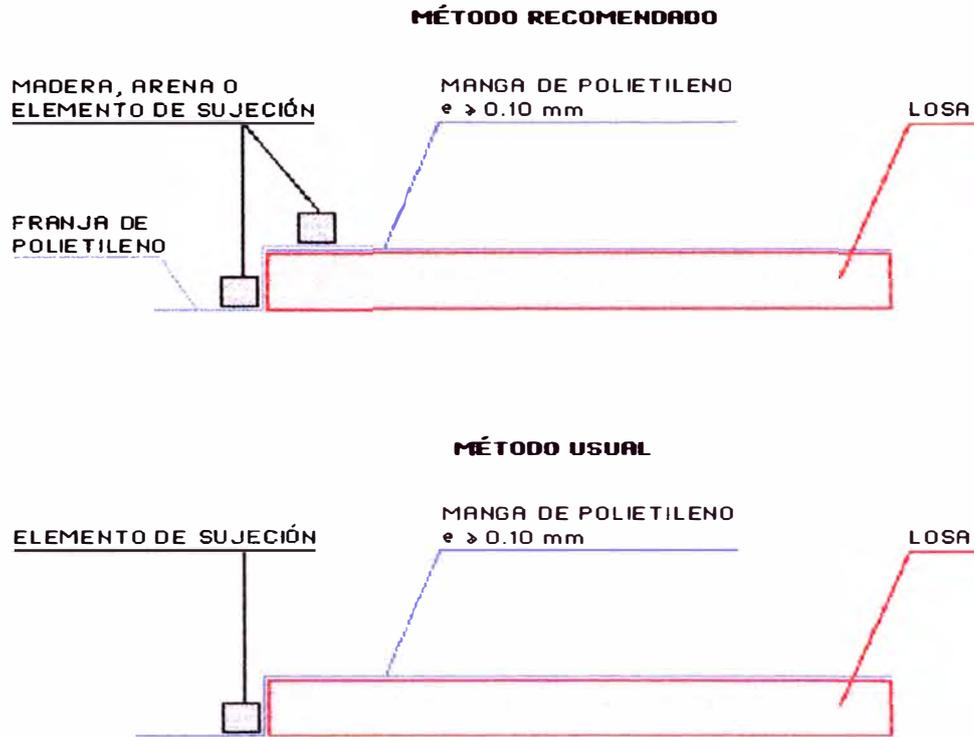
Se debe tener presente que por su funcionamiento los compuestos formadores de membrana evitan el intercambio de humedad con la intemperie.

4.3.2 LAMINAS IMPERMEABLES PARA CURADO

Una película de polietileno es un agente de curado para áreas planas si se mantiene adherida a la superficie del concreto. Además de retardar la evaporación del agua de mezclado del concreto, estas láminas tienden a proteger el concreto contra daños durante la construcción. El papel impermeable también se usa exitosamente. Las juntas entre hojas adyacentes se deben sellar herméticamente y proteger contra daños.

En climas soleados es recomendable el uso de películas que reflejen los rayos solares (blancas), mientras en climas fríos o espacios interiores son recomendables películas de color negro (deben evitarse en climas cálidos).

Ocasionalmente, inspeccione la superficie de concreto debajo de la hojas; si se observa que está seco, la superficie debe ser humedecida y, las aberturas, selladas nuevamente. Bajo ciertas condiciones la combinación de una película de plástico y una malla absorbente unidas, funciona con mayor eficiencia debido a que ayuda a retener y distribuir la humedad desprendida del concreto y condensada en la cubierta de curado.



En superficies planas, como losas, la película debe extenderse más allá de sus bordes una distancia de al menos el doble del espesor del elemento. El plástico debe ser colocado en forma plana y sin arrugas sobre la superficie, para minimizar la decoloración del hormigón (una buena práctica es colocar tiras de plástico a lo largo de los bordes verticales sobre la hoja superficial, asegurándolos con arena o madera, lo que permite quitar fácilmente la cubierta plástica luego del curado y evitando daños por rotura o dobleces. Las películas plásticas no se recomiendan cuando la apariencia del concreto es importante, ya que pueden manchar las superficies.

4.4 CURADO ACELERADO

La mayoría de los concretos premezclados y particularmente el presforzado, con excepción de los decorativos, se cura por procedimiento de curado acelerado. El curado acelerado se logra con el uso de vapor saturado o con calor seco, lo cual requiere que el elemento de concreto sea sellado para evitar la pérdida de agua de mezclado.

CONDICIONES ESPECIALES DE CURADO Y PROTECCION

Aunque los requerimientos de curado para el concreto vaciado en climas extremadamente fríos o cálidos, son los mismos que para temperaturas normales, las técnicas utilizadas para lograr los curados se vuelven muy difíciles. Las técnicas de curado y protección para ambos tipos de climas extremos se deben planear con mucha anticipación.

5.1 PROTECCION EN CLIMAS FRIOS

Siempre que, al momento de vaciado del concreto, el aire pueda alcanzar temperaturas de congelamiento o menores, se debe tomar medidas de protección como se indica en la recomendación ACI 306R. (Ver Anexo 4).

El ACI define el concreto en clima frío como cualquier periodo cuando, por más de tres (3) días consecutivos ocurren las siguientes condiciones:

- El promedio diario de temperatura del aire es menor de 4 C. El promedio diario de temperaturas más altas y bajas ocurridas en 24 horas.
- La temperatura del aire no es mayor de 10 C por mas de una mitad de cualquier periodo de 24 horas.

Las bajas temperaturas reducen la velocidad de desarrollo de resistencia. Si la helada ocurre antes de que el concreto pueda alcanzar un esfuerzo a compresión alrededor 35Kg/cm² la formación de hielo en los vacíos de concreto hace que el concreto sea menos estable.

Como se especifica en el ACI 301, ACI 306R y ACI 318, cuando se espera que las temperaturas medias del aire sean menores que 4 C, se debe proporcionar calentamiento artificial y protección del concreto o aislamiento.

Al final de período de protección se debe interrumpir el calentamiento artificial de tal modo que la caída de temperatura en cualquier punto del concreto sea gradual y no

exceda de 7°C en 24 horas para elementos de 72", o de 10°C en 24 horas para elementos de 12" de espesor o menores, de acuerdo al ACI 306R. Si se permite que la temperatura baje con demasiada rapidez, habrá contracción excesiva de la superficie que ocasionará agrietamiento.

Durante la protección se debe detener el curado húmedo para que el concreto no se sature cuando la protección contra el congelamiento se detenga. Se debe llevar un registro de las temperaturas del aire exterior, del recinto y de la superficie del concreto.

PROTECCION

El método preferido de protección a bajas temperaturas requiere aislamiento completo o "encerrar" el concreto fresco con calentadores en el recinto cuando sea necesario. En una construcción sobre el terreno a menudo es incómodo circundar la superficie superior del concreto, en estos casos una solución es cubrir el concreto con una película de polietileno y luego con colchas protectoras y aislamiento diseñados para este propósito. Existen colchas de calentamiento eléctrico disponibles. En los casos en que no sea práctico encerrar la parte superior es necesario preparar un registro parcial o un rompevientos para evitar que los vientos fríos congelen el concreto.

La temperatura del aire del recinto se puede conservar con vapor de baja presión o con calentadores de combustible o eléctricos. Se debe evitar el calor y el aire seco excesivos de los calentadores que soplan directamente sobre el concreto o puede ocurrir un secado rápido y la contracción.

Los calentadores de combustible deben ser adecuadamente ventilados o pueden causar una rápida carbonatación sobre la superficie del concreto, trayendo como consecuencia problemas posteriores de suciedad. Los problemas de secado y carbonatación durante el curado en clima frío se pueden evitar mediante la utilización de vapor saturado inyectado dentro del recinto. Es muy importante que el recinto sea relativamente hermético y que el vapor se conserve tan cerca del punto de saturación como sea posible.

Los compuestos de curado no se deben utilizar sobre superficies curadas con vapor. Durante el curado y la protección, la Supervisión debe cerciorarse que todas las superficies del concreto estén a la temperatura apropiada. No debe permitir calentamiento excesivo en un lado de una sección, dado que esto origina altos diferenciales de temperatura por encima de los 10 C entre los dos lados.

i.2 CURADO EN CLIMAS CALIDOS

La Supervisión debe revisar las recomendaciones del ACI 318 antes de vaciar el concreto en períodos de clima cálido. Un curado inapropiado durante los períodos de calor extremo puede causar una apariencia pobre y una baja resistencia de concreto originadas por la rápida y excesiva evaporación y el incremento de grietas por contracción plástica. El concreto colocado a temperaturas superiores a 21 C, experimentará mayores requerimientos de agua, posible endurecimiento prematuro, dificultades para conservar la humedad y una resistencia relativamente menor a edades posteriores.

En un clima extremadamente cálido y ventoso, si la rapidez de evaporación excede la recomendada por el ACI 305, es necesario preparar un rompevientos, rociadores, láminas de plástico u otra protección para evitar el excesivo secado de la superficie de concreto antes que ocurra el endurecimiento.

El curado se debe empezar tan temprano como sea posible, porque las demoras largas dan como resultado evaporación excesiva y agrietamiento. Deben evitarse los recubrimientos y los compuestos de curado de membrana de color oscuro porque incrementan la ya alta temperatura superficial debido a la absorción y la radiación de calor.

CAPITULO 8

CORRECCION DE DEFECTOS

INTRODUCCION

A pesar de la destreza y los esfuerzos para producir concreto sin fallas, puede requerirse alguna corrección de defectos, por ejemplo, los ocasionados cuando se retiran los encofrados. Además, pueden ser necesarias reparaciones en estructuras en servicio por causa de sobrecarga, un mal diseño, mano de obra deficiente, acción mecánica abrasiva, ataque químico, reacciones químicas inherentes a la mezcla, exposición a agentes descongelantes, corrosión de elementos metálicos embebidos, exposición a un medio ambiente desfavorable, incendios, ataques bacteriológicos. (Ref. 10)

En las recomendaciones del comité 546 del ACI, puede encontrarse buena información sobre reparaciones y mantenimiento del concreto. En el ACI 201.2R se presenta una discusión general de la evaluación de daños y la selección de un método de reparación.

Primero se debe investigar la extensión de la reparación necesaria y la calidad de la porción dañada para determinar si los costos de la restauración requerida se justifican. Se debe considerar la posibilidad de que alguna modificación a la estructura original tal como: un mayor apoyo, incremento de la sección o un drenaje mejor pudiera contribuir a una mejor capacidad de servicio al futuro.

La Supervisión deberá tener en consideración que:

- Para lograr alta calidad y resultados satisfactorios, solamente personal capacitado debe efectuar las reparaciones en el concreto.
- Se debe llevar a cabo todas las reparaciones mediante procedimientos que aseguren durabilidad a largo plazo.
- En estructuras importantes, primero se debe planear y demostrar los métodos de reparación, construyendo maquetas de paneles para su aprobación. Estos paneles ayudan al Supervisor a juzgar las reparaciones requeridas y los procedimientos que se aplicarán en la construcción.

Se harán reparaciones en el concreto recién endurecido tan pronto como surja la necesidad para tales reparaciones. Esto mejora mucho la compatibilidad de las reparaciones con el concreto original, ya que, mientras más fresco es el concreto de base, es más receptiva la superficie a la adherencia de las reparaciones. El curado simultáneo del concreto de base y las reparaciones ayuda a una mejor uniformidad del color. La mejor manera y la menos cara, de enfrentarse a las reparaciones es evitarlas por medio de encofrados herméticos, métodos de curado apropiados y compactación total por vibración amplia.

1 SUPERFICIES EXPUESTAS

El cuidado en la fabricación, montaje y remoción de los encofrados reduce mucho la necesidad de medidas correctivas. La Supervisión examinará cuidadosamente el encofrado en cuanto se refiere a la correcta aplicación de los elementos divisorios y las causas potenciales de superficies malogradas, tales como, materiales de revestimiento inservibles, juntas abiertas, grietas y deficiente mano de obra que puede ocasionar goteras, fugas y otros defectos.

La superficie de concreto expuesto puede sufrir deterioro por el descascaramiento de los bordes producidos por el uso descuidado de barretas al momento de remover los encofrados. Para evitar este tipo de daño se recomienda utilizar solamente cuñas no metálicas. La remoción descuidada de los puntales de los encofrados es otro factor que origina daños.

1.1 REPARACIONES SUPERFICIALES CON MORTERO

Las superficies expuestas de concreto simple se ven manchadas cuando puntos o áreas varían notablemente y que se apartan de la apariencia de las áreas superficiales circundantes. Debe tomarse en consideración si la reparación será menos visible y tendrá una apariencia mas agradable que la mancha original; desafortunadamente, en muchas reparaciones no sucede así.

La Supervisión tendrá en consideración los siguientes aspectos: (Ref.11)

- Los materiales para la reparación de manchas deben seleccionarse cuidadosamente y aplicarse con métodos apropiados que se han establecido antes de la construcción.
- En la reparación de manchas superficiales o áreas descascaradas, no se debe interferir con el curado del concreto original. Solamente, en un área que se pueda reparar convenientemente en un tiempo razonablemente corto, debe interrumpirse temporalmente el curado.
- Las reparaciones deben hacerse inmediatamente después que los encofrados se han removido.
- Se debe minimizar los parches oscuros, evitando mezclas ricas y herramientas de acabado metálicas y utilizando algo de cemento blanco en el material de reparación.
- Se deben ajustar las proporciones de cemento blanco y gris para igualar estrechamente el tono de color de las superficies circundantes, después que ambos se han curado durante un mes o más.

Las áreas mas difíciles de reparar satisfactoriamente son aquellas cuya superficie se ha descascarado o que han sufrido otros defectos que requieren reparaciones relativamente superficiales. El descascaramiento generalmente ocurre cuando los encofrados no se han aplicado un tratamiento para su acabado, o se han retirado mucho antes que el concreto haya alcanzado suficiente resistencia. Para evitar el descascaramiento se debe aplicar selladores y barniz al encofrado (un tratamiento que figura en las especificaciones en especial cuando se va ejecutar concreto caravista).

El material de reparación sobre superficies descascaradas es generalmente muy delgado; por lo tanto, es importante que la nueva superficie se proteja contra la congelación y se cure por humedad por un período de al menos 7 días, continuando con una aplicación de un compuesto de curado o membrana

impermeable. Para las reparaciones es esencial un curado adecuado debido a que la resistencia de adherencia se desarrolla con mucha mas lentitud que la resistencia a la compresión. Si el curado es insuficiente, el mortero sufrirá agrietamiento excesivo o puede descascararse.

2.1.1 ADHERENCIA DE REPARACIONES SUPERFICIALES.

Las operaciones de colocación manual de morteros o concretos raramente son satisfactorias para reparaciones superficiales, salvo que se tenga mucho cuidado. Si se van a aplicar métodos manuales, es conveniente untar el material de reparación con resinas epoxicas 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.

2 REMOCION DE MANCHAS

Las manchas sobre el concreto provienen de muchas fuentes incluyendo el agua de curado, el acero embebido, así como las manchas o marcas ya existentes en la cara del encofrado antes que el concreto sea vaciado. Por supuesto la prevención es mejor pero algunas manchas parecen inevitables.

El concreto que no ha sido curado adecuadamente o uniformemente puede ocasionar decoloración en el concreto, ya que el cemento que ha hidratado en gran medida, será generalmente mas claro. Así como también el mal uso de aditivos.

Es recomendable planear con cuidado el procedimiento de limpieza y no intentar eliminar las manchas hasta que éstas hayan sido identificadas. Se recomienda experimentar primero con las manchas localizadas en un área discreta. La remoción de las manchas puede cambiar la apariencia de la superficie, a menos que se tome precauciones.

El cambio mas leve en la superficie se logra con el fregado con soluciones fuertes de detergente, pero éstas son eficaces solo para manchas superficiales y se deben aplicar tan pronto como sea posible. Se recomienda ejecutar el fregado con

detergentes para remover grasas, aceites, asfalto y materiales similares, en lugar de solventes, ya que éstos profundizan las manchas en el concreto.

Por otro lado, la decoloración causada por aditivos de cloruro de calcio y algunos métodos de curado y acabado, pueden ser reducidas mediante el lavado repetido con agua caliente y cepillo.

Si la mancha persiste, se pueden utilizar productos químicos específicos de acuerdo con la naturaleza de la mancha. El tratamiento actúa disolviendo la mancha o decolorándola o cambiando la mancha en algo que no se ve. Estos productos se deben utilizar solo después de haberse familiarizado con ellos y después de experimentar sobre superficies discretas, ya que pueden cambiar las características de la superficie.

Si el fregado con detergente falla para eliminar la eflorescencia, se tratará con una aplicación de ácido muriático, teniendo en consideración el cambio de apariencia que resulta por la corrosión de la superficie del concreto. Intentando primero con soluciones débiles del ácido, menos del 5% por volumen, y no utilizando soluciones más fuertes que el 10%.

Los métodos mecánicos usuales para la remoción de manchas son: el sopleteado con arena, esmerilado, limpieza con vapor, cepillado y limpieza de herrumbre, pero no utilizar cepillos de alambre porque depositan partículas metálicas en la superficie, que más tarde provocan manchas de herrumbre.

El sopleteado ligero con arena es uno de los mejores métodos para eliminar las manchas en el concreto texturizado; sin embargo, puede ocurrir cierto desgaste de la superficie. El sopleteado con arena, aún en aplicaciones ligeras descubre los defectos escondidos debajo de la superficie. Si se selecciona este método, se procederá utilizándolo en todas las superficies expuestas para conservar uniformidad en la apariencia. Las precauciones necesarias para el sopleteado con arena se consideran también para el lijado con disco flexible. La frotación con saco puede reducir aceptablemente los contrastes irregulares de las manchas o los que quedan por la remoción incompleta de estas.

3 AGUJEROS CAUSADOS POR VARILLAS Y OTROS AGUJEROS PEQUEÑOS Y PROFUNDOS

Los agujeros formados por varillas, a menudo se dejan abiertos para imprimir un efecto arquitectónico a la superficie de concreto. Si este es el caso, tome precauciones para prevenir corrosión futura de los tirantes, recubriendo el extremo del tirante con un epóxico o insertando tapones especiales de plástico, plomo u otros materiales, de tal modo que los tapones queden embutidos. Coloque los tapones ajustadamente.

Si los documentos contractuales exigen que los agujeros de varillas y otros similares queden a ras, se recomienda utilizar un mortero compactado en seco. Experimentar la igualación del color utilizando algo de cemento blanco antes de la aplicación.

La consistencia del mortero debe ser tal que cuando se apriete una bola en la mano, ésta quede húmeda pero no sucia. Después de humedecer ligeramente la superficie interior o aplicar una capa de adherencia muy delgada, coloque el mortero en el agujero y apisónelo con un compactador de madera dura. Después que el agujero está relleno, déle acabado a la superficie con un bloque de madera porque las herramientas de acero oscurecen el relleno. Prosiga con un curado adecuado.

Para obtener mejores resultados, rellene los agujeros inmediatamente después que los encofrados se retiren, de tal modo que los rellenos se curen junto con el concreto. Nunca utilice mortero compactado en seco para reparaciones superficiales o donde no se pueda obtener una positiva restricción lateral.

3. CONCRETO ESTRUCTURAL

Se debe poner especial atención y cuidado en la reparaciones no superficiales de concreto estructural, especialmente si éstas afectan el comportamiento estructural futuro del elemento. Se debe hacer un análisis de ingeniería para asegurarse que el concreto reparado funcionará como se pensó.

Las causas usuales de reparaciones estructurales son:

- Colocación inadecuada de refuerzo.
- Concreto defectuoso.
- Agrietamiento por esfuerzo.
- Agrietamiento por contracción térmica y de secado.

Un entendimiento total de las posibles causas de las deficiencias en el concreto es esencial para efectuar una evaluación completa y programar reparaciones adecuadas. Si la causa de una deficiencia es entendida, es mucho más fácil seleccionar un sistema de reparación adecuado y, por ende, que la reparación sea exitosa y permanente en el tiempo.

Independientemente de la causa, es necesario establecer la magnitud del daño y determinar si la estructura tiene la calidad que permita hacer reparaciones duraderas. Es a partir de ésta información que se debe escoger el tipo y extensión de la reparación en función de las condiciones de la estructura y del criterio del ingeniero.

3.1 REEMPLAZO DEL CONCRETO

Este método consiste en la sustitución del concreto defectuoso por otro que tenga las proporciones y consistencia adecuadas para convertirse en una parte del concreto original.

Se debe utilizar este método si el concreto de una construcción nueva presenta huecos, o si el deterioro del concreto viejo se extiende más allá del refuerzo, o si los daños son demasiado extensos. Para obras nuevas la reparación debe hacerse inmediatamente después de retirados los encofrados.

3.1.1 PREPARACION DE REPARACION

Es recomendable hacer cortes con sierra alrededor del área que se va a reparar. Los cortes deben hacerse con una ligera inclinación, de manera que el área sea un poco mayor en la base a fin de favorecer una acción de cuña.

Se debe eliminar, empleando herramientas manuales o mecánicas de mano, todo el concreto deteriorado o defectuoso; posteriormente se debe limpiar la superficie del concreto, de preferencia empleando arena húmeda lanzada.

La superficie de adherencia debe humedecerse previamente y estar seca al momento de efectuar la reparación. La superficie ya seca debe cubrirse cuidadosamente con una capa de mortero de aproximadamente 3 mm, o con un agente adhesivo adecuado. La reparación propiamente dicha debe efectuarse de inmediato.

3.1.2 MATERIALES DE REPARACION

Planee las proporciones y la colocación del concreto de reparación para asegurar la adherencia máxima con el concreto original y minimizar la contracción por secado de las reparaciones. En un trabajo nuevo, la reparación temprana ayuda a lograr estos objetivos.

Para asegurar contracción mínima, mezclar el concreto de reparación con un contenido de agua y un asentamiento bajos y permitir que transcurran de 30 a 60 minutos antes de usarlo. Si es posible, utilice concreto de reparación con los mismos materiales y diseño de mezcla que el concreto original. Si las reparaciones

van a quedar expuestas permanentemente, tome precauciones sobre textura y color, como ya se describió.

3.1.3 ENCOFRADOS PARA REPARACIONES

Los encofrados para reposiciones de concreto, deben ser herméticos en sus perímetros y juntas, fuertes y bien asegurados en su posición para que no pueda filtrarse el mortero. Para proporcionar acceso máximo para la colocación y vibración del concreto en aplicaciones de más de 46 cm de altura, se recomienda instalar "chimeneas" a todo lo ancho en la parte superior para asegurar el llenado hasta el tope de la abertura.

3.1.4 PREPARACION DE LAS SUPERFICIE DE REPARACION

Una de las etapas más importantes en la reparación o rehabilitación de una estructura de concreto es la preparación de la superficie a ser reparada. La preparación de la reparación involucra algunas etapas que deben ser consideradas después de la remoción del concreto deteriorado. La reparación deberá ser tan buena como la preparación de la superficie, independientemente de la naturaleza, complicaciones, o costo del material reparado.

Asegure la adherencia del concreto nuevo al concreto original en todas las reparaciones con la limpieza total del concreto original. Uno de los mejores métodos de limpieza es el sopleteado con arena, Independientemente del método aplicado, elimine toda la arena suelta, los residuos de concreto y otros finos de la cavidad.

Humedezca la superficie del concreto original (no empapar) y luego aplique una capa adherente de mortero de cemento Pórtland. Utilice una mezcla de una parte de cemento con una parte de arena fina que pase la malla N° 30, y agua suficiente para lograr una consistencia de crema espesa.

Restregue la capa adherente dentro de la superficie del concreto original. Algunas veces se utiliza una capa adherente de cemento puro. No permita nunca que la

capa adherente fragüe antes de colocar el concreto nuevo. Existen adherentes químicos, como el látex y las resinas epóxicas, que con frecuencia se utilizan en reparaciones especiales. Debidamente utilizados, conforme a las recomendaciones del fabricante, estos materiales formulados pueden ayudar a obtener la adherencia bajo condiciones difíciles, particularmente en reparaciones delgadas.

No utilizar capas adherentes de resina epóxica en superficies grandes expuestas a climas severos donde la migración de humedad hacia la superficie puede ser bloqueada por barrera epóxica impermeable. El agua bloqueada puede congelarse y romper la reparación. Nunca permita que los productos químicos fragüen antes de aplicar el concreto de reparación.

Para el concreto armado, la reparación incluirá una adecuada preparación del acero de refuerzo a fin de desarrollar una adherencia con el concreto de reemplazo y garantizar el comportamiento deseado en la estructura.

Todas las superficies expuestas del refuerzo deben estar completamente limpias de mortero suelto, óxido, aceite, y otros contaminantes. El grado de limpieza requerido dependerá del procedimiento de reparación y del material seleccionado. En áreas limitadas, se acepta el uso de cepillos metálicos o de alambre o de otros métodos manuales. En general, se prefiere el método de chorro de arena.

4. REPARACIONES ESTRUCTURALES CON RESINA EPOXICA

De la gran variedad de resinas epoxicas disponibles, utilice solo aquellas que se han formulado específicamente para reparaciones de concreto. Normalmente, estas son resinas epoxicas sin disolventes o con líquidos no reactivos, 100% sólidas y que constan de 2 componentes.

Los materiales de resina epóxica se distribuyen en diferentes grados, que varían desde materiales aglomerantes no modificados con baja viscosidad hasta diversos grados de lechada. La lechada varía desde fluidos de alta viscosidad hasta pastas y geles aplicables con espátula, obtenidos con la adición de espesadores o finos minerales de relleno. En la selección de materiales de resina epóxica para

reparaciones, el Supervisor debe regirse por los requerimientos de los documentos contractuales, en ausencia de estos consúltese al proyectista en lo que se refiere a requerimientos e instrucciones. Para cubrir los diversos tipos de resina epóxica utilizados para la adherencia del concreto se ha elaborado la Norma ASTM C 881. La información de esta tesis es solo información básica y guía adicional.

En ocasiones, materiales diferentes a las resinas epóxicas, especialmente látex y poliéster, se utilizan también como adherentes o aditivos para incrementar la resistencia a la flexión y la elongación de los morteros de cemento Pórtland para reparaciones.

Una guía detallada para el uso de materiales de resina epóxica en construcciones de concreto, incluyendo el trabajo de reparación, está disponible en la guía preparada por el Comité 503 del ACI y por cuatro Normas ACI (ACI 503.1; 503.2; 503.3 y 503.4).

4.1 SENSIBILIDAD A LA HUMEDAD

Las primeras resinas epóxicas eran sensibles a la humedad durante el curado y, en menor extensión, después del endurecimiento; muchos productos disponibles en la actualidad todavía lo son. Muchos de estos materiales son buenos productos pero su uso debe restringirse a localidades donde no estén sujetos a humedad antes del curado o por largos períodos después del curado.

Las resinas epóxicas ahora disponibles, que son insensibles a la humedad, puede utilizarse en aplicaciones donde es difícil secar completamente el concreto de base, en concretos de adherencia con cemento Pórtland fresco y en localidades que estarán en servicio bajo el agua.

Las resinas epóxicas se adhieren a la mayoría de los materiales de construcción. Productos especiales que se adhieren al PVC y al neopreno pueden utilizarse en reparaciones de concreto relacionadas con tapones de fugas de agua. Sin embargo, la resina epóxica no se adhiere a materiales tales como polietileno, teflón,

y superficies engrasadas o enceradas. El polietileno y el papel muy encerado se utilizan como revestimiento de encofrados en reparaciones con resina epóxica.

La resina epóxica endurecida tiene un coeficiente térmico de expansión mucho mas alto que el concreto. A menos que se compensen, todas las reparaciones epóxicas tienden a agrietarse y a perder adherencia bajo los ciclos de expansión-contracción producidos por los cambios de temperatura. Sin embargo, las capas adherentes de resina epóxica no son un problema, debido al delgado espesor de la capa (esta es una razón para conservar delgada la capa adherente). Para morteros y concreto epóxicos, utilice siempre resinas epóxicas de alta sensibilidad, lo cual permite que el material se alargue y libere esfuerzo diferencial en capas gruesas. Cuando se agregan finos de relleno a las resinas epóxicas y se utilizan agregados en morteros y concretos, el efecto de "dilución" produce un coeficiente de expansión mas bajo en el material mezclado total y proporciona un relieve considerable.

Las resinas epóxicas se curan casi sin contracción. La baja contracción es una ventaja en los trabajos de reparación, pero pueden presentarse problemas en reparaciones efectuadas en concretos recién endurecidos, que aun no ha alcanzado unas condiciones estables de volumen. El uso de resinas epoxicas extensibles permite que el esfuerzo diferencial se libere.

4.2 LIMITACIONES DE TEMPERATURA

Pocas resinas epoxicas se curan satisfactoriamente a temperaturas inferiores a 10C, y casi ninguna debajo de 4 C. Se recomienda no intentar reparaciones con resina epóxica a temperaturas inferiores a 10 C, hasta que se haya efectuado un aplicación de prueba con los materiales propuestos a la temperatura esperada, y testigos de prueba que indiquen que se ha obtenido la resistencia deseada.

Evite altas temperaturas, generalmente las que sobrepasan los 30 C porque una temperatura elevada incrementa la rapidez de endurecimiento y dificulta la mezcla, el vaciado y el acabado del material de resina epóxica antes de que endurezca.

4.3 SEGURIDAD DURANTE LAS OPERACIONES DE REPARACION CON RESINA EPOXICA.

Se recomienda los siguientes aspectos:

- Ventilar las áreas interiores de reparación, de no hacerlo existen peligros de incendio y explosión originados por los solventes que se utilizan en la limpieza.
- Evitar el contacto de la resina epóxica o los solventes con la piel, o en todo caso aplicar cremas protectoras en áreas expuestas de la piel y luego eliminar inmediatamente el epóxico de la piel, lavando con agua y jabón, pero nunca utilizando solventes.
- Utilizar ropa de protección, incluyendo guantes y lentes de protección.

5. REPARACION CON MORTERO Y CONCRETO DE RESINA EPOXICA.

Los morteros y concretos mezclados en la obra con sólo resina epóxica y agregados, utilizan agregados finos para el mortero, y agregados finos y gruesos para el concreto. Estos morteros y concretos constituyen excelentes materiales de reparación, pero su costo necesita justificarse para las reparaciones que no sean en áreas pequeñas y las que se realicen en áreas sujetas a severas condiciones de servicio, tales como cavitación, desgaste abundante, cargas concentradas excesivas, ataque químico y condiciones similares.

Normalmente, el mortero epóxico se utiliza para reparaciones menores que 1.5" ó 2" de profundidad, y el concreto epóxico para reparaciones mas profundas.

5.1 MATERIALES

Se recomienda utilizar aglomerantes de resina epóxica especialmente formulados para el uso requerido, normalmente los materiales mas extensibles. Igualmente se recomienda utilizar agregados limpios, duros y densos, de forma cúbica o

redondeada y completamente secos. Los agregados gruesos mayores que 3/4" raramente se utilizan.

Para morteros epóxicos se recomienda utilizar los tamaños mas gruesos de agregados finos para las reparaciones mas profundas, y los tamaños menores para reparaciones superficiales; sin embargo, el material que pasa la malla N° 16 es el mas grueso que se debe utilizar si se requiere un biselado nítido del mortero.

La proporción de los morteros con resina epóxica normalmente es de una parte de resina epóxica por 4 a 7 partes de agregado por peso. La proporción de los concretos con resina epóxica normalmente es de 1 parte de resina epóxica por 6 a 10 partes de agregados por peso. Se recomienda utilizar la máxima cantidad de agregados que resulte práctica, pero nunca mas de la que pueda ser completamente mojada por la resina epóxica y que tenga todos los huecos llenos cuando la mezcla se haya compactado.

5.2 PREPARACION DE LA SUPERFICIE

En general, se recomienda preparar la superficie siguiendo los requerimientos previamente discutidos para otras reparaciones estructurales. Se debe marcar el contorno del área de reparación con un corte de sierra de 1/2" de profundidad para morteros, y de 1" a 2" para concretos.

Si es práctico, se recomienda que la superficie de concreto de base esté totalmente seca, a fin de evitar el empleo de una resina epóxica tolerante a la humedad. Tubos de aire comprimido utilizado para limpiar y secar la superficie se deben equipar con separadores adecuados de agua y aceite. Si es posible, el concreto de base y el aire ambiental deben estar a temperaturas moderadas 15 C a 27 C, antes de colocar el material de resina epóxica y durante el curado.

5.3 PREPARACION, MEZCLADO Y MANEJO

Se debe condicionar el agregado secado en horno y la resina epóxica a una temperatura entre 15 C a 30 C antes del mezclado. Se recomienda mezclar la resina epóxica separadamente antes de adicionar el agregado, asegurándose de

agregar el componente de curado al componente epóxico según el orden del formulador, porque si se hace en orden inverso puede haber dificultades.

El mezclado debe combinar totalmente todos los componentes y hacerse a baja velocidad para evitar que queden atrapadas burbujas de aire. Luego se debe transferir la resina epóxica mezclada con mezcladoras o recipientes mayores y añadir el agregado. La mezcla resina-agregado se puede hacer a mano en una charola grande o caja de mortero o una mezcladora mecánica, pero son preferibles las mezcladoras horizontales de mortero, tipo cañón.

Para concretos epóxicos, se recomienda añadir primero todo el agregado grueso al aglomerante epóxico para obtener mejor dispersión. Continuar con el mezclado hasta que todas las partículas de agregado estén completamente cubiertas. Vaciar el lote tan pronto como la mezcla esté completa y depositarla sobre el área de reparación para minimizar la acumulación progresiva de la temperatura.

5.4 VACIADO Y ACABADO

Inmediatamente antes de vaciar el mortero o concreto con resina epóxica, cubrir la superficie de concreto de base con una delgada capa de aglomerante de resina epóxica frotada dentro de la superficie. Evitar charcos de material líquido. Retrasar el vaciado de mortero o del concreto hasta que la capa adherente se vuelva ligeramente pegajosa, pero el vaciado se debe completar antes que la capa adherente endurezca. Si ésta se endurece, escoriar ligeramente la superficie y luego aplicar otra capa adherente.

Colocar el mortero o concreto de resina epóxica en capas de 2" de espesor o menos, con una ligera demora entre capas. Si ocurre acumulación excesiva de calor, alargue la demora. Consolide el material con compactador manual para eliminar todos los huecos. Pula y termine la superficie al igual que en los otros morteros y concretos. Para obtener éste utilice badilejo de madera y cuchara de acero. Si el material se pega en la cuchara, envuélvala con polietileno o utilice cuchara de plástico especial.

Donde las reparaciones deben armonizar con el concreto circundante, la superficie lustrosa se puede eliminar con un lijado ligero o sopleteado de arena. Existen disponibles algunos colores en resina epóxicas y se puede seleccionar alguno para que armonice con el concreto circundante. Para lograr igualar un color sobre superficies desencofradas, se puede rosear ligeramente cemento Pórtland sobre la superficie antes del pulimiento final.

5.5 CURADO Y PROTECCION

Los morteros y concretos con resina epóxica se deben curar al menos durante 72 horas y a temperaturas entre 15 C a 27 C. Se deben proteger del agua, desgaste y cargas significativas al menos por 24 horas.

5.6 LIMPIEZA

Se debe limpiar el equipo inmediatamente antes de que endurezca la resina epóxica. El tolueno solvente se utiliza comúnmente para la limpieza. Los solventes de la familia de las acetonas también se pueden utilizar y son más rápidos, pero originan mayores problemas de seguridad, en forma de peligros para la salud como de peligros de explosión.

6. INYECCION DE LECHADA

La inyección de lechada es un método común para rellenar grietas, juntas abiertas, y vacíos interiores con una suspensión fluida de cemento hidráulico (lechada de cemento) u otros materiales como los epóxicos o lechadas químicas, las cuales se curarán en el lugar para producir el resultado esperado. Este método puede utilizarse para reforzar una estructura, para detener el movimiento del agua, o ambas cosas. Donde sea necesario, se deben tomar medidas de control de la calidad tales como testigos, para verificar que se haya alcanzado la penetración y la adherencia deseada.

6.1. TIPO DE LECHADA

6.1.1. LECHADA DE CEMENTO

Las lechadas de cemento y otras que contienen sólidos en suspensión pueden ser usadas solo donde el ancho de la abertura es el suficiente para aceptar las partículas sólidas.

Las lechadas de cemento hidráulico son excelentes para reintegrar y estabilizar estructuras agrietadas como revestimientos de túneles, o muros, donde reestabilizar la resistencia a la compresión y al corte es el principal objetivo.

6.1.2. LECHADAS QUIMICAS

Las lechadas químicas deben ser consideradas bajo dos categorías de acuerdo a si ellas deben endurecer en una condición rígida o en un gel flexible. Los epoxys y acrilatos son ejemplos del tipo rígido; y el poliuretano es un ejemplo del tipo gel.

Las lechadas químicas rígidas se adhieren muy bien a sustratos secos y algunas se adhieren a concreto húmedo. Estas lechadas pueden prevenir cualquier movimiento en una grieta y restablecer la resistencia de un miembro de concreto agrietado. Sin embargo, si los esfuerzos de tensión o corte exceden la capacidad del concreto después de la inyección de lechada, aparecerán nuevas grietas cerca de las grietas reparadas. Las lechadas rígidas penetran grietas mucho mas finas que 0.05 mm, la penetración dependerá de la viscosidad, presión de inyección, temperatura y tiempo de fraguado de la lechada.

El principal uso de las *lechadas químicas de tipo gel* es el de cerrar o reducir notablemente el movimiento del agua. Este tipo de lechada no reestablecerá la resistencia de una estructura, pero mantendrá la impermeabilidad de ésta a pesar de permitir un mínimo movimiento del agua a través de las grietas. La mayoría de este tipo de lechadas son soluciones en agua y por lo tanto se encogerán si se les permite secar, pero recobrarán su estado cuando sean nuevamente humedecidas.

6.2. REPARACION DE GRIETAS CON LECHADA

La reparación de concreto estructural mediante la inyección de lechada en grietas restaura casi por completo su capacidad estructural. Es posible aplicar una lechada en grietas tan pequeñas como las de 0.05 mm de ancho. La inyección de lechada debe ser cuidadosamente supervisada por un ingeniero estructural. Algunas grietas son síntoma de deterioro estructural básico y si se tratan con lechada pueden reaparecer como nuevas grietas. No aplicar lechada en las juntas diseñadas para movimiento.

Antes de hacer reparaciones de grietas en un concreto estructural, se debe identificar los requerimientos estructurales y sus efectos sobre las grietas. Generalmente, si existen los refuerzos longitudinales y los estribos requeridos y no están sujetos a humedad por filtración (y por lo tanto a corrosión) a través de las grietas, las reparaciones son simples adornos. Si no existe refuerzo y el agrietamiento fue originado por esfuerzos, considérese la reposición del elemento agrietado o la utilización de un refuerzo externo.

Si un agrietamiento estructural se va a reparar, se recomienda utilizar una lechada a presión con resina epóxica. Es mejor demorar la lechada hasta que la contracción por secado o los movimientos por temperatura se hayan estabilizado sustancialmente en una abertura máxima de grieta. Sin esta demora, la contracción y el movimiento por temperatura podrían producir una nueva grieta más o menos paralela a la original. La aplicación del epóxico inyectado a presión y las precauciones de seguridad deben cumplir con las recomendaciones del fabricante o del Contratista.

6.2.1. MATERIALES

Para aplicar la lechada en grietas angostas, utilice una lechada de baja viscosidad y una resina epóxica que pueda adherirse a una superficie húmeda, ya que generalmente es imposible eliminar la humedad de la grieta. No incluya solventes en su formulación, y no la adelgace después. Utilice una resina epóxica capaz de permanecer fluida durante un determinado límite de tiempo, y fórmulela para que pueda utilizarse en el rango de temperatura en el cual se va a aplicar. Las resinas

flexibles se consideran algunas veces mejores que otras resinas, especialmente si el elemento reparado fuera a estar sujeto a cambios de volumen y deformaciones que podrían no ser absorbidas por un material muy duro y quebradizo.

Las grietas relativamente anchas pueden ser llenadas por cuadrillas de construcción normales, utilizando lechadas de resina epóxica de moderada viscosidad. La resina epóxica utilizada debe tener una vida de envase relativamente larga para permitir que la lechada se pueda manejar convenientemente; es necesario un mínimo de 30 minutos.

Las grietas finas y extremadamente finas, debajo de 0.002" (0.05 mm) de ancho, son llenadas por cuadrillas especiales entrenadas y aprobadas por el formulador de epóxico y la Supervisión, utilizando resina epóxica de baja viscosidad, especialmente formulada para ese trabajo. El llenado de grietas finas, especialmente las profundas, requiere presiones de inyección relativamente altas. Las resinas epóxicas de corta vida de embase se utilizan a menudo, parcialmente, para este trabajo porque ayudan a retener el material en las grietas.

6.2.2. EQUIPO

Llenar la grietas anchas utilizando embases de colado y pistolas de calafateo cuando el ancho de la grieta y la viscosidad del material permita el llenado completo de las grietas. En otros casos, inyectar el material mezclado en grietas anchas con embases de presión algo similares a un equipo de rociado de pintura, y con bombas hidráulicas que operan desde recipientes abiertos. Tal equipo requiere una resina epóxica premezclada con una vida de embase relativamente larga. Mezclar la resina epóxica como se describió antes para los morteros y concretos epóxicos.

Nunca utilizar estos métodos para grietas tan delgadas que el material no entre fácilmente; más bien, para grietas delgadas y finas utilizar equipo especial de inyección a presión. El mas comúnmente utilizado equipo de inyección para grietas finas en obras grandes, consiste en un equipo de bombeo que suministra los 2 componentes separados de resina epóxica a través de tubos separados, a un dispositivo de mezclado y dosificación continua localizado en la zona donde los 2

tubos se unen a la boquilla de inyección. No se requiere ningún otro equipo, este sistema es capaz de manejar resinas epóxicas que tienen una vida de embalse relativamente corta.

6.2.3. PREPARACION

Al preparar la inyección, retire la suciedad y todos los desechos de las grietas, tanto como sea posible, por medios mecánicos, lavado y sopleteado con aire comprimido, teniendo cuidado de no ocasionar daños posteriores. Sopletee las grietas para secarlas. Equipe todos los tubos de aire comprimido con separadores de aceite y agua. Para evitar que la lechada escurra hacia afuera antes de que haya coagulado, selle la grieta en la superficie aplicando con brocha una resina epóxica especial a lo largo de la grieta y dejando que endurezca. Si es necesario una presión alta de inyección, aumente la profundidad y el ancho de la grieta en la superficie y llénela con una resina epóxica para obtener un sello mas fuerte.

Se debe instalar puertas de entrada para la inyección; un método consiste en taladrar agujeros dentro de la grieta a través del sello de resina e insertar boquillas de tubo, válvulas de llanas u otros ajustadores especialmente fabricados que son adheridos y conservados en su lugar con resina epóxica sintética. Otro método consiste en omitir los ajustadores completamente y dejar simplemente un agujero en el sello.

6.2.4. INYECCION

Después que toda la resina epóxica utilizada para sellar las grietas y para adherir las puertas de entrada ha endurecido, mezcle e inyecte la lechada de resina epóxica, preferiblemente durante una hora del día (o de la noche) cuando el concreto esté mas frío y las grietas mas anchas. Sin embargo no exceda los límites de temperatura de la resina epóxica que utilice.

Si la grieta es vertical, empiece inyectando en la parte mas baja hasta que salga por la parte de arriba. Entonces, selle la puerta mas baja e inyecte en la siguiente puerta. Continúe de esta manera hasta terminar.

En las grietas horizontales proceda de un extremo de la grieta al otro extremo. Inyecte los elementos horizontales desde la parte inferior, si es posible.

La grieta se considera llena si la presión se sostiene. Si este no es el caso, la lechada estaría aun fluyendo dentro de la grieta no llena o con fugas. No aplicar una presión tan alta durante la inyección que el elemento se dañe por la acción hidráulica de la lechada fluida. Después que la resina se ha curado, eliminar todos los ajustadores, y luego esmerilar y reparar la superficie hasta donde sea necesario.

En ocasiones se puede utilizar el método de gravedad para la aplicación de lechada de resina epóxica en superficies horizontales como pisos y plataformas. Una resina epóxica de muy baja viscosidad puede penetrar dentro de la grieta por gravedad. Si la grieta penetra en toda la profundidad de una losa, selle el lado inferior de la grieta para evitar que la lechada se salga. Corte los bordes superiores de las grietas, en forma de V, con una profundidad aproximada de 1/4"; sóplelas y límpielas con aire comprimido sin aceite o con aspiradora. Después mezcle la resina y vacíela dentro de la V.

Si se ha hecho un cálculo preliminar de la cantidad teórica de lechada requerida, y esta cantidad no se ha utilizado, hay razón para sospechar que la grieta no está llena o que es más angosta o superficial de lo que se esperaba. La única manera de saber que la lechada ha sido exitosa es extraer núcleos pequeños de la grieta.

CAPITULO 9

CASO ESPECIAL: CONCRETO **PREMEZCLADO** **(Norma ASTM C 94)**

1. RECOMENDACION

En el caso del concreto premezclado se seguirán, en lo que sea pertinente, las recomendaciones de la Norma ASTM C 94, las cuales se complementarán con lo que en este Capítulo se expone.

ALCANCE

Estas recomendaciones comprenden la fabricación y entrega de concreto premezclado, manufacturado y entregado a un comprador en estado fresco y no endurecido. Los requisitos de calidad del concreto deberán ser especificados por el comprador. En aquellos casos en los que los requisitos del comprador difieran de los de estas especificaciones, los de aquel deberán ser mandatorios. Estas especificaciones no cubren los aspectos relacionados con la colocación, compactación, curado y protección del concreto después de su entrega al comprador.

Para estas recomendaciones el comprador puede ser el contratista, subcontratista, abastecedor o productor, que vaya a emplear el concreto premezclado. El comprador puede estar representado.

2. CONDICIONES DE VENTA

El concreto premezclado se venderá en metros cúbicos de concreto recién mezclado y no endurecido, tal como es descargado del camión mezclador. Dicho volumen es determinado del peso total de la tanda entre el peso por unidad de volumen del concreto.

El peso total de la tanda se determinará ya sea por la suma de todos los materiales que intervienen en ésta o a partir del peso total neto de la tanda a ser entregada. El peso por unidad de volumen se determina de acuerdo a la Norma ASTM C 138 o NTP 339.046, empleando el promedio de no menos de tres mediciones.

Las muestras se tomarán, al momento de la descarga, de la parte central de cada uno de tres camiones diferentes, de acuerdo al procedimiento indicado en la Norma ASTM C 172 o NTP 339.036.

k. MATERIALES

- a. Si no se especifica un Tipo de cemento se utilizará el Tipo I de la Norma ASTM C 150 o NTP 339.009.
- b. El agua de mezclado y la de lavado del camión mezclador serán potables.
- c. Los agregados deberán cumplir con los requisitos de la Norma ASTM C 33 o NTP 339.043.
- d. Los aditivos en polvo se medirán en peso; los líquidos en volumen o peso. En ambos casos con una precisión del 3%.

l. ORDENES DE COMPRA

Si no existen limitaciones especiales en las especificaciones del Proyecto el Contratista indicará al Vendedor lo siguiente:

- a. La resistencia en compresión de diseño.
- b. El tamaño máximo nominal y el tamaño máximo del agregado grueso.
- c. El asentamiento al momento de la entrega.
- d. Cuando se especifica concreto con aire incorporado, el contenido de aire total, medido en el punto de descarga de la unidad de transporte.
- e. Cual de las opciones A, B o C deberá ser empleada como una base para

determinar las proporciones del concreto que permita lograr la calidad requerida.

En la Opción A, si el Contratista asume la responsabilidad del proporcionamiento de la mezcla, indicará al Vendedor lo siguiente:

- a. Los requisitos de resistencia en compresión determinada en muestras tomadas de la unidad de transporte en el punto de descarga y evaluadas de acuerdo a lo indicado en las recomendaciones sobre Control de Calidad. A menos que otra edad sea especificada se considerará 28 días como edad del concreto a ser ensayado.
- b. El comprador deberá considerar, al asumir los requerimientos, la trabajabilidad, facilidad de colocación, durabilidad, textura superficial, y densidad, además de la resistencia estructural.
- c. Conocidos los requerimientos del comprador, el vendedor deberá, antes de proceder a la entrega del concreto, proporcionar al comprador información sobre la cantidad de cemento y de agregados fino y grueso en condición de saturados superficialmente secos a ser empleados por unidad cúbica de concreto, así como la cantidad, tipo y marca de las adiciones y aditivos a ser empleados, y el contenido de agua por unidad cúbica de concreto para obtener el concreto solicitado por el comprador, garantizando que con los materiales y proporciones elegidos se obtendrá un concreto de la calidad solicitada.

En la Opción B, cuando el comprador asume la responsabilidad por el proporcionamiento de la mezcla de concreto, él deberá especificar lo siguiente:

- a. El contenido de cemento en bolsas o kilos por metro cúbico de concreto. El máximo contenido de agua permitido, en litros por metro cúbico de concreto, incluyendo la humedad superficial del agregado, pero excluyendo el agua de absorción. Si se va a requerir algún aditivo, el tipo, nombre y dosaje a ser empleado. El contenido de cemento no deberá ser disminuido cuando el

aditivo va a ser empleado en esta opción sin la aprobación escrita del comprador.

- b. Con los requerimientos del comprador, el vendedor deberá, antes de la preparación definitiva del concreto, entregar un documento al comprador indicando el origen, densidad, y granulometría del agregado; así como el peso seco del cemento y el peso saturado superficialmente seco de los agregados fino y grueso y la cantidad, tipo y marca del aditivo, y la cantidad de agua por metro cúbico que deberán ser empleados en la fabricación de cada clase de concreto ordenada por el comprador.

En la Opción C, cuando el comprador requiera que sea el fabricante quien asuma la responsabilidad de la selección de las proporciones de la mezcla de concreto con el mínimo contenido de cemento especificado, el comprador deberá especificar lo siguiente:

- a. La resistencia a la compresión requerida, determinada en muestras tomadas de la unidad de transporte en el punto de descarga y evaluadas de acuerdo a Norma. El comprador deberá especificar los requerimientos de resistencia en términos de los resultados de ensayos de muestras estándar curadas bajo condiciones estándar de laboratorio por medio de curado húmedo. A menos que lo contrario sea especificado la edad de ensayo será de 28 días.
- b. Contenido mínimo de cemento en sacos o kilos por metro. Si algún aditivo es requerido, el tipo, nombre, y dosaje a ser empleado. El contenido de cemento no debe ser reducido cuando un aditivo es empleado.

Si es requerida por el comprador, el fabricante deberá entregarle, antes de hacerlo con el concreto, información con el contenido de cemento y agregados fino y grueso; así como la cantidad, tipo y nombre del aditivo (si se ha empleado) y el agua por metro cúbico de concreto; todo ello para cada clase de concreto solicitada. Cual fuere la resistencia obtenida, la cantidad de cemento no deberá ser menor que la solicitada.

Las proporciones de las Opciones A, B, y C, para cada clase de concreto y aprobadas para su empleo en un proyecto deberán tener una identificación a fin de facilitar su identificación en cada clase de concreto utilizada en un proyecto.

El comprador deberá asegurarse que el fabricante le proporcione copias de todos los reportes de los ensayos efectuados en las muestras de concreto tomadas para determinar el cumplimiento de lo requerido por las especificaciones. Los reportes deberán incluir la fechas de tomas de muestras y de ensayo.

ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES

Si no existe una especificación que comprenda los requisitos para calidad de los materiales, las siguientes especificaciones podrán aplicarse:

El cemento deberá cumplir con las especificaciones ASTM C 150 o NTP 339.009; ASTM C 595 o NTP 400.020; ó ASTM C 1157 o NTP 334.084. El comprador deberá especificar el tipo o tipos requeridos. Si un Tipo determinado no es especificado, deberá aplicarse los requisitos del Tipo I indicados en la Norma ASTM C 150 o NTP 339.009.

Los agregados deberán cumplir con lo indicado en la especificación ASTM C 33 o NTP 400.037.

El agua de mezclado deberá ser limpia. Si contiene sustancias inusuales u objetables ella no deberá ser empleada a menos que los registros de servicio de concretos preparados indican que no son peligrosas para la calidad del concreto. Las aguas de calidad cuestionable deberán cumplir con lo indicado en la tabla 2 del ASTM C 94.

TABLA 2 - ASTM C94
CRITERIO DE ACEPTACION PARA USO DE AGUAS CUESTIONABLES

	Limites	Norma
Resistencia Compresión, min % a los 7 días	90 %	C 109
Desviación del tiempo de fraguado	De 1 a 1 ½ horas	C 191

El agua de lavado utilizada en la operación de limpieza de los camiones concretos puede ser empleada en el mezclado del concreto, siempre que cumplan con los límites indicados en la tabla 2 del ASTM C 94. El agua de lavado deberá ser ensayada con un intervalo de una vez por aproximadamente 4 semanas.

Las adiciones minerales cenizas de carbón o puzolanas naturales calcinadas deberán cumplir con lo indicado en la Norma ASTM C 618 o NTP 334.104. Las escorias de alto horno finamente granuladas deberán cumplir con lo indicado en la Norma ASTM C 989.

Los aditivos incorporadores de aire deberán cumplir con lo indicado en la Norma ASTM C 260 o NTP 334.089. Los aditivos químicos deberán cumplir con lo indicado en las Normas ASTM C 494 ó ASTM C 1017, en lo que sea aplicable.

TOLERANCIAS EN EL ASENTAMIENTO

Las tolerancias en el asentamiento serán de media pulgada para mezclas secas y de una para mezclas plásticas o fluidas. Dentro de este rango el concreto deberá poder utilizarse por un período de 30 minutos después de su arribo a la obra.

Si el Contratista no está preparado para descargar el concreto del camión mezclador cuando éste llega a la obra, el vendedor no será responsable de las

modificaciones en el asentamiento mínimo que puedan ocurrir después de 30 minutos de espera en obra.

CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO

Cuando se desea concretos con aire incorporado, el comprador deberá especificar el contenido de aire total del concreto. El contenido total de aire de los concretos con aire incorporado, cuando es muestreado de la unidad de transporte en el punto de descarga, deberá estar dentro de una tolerancia de ± 1.5 del valor especificado.

Si el contenido de aire está por debajo de dicho valor, el vendedor podrá emplear aditivo incorporador de aire adicional a fin de alcanzar el contenido de aire deseado, seguido por un mínimo de 30 revoluciones a la velocidad de mezclado, éste sin exceder la tolerancia mencionada.

PROPORCIONAMIENTO DE LOS MATERIALES

El cemento y las adiciones cementantes serán medidos en peso, con una tolerancia del 1% del peso requerido. Con aprobación del comprador el cemento podrá ser medido en sacos, no debiéndose emplear fracciones de saco a menos que sean pesadas. El cemento deberá ser medido antes que las adiciones minerales.

Para tandas pequeñas, con un mínimo de un metro cúbico, la cantidad de cemento y el valor acumulativo de cemento y adiciones no deberá ser en exceso mayor de más o menos 4% de la cantidad requerida.

Los agregados deberán ser medidos en peso. El peso de la tanda se referirá a material seco e incluirá el peso requerido de material seco más el peso de la humedad total contenida en el agregado. La tolerancia en el peso será del 2% cuando los agregados fino y grueso se pesan en forma independiente y del 1% si se pesan en forma acumulativa.

El agua de la mezcla será la sumatoria del agua añadida a la mezcladora, el agua de humedad superficial del agregado, hielo añadido, y el agua incorporada en forma de aditivos. El agua se medirá en peso o en volumen con una tolerancia del 1% del agua total requerida. El hielo se mide en peso.

En el caso de camiones mezcladores, cualquier agua de lavado retenida en el tambor para ser empleada en la tanda siguiente, deberá ser cuidadosamente medida; si ello es imposible el agua deberá ser totalmente descargada antes de la carga de la siguiente tanda. El agua total, incluyendo el agua de lavado, deberá ser medida por peso con un aproximación de más o menos 3% del volumen total especificado.

Los aditivos se miden en peso cuando están en polvo, y en peso o en volumen cuando están líquidos o en pasta. La tolerancia es de más o menos el 3%.

10. PLANTAS DOSIFICADORAS

Las plantas dosificadoras contarán con tolvas con compartimientos independientes para el agregado fino y cada tamaño requerido de agregado grueso. Estos compartimientos permitirán una descarga rápida, eficiente y libre, con un mínimo de segregación, en la tolva pesadora.

La tolva pesadora tendrá dispositivos de control que permitan únicamente el ingreso de la cantidad necesaria de material, debiendo permitir la descarga total y la eliminación de las acumulaciones de material. Todos los dispositivos de las plantas dosificadoras deberán ser fácilmente accesibles.

Los dispositivos indicadores del peso deberán ser visibles y de fácil lectura por el operador. Igualmente los controles han de ser fácilmente accesibles. Las balanzas tendrán una precisión dentro de más o menos el 0.2% de la capacidad total. La exactitud de las balanzas será comprobada, al 0,1% de la capacidad total de las

mismas, empleando pesas y procedimientos estandarizados. Todos los elementos expuestos se mantendrán limpios.

Las variaciones de presión en la línea de abastecimiento no deben afectar la medida del agua. El equipo de medición deberá estar adecuadamente calibrado.

11. EQUIPOS DE MEZCLADO

Las mezcladoras podrán ser mezcladores estacionarias o camiones mezcladores.

Las mezcladoras estacionarias deberán contar con dispositivos que impidan que sean descargadas antes de transcurrido el tiempo especificado. Tendrán una placa metálica que indique la velocidad de mezclado del tambor o las paletas, y la capacidad máxima del tambor en términos del volumen de concreto mezclado. Cuando son empleadas para mezclado completo del concreto, las mezcladoras estacionarias deberán ser equipadas con un dispositivo de medición de tiempo que no permita que la tanda sea descargada hasta que el tiempo de mezclado especificado haya transcurrido.

Los camiones mezcladores tendrán una placa que indique el volumen bruto del tambor; su capacidad en términos del volumen del concreto ya mezclado; y la máxima y mínima velocidad de rotación del tambor o las paletas. Cuando el concreto es mezclado en camiones mezcladores, el volumen de concreto mezclado no deberá exceder del 63% del volumen total del tambor o contenedor.

Cuando el proceso de mezclado del concreto se inicia en planta y se termina en tránsito, o el concreto es totalmente mezclado en el camión, el volumen de concreto mezclado no deberá exceder del 60% del volumen total del tambor. Si el concreto es totalmente mezclado en la planta, el volumen de concreto en el camión mezclador no deberá exceder del 80% del volumen total del tambor. Los camiones mezcladores contarán con dispositivos que permitan verificar el número de revoluciones del tambor.

Las mezcladoras estacionarias y camiones mezcladores combinarán los ingredientes del concreto en el tiempo y número de revoluciones para cumplir con los requisitos indicados en el Anexo a fin de obtener una masa uniforme y adecuadamente mezclada; e igualmente podrán descargar el concreto de manera que se cumplan cinco a seis de los requisitos indicados en el Anexo.

A fin de comprobar el grado de uniformidad del concreto pueden efectuarse ensayos de asentamiento de muestras individuales tomadas después de descargar aproximadamente el 15% y el 85% de la carga. Ambas muestras se toman en un lapso no mayor de 15 minutos. Si ambos asentamientos difieren en más de lo indicado en el Anexo, el mezclador no deberá ser empleado a menos que la condición sea corregida, o que un tiempo de mezclado mayor, una carga menor, o una secuencia de cargado más eficiente permitan cumplir con los requisitos indicados.

El empleo del equipo es permitido cuando operaciones con un largo tiempo de mezclado, una carga pequeña, o una secuencia de carga más eficiente, permitan cumplir con los requerimientos del Anexo.

Debe efectuarse inspecciones periódicas en las mezcladoras a fin de detectar cambios debidos a acumulación de concreto o mortero endurecidos, o desgaste en las paletas. Cuando tales cambios sean lo suficientemente importantes como para afectar el rendimiento de las mezcladoras, deberán efectuarse los ensayos descritos en el Anexo a fin de determinar si se requiere corrección de las deficiencias.

12. MEZCLADO Y ENTREGA

El concreto premezclado puede ser mezclado y entregado en el sitio indicado por el comprador, de acuerdo a una de las siguientes alternativas:

- Concreto mezclado en planta central.
- Concreto comenzado a mezclas en planta central y terminado de mezclar en

tránsito.

- Concreto mezclado en tránsito.

Los equipos de mezclado deberán ser operados dentro de los límites de capacidad y velocidad de rotación indicados por el fabricante del equipo.

El concreto mezclado en planta central y transportado al punto de entrega en un camión mezclador operando a la velocidad de agitado, deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a. El tiempo de mezclado se contará desde que todos los materiales sólidos estén en el tambor. Será de 90 segundos para capacidades menores de un metro cúbico. En mezcladoras de mayor capacidad se incrementará en 20 segundos por cada metro cúbico o fracción adicional.
- b. La tanda será cargada en la mezcladora de manera que parte del agua ingrese antes que el cemento y los agregados, debiendo toda el agua estar en el interior al finalizar el primer cuarto del ciclo especificado.
- c. En los ensayos de rendimiento de mezcladoras cargadas a su capacidad nominal, el tiempo de mezclado deberá comenzar a contarse desde el momento que todos los materiales sólidos están en el tambor.
- d. Las muestras de concreto de los ensayos de comparación deberán obtenerse inmediatamente después de los tiempos de mezclado arbitrariamente designados, de acuerdo a uno de los dos procedimientos siguientes:
 - La mezcladora deberá ser detenida y las muestras requeridas deberán ser tomadas de distancias aproximadamente iguales del fondo y frente del tambor, ó
 - Cuando la mezcladora está siendo descargada, las muestras deberán ser tomadas después que el 15% y el 85% de la mezcla ha sido

descargada. Las muestras deberán ser representativas de porciones separadas pero no de los extremos de la tanda.

- e. Las muestras de concreto deberán ser ensayadas de acuerdo a lo indicado en el Capítulo de Control de Calidad y las diferencias en los ensayos de las dos muestras no deberán exceder a los valores indicados en el Anexo. Los ensayos de rendimiento de la mezcladora deberán repetirse siempre que la apariencia del concreto o el contenido de agregado de las muestras seleccionadas indiquen que no se está realizando un mezclado adecuado.

El concreto cuyo mezclado se inicia en planta central y se completa en camión mezclador deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a. El tiempo parcial de mezclado deberá ser el mínimo necesario para entremezclar los ingredientes.
- b. El mezclado adicional, en camión, a la velocidad de mezclado elegida, deberá ser el necesario para obtener los requisitos de uniformidad del concreto indicados en el Anexo. Los giros adicionales del tambor mezclador, si los hay, deben ser realizados a la velocidad de agitado especificada.

Cuando el concreto es mezclado totalmente en el camión mezclador se requieren, generalmente, de 70 a 100 revoluciones a la velocidad de mezclado especificada por los fabricantes para producir la uniformidad indicada en el Anexo. Los ensayos de uniformidad deberán efectuarse de acuerdo a lo indicado.

Si los requisitos de uniformidad no se logran con 100 revoluciones de mezclado, la mezcladora no deberá ser empleada hasta corregir esta condición. Si se requiere revoluciones adicionales ellas deberán efectuarse a la velocidad de agitado.

Si se encuentra comportamiento satisfactorio en un camión mezclador, el comportamiento de los mezcladores del mismo diseño y condición de las paletas es permitido considerarlo como satisfactorio. Las revoluciones adicionales de la mezcladora, más allá del número encontrado que es necesario para producir la uniformidad requerida en el concreto, deberá hacerse a la velocidad de agitado.

3. CONTROL DE LA CALIDAD

En el control de la calidad del concreto se considerará lo siguiente:

- a. El concreto deberá ser descargado del mezclador a la velocidad de operación normal, teniéndose cuidado de no obstruir o retardar la descarga debido a abertura incompleta de válvulas o cierres.
- b. Deberá tomarse, de acuerdo a la Norma ASTM C 172, muestras después de descargar el 15% y el 85% del concreto, con un lapso no mayor de 15 minutos entre las dos tomas. Las muestras se mantendrán separadas, por representar puntos específicos de la tanda, no debiendo ser combinadas para formar una muestra compuesta.
- c. Durante la toma de muestra el recipiente recibirá la descarga total de la canaleta, debiendo evitarse la segregación del agregado grueso. Cada muestra deberá ser remezclada el tiempo mínimo requerido para asegurar uniformidad antes de moldear las probetas.
- d. Durante el muestreo, el recipiente deberá recibir la descarga total de la canaleta. Deberá haber suficiente personal para ejecutar el ensayo con prontitud. Deberá evitarse la segregación durante el ensayo y manejo. Cada muestra deberá ser remezclada el tiempo mínimo para asegurar uniformidad antes de moldear el espécimen para un ensayo determinado.

Cuando se utiliza camiones mezcladores para transportar el concreto que ha sido mezclado totalmente en planta central, el tambor debe girar a la velocidad de agitado recomendada por el fabricante.

Después de la introducción inicial del agua de mezclado en la tanda no deberá emplearse el agua procedente del sistema de abastecimiento del camión mezclador, excepto cuando la mezcla llega a la obra con un asentamiento menor al especificado. En este caso:

- a. Previa aprobación de la Supervisión, el agua adicional necesaria para lograr el asentamiento requerido, dentro de los límites establecidos en el Capítulo de Control de Calidad, deberá inyectarse en el tambor mezclador bajo una presión y dirección de flujo tales que permitan lograr los requisitos de uniformidad requerido en el Anexo.
- b. El tambor deberá girar unas 30 revoluciones, o más si es necesario, a la velocidad de mezclado hasta lograr que la uniformidad del concreto se encuentre dentro de los límites necesarios.
- c. La descarga del concreto deberá ser completada dentro de la primera hora y media, o antes que el tambor haya girado 300 revoluciones, la que se cumpla primero, después de introducir el agua al cemento y agregados, o de la introducción del cemento a los agregados.
- d. Las limitaciones indicadas no serán tomadas en cuenta si después de una hora y media, o del límite de 300 revoluciones, el concreto tiene un asentamiento que permite colocarlo sin adición de agua a la tanda.
- e. En climas cálidos, o en condiciones que contribuyen a una rápida rigidización del concreto, puede especificarse un tiempo menor de una hora y media.

TABLA 13	
TEMPERATURA MINIMA DEL CONCRETO AL SER COLOCADO	
TAMAÑO DE LA SECCION	TEMPERATURA
< 300 mm	131 C
300-900 mm	101 C
900-1800 mm	71 C
> 1800 mm	51 C

El concreto entregado en climas fríos deberá tener la temperatura mínima indicada en la siguiente Tabla, debiendo indicar el comprador al productor sobre el tipo de construcción en la que se desea emplear el concreto.

La máxima temperatura del concreto producido con agregados calentados, agua caliente, o ambos, no deberá exceder durante su tiempo de producción o transporte de 32C.

El productor deberá entregar el concreto premezclado, durante climas cálidos, con una temperatura del concreto tan baja como sea practicable, sujeta a la aprobación del comprador.

4. CERTIFICACION

El Vendedor deberá entregar al Contratista, antes de la descarga del concreto, una guía que indique:

- Identificación de la planta dosificadora; número del camión; nombre del contratista; nombre y ubicación de la obra.
- Clase, designación y volumen del concreto, de acuerdo a la especificación empleada en los planos y/o las especificaciones del Proyecto.
- Hora de cargado y/o inicio del mezclado del cemento y agregados; y cantidad de agua añadida.

El Contratista y/o la Supervisión podrán solicitar del fabricante información adicional para propósitos de certificación. Ella puede incluir:

- Tipo, marca y cantidad de cemento y aditivos.
- Información que permita calcular el total de agua añadida a la mezcla por el fabricante.

- Lectura del contador de revoluciones al iniciarse la adición de agua.
- Tamaño máximo nominal del agregado grueso y pesos secos de los agregados fino y grueso.
- Certificación que los ingredientes de la mezcla han sido previamente aprobados por la Supervisión.

15. TEMPERATURA Y CONDICIONES DE CLIMA

Cuando por razones de clima es necesario obtener determinada temperatura en el concreto, la de éste al ser mezclado no deberá variar en 2C sobre o bajo la temperatura promedio seleccionada o especificada.

Tanto en climas fríos como en cálidos se seguirán las recomendaciones usuales para los concretos mezclados en obra siguiéndose aquellas indicadas en estas recomendaciones.

16. INSPECCION DE LA PLANTA

El fabricante deberá dar a la Supervisión todas las facilidades de acceso a la planta, sin costos, a fin que pueda inspeccionar las facilidades de producción y obtener las muestras necesarias para determinar si el concreto está siendo producido de acuerdo con estas recomendaciones y las de la Norma ASTM C 94. Todos los ensayos e inspección deberán ser efectuados de manera que no interfieran con el proceso de producción.

17. PRECAUCIONES

En el caso del concreto premezclado, además de las mencionadas, se tendrá en consideración las siguientes precauciones:

- a. Los equipos medidores de agua de los camiones mezcladores deberán inyectar el agua profundamente en el tambor, a fin de lograr una distribución rápida y uniforme en la tanda.
- b. El agua de lavado retenida en el tambor de los camiones mezcladores deberá ser cuidadosamente medida. Si ello no es posible, el agua de lavado deberá ser descargada antes de incorporar una nueva tanda.
- c. Los dispositivos de medida deberán garantizar que el agua que ingresa a la mezcladora no sea afectada en su volumen por variaciones de presión en la línea de suministro.
- d. Los tanques de agua deberán contar con dispositivos que permitan comprobar rápidamente el volumen de agua que ellos contienen.

18. PRACTICAS, METODOS DE ENSAYO Y REPORTES

El concreto premezclado deberá ser ensayado de acuerdo con los siguientes métodos:

- a. Resistencia en compresión, de acuerdo a ASTM C 31.
- b. Rendimiento, de acuerdo a ASTM C 138.
- c. Contenido de Aire, de acuerdo a los métodos ASTM C 138; C 173; ó C 231.
- d. Asentamiento, de acuerdo a ASTM C 143
- e. Muestreo del concreto fresco, de acuerdo a ASTM C 172
- f. Temperatura, de acuerdo a ASTM C 1064.

Los ensayos de laboratorio deberán cumplir con los requisitos de la Norma ASTM C 1077

Los reportes de laboratorio de los resultados de los ensayos de concreto empleados para determinar el cumplimiento de las especificaciones, deberán indicar las Normas empleadas, así como la desviación de los requisitos prescritos. El informe también deberá listar aquellos métodos de ensayo no cumplidos por el laboratorio. Debe recordarse que:

- a. La desviación de los métodos estándar puede afectar adversamente los resultados de los ensayos.
- b. La desviación de las condiciones estándar de humedad y temperatura es a menudo una razón para resultados de resistencia bajos. Tales desviaciones pueden invalidar el empleo de tales resultados como una base para el rechazo del concreto.

19. MUESTREO Y ENSAYO DEL CONCRETO FRESCO

El contratista deberá dar a la Supervisión todas las facilidades y asistencia, sin costos, para efectuar el procedimiento de toma de muestras del concreto fresco al momento de la colocación, a fin de determinar el cumplimiento de estas recomendaciones.

Las muestras de concreto deberán ser obtenidas de acuerdo con la Norma ASTM C 172, excepto cuando son tomadas para determinar la uniformidad del asentamiento dentro de una tanda o carga de concreto.

Al momento de colocar el concreto deberán efectuarse ensayos de asentamiento, contenido de aire, densidad y temperatura si de acuerdo al criterio de la Supervisión ello es necesario para comprobaciones de control. Adicionalmente,

estos ensayos deberán ser hechos cuando se especifique y siempre que se preparen probetas para determinación de la resistencia.

Los ensayos mencionados deberán ser hechos con una frecuencia de no menos de un ensayo por cada 115 m³ o no menos de 2 camiones por día Cada ensayo deberá ser hecho de una tanda diferente.

Diariamente deberá hacerse por lo menos un ensayo de resistencia para cada clase de concreto.

Si el asentamiento medido o el contenido de aire no cumplen con los límites establecidos, deberá efectuarse inmediatamente una comprobación sobre otra porción de la misma muestra. En el caso de una segunda falla el concreto deberá ser considerado que no cumple los requerimientos de la especificación.

20. RESISTENCIA

Cuando la resistencia es empleada como criterio para la aceptación del concreto, se deberá preparar probetas estándar de acuerdo a la Norma ASTM C 31. Las probetas deberán ser curadas bajo condiciones normalizadas de humedad y temperatura de acuerdo con lo indicado en la Norma ASTM C 31.

Para un ensayo de resistencia, por lo menos dos probetas estándar deberán ser preparadas de una muestra compuesta obtenida de acuerdo a Norma. Un ensayo deberá ser el promedio de las resistencias de las probetas ensayadas a la edad especificada. Si una probeta muestra evidencias definitivas de inapropiado muestreo, moldeo, manipulación, curado, o ensayo, ella deberá ser descartada y la resistencia de la probeta remanente ser considerada como el resultado del ensayo.

Puede efectuarse ensayos adicionales de resistencia en otras edades para obtener información que permita determinar el tiempo de remoción de encofrados o cuando la estructura puede ser puesta en servicio. Las muestras serán curadas de acuerdo a lo indicado en la Norma ASTM C 31

El Ingeniero Residente deberá asegurarse que existe correspondencia entre el comprobante entregado por el vendedor y la exacta ubicación del concreto en el elemento estructural.

Debido a las variaciones en los materiales, operaciones y ensayos, la resistencia promedio necesaria para cumplir con los requisitos de esta recomendación deberá ser mayor que la resistencia especificada. La diferencia depende de la desviación estándar de los resultados de los ensayos y de la seguridad con la que los valores pueden ser estimados de los datos disponibles.

21. FALLA EN CUMPLIR LOS REQUISITOS DE RESISTENCIA

En el caso que los ensayos de concreto fallen en cumplir con los requisitos de resistencia, el fabricante y el comprador deberán conferenciar para determinar cuales son las medidas más convenientes para corregir las fallas, si ello es posible. Si no se llega a un acuerdo, la decisión debe ser hecha por un panel de tres ingenieros calificados, uno designado por el comprador, otro por el fabricante, y el tercero elegido por los dos miembros del panel. La cuestión de responsabilidad por el costo de tal arbitraje deberá ser determinada por el panel. Su decisión es mandataria, excepto si es modificada por una decisión del Poder Judicial.

22. RECOMENDACION FINAL

El concreto premezclado deberá ser dosificado, mezclado, transportado, entregado y colocado de acuerdo a las Recomendaciones de las Normas ASTM C 94 ó ASTM C 685. No se podrá emplear concreto que tenga más de 90 minutos mezclándose desde el momento en que los materiales cementantes comenzaron a ingresar al tambor mezclador.

23. RESPONSABILIDAD

La responsabilidad del fabricante sobre la resistencia en compresión del concreto y el asentamiento del mismo está referida al material que es descargado del camión en el punto de entrega y en el cual se ha efectuado la toma de muestras y procedimientos de moldeado, enrase y curado de acuerdo a las Normas indicadas.

El Fabricante no es responsable por el comportamiento del concreto en el elemento estructural, incluidos malos procesos de puesta en obra y mala elaboración o comportamiento de las juntas. Su responsabilidad termina con la entrega de un concreto de la calidad y asentamiento especificados en el contrato.

ANEXO - CONCRETO PREMEZCLADO

REQUISITOS DE UNIFORMIDAD DEL CONCRETO

1. VARIACIONES DE LA TANDA

Las variaciones dentro de la tanda deberán ser determinadas como la diferencia entre el valor más alto y el más bajo obtenidos de las diferentes porciones de la misma tanda. La comparación es entre dos muestras que representan la primera y última porción de la tanda que está siendo ensayada.

Si los resultados obtenidos de 5 ò 6 ensayos de mezclas tomados de diferentes porciones de la misma tanda cumplen con los límites indicados en el inciso 4, se considerará que el concreto está dentro de los límites de uniformidad.

2. CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

Empleando el método de ensayo de cernido húmedo, el contenido de agregado grueso deberá ser computado a partir de la siguiente relación

$$P = 100 \left(\frac{c}{b} \right)$$

P = Porcentaje de agregado grueso por peso del concreto.

c = Peso, en kilos, del agregado, en condición de saturado superficialmente seco, retenido en el Tamiz N1 4, resultante de lavar todo el material más fino que éste Tamiz.

b = Peso de la muestra de concreto fresco, en kg.

3. PESO DEL MORTERO LIBRE DE AIRE

El peso del mortero libre de aire deberá ser calculado de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$M = \frac{(b - c)}{V} - \left(\frac{V \cdot A}{100} + \frac{C}{1000 \cdot G} \right)$$

M = Peso unitario del mortero libre de aire, kg/m³.

V = Volumen del recipiente de peso unitario, m³.

A = Contenido de aire del mortero, porcentaje medido sobre la muestra que está siendo ensayada.

G = Peso específico del agregado grueso en condición de saturado superficialmente seco.

4. REQUISITOS DE UNIFORMIDAD DEL CONCRETO

Los requisitos se expresan como la diferencia máxima permisible en los resultados de los ensayos de muestras tomadas de dos puntos diferentes de la tanda:

- Peso por metro cúbico para un concreto libre de aire 16 kg/m³
- Contenido de aire, % por volumen de concreto 1%
- Asentamiento:
 - Si el promedio es de 4" ó menos 1"
 - Si el asentamiento es de 4" á 6" 1.5"

- Contenido de agregado grueso, porción de peso en cada muestra retenida en el Tamiz N° 4 6%
- Peso unitario del mortero libre de aire, basado sobre el promedio de todas las muestras ensayadas 1.6%
- Resistencia en compresión promedio a los 7 días para cada muestra, basado sobre la resistencia promedio de todos los especímenes de ensayo 7.5%

En los ensayos de resistencia la muestra estará conformada por no menos de tres probetas.

Una aprobación tentativa de la mezcladora puede ser hecha sobre la base de los resultados de los ensayos de resistencia en compresión a los 7 días.

CAPITULO 10

CONTROL DE CALIDAD

1. INTRODUCCION

Los métodos de pruebas de concreto están ampliamente detallados en los estándares publicados por el ASTM, la NTP, entre otros. Los métodos de prueba mas comúnmente utilizados en los proyectos de construcción han sido desarrollados por la ASTM. Este capítulo describe en forma general los métodos de la ASTM para pruebas de concreto, que se requieren en el campo o en el laboratorio. Debe tenerse presente que este capítulo de la tesis presenta únicamente descripciones generales de los métodos de prueba.

Para asegurar su estricto cumplimiento, se deben seguir los procedimientos de los métodos de prueba exigido por los documentos del contrato. Si estos documentos no describen o especifican los métodos de prueba que han de usarse, entonces se deben aplicar los métodos apropiados del ASTM u otra Norma pertinente.

Las Normas ASTM C 1077 y E 329, definen las obligaciones y responsabilidades y establecen los requisitos mínimos para el personal y el equipo, a fin de obtener pruebas y Supervisión confiables.

2. MUESTREO

Uno de los aspectos más significativos de las pruebas consiste en los medios para asegurar que una muestra sea representativa para la medición de una propiedad especificada.

La Norma ASTM C 172 o NTP 339.036, contiene métodos de muestreo tomados de varias unidades de producción de concreto. Los documentos del contrato pueden definir en donde se deben obtener las muestras, y en este caso deben regir las opciones dadas en la Norma ASTM C 172 o NTP 339.036. Las muestras deben tomarse en forma aleatoria, siendo conveniente evitar el muestreo selectivo que podría no representar la variedad de parámetros usados y especificados para la construcción.

El muestreo para propósitos de control de calidad del concreto tal como es producido, se debe realizar a medida que el concreto es entregado de la mezcladora. El muestreo puede ser de una mezcladora estacionaria en la planta de mezclado, o de un camión agitador cuando se prepara para llevar el concreto al sitio de la obra. Sin embargo, las especificaciones pueden requerir, o bien el Supervisor, el muestreo regular u ocasional en cualquier otra parte para un propósito especial; por ejemplo, el concreto que está siendo colocado en los encofrados, pero antes de que sea vibrado.

Usualmente son menores los errores de muestreo y de fabricación de las probetas de prueba, en el punto donde el concreto es entregado desde la mezcladora. Se ha encontrado que cuando el manejo y la colocación del concreto se han efectuado tal como indican las recomendaciones, dicho muestreo y prueba miden satisfactoriamente el carácter del concreto colocado.

Cuando el concreto es colocado por métodos tales como el bombeo, que puede afectar significativamente las características del concreto, hay que efectuar ocasionalmente un muestreo, tanto en la descarga de la mezcladora como en el punto final de colocación, para determinar si ha ocurrido algún cambio en el asentamiento, contenido de aire, temperatura, u otras características significativas de la mezcla.

La Norma ASTM C 172 o NTP 339.036 describe métodos de muestreo para el siguiente equipo de concreto:

- Camiones mezcladores o agitadores, de tambor giratorio. Se deben tomar dos o más porciones durante la descarga, de la parte media de la carga, y componerlas para la prueba del cumplimiento de las Normas del concreto proporcionado. Debe abrirse la compuerta de descarga para obtener muestras, ya sea pasando un recipiente a través de la corriente de descarga o desviando la corriente al contenedor de la muestra. Cuando la corriente es demasiado rápida para ser muestreada, se recomienda descargar la carga completa y hacer el muestreo de acuerdo con el método aplicable.

- En las mezcladoras estacionarias, el recipiente debe ser pasado a través de la corriente de descarga a dos o más intervalos regularmente espaciados, durante la descarga de la porción media de la carga.
- En las mezcladoras de camión de cubierta abierta o agitadores, tolvas de recepción, cubos, etc., se puede utilizar cualquiera de los métodos anteriores según sea aplicable.
- En los extremos de una línea de bombeo, se recomienda pasar el recipiente a través de la corriente de descarga o desviar la corriente hacia el contenedor a dos o más intervalos regularmente espaciados durante la descarga.

Los requisitos generales para las muestras son, que la cantidad de concreto muestreado sea más grande que el requerido para los especímenes o las pruebas y no menor que los valores indicados en la Norma para las pruebas de aceptación.

Las pruebas para ver el contenido de aire y el asentamiento se deben comenzar en los primeros 5 minutos después del mezclado, y los especímenes para la prueba de la resistencia se deben moldear en los primeros 15 minutos después del mezclado.

3. PRUEBAS DEL CONCRETO RECIEN MEZCLADO

3.1. CONSISTENCIA

La consistencia del concreto es una medida indirecta de su trabajabilidad, la cual se puede definir por sus características de asentamiento, asentamiento de una bola Kelly, u otros indicadores de asentamiento.

El concreto deberá ser dosificado y preparado para tener un asentamiento de 4" o menos si la consolidación es por vibración y de 5" o menor si la consolidación se realiza por otros métodos. Una tolerancia de 1" por encima del máximo indicado

podrá ser permitida para muestras individuales con tal que el promedio para todas las muestras o el más reciente ensayo de 10 muestras, el que sea menor, no exceda del límite máximo.

Los casos especiales deberán contar con la aprobación escrita de la Supervisión.

3.2. CONTENIDO DE AIRE

La Norma ASTM proporciona 3 métodos para la determinación del contenido de aire del concreto recién mezclado. Estos son, el método de presión, el método volumétrico, y el método gravimétrico.

3.2.1. METODO DE PRESION

- El método de presión, de acuerdo a ASTM C 231, utiliza dos tipos de medidores - A y B - los cuales son utilizados para determinar el contenido de aire. El medidor tipo A se basa en la correlación de la reducción del nivel de agua con la reducción del volumen de aire en la muestra del concreto, por medio de una presión de aire predeterminada. El medidor tipo B opera bajo el principio de igualar el volumen conocido de aire a una presión conocida en una cámara sellada, para obtener el valor de un volumen de aire desconocido en la muestra de concreto.

3.2.2. METODO VOLUMETRICO

La Norma ASTM C 173 o NTP 339.081, da las instrucciones para determinar el contenido de aire de una mezcla empleando el método volumétrico.

3.2.3. METODO GRAVIMETRICO

El método ASTM C 138 o NTP 339.046 conocido como método gravimétrico se basa para determinar el contenido de aire en la diferencia entre el rendimiento (volumen calculado a partir del peso unitario medido) y el volumen absoluto calculado de los constituyentes sólidos y líquidos. No se

usa comúnmente, debido a que la precisión depende de las cantidades exactas de dosificación y de sus pesos específicos exactos.

3.3. PESO UNITARIO DEL CONCRETO

El peso unitario del concreto recién mezclado se determina de acuerdo a la Norma ASTM C 138 o NTP 339.046. Esta prueba se emplea también para determinar los factores del cemento y el contenido de aire y se basa en el pesaje del concreto en una medida unitaria de volumen conocido.

3.4. TEMPERATURA

La temperatura del concreto, se toma cuando está recién mezclado, y también cuando está colocado para monitorear la elevación de la temperatura. Usualmente la temperatura inicial se toma con un termómetro de inversión que está graduado desde 0 C hasta 66 C.

4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – ASTM C 31 Y ASTM C 39

El concreto debe dosificarse para obtener la resistencia promedio a la compresión que ha sido determinada a partir de la resistencia de diseño indicada por el proyectista. La producción del concreto debe minimizar la frecuencia de los resultados por debajo de f_c .

Los requisitos para f_c deberá basarse en resultados de cilindros de concreto de 12 cm x 30 cm , preparados y ensayados de acuerdo a Norma. A menos que se especifique lo contrario, el valor de f_c debe basarse en los resultados de ensayos a 28 días. Para otras edades, la edad de prueba para obtener el f_c debe ser indicada en los planos de diseño o en las especificaciones.

Los planos de diseño, deben indicar la resistencia a la compresión f_c para la cual se ha diseñado cada parte de la estructura. La información utilizada para elegir las proporciones del concreto deberá permitir obtener la resistencia a la compresión

requerida. Dicha información debe consistir de un registro de ensayos de resistencia en obra o de mezclas de prueba.

Cuando se utiliza registros de ensayos para demostrar que las proporciones de concreto propuestas pueden producir la resistencia promedio requerida, tales registros deben representar materiales y condiciones similares a los esperados en obra. Los cambios en materiales condiciones y proporciones en los registros de ensayos no deben tener mas restricciones que los propuestos para la obra.

Para el propósito de establecer una resistencia promedio potencial, los registros de ensayos consistente de menos de 30 pero no menos de 10 pruebas deben tratar de proveer de un registro de ensayos de no menos de 45 días como período. Las proporciones del concreto pueden ser establecidas por interpolación entre las resistencias y proporciones de dos o más registros de ensayos, cada unos de los cuales debe cumplir con las especificaciones indicadas.

Cuando no se tiene un registro aceptable de resultados de ensayos de obra, las proporciones del concreto deberán ser establecidas en base a mezclas de prueba, dentro de las siguientes restricciones:

- Las mezclas de prueba que tienen las proporciones y consistencias requeridas en la obra, deberán ser preparadas usando al menos tres diferentes relaciones a/c o contenidos de cemento con el fin de obtener un rango donde se encuentra el f_c requerido.
- Las mezclas de prueba deben ser diseñadas para producir un asentamiento de ± 2 cm del máximo permitido; y para concretos con aire incorporados dentro del rango de $\pm 0.5\%$ del máximo contenido de aire permitido.
- La combinación de los materiales debe ser aquella a utilizarse en obra.
- Para cada relación a/c o contenido de cemento, al menos tres pruebas de resistencia la compresión en cilindros de ensayo, para cada edad de ensayo,

deberán ser preparadas y curadas de acuerdo con la Norma ASTM C 192 o NTP 339.183. Los cilindros deberán ser ensayados a los 28 días o a edades elegidas para la determinación de f_c .

- Con los resultados de los ensayos de los cilindros una curva deberá ser ploteada mostrando la correlación entre relación agua cemento o contenido de cemento y la resistencia a la compresión a la edad elegida para el ensayo.
- La máxima relación a/c o el mínimo contenido de cemento del concreto ha ser utilizado de acuerdo a la obra, deberán ser mostrados en la curva ploteada que permita obtener la resistencia promedio requerida, a menos que se requiera una relación a/c menos o una resistencia mayor para concreto en condiciones especiales de exposición.

Con la información que se dispone en la etapa de construcción, la magnitud en la que el valor de f_{cr} deberá exceder el valor especificado de f_c , podrá ser reducida siempre que:

- Se disponga de 30 o mas resultados de ensayos y el promedio de los resultados de los ensayos exceda lo requerido por las especificaciones.
- Si 15 a 29 resultados de ensayos son empleados y el promedio de los resultados de los ensayos exceda los requeridos en la Norma ASTM C 39.

4.1. EVALUACION Y ACEPTACION DEL CONCRETO

La responsabilidad de realizar la comprobación de la calidad del concreto es de la Supervisión.

Al realizar el estudio o comprobación del concreto no debe limitarse la investigación a Lista presentada en la Guía, dejando de la lado otros factores que pueden contribuir a determinar la calidad del concreto, tales como la resistencia, cuyos valores requieren de una apreciación inteligente y con criterio realista.

Cuando la resistencia a la compresión es empleada como base para la aceptación del concreto, deberán prepararse especímenes de ensayo de acuerdo a la Norma ASTM C 31. Los resultados de los especímenes deberán ser evaluados separadamente para cada mezcla de diseño especificada para el concreto. Tal evaluación sólo será válida si los ensayos han sido realizados de acuerdo con las especificaciones respectivas.

4.2. FRECUENCIA DE LOS ENSAYOS

Las muestras para ensayos de resistencia en compresión en cada clase concreto colocado cada día, deberían ser tomadas:

- No menos de una muestra de ensayo por día de vaciado para resistencias menores o iguales a 350 kg/cm^2 ; y no menos de dos muestras de ensayo por día para resistencias mayores de 350 kg/cm^2 o;
- No menos de una muestra de ensayo por cada 50 m^3 de concreto colocado.
- No menos de una muestra de ensayo por cada 300 m^2 de área superficial para pavimentos o losas. Si el peralte promedio de la losa o el espesor es de 25 cm , este criterio requerirá de un muestreo mas frecuente o de no menos de una muestra de ensayo por cada 5 camiones cuando se trate de concreto premezclado.

Si el volumen total de concreto de una clase dada es tal que la cantidad de ensayo de resistencia en compresión ha de ser menor de 5, la Supervisión podrá ordenar ensayos de por lo menos 5 tandas tomadas al azar.

Cada ensayo de resistencia deberá ser el promedio de 2 cilindros preparados de la misma muestra de concreto ensayados a los 28 días, o a la edad elegida para la determinación de $f'c$.

4.3. ESPECIMENES CURADOS EN EL LABORATORIO

Las muestras para los ensayos de resistencia se deben tomar de acuerdo con la Norma ASTM C 172 o NTP 339.036. Los cilindros para los ensayos se deberán moldear y curar en el laboratorio de acuerdo con la Norma ASTM C 31 y ensayar de acuerdo con la Norma ASTM C 39.

El nivel de resistencia de una clase de concreto será considerado satisfactorio si se cumple con los 2 requisitos siguientes:

- El promedio de todas las series de 3 ensayos de resistencia consecutivos es igual o superior a la resistencia de diseño.
- Ningún resultado individual de resistencia (promedio de 2 cilindros) estará en mas de 35 kg/cm² por debajo de f_c .

Si no se cumple con cualquiera de los dos requisitos indicados, se deberán tomar medidas a fin de incrementar el promedio de los resultados de los ensayos de resistencia subsiguientes. Además si los requisitos de la sección anterior no son cumplidos se aplicará medidas para asegurar que la capacidad de carga de la estructura no esté comprometida.

4.4. ESPECIMENES CURADOS EN OBRA

La Supervisión puede solicitar ensayos de resistencia de cilindros curados en condiciones de obra a fin de comprobar la calidad del curado y la protección del concreto en la estructura. Los cilindros de obra deberán ser curados de acuerdo a lo indicado en la sección 7.4 de la Norma ASTM C 31.

Los cilindros de ensayo curados en obra deberán ser moldeados al mismo tiempo y de las mismas muestras que los cilindros de ensayo curados en el laboratorio.

Los procedimientos para la protección y curado del concreto se deben mejorar cuando la resistencia de los cilindros curados en obra, a la edad elegida para determinar f_c , es inferior al 85% de la de los cilindros compañeros curados en el laboratorio. El criterio del 85% puede no ser tomado en cuenta si la resistencia de los cilindros curados en obra excede a f_c en mas de 35 kg/cm².

4.5. RESULTADOS DE ENSAYOS DE BAJA RESISTENCIA

Si cualquier ensayo de resistencia de cilindros curados en el laboratorio resulta por debajo de f_c en mas de 35 kg/cm², o si los ensayos de los cilindros curados en obra indican deficiencias en la protección o curado, deberán tomarse medidas para asegurar que la capacidad de carga de la estructura no está comprometida.

Si se comprueba que los concretos son de baja resistencia y los cálculos indican que la capacidad de carga se ha reducido significativamente, se hará pruebas de corazones extraídos de la zona en duda, de acuerdo con los requisitos de la Norma ASTM C 42 o NTP 339.059. En estos casos deberán tomarse tres corazones por cada resultado de ensayo de resistencia que esté por debajo de f_c en mas de 35 kg/cm².

Si el concreto de la estructura va estar seco durante las condiciones de servicio, los corazones deberán secarse al aire (temperatura entre 15 C y 30 C, y humedad relativa del 60%), durante 7 días antes del ensayo y deberán probarse en estado seco. Si el concreto de la estructura va estar húmedo en condiciones de servicio, los corazones deberán sumergirse en agua por lo menos durante 40 horas y ensayarse húmedos.

El concreto del área representada por los testigos se considerará estructuralmente adecuado si el promedio de los tres testigos es por lo menos igual al 85% de f_c y si ningún testigo es menor que el 75% de f_c . A fin de comprobar la precisión de las pruebas, se puede volver a ensayar zonas de los resultados dispersos.

Si no se cumple con los criterios anteriores y sí las condiciones estructurales permanecen en duda, la Supervisión puede ordenar pruebas de carga para la parte en duda de la estructura, o tomar otra decisión adecuada a las circunstancias.

5. RESISTENCIA A FLEXION DEL CONCRETO ASTM C 31, C78, C293

La resistencia a flexión del concreto se determina más comúnmente usando vigas rectangulares de 15x15x51 cm para concreto con agregado grueso de hasta 2 pulg. (51mm).

5.1 CURADO DE ESPECIMENES A FLEXIÓN

- Después del curado inicial en los moldes (similar al de los cilindros), quitar las vigas de los moldes de 20 a 48 horas después del moldeado, asegurándose de que las vigas no se sequen. Curar a $23\text{ C} \pm 2\text{ C}$ en condición húmeda.
- Es muy importante sumergir las vigas un mínimo de 20 horas en agua saturada con cal, antes de la prueba.

5.2 PRUEBA DE LAS VIGAS PARA DETERMINAR SU RESISTENCIA A FLEXION

La resistencia a flexión se puede determinar usando viga simple con carga en el punto central (ASTM C 293) o una viga simple con cargas en los puntos que indican los tercios (ASTM C 78). La carga en el punto central usualmente indica resistencias más altas.

6. CURADO ACELERADO DE LOS ESPECIMENES DE PRUEBA

Los documentos del contrato para algunos proyectos pueden exigir o permitir pruebas aceleradas de resistencia a cilindros estándares de concreto. La Norma ASTM C 684 es un método de curado acelerado que define un método estándar se

curado acelerado para proporcionar tempranamente datos de resistencia, en vez de las resistencias a compresión a 7 días y a 28 días convencionales.

Se debe diseñar un programa de correlación para cada mezcla de concreto, usando los mismos materiales, para evaluar apropiadamente la relación entre cilindros curados aceleradamente y los cilindros de curado estándar. ACI SP – 56 (67) da el procedimiento para el desarrollo y uso de estos datos en el control de la calidad del concreto. ASTM C 684 presenta tres métodos que pueden utilizarse para acelerar el curado de cilindros para las pruebas:

Procedimiento A – Método del agua caliente

Procedimiento B – Método del agua hirviendo

Procedimiento C – Método autógeno

Se requiere de equipo especial para obtener y controlar la temperatura de los cilindros de concreto durante el ciclo de curado acelerado. Todo curado tiene lugar mientras que los cilindros están en sus moldes. Las pruebas se realizan poco después de que los cilindros se quitan de sus moldes.

- **Procedimiento A – Método del agua caliente**

Proporciona la prueba más temprana. El curado empieza inmediatamente después del mezclado. Los cilindros se curan en un baño de agua caliente a $35C \pm 3C$ durante 23 horas \pm 30 minutos y luego se les quita el molde. Los cilindros se prueban a una edad de 24 horas \pm 15 minutos.

- **Procedimiento B – Método del agua hirviendo**

Agrega un corto período de curado acelerado a un período más largo de curado convencional. Los cilindros se curan inicialmente durante 23 hrs. \pm 15 min. A $21C \pm 6C$, seguidos de una inmersión en agua hirviendo durante 3 horas \pm 5 min. Después se agitan los moldes y se enfrían durante al menos 1 hora a temperatura ambiente. Finalmente se prueban a una edad de 28 hrs. \pm 5 min.

- **Procedimiento C – Método autógeno**

Utiliza calor generado por la hidratación del cemento para acelerar el desarrollo de la resistencia. Después de moldearlo, los cilindros se almacenan en un contenedor aislado térmicamente. A una edad de 48 hrs. \pm 1 min., los cilindros se quitan del contenedor, se desmoldan y luego se los deja durante 30 minutos a temperatura ambiente. Se prueban a una edad de 49 hrs. \pm 15 min.

El muestreo, el moldeado y las pruebas de los cilindros de concreto se deben realizar de acuerdo con los procedimientos de la Norma.

7. TRANSPORTE Y MANEJO DE LAS MUESTRAS

Cuando se envía muestras a un laboratorio, se debe incluir información completa fijada e identificada de manera segura con la muestra. La información debe incluir el proyecto, número de muestra, identificación completa del material en cuanto al tipo y grado, fuente de muestreo, cantidad representada, ubicación del lugar donde será usada en la estructura, pruebas requeridas, e identificación de quienes la envían. Las muestras se deben empaquetar

8. DURABILIDAD

El concreto debe ser capaz de soportar exposiciones destructivas tales como congelación y deshielo, humedecimiento y secado, calentamiento y enfriamiento, acción de sustancia químicas, etc.

Los concretos de peso normal y livianos expuestos a congelación y deshielo o a la acción de agentes químicos descongelantes, deberán tener aire incorporados con el contenido total de aire indicado en la tabla 8.1.A. La tolerancia para el contenido de aire debe ser de \pm 1.5%. Para resistencia de diseño en compresión mayor de 350 kg/cm² el contenido de aire indicado en la tabla podrá ser reducido en 1%.

Los concretos impermeables o concretos que van a estar sujetos a congelación y deshielo en una condición húmeda deberán cumplir con los requisitos de la tabla 8.1.B.

TABLA 8.1.A

CONTENIDO DE AIRE TOTAL PARA CONCRETO

RESISTENTE A LAS HELADAS

Tamaño máximo Nominal	Contenido de aire (%)	
	Exposición severa	Exposición moderada
3/8"	7,5	6
1/2"	7,0	5,5
3/4"	6,0	5
1"	6,0	4,5
1 1/2"	5,5	4,5
2"	5,0	4
3"	4,5	3,5

TABLA 8.1,B

REQUISITOS PARA CONDICIONES DE EXPOSICION

Condición de Exposición	Máxima relación de a/c en concretos de peso normal	f'c mínimo, para concreto con agregado ligero
<u>Concreto impermeable:</u>		
a) Concreto expuesto a agua dulce	0,50	265
b) Concreto expuesto a aguas salobres o de mar	0,45	300
<u>Concreto expuesto a congelación y deshielo en condición húmeda:</u>		
a) Sardineles, cunetas, secciones Delgadas	0,45	300
b) Otros elementos	0,50	265

c) En presencia de sales descongelantes	0,45	300
Protección contra la corrosión del refuerzo del concreto expuesto a aguas salobres, agua de mar, rocío, neblina de esas aguas.	0,40 (*)	335 (*)

TABLA 8,1,C

CONCRETOS EXPUESTOS A SOLUCIONES CON SULFATOS

Exposición a sulfatos	Sulfatos soluble En agua (SO4) en suelos. (% en peso)	Sulfato en agua (ppm)	Cemento Tipo	Concreto Normal (a/c máx.)	Concreto Liviano (f c mínimo)
Despreciable	0,0 - 0,10	0 - 150			
Moderado (agua de mar)	0,10 - 0,20	150 - 1500	II, IP (M)	0,5	265
Severo	0,20 - 2,00	1500 - 10000	V	0,45	300
Muy severo	sobre 2,0	sobre 10000	V más puzolana	0,45	300

El concreto debe estar expuesto a soluciones con sulfatos deberá cumplir con los requisitos de la tabla 8.1.C, o ser preparados con un cemento que proporcione resistencia a los sulfatos y empleado en concreto con una relación máxima de agua cemento o una resistencia a la compresión mínima indicadas en la tabla 8.1.C.

El cloruro de calcio como aditivo, no deberá ser empleado en concretos que van a ser expuestos a soluciones con sulfatos en forma severa o muy severa tal como se indica en la tabla 8.1.D.

Para obtener protección contra la corrosión, la máxima concentración de ión cloruro soluble en agua, en concreto endurecido a los 28 días, aportada por todos los ingredientes de la mezcla no debe exceder de los límites de la tabla 8.1.D.

Cuando el concreto armado va estar expuesto a concentraciones saladas, agua salobre, agua de mar, o rocío de esta fuente, los requisitos de la tabla 8.1.B, deberán ser satisfechos para la relación agua/cemento o resistencia del concreto o los requisitos de recubrimiento mínimo de la Norma.

TABLA 8.1D

Tipo de elemento	Máximo ion cloruro soluble en el agua, en el concreto, expresado como % en peso del cemento
_ Concreto pretensado	
_ Concreto armado expuesto A la acción de cloruros	0,15
_ Concreto armado que deberá estar seco y protegido de la humedad	1,00
_ Otras construcciones de concreto armado	0,3

9. PRUEBAS DE UNIFORMIDAD DE LAS MEZCLADORAS

9.1. CAMIONES MEZCLADORES

La Norma ASTM C 94 estipula que el concreto mezclado completamente en camión mezclador, de 70 a 100 revoluciones a la velocidad especificada de mezclado del fabricante, debe cumplir con los requisitos de uniformidad indicados en la tabla 9.1.

9.2. MEZCLADORAS ESTACIONARIAS

El tiempo de mezclado debe comenzar a contarse desde el momento de que todos los materiales sólidos están en el tambor y continúa hasta que se inicia la descarga de concreto. No se considerará como tiempo de mezclado el requerido para el proceso de descarga del concreto.

El tiempo de mezclado para mezclas hasta de 1m^3 , no será inferior a 90 segundos después que todos los materiales están en el tambor. Para mezclas mayores se incrementarán en 15 segundos por cada $\frac{1}{2}\text{m}^3$ o fracción que exceda dicha cantidad.

Las pruebas se pueden realizar a cualquier tiempo mas corto de mezclado predeterminado. Las muestras se pueden tomar de una mezcladora que está descargando, después de que se haya entregado el 15% y el 85% de la carga; o también puede detenerse la mezcladora después del tiempo de mezclado designado, sin que se descargue el concreto, y las muestras pueden tomarse en ubicaciones que estén cerca de la partes delantera y trasera del tambor. Si fuera necesario meterse al tambor de la mezcladora para este muestreo, primero hay que desconectar los interruptores de energía eléctrica y esperar a que el equipo no se mueva, de acuerdo con las reglamentaciones de seguridad. Cuando se encuentra que la mezcladora cumple con los requisitos de uniformidad especificados, se puede reducir el tiempo de mezclado al nuevo tiempo más corto que haya probado ser satisfactorio.

TABLA 9.1 Requisitos para la uniformidad del concreto

Prueba	Diferencia máxima permitida en muestras tomadas de dos puntos en una carga de concreto
Peso unitario del concreto fresco calculado con la base en una condición libre de aire.	16 kg/cm ²
Contenido de aire, porcentaje en volumen del concreto.	Diferencia numérica 1,0 %
Si el asentamiento promedio es de 10 cm o menos	1,0 pulg. (25 mm)
Si el asentamiento promedio es de 10 a 15 cm	1.5 pulg. (38mm)
Contenido de agregado grueso, porción, en peso de cada muestra retenida en la malla N° 4	Diferencia numérica 6,0 %
Peso unitario de mortero libre de aire, resistencia promedio a compresión, a 7 días, para cada muestra.	1.6 % Diferencia , 7.5% en porcentaje

10. PRUEBAS DE ESTRUCTURAS TERMINADAS

10.1. CORAZONES SACADOS DEL CONCRETO ENDURECIDO

La resistencia a compresión del concreto se determina a veces a partir de corazones extraídos de una estructura. Esto generalmente se hace cuando la resistencia a compresión de un concreto dado no se conoce, o debido a resultados objetables de las pruebas de los cilindros de concreto. El Supervisor debe especificar en donde y cuantos corazones habrá que obtener. Los requisitos para pruebas de corazones están cubiertos en ACI 318 y ASTM C 42 o NTP 339.059. Los corazones se obtienen usando un taladro para corazones, los más comunes son brocas con punta de diamante. Se debe tener mucho cuidado para no causar sobrecalentamiento y para evitar defectos obvios tales como bolsas de roca y juntas.

Cuando los testigos se usan para determinaciones de resistencia a la compresión, la longitud debe ser preferentemente tan cercana como sea posible al doble del diámetro, y el diámetro debe ser al menos, 3 veces el tamaño máximo del agregado en el concreto. (Los testigos que tienen longitudes menores que el diámetro, no se consideran estándares para la prueba de compresión, pero se puede usar con un factor de corrección, tal como se especifica en ASTM C 42 o NTP 339.059.) Si es necesario, los extremos deben ser aserrados para producir una superficie pareja, y el testigo debe ser esmerilado o capeado para permitir una prueba apropiada.

La condición de humedad en el momento de la prueba afectará los resultados. Los testigos generalmente están inmersos en agua saturada con cal, por, al menos 40 horas inmediatamente antes de la prueba. Sin embargo, se pueden utilizar otras condiciones de humedad, a opción de la agencia para la cual se está realizando la prueba, cuando el concreto estará sujeto a otras condiciones de humedad en el servicio.

10.2. PRUEBAS DE CARGA

El ACI 318 describe un método que puede utilizarse si se ha decidido que se requiere de un prueba de carga para determinar la integridad estructural de una losa o una viga de concreto reforzado cuestionables. El miembro que va a ser probado deberá estar aislado de la estructura, y se deben tomar las precauciones de seguridad apropiadas.

10.3. PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS

Existen varios métodos para realizar pruebas no destructivas del concreto en el sitio. Estos métodos proporcionan un mayor conocimiento de la calidad del concreto económica y rápidamente. Entre estos métodos, tenemos:

- El sondeo con un sonoscopio.
- El martillo de impacto
- La prueba de penetración.

Si se usan apropiadamente, cada uno de estos métodos puede determinar

cualitativamente la extensión del concreto que pudiera resultar sospechosa en una estructura. Esta es su función más importante.

Hay ocasiones en que se desea que los datos obtenidos por estos métodos se interpreten en términos de resistencia a compresión. Si ha de hacerse tal interpretación, se debe tener extremo cuidado al calibrar las mediciones para las condiciones reales encontradas en cada obra. Estas condiciones se relacionan con el nivel de resistencia del concreto, el tipo de agregado, condiciones superficiales del concreto y otros factores. Además, se debe tener presente que la precisión de la correlación de resistencia puede ser no menor que $\pm 20\%$. Puesto que el sondeo con un sonoscopio proporciona una velocidad de pulsación promedio a través de un grosor conocido de concreto, y puesto que el martillo de impacto y la sonda de penetración dependen de las condiciones de la superficie, el sonoscopio puede proporcionar una estimación más consistente de la calidad del concreto. El sonoscopio debe ser operado e interpretado únicamente por personal experimentado.

La prueba con el sinopscoio (ASTM C 597) mide la velocidad con que se propaga las ondas del sonido de un golpe a través del concreto. Las pruebas de velocidad de la pulsación pueden usarse en estructuras para detectar el deterioro progresivo, el agrietamiento oculto, el alveolado y otros defectos. La velocidad de pulsación también puede usarse para localizar concreto con una calidad considerablemente menor que la especificada. Como resultado de muchos estudios en una amplia variedad de estructuras, los investigadores, han deducido la siguiente descripción cualitativa del concreto, según queda indicado por las mediciones de velocidad de la pulsación:

VELOCIDAD DE PULSACION	CALIDAD DEL CONCRETO
4575 m/s y más	Excelente
3650 a 4575 m/s	Buena
3050 a 3650 m/s	Cuestionable
2135 a 3050 m/s	Pobre
menos de 2135 m/s	Muy pobre

Si es necesario interpretar las velocidades de las pulsaciones en términos de resistencia a compresión, se deben obtener por lo menos seis corazones, y preferentemente más, del concreto en cuestión. Estos corazones deben cubrir el intervalo de velocidades de pulsación encontradas, y deben tomarse en ubicaciones donde la velocidad de la pulsación se haya realmente medido. Después de una preparación apropiada, los corazones se prueban para determinar su resistencia a la compresión. Entonces se puede hacer una correlación de la velocidad de la pulsación con la resistencia. La correlación probablemente resulte curvilínea; podría ser necesario ignorar algunos puntos que aparentemente no se ajustan con la mayoría de los puntos.

La prueba del martillo de impacto (ASTM C 850 ó NTP 339.181) proporciona una determinación relativa o aproximada de la resistencia. El martillo de impacto, se trata de un martillo de acero accionado por resorte que, cuando se suelta, golpea a un percutor, también de acero, que está en contacto con la superficie del concreto. La distancia de rebote del martillo de acero desde el percutor de acero, después del impacto, se registra en una escala lineal interconstruida. El instrumento lleva consigo una gráfica que correlaciona el número del rebote con la resistencia a compresión. Esta correlación debe ser aceptada con mucha precaución, porque generalmente está lejos de ser exacta. Las determinaciones hechas con ese instrumento deben usarse exclusivamente para propósitos de comparación en concreto de la misma composición, edad y contenido de humedad, y debe recurrir al buen juicio para su interpretación. Esto es crítico, ya que el rebote se ve afectado por muchos factores tales como el contenido de humedad del concreto, el tipo de acabado de superficie, tipo de agregado, edad del concreto y la proximidad del acero de refuerzo al punto de contacto.



La prueba con una sonda de penetración (ASTM C 80), es un método patentado para la determinación no-destruktiva de la resistencia a compresión del concreto en el campo. El calibrador, comúnmente conocido como sonda de Windsor, se basa en el principio de que la penetración de la sonda es inversamente proporcional a la resistencia a compresión del concreto que está siendo probado. Generalmente se introducen 3 sondas en el concreto, usando un aparato accionado con pólvora, que suministra una fuerza especificada productora de energía.

A partir de una correlación de la resistencia con la energía cinética, el fabricante proporciona una tabla que da una relación aproximada de la penetración de la sonda con la resistencia a compresión. Se requiere de la calificación de dureza de Mohr del agregado grueso para poder utilizar la tabla.



CAPITULO 11

GUIA PARA SUPERVISAR OBRAS DE **CONCRETO**

1. INTRODUCCION

Las personas y organizaciones involucradas en la Supervisión deben reconocer que las necesidades y requerimientos podrán variar y deben ser ajustados a cada proyecto individual. El nivel real de supervisión que habrá de usarse depende del tipo y complejidad del proyecto, las características especiales involucradas, los requisitos legales específicos, y el propósito del programa de Supervisión. Cualquiera de estos puede hacer necesario agregar requisitos de supervisión más detallados, o bien puede garantizar que los requisitos sean menos estrictos de lo que se muestran.

2. DEFINICIONES

2.1 CONTROL DE CALIDAD (CC)

Todas aquellas acciones relacionadas con las características físicas de los materiales, procesos y servicios que proporcionan un medio para medir y controlar las características para predeterminedar criterios cuantitativos. El CC es una herramienta de producción.

2.2 PROPIETARIO

La persona u organización que tienen la responsabilidad financiera y legal de la construcción de un proyecto y que asume también la responsabilidad última de la salud, bienestar y seguridad del público relacionado con el proyecto.

2.3 PROYECTISTA

La organización de ingeniería con responsabilidad ante el propietario de desarrollar el diseño estructural, de producir planos de diseño, definir requisitos de construcción y preparar especificaciones para el proyecto.

2.4 CONTRATISTA

La organización con la responsabilidad de construir un proyecto de acuerdo con los planes, especificaciones y planos del proyecto.

2.5 SUPERVISION

El término "Supervisión" tal como se usa en esta Guía, incluye no solamente las observaciones visuales y las mediciones en el campo, sino también pruebas de laboratorio y la acumulación y evaluación de los datos de las pruebas.

Es decir una serie de actividades o procedimientos que proporcionan al propietario de la estructura que se está construyendo un aceptable grado de certeza de que el Contratista satisface sus obligaciones tal como se describe en los documentos del contrato, en los planos del proyecto, y en las especificaciones.

2.6 LABORATORIO DE PRUEBAS

Una organización comercial independiente que proporciona servicios de pruebas a propietarios, agencias gubernamentales, ingenieros, Contratistas, y fabricantes de materiales y productos.

2.7 FABRICANTE O PROVEEDOR DE MATERIALES

La organización responsable de producir y fabricar un producto o el material usado en el proceso de construcción, o de proveer productos y materiales a un proyecto, realizando o no operaciones adicionales en el producto o el material.

3. RESPONSABILIDADES

Esta sección define las responsabilidades generales que recaen en el propietario, el Supervisor y el Contratista, de conformidad con las recomendaciones de esta guía.

- El propietario y el Supervisor son los responsables de la supervisión para la aceptación. Los Supervisores deben proporcionar a los propietarios

alternativas e información que le permitan al propietario reconocer y evaluar las relaciones de calidad/costo/mantenimiento involucradas en la construcción.

Los propietarios deben entender que es necesario proveer supervisión de pruebas en obra para garantizar el apego a las Normas y a los requisitos de calidad.

El propietario debe revisar los planes de supervisión y, cuando sea necesario, debe seleccionar el nivel de la supervisión requerida, que sea consistente con el tamaño, la complejidad y las necesidades del proyecto.

- El equipo de supervisión es responsable de la determinación de que los materiales, procedimientos, y productos finales estén en conformidad con los requerimientos de los planos y especificaciones del proyecto.
- El Contratista está obligado a cumplir con todos los requisitos de las especificaciones del proyecto. Si el Supervisor acepta menos de lo que se exige, esto despoja al propietario del valor completo, mientras que el exigir más de lo que se pide en los planos y en las especificaciones impone una carga inapropiada al Contratista. Cualquiera de las dos acciones es una violación al contrato.

4. GUIA PARA SUPERVISORES

4.1. ALCANCE

Este acápite proporciona recomendaciones específicas al Supervisor sobre la implementación de programas de supervisión y de prueba. Se dan también líneas de acción generales para tres categorías de proyectos.

4.2. PLAN DE TRABAJO

Aún el proyecto más pequeño puede beneficiarse de un plan de trabajo. Un trabajo pequeño puede requerir únicamente una lista de puntos para ser supervisados y las

pruebas que han de llevarse a cabo para propósitos de aceptación, pero puede adquirir un gran valor para desarrollar una comunicación y comprensión adecuadas entre el propietario, el Contratista, la organización para la supervisión y el laboratorio de pruebas.

Por lo anterior se recomienda que todos los proyectos utilicen alguna forma de un plan de trabajo o una lista de verificación. En proyectos complejos, se convierte en una necesidad un plan de trabajo detallando las responsabilidades para la Supervisión y pruebas de aceptación, los procedimientos para la documentación de las supervisiones y pruebas, informe de los resultados, manejo de los cambios y los puntos que no cumplan con las normas, y la auditoria del proceso de trabajo.

4.3. REUNIONES PREVIAS A LA CONSTRUCCION

Se recomienda, como ya se indico, una reunión previa a la construcción para todos los proyectos, excepto para los muy pequeños, para establecer líneas de comunicación al comienzo de un proyecto.

Esta reunión deberá incluir a todas las partes involucradas en la construcción. Su propósito principal consiste en identificar responsabilidades y establecer procedimientos que permitan que la construcción se desarrolle de manera que garantice la mejor calidad posible, de conformidad con los costos establecidos.

5. PLANEAMIENTO PARA LA SUPERVISION

5.1. GENERALIDADES

La supervisión debe ser lo suficientemente detallada para permitir la evaluación adecuada del producto o del proceso. Deberá alentarse al Contratista y al productor de concreto premezclado para que proporcionen sus propios programas formalizados de control de calidad.

Durante el curso del proyecto, cuando existe alguna preocupación acerca de lo adecuado del control de calidad, la supervisión necesariamente debe ser más rigurosa hasta que las actividades de control de calidad de los Contratistas reflejen

o eliminen la razón de su preocupación.

5.2. SUPERVISION

- El Supervisor debe realizar algunas actividades previas a la ejecución de las obras, como son, la revisión y verificación en gabinete y en el campo de los aspectos críticos del diseño del proyecto, diseño de encofrados, estado y disponibilidad del terreno y de canteras.
- El ingeniero debe evaluar, si es necesario, o no llevar a cabo pruebas de precalificación de los materiales que serán usados en el proyecto. En el caso que vayan a utilizarse materiales con registros anteriores de servicio, se puede confiar en las pruebas anteriores de calificación, o puede usarse el comportamiento satisfactorio en un ambiente similar como base para la aceptación. Si hay que realizar pruebas de precalificación, el Ingeniero debe especificar las pruebas específicas y los límites aceptables.
- La aprobación de los diseños de mezcla que han de usarse en el proyecto deberá estar basada en criterios confiables. Se recomienda que se sigan los procedimientos y criterios establecidos por el Comité 301 del ACI.
- En caso de concreto premezclado, es necesario evaluar la necesidad de certificación de las plantas de dosificación previo a la producción del concreto, y debe considerarse un programa de calificación para los camiones mezcladores, incluyendo pruebas de uniformidad de las mezcladoras. Se recomiendan los procedimientos de certificación de la National Ready Mixed Concrete Association.
- Usualmente se requiere de muestreo y pruebas de los materiales de concreto a intervalos establecidos durante la construcción, y algunas propiedades necesitarán ser monitoreadas en una base diaria, semanal, o mensual. Generalmente, no habrá necesidad de repetir las pruebas de calificación durante la construcción, pero deben realizarse nuevas pruebas de calificación

siempre que exista un cambio en el material o en la fuente del material. Generalmente se puede confiar en los reportes de las pruebas del material para el cemento, aditivos, y el acero de refuerzo, para la aceptación de estos materiales a medida que son entregados desde el fabricante del material.

- Puede ser necesaria la supervisión diaria de la dosificación, en caso que la dosificación se realice en una planta de dosificación, dependiendo del nivel de automatización de ésta. Son deseables verificaciones regulares para la producción y el contenido de humedad del agregado.
- La supervisión de las actividades de encofrado, precolocación, colocación y poscolocación del concreto deberán formar parte del proceso de adaptación para la mayoría de los proyectos, y deben considerarse precauciones especiales durante el vaciado del concreto en climas caliente y frío.
- Casi siempre se exigen pruebas de resistencia del concreto para correlacionar la calidad de la producción del concreto y las suposiciones de diseño.

5.3. CONTROL DE CALIDAD

- Los Contratistas que operan sus propias instalaciones de producción del concreto deberán asumir la responsabilidad directa por estas actividades de control de calidad.
- Los Contratistas que compran el concreto premezclado a un productor independiente de concreto premezclado, usualmente confían en el control de calidad del productor, y no se involucran directamente en el proceso de producción. Sin embargo, el Contratista debe monitorear los reportes de control de calidad del productor de concreto premezclado.

5.4. IMPLEMENTACION

- La norma Técnica de Edificaciones E.030 Diseño Sismo Resistente clasifica a las edificaciones en cuatro categorías de acuerdo a su uso, las cuales son:

CATEGORIA	DESCRIPCIÓN
A	Edificaciones Esenciales
B	Edificaciones Importantes
C	Edificaciones Comunes
D	Edificaciones Menores

En la presente Tesis se va agrupar en tres niveles de supervisión y pruebas, las cuales sirven como auxiliares en la selección de los puntos que debe incluirse en un programa de supervisión, las que se componen de la siguiente manera:

NIVEL	DESCRIPCION	TABLA
A	Actividades de Supervisión recomendadas para Edificaciones Esenciales e Importantes	5.4.1
B	Actividades de Supervisión recomendadas para Edificaciones Comunes	5.4.2
C	Actividades de Supervisión recomendadas para Edificaciones Menores	5.4.3

Las actividades especificadas para cada Nivel son actividades típicas. En la práctica, debido a las actividades específicas de un proyecto particular, puede ser deseable agregar puntos adicionales o, en un caso especial, disminuir los requisitos.

Los puntos tratados en los Niveles A, B, y C tienen la intención de servir como actividades de supervisión cuando se presupone un control de calidad adecuado.

- La naturaleza especial de algunos proyectos de construcción puede requerir detalles de supervisión que no están en la Lista de verificación. Tales puntos pueden ser agregados por el Supervisor para asegurar la adecuada concordancia con los detalles de calidad que juzgue importantes. Por esta razón los detalles de supervisión que se dan en tal lista, tienen el propósito de cubrir únicamente aquellas actividades y materiales de la construcción que se encuentran más comúnmente en las construcciones con concreto.

Los detalles de supervisión para trabajos especializados tales como inspección de lechada a presión, concreto lanzado, pisos de dos capas, concreto arquitectónico, construcción bajo el agua y construcción con encofrados deslizantes, se omiten intencionalmente en la Lista de verificación.

TABLA 5.4.1

EDIFICACIONES ESENCIALES E IMPORTANTES

Actividades de supervisión recomendadas para Edificaciones esenciales e importantes	
	Supervisión y pruebas nivel A
Descripción de Edificaciones	<p>Edificaciones esenciales.- cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después que ocurra un sismo, como hospitales, centrales de comunicaciones, cuarteles de bomberos y policía, subestaciones eléctricas, reservorios de agua. Centros educativos y edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre.</p> <p>Edificaciones importantes.- donde se reúnen gran cantidad de personas como teatros, estadios, centros comerciales, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos, bibliotecas y archivos especiales.</p>
Alcance de las actividades recomendadas para los programas de Supervisión para aceptación.	<p>Muestreo y pruebas de materiales de concreto para la precalificación completa de los materiales para obtener las propiedades requeridas.</p> <p>Muestreo y pruebas de los materiales de concreto a intervalos establecidos durante la construcción con un monitoreo muy riguroso de algunas propiedades en una base diaria, semanal o mensual. Algunas pruebas de calificación no serán repetidas durante la fase de construcción o pueden reemplazarse por la aceptación de los reportes de las pruebas del material remitidas por el fabricante.</p> <p>Aprobación de las mezclas de concreto con base en el ACI 301.</p> <p>Supervisión y certificación de la planta de dosificación .</p> <p>Programa de calificación para camiones mezcladores de concreto con un programa regular de Supervisión durante la construcción, incluyendo pruebas para verificar la uniformidad de la mezcladora, la calibración de los medidores de agua, y la Supervisión del desgaste de las aspas.</p> <p>La Supervisión, según sea necesario, de las operaciones de dosificación durante la construcción con verificaciones de la producción.</p> <p>Verificación en todo tiempo de las actividades de precolocación, colocación y poscolocación (incluyendo el curado). Atención especial al concreto masivo, al vaciado del concreto en c lima caliente y en clima frio. Además verificación de las tolerancias en la colocación del refuerzo y de las dimensiones de las estructuras terminadas.</p> <p>El muestreo y las pruebas del vaciado del concreto en el campo a intervalos establecidos, por un laboratorio de pruebas independiente u otro personal calificado que actúe como agente del propietario.</p> <p>Monitoreo de la madurez del concreto antes de la remoción de los encofrados o el monitoreo de otras actividades tales como postensado por medio de un programa de pruebas de cilindros curados en el campo o por un programa de pruebas no destructivas.</p> <p>Pruebas de laboratorio de cilindros de concreto para determinar la aceptación de la resistencia del concreto.</p>

TABLA 5.4.2
PROYECTOS COMUNES

Actividades de Supervisión recomendadas para proyectos Comunes	
	Supervisión y pruebas Nivel B
Descripción de Edificaciones	Edificaciones comunes, cuya falla ocasionaría pérdidas de cuantía intermedia como viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios, fugas de contaminantes, etc
Alcance de las actividades recomendadas para los programas de Supervisión para la aceptación.	Muestreo y pruebas de materiales de concreto antes de la construcción y a intervalos establecidos durante la construcción.
	Uso de materiales probados y reportes de las pruebas de materiales aceptados para algunas pruebas requeridas.
	Aprobación de mezclas de concreto con base en ACI 301.
	Supervisión del almacenamiento de las plantas de dosificación, instalaciones de producción, y camiones de entrega antes de la construcción.
	Supervisión al azar de operaciones de dosificación durante la construcción con verificaciones de la producción.
	Supervisión de las actividades de precolocación, colocación, y poscolocación del concreto (incluyendo el curado). Atención especial al concreto masivo, al vaciado del concreto en clima caliente, y vaciado del concreto en clima frío.
	Muestreo y pruebas del concreto en el campo a intervalos establecidos, pro un laboratorio repruebas independiente.
	Monitoreo de la madurez del concreto antes de la remoción de encofrados, o el monitoreo de otras actividades tales como el postensado por medio de un programa de pruebas de cilindros curados en obra, o un programa de pruebas no destructivas.
Pruebas de laboratorio de cilindros de concreto para la aceptación de la resistencia del concreto.	

TABLA 5.4.3
PROYECTOS MENORES

Actividades de Supervisión recomendadas para proyectos menores	
	Supervisión y pruebas Nivel C
Descripción de Edificaciones	Edificaciones cuyas fallas causan pérdidas de menor cuantía y normalmente la probabilidad de causar víctimas es baja, como cercos de menos de 1.50 m. de altura, depósitos temporales, pequeñas viviendas temporales y construcciones similares.
Alcance de las actividades recomendadas para los programas de Supervisión para la aceptación.	Se recomienda el uso de materiales y diseños de mezcla de concreto probados.
	Prueba al azar del concreto y los materiales durante la construcción.
	Supervisión al azar de las actividades de vaciado del concreto.
	Entregas de muestras de pruebas por el Contratista en algunos casos.
	Pruebas de laboratorio de cilindros de concreto para la aceptación de la resistencia del concreto.

6. LISTA DE VERIFICACIÓN PARA SUPERVISION DE OBRAS DE CONCRETO
(A.C.I. – Manual of concrete Inspection)

6.1 PRECALIFICACION DE LOS MATERIALES

1. Propiedades de los agregados fino y grueso

- a. Granulometría y Módulo de fineza, ASTM C 136
- b. Cantidad de material que pasa la Malla N° 200, ASTM C 117.
- c. Peso Específico y Absorción, ASTM C 127 o C 128.
- d. Cloruros Solubles en agua, ASTM D 1411
- e. Peso Unitario, ASTM C 29
- f. Examen petrográfico, ASTM C 295.

2. Propiedades de los agregados finos.

- a. Impurezas orgánicas, ASTM C 40.
- b. Efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia, ASTM C 87.

3. Propiedades de los agregados gruesos.

- a. Abrasión, ASTM C 131 o C 535.
- b. Partículas deleznable, ASTM C 142.

4. Cemento

- a. Propiedades físicas como lo requiere ASTM C 150 o C595.
- b. Propiedades químicas como lo requiere ASTM C 150 o C 595.

5. Agua

- a. Resistencia vs. Control, ASTM C 109.
- b. Tiempo de fraguado vs. Control, ASTM C 191
- c. Contenido Total de sólidos, ASTM D 1888.
- d. Cloruros totales, ASTM D 512.
- e. Agua potable (estándares locales de salud)

6. Aditivos

- a. Aditivos incorporados de aire (según se requiera), ASTM C 260.
- b. Aditivo Aditivos químicos (según se requiera), ASTM C 494.

7. Adiciones minerales

- a. Adiciones minerales (según se requiera), ASTM C 618.
- b.

6.2 APROBACION DEL DISEÑO DE MEZCLAS

6.3 SUPERVISIÓN DE LAS PLANTAS DE DOSIFICACIÓN Y CAMIONES MEZCLADORES ANTES O DURANTE LA CONSTRUCCION.

1. Áreas para almacenamiento de agregados

- a. Limpieza
- b. Separación de materiales
- c. Manejo de materiales
- d. Fuentes aprobadas
- e. Medidas para climas fríos o caliente.

2. Almacenamiento del cemento en silos

- a. Impermeabilidad al clima
- b. Temperatura de embarque
- c. Volver a probar en caso de que haya estado almacenado por mas de 6 meses.

3. Almacenamiento del cemento en sacos

- a. Almacenamiento sobre plataformas.
- b. Identificación del tipo, marca y fabricante.
- c. Protección contra la humedad.
- d. Volver a probar si ha estado almacenado en el local por mas de 3 meses.

4. Almacenamiento y uso de aditivos y adiciones

- a. Control de temperatura.
- b. Control de contaminación.
- c. Identificación del tipo, marca y fabricante.

5. Equipo de Dosificación

- a. Verificación de la báscula de la balanza e instrumentos.
- b. Regreso a la indicación cero.
- c. Descarga libre de los materiales con compuertas herméticas.
- d. Tolvas para pesaje libremente suspendidas.
- e. Sistema de agua, libre de fugas.
- f. Aparatos vistos libremente por el operador.

6. Operaciones de mezclado y calificación de las mezcladoras

- a. Aspa de la mezcladora libres de acumulaciones, agujeros y grietas.
- b. Altura de las aspas para medir el desgaste.
- c. Pruebas de uniformidad de las mezcladoras para las revolvedoras estacionarias o de camión.

7. Muestreo durante la construcción

- a. Muestreo, ASTM D 75.

6.4 SUPERVISION PREVIA AL VACIADO

1. Alineación y pendientes

- a. Localización.
- b. Dimensiones.
- c. Preparación de la superficie
- d. Apoyos.

2. Encofrados

- a. Tipo especificado.
- b. Localización.
- c. Dimensiones.
- d. Tolerancias.
- e. Alineación.
- f. Estabilidad.
- g. Preparación de la superficie.
- h. Ubicación de juntas y sus dimensiones
- i. Hermeticidad.

- j. Achaflanes.
- k. Ventanas para inspección.
- l. Limpieza

3. Acero de refuerzo

- a. Tamaño (diámetro, longitud, dobleces y anclaje)
- b. Grado
- c. Ubicación (número de varillas, espaciamiento, recubrimiento).
- d. Empalmes.
- e. Limpieza (aceite, pintura, mortero seco. Etc.)
- f. Estabilidad
- g. Recubrimientos

4. Elementos embebidos

- a. Ubicación
- b. Tamaño
- c. Condición.

5. Juntas

- a. Juntas de contracción
 - Posición
 - Encofrado
 - Tirantes en su lugar y alineados (si los hay).
- b. Juntas de construcción
 - Posición
 - Preparación de la superficie
 - Tirantes en su lugar y alineados (si los hay).
- c. Juntas de expansión
 - Posición
 - Alineamiento
 - Libertad de interferencias con relación a los movimientos subsecuentes.
- d. Material de relleno para juntas.

6. Condiciones

- a. Calibración de los dispositivos de mezclado.
- b. Condición de la mezcladora, velocidad de operación.
- c. Provisiones para la colocación continua.
- d. Provisiones para protección contra el sol, lluvia, heladas.
- e. Herramientas y Equipos de compactación y vibrado en buen estado.

6.5 SUPERVISION DEL VACIADO

1. Condiciones

- a. Coordinación de la entrega del concreto.
- b. Luz y energía eléctrica, si fuere necesario.

2. Pruebas de campo del concreto

- a. Uso de una mezcladora especificada.
- b. Asentamiento.
- c. Contenido de aire
- d. Temperatura.
- e. Rendimiento
- f. Peso unitario
- g. Especímenes de cilindros (identificación, mezcla, ubicación y fecha).
- h. Curado inicial de las probetas.

3. Transporte del concreto

- a. Prevención de segregación y pérdida de materiales.
- b. Prevención de la contaminación.
- c. Condición de equipos de transporte (limpieza, sin agujeros, etc.)
- d. Uso de canales distribuidores so mangas para contener la caída libre.

4. Colocación y consolidación del concreto

- a. Preparación de las superficies de contacto.
- b. Capacidad de transporte para colocar el concreto en todas las áreas destinadas para la colocación.
- c. Prevención de segregación (evitar la caída contra los encofrados o refuerzo)
- d. Vibración interna (profundidad de inserción, espaciamiento, tiempo, inserción)

- vertical, sin movimiento del concreto por vibración).
- e. Remoción del agua de sangrado.

6.6 SUPERVISION DESPUES DEL VACIADO

1. Acabado, curado, y remoción de encofrados

- a. Tiempo especificado para iniciar remoción de los encofrados
- b. Acabado especificado.
- c. Protección de las superficies contra agrietamiento debido a un secado rápido (evitar el calor directo).
- d. Curado
 - Tiempo para iniciar el curado
 - Tipo de curado
 - Temperatura de curado apropiada.
- e. Juntas
 - Limpieza y sellado
 - Alineamiento de juntas aserradas.

2. Pruebas del concreto endurecido

- a. Curado de especímenes, ASTM C 31.
- b. Extracción de corazones de concreto (diamantina). ASTM C 42.
- c. Pruebas de resistencia a compresión, ASTM C 39.
- d. Pruebas de resistencia a tensión, ASTM C 496.
- e. Resistencia a flexión, ASTM C 293 y C 78.
- f. Peso específico, absorción y vacíos, ASTM C 642.
- g. Pruebas no destructivas.

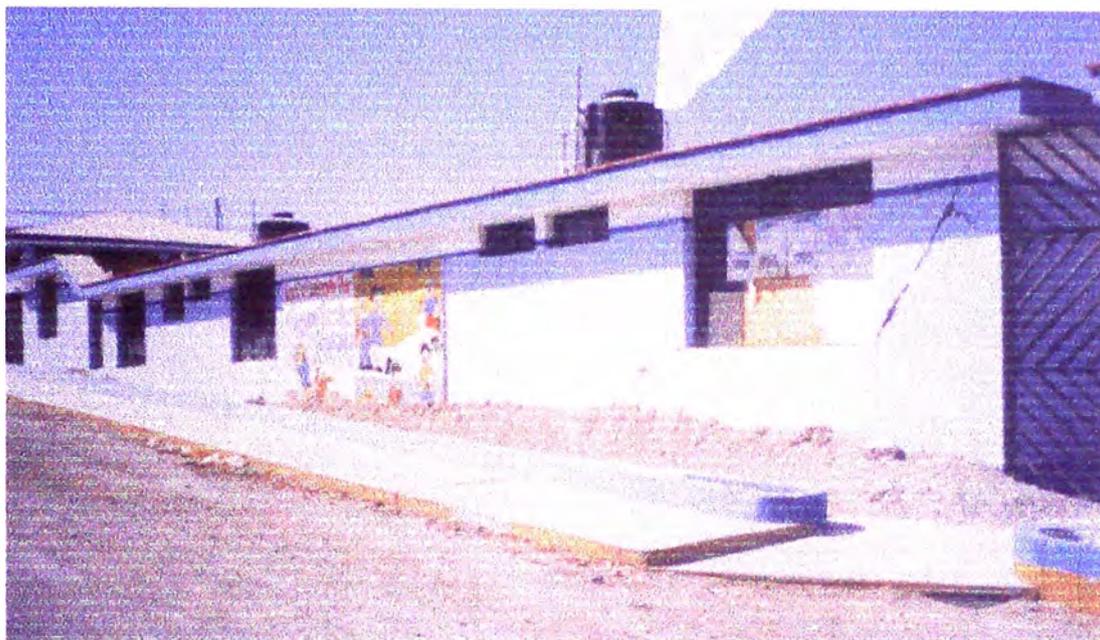
7. CAUSAS DE FALLAS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO

Es responsabilidad de la Supervisión el reducir a un mínimo las posibilidades de fallas, ya sean del constructor o propias, en las estructuras de concreto. A continuación se presenta una relación de las posibles causas de falla.

- Deficiente concepción del proyecto
- Inadecuado manejo de los materiales
- Inadecuado proporcionamiento de la mezcla
- Inadecuada preparación para el proceso de ejecución del vaciado
- Inadecuados procedimiento durante el proceso de ejecución del vaciado

1. DEFICIENTE CONCEPCION DEL PROYECTO

FOTO N° 1



DESCRIPCION

Obra: Centro de Salud de San Antonio - Moquegua

En las zonas altas del distrito existen áreas dedicadas a la actividad agrícola, lo cual ocasiona filtraciones de agua por debajo de todas las construcciones que se encuentran alrededor del Centro de Salud.

El Centro de Salud está constituido por una estructura de un solo nivel y su construcción está hecha en base a un sistema de muros portantes con pórticos de arriostre. La cimentación es del tipo superficial y está constituida por zapatas y cimientos corridos.

La estructura se encuentra cimentada sobre un tipo de suelo altamente expansivo (Foto 3).

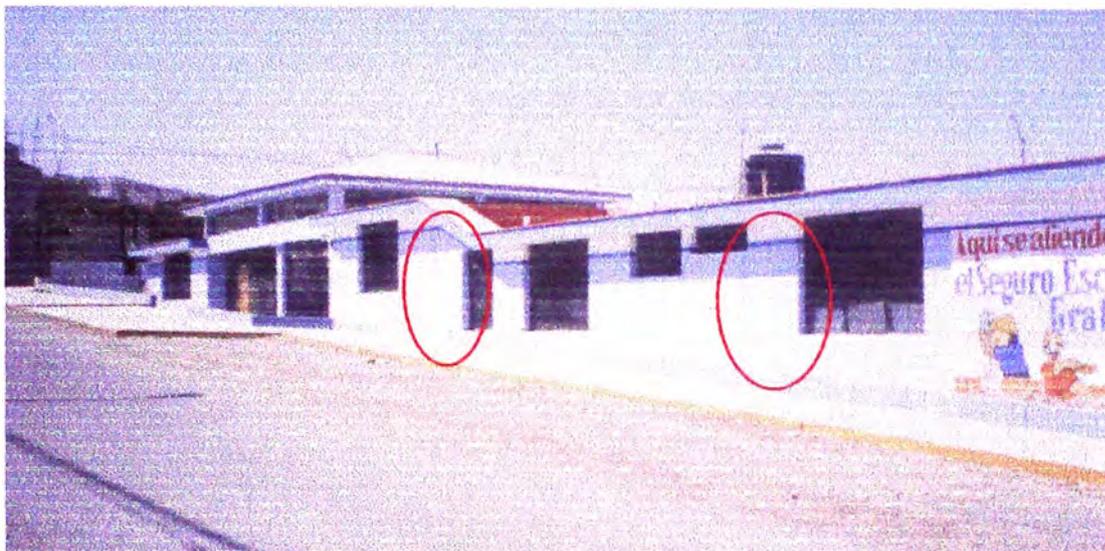
CAUSA DE FALLA

Deficiente concepción del proyecto - Las grietas fueron ocasionadas por la expansión del suelo (Foto 1 y Foto 2), el cual se sufre cambios de expansión en presencia de humedad, lo cual no fue considerado durante la elaboración del proyecto.

RECOMENDACIÓN

Además del adecuado manejo del concreto durante la etapa de ejecución también es importante evaluar durante la etapa de formulación de proyectos, los diversos factores externos que podrían afectar el servicio de la estructura.

FOTO N° 2



Grietas en fachada Centro de Salud, originadas por expansión del suelo

FOTO N° 3



Tipo de suelo expansivo sobre el que se encuentra cimentado el Centro de Salud San Antonio.

2. INADECUADO MANEJO DE LOS MATERIALES

FOTO N° 4



DESCRIPCION

Deficiente almacenamiento del cemento en obra.

RECOMENDACIÓN

- El método de almacenamiento consiste en colocarlo dentro de un compartimiento techado y fresco, sobre tarimas de maderas puestas en el piso, protegido de la humedad o del agua libre que pueda correr por el mismo.
- Las bolsas deberán almacenarse juntas, de manera de minimizar la circulación del aire, dejando un espacio alrededor de las paredes.
- El apilamiento del cemento, por períodos no mayores de 60 días, podrá llegar hasta una altura de doce bolsas. Para mayores períodos de almacenamiento el límite recomendado es el de ocho bolsas.
- Las bolsas de cemento se dispondrán de manera que se facilite su utilización de acuerdo al orden cronológico de recepción, a fin de evitar el envejecimiento de éstos.

FOTO N° 5



DESCRIPCION

Deficiente almacenamiento del agregado en obra.

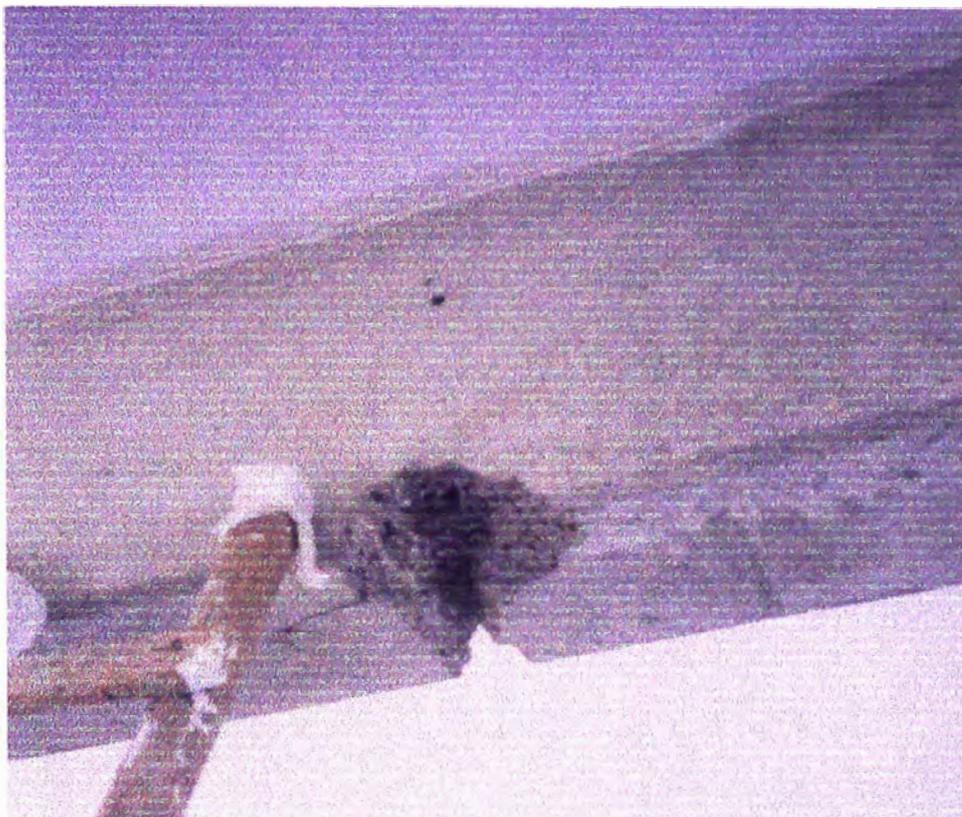
RECOMENDACION

El almacenamiento de los agregados debe garantizar continuidad para la fabricación del concreto, han de mantenerse tan uniformes como sea posible en cuanto a:

- Granulometría
- Contenido de humedad
- Evitar segregación.
- No mezclar los agregados de origen y tamaños diferentes.
- Evitar la contaminación (suciedad) con sustancias perjudiciales

3. INADECUADO PROPORCIONAMIENTO DE LA MEZCLA

FOTO N° 6



DESCRIPCION

Obra: "Estructura aporticada"

Se observa fisuras en la parte central de la luz de la viga y porosidad en el concreto, todo esto debido a un exceso de contenido de agua en la mezcla del concreto.

Para determinar las causas del fisuramiento, inicialmente, se procedió a verificar el cumplimiento de la cuantía de acero estipulado en los planos (se procedió a picar la viga hasta llegar al acero de refuerzo - Foto 6) cuyo resultado fue satisfactorio.

FOTO N° 7



FOTO N° 8



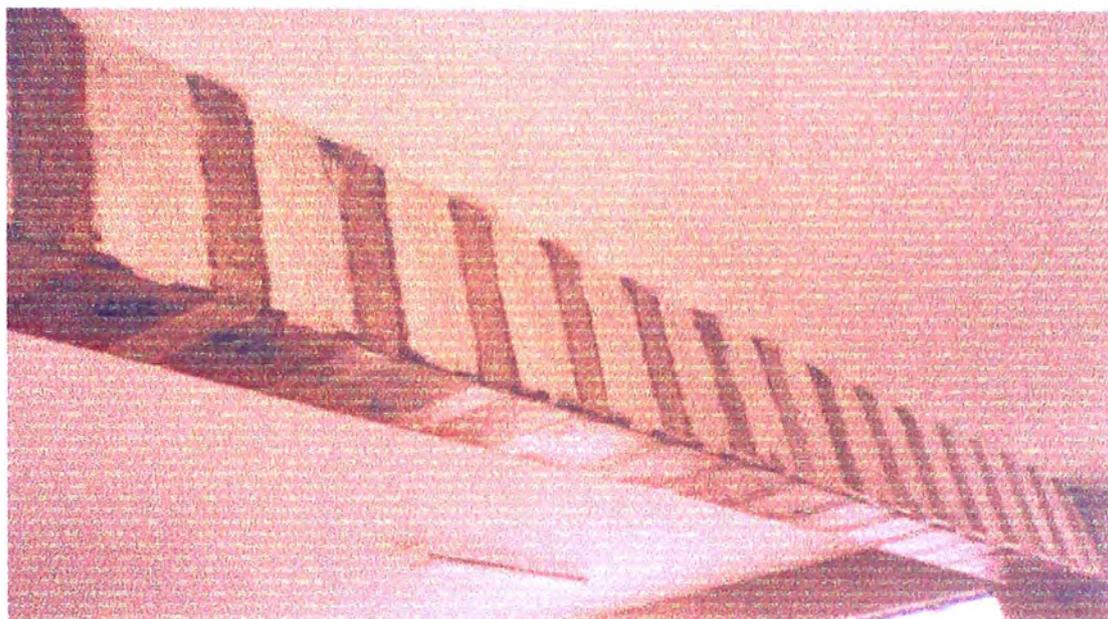
Luego se realizó la extracción de corazones de concreto, para determinar la resistencia a compresión de éstos.

Foto7 - Se observa el procedimiento para la ubicación de lugar de donde se extraerán los testigos de concreto.

Foto 8 - Se aprecia la extracción de los corazones de concreto para el ensayo de rotura a compresión.

Los resultados obtenidos se encuentran por debajo de los parámetros especificados, todo ello por un inadecuado proporcionamiento de la mezcla.

FOTO N° 9



Solución : Reforzar la viga con fibras de carbono

CAUSA DE FALLA

Inadecuado proporcionamiento de la mezcla - exceso de agua en la mezcla de concreto.

RECOMENDACIÓN

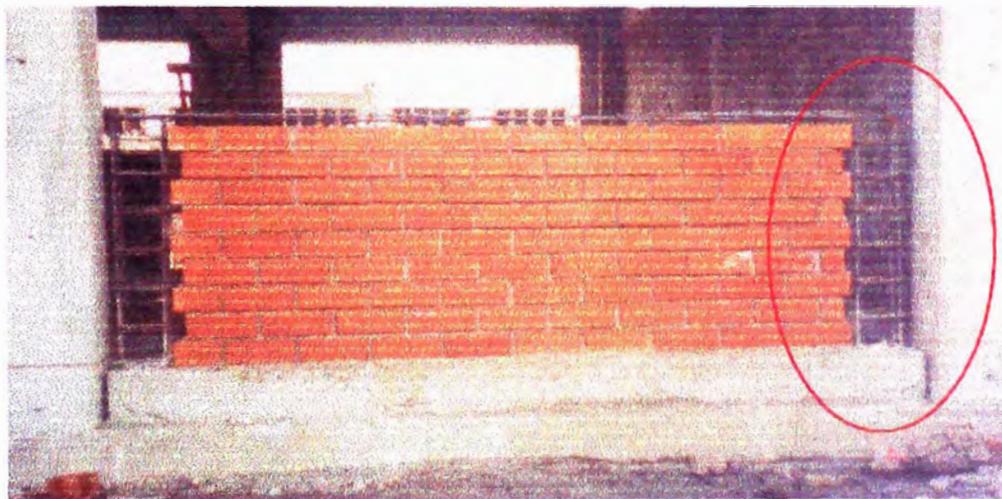
Se debe tomar en cuenta que a causa de condiciones que varían entre la operación de obra y la de laboratorio, puede ser necesario ajustar las proporciones en obra para lograr la trabajabilidad, la resistencia o el contenido de cemento deseado, lo cual debe hacerse de acuerdo con los procedimientos estipulados en las especificaciones.

4. INADECUADA PREPARACION PARA EL PROCESO DE EJECUCION DEL VACIADO

FOTO N° 10



FOTO N° 11



DESCRIPCION

Muros bajos arriostrados mediante columnetas y viguetas armadas.

CAUSA DE FALLA

Foto 10.- Deficiente colocación de acero de refuerzo en columnetas, se observa que la parte superior de la armadura no tiene espacio suficiente para el recubrimiento de elemento y la junta.

RECOMENDACIÓN

Foto 11 - Colocación de refuerzo en columnetas con los respectivos espacios para recubrimiento y juntas

FOTO N° 12



FOTO N° 13



DESCRIPCION

Foto 12.- Muro bajo donde viga presenta ausencia de acero de refuerzo.
Foto 13.- Zona donde columneta fue colocada superficialmente

RECOMENDACIÓN

Colocación de refuerzo en los elementos estructurales, respetando los planos de diseño

FOTO N° 14



FOTO N° 15



DESCRIPCION

Proceso de vaciado de losa aligerada.

Foto 14.- Deficiencia en el colocado de ladrillo de techo (desalineamiento), lo que ocasiona el cambio del ancho de las viguetas.

RECOMENDACIÓN

Foto 15 - Correcto alineamiento de los ladrillos de techo para evitar el cambio de los anchos de las viguetas y en consecuencia en el diseño original.

5. INADECUADOS PROCEDIMIENTO DURANTE EL PROCESO DE EJECUCION DEL VACIADO

FOTO N° 16



DESCRIPCION

Columna desencofrada con presencia de cangrejeras.

CAUSA DE FALLA

Deficiencia en la vaciado del concreto, por inadecuado vibrado en el proceso de colocación, lo que dio lugar a una "cangrejera", y en consecuencia la posterior demolición de la columna y la nueva ejecución de ésta.

RECOMENDACIÓN

Realizar el vibrado durante todo el proceso de ejecución del elemento estructural.

FOTO N° 17



DESCRIPCION

Junta entre columna y columneta de muro bajo, rellena de papel de bolsas de cemento.

CAUSA FALLA

Deficiencia en la construcción de juntas

RECOMENDACIONES

Seguir los procedimientos indicados en las especificaciones del proyecto.

8. RESUMEN ILUSTRATIVO DE FALLAS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO Y SU REPARACION

Obra: "Estructura de concreto de dos niveles, sistema aporricado y muros portantes"

Lugar: Arequipa – Sismo 2001

Se hace una descripción de los daños ocasionados por el sismo, debido a una inadecuada supervisión en el procedimiento constructivo, ocasionando altos costos en su reparación y reforzamiento estructural.

ESTRUCTURA PRIMER NIVEL

FOTO N° 1



Nótese juntas que no han sido construidas respetando los planos de diseño, las cuales durante el sismo contribuyeron al desprendimiento del tarrajeo adyacente.

ESTRUCTURA PRIMER NIVEL

FOTO N° 2

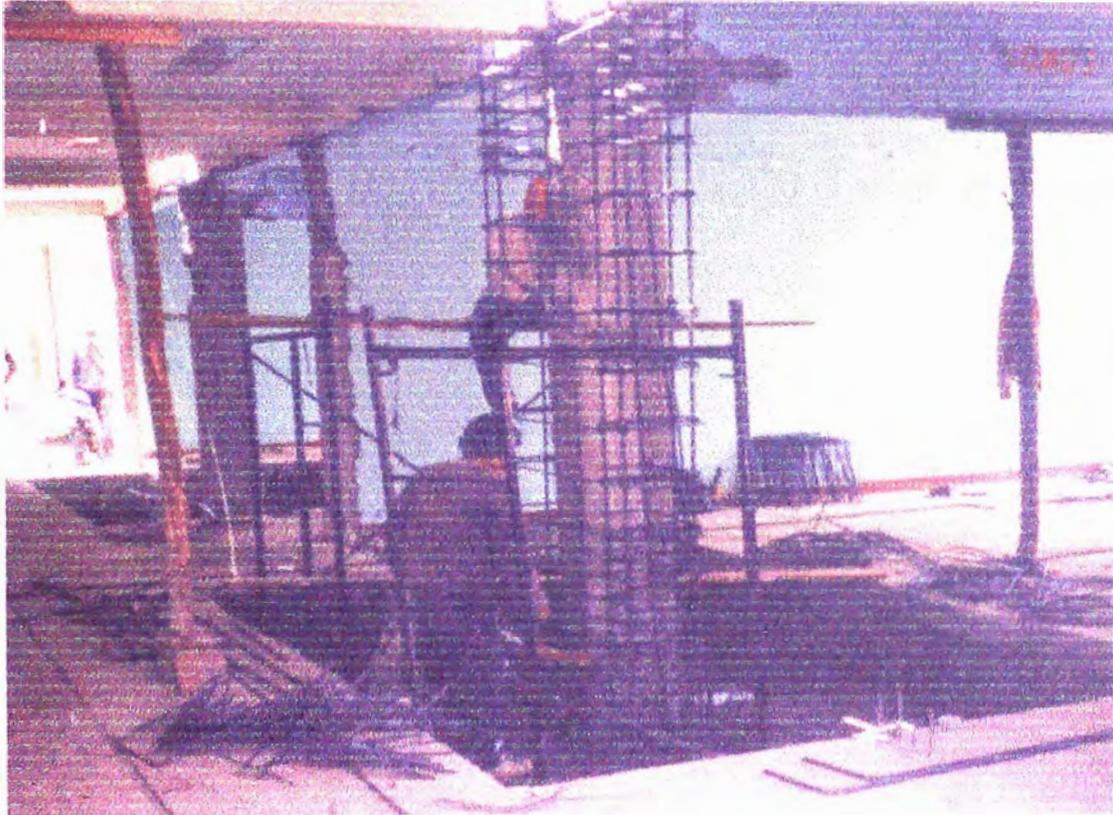


Desprendimiento de tarrajeo y recubrimiento del acero en columnas por deficiente comportamiento de ésta en caso de sismo al no poder desplazarse lateralmente por ausencia de juntas.

En junta ubicada entre columnas y estructura adyacente se ha dejado únicamente papel de bolsas de cemento. Debiendo ser una junta libre de 1.5" para un buen comportamiento en caso de sismo.

ESTRUCTURA PRIMER NIVEL (REPARACION)

FOTO N° 3



Demolición de piso y excavación para ensanchamiento de zapata y de columnas como reforzamiento estructural.

Se debe destacar que el reforzamiento estructural obedece a la Norma Sismo Resistente de 1997 (Tercera Norma modificada, efectuada a raíz de los sismos de México de 1985, Loma Prieta 1989, Northridge 1994, Kobe 1995 y Nazca 1996)

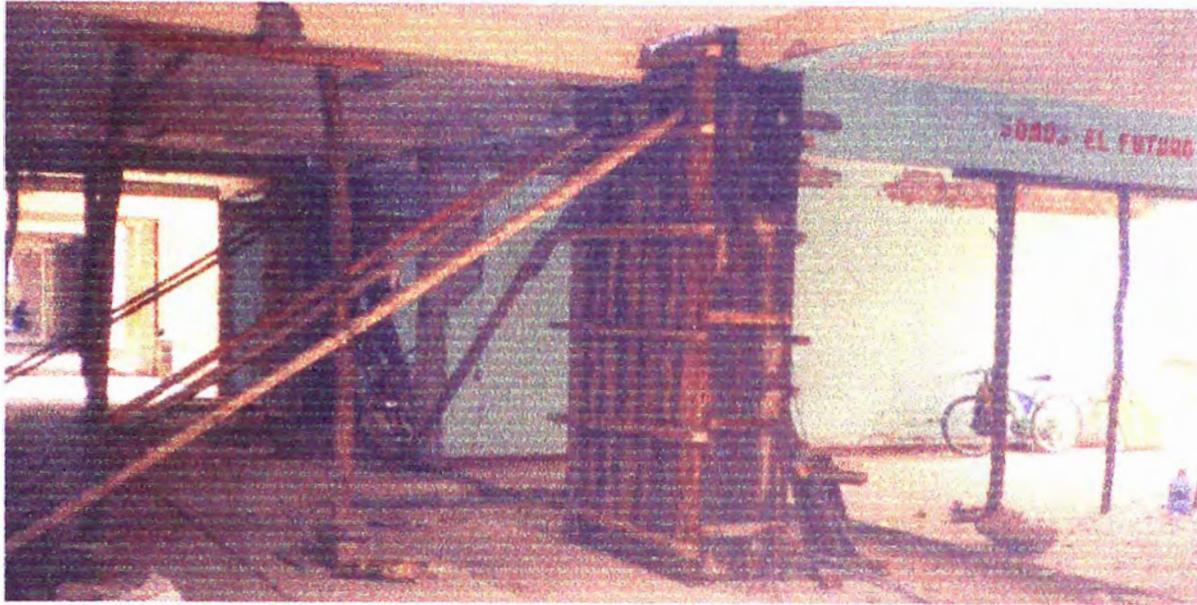
ESTRUCTURA PRIMER NIVEL (REPARACION)

FOTO N° 4



Vaciado de zapatas, colocación adecuada de acero en placas de reforzamiento y columnetas dejando el espaciamiento necesario para la construcción de juntas libres (sin relleno).

FOTO N° 5



Encofrado de placa de reforzamiento.

FOTO N° 6



Acabado de placa de reforzamiento y tabiquería adyacente con juntas de espaciamiento adecuado.

ESTRUCTURA SEGUNDO NIVEL

FOTO N° 7



Desplazamiento de tarrajeo en columnas, por deficiencia en construcción de juntas.

Corte de tabiquería existente para la construcción de la placa de reforzamiento.

ESTRUCTURA SEGUNDO NIVEL

FOTO N° 8



Desprendimiento de tarrajeo debido a falta de adherencia del acabado con el concreto y además juntas deficientes, se observa que se ha dejado bolsas de cemento entre elementos adyacentes debiendo ser una junta libre de 1.5".

ESTRUCTURA SEGUNDO NIVEL

FOTO N° 9



El proyecto contempla espaciamiento entre los elementos estructurales, sin embargo debido al proceso constructivo deficiente, el vaciado se ha llevado a cabo sin considerar el espacio para la junta, y en consecuencia el material que existe en ellas impide un buen desplazamiento de la columna durante un sismo.

ESTRUCTURA SEGUNDO NIVEL

FOTO N° 10



Se observa en la parte superior de las columnas falla por columna corta
Para el proceso de reparación se ejecuta apuntalamiento, corte y/o demolición de
columnetas y muros adyacentes, lo cual incide en mayores costos.

ESTRUCTURA SEGUNDO NIVEL

FOTO N° 11



Detalle de falla por "columna corta" ubicada en la parte superior de columna

ESTRUCTURA SEGUNDO NIVEL (REPARACION)

FOTO N° 12



Ubicación del acero en placas de reforzamiento

FOTO N° 13



Encofrado de placa de reforzamiento

ESTRUCTURA PRIMER Y SEGUNDO NIVEL – EJE EXTERIOR (REPARACION)

FOTO N° 14



Para el proceso de reparación se ejecuta el desmontaje total de ventanas (ocasiona rotura de vidrios), corte y/o demolición de columnetas y muros, apuntalamiento y otros, pudiéndose haber evitado éstos con una adecuada Supervisión en la ejecución de la obra original.

ESTRUCTURA PRIMER Y SEGUNDO NIVEL – EJE EXTERIOR (REPARACION)

FOTO N° 15



Colocación del acero en placas de reforzamiento.

FOTO N° 16



Encofrado de placas de reforzamiento. Se observa el sellado de la unión de la madera del encofrado para evitar la filtración de la lechada de cemento, así como también la ubicación de ventanas en el encofrado para realizar los vaciados a alturas convenientes y así evitar la segregación del concreto.

ESTRUCTURA PRIMER Y SEGUNDO NIVEL – EJE EXTERIOR (REPARACION)

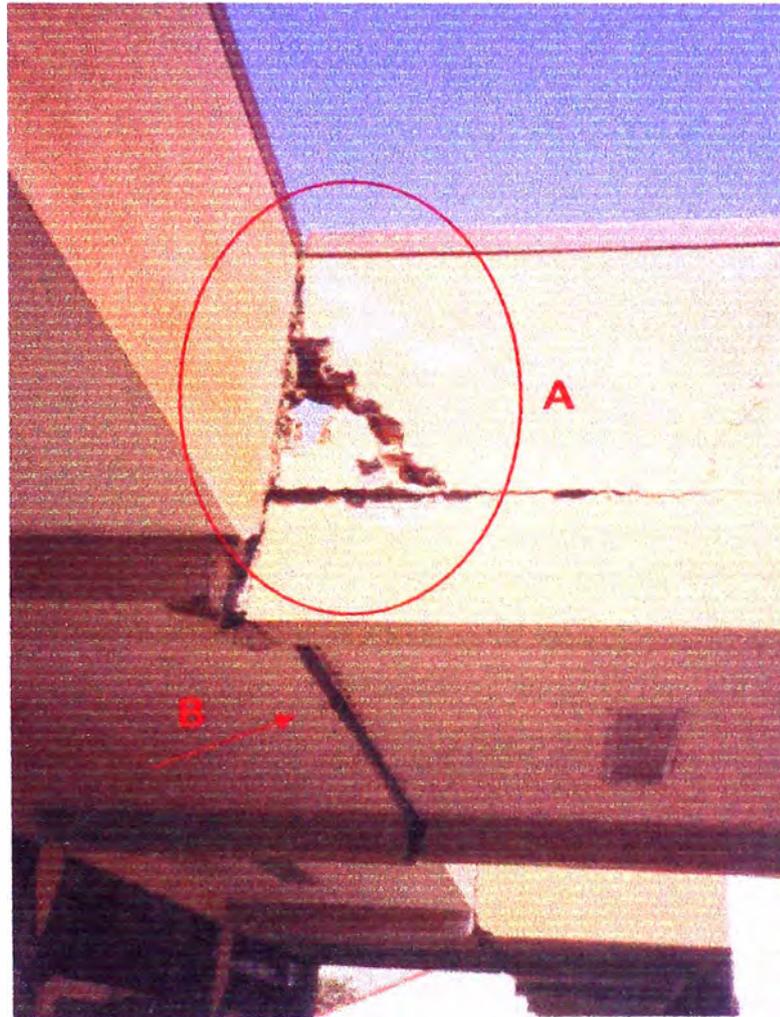
FOTO N° 17



Placas de reforzamiento y columnetas concluidas con juntas para un adecuado comportamiento sísmico.

PARAPETO SIN COLUMNA

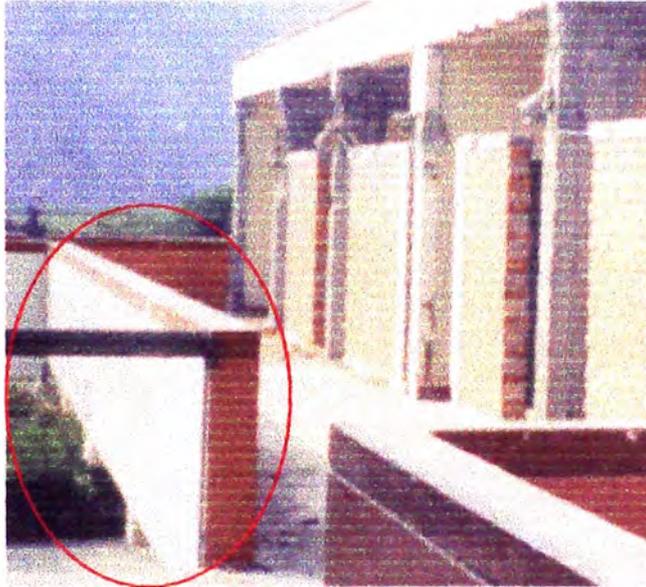
FOTO N° 18



- A.- Parapeto de balcón de segundo nivel sin columna.
B.- Se observa ausencia de junta libre entre dos pabellones
En ambos casos no se respetó lo indicado en los planos de diseño

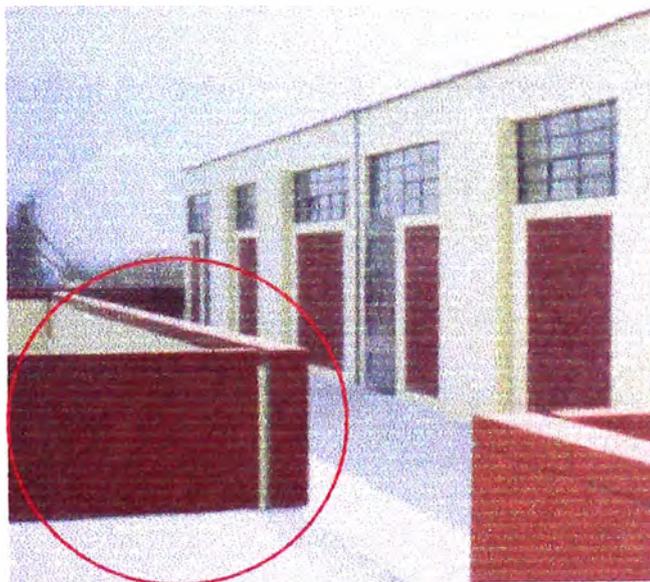
PARAPETO SIN COLUMNA (REPARACION)

FOTO N° 19



Demolición de parapeto de albañilería para reconstrucción según planos de diseño.

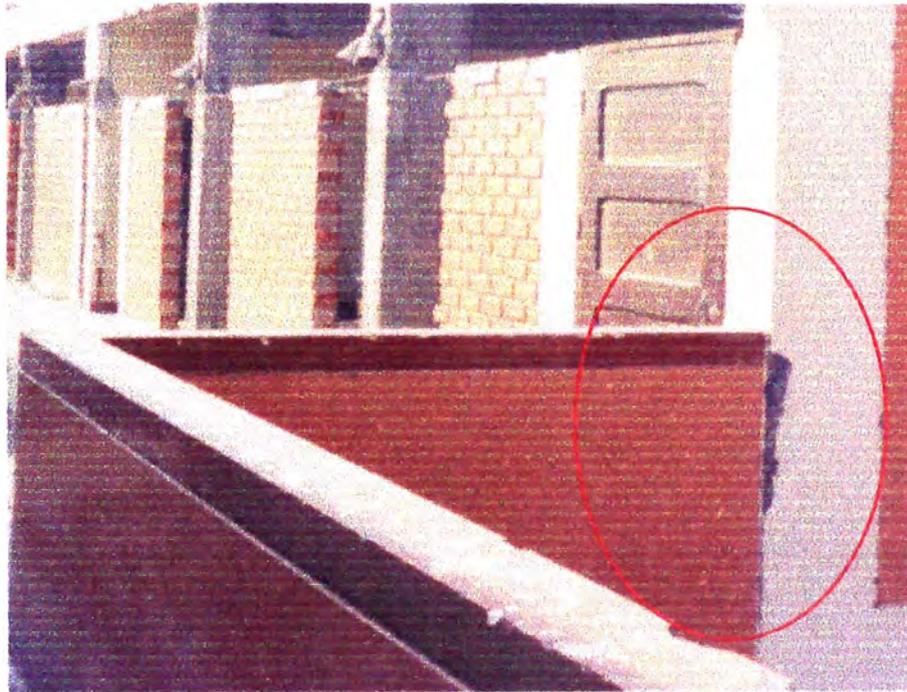
FOTO N° 20



Restitución de parapeto con juntas libres para un comportamiento óptimo en caso de sismo.

PARAPETO CON COLUMNA Y SIN JUNTA ADECUADA

FOTO N° 21



Deficiente ejecución de la junta entre parapeto y estructura de aulas adyacentes.

PARAPETO CON COLUMNA Y SIN JUNTA ADECUADA (REPARACION)

FOTO N° 22



Proceso de reparación de junta deficientemente ejecutada (picado de concreto de columna existente en parapeto).
Se observa que los aceros de la columna no tienen la separación suficiente para la construcción de la junta.

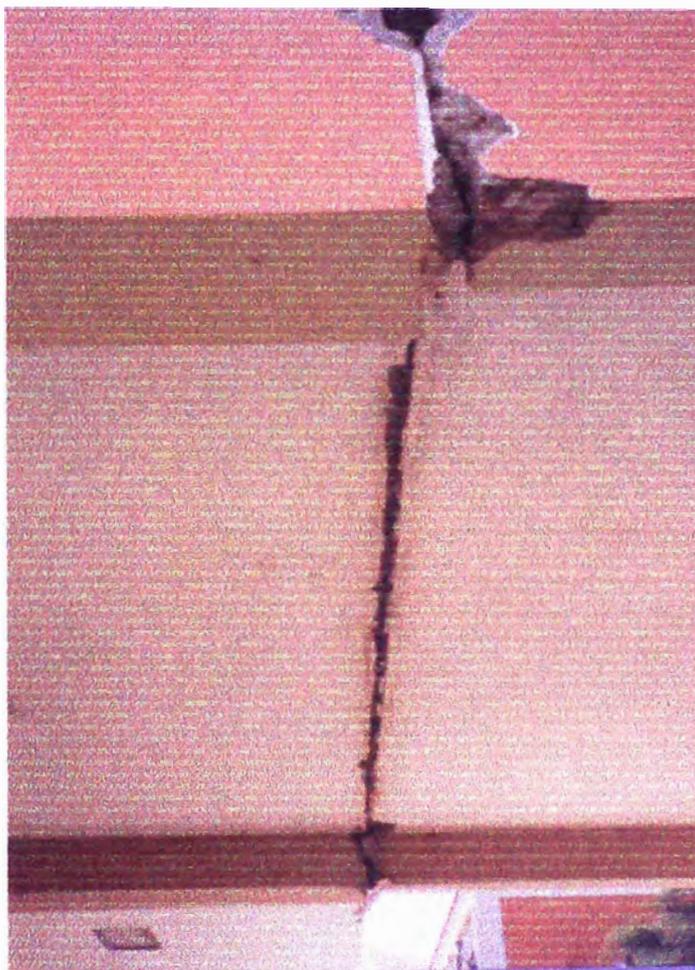
FOTO N° 23



Reparación de columnas de parapeto considerando la existencia de la junta correspondiente

CIELO RASO – JUNTA DEFECTUOSAMENTE CONSTRUIDA

FOTO N° 24



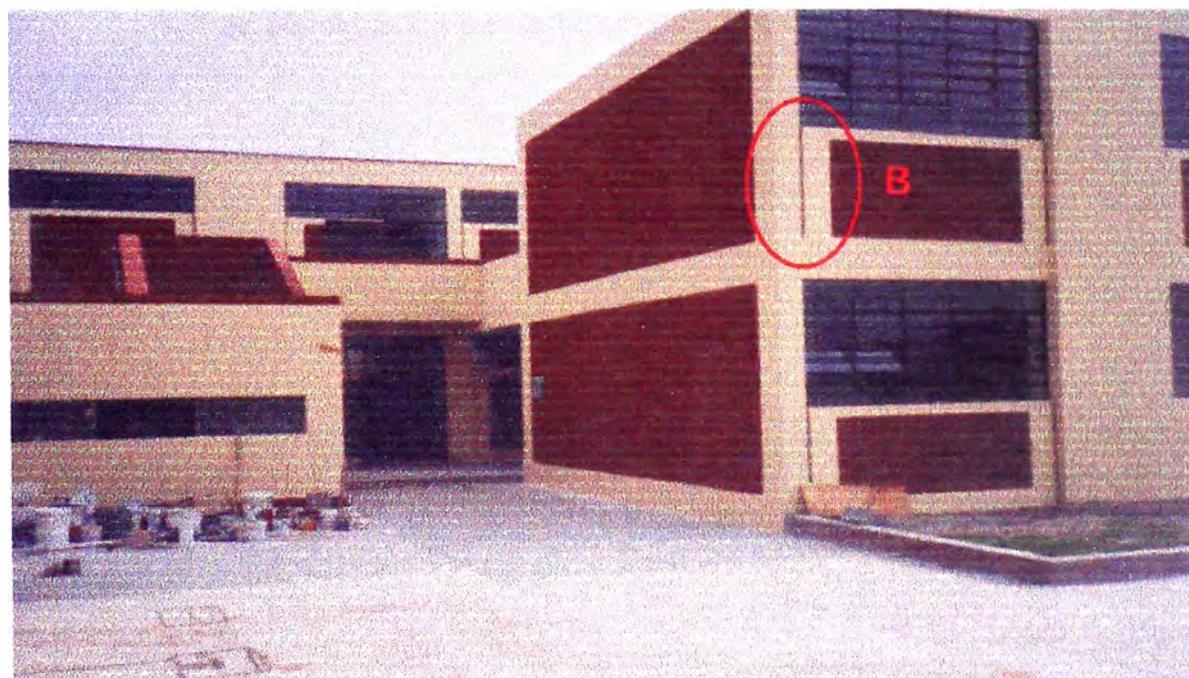
Se observan las juntas defectuosamente construidas, nótese en este caso que el Contratista inicial no efectuó la limpieza de las rebabas de concreto antes de colocación de tapa junta.

OBRA DE REPARACION Y REFORZAMIENTO TERMINADA

FOTO N° 25



FOTO N° 26



- A.- Se observa juntas libres entre pabellones cubiertas por tapajuntas.
B.- Juntas libres entre placas y muros

OBRA DE REPARACION Y REFORZAMIENTO TERMINADA

FOTO N° 27



Se observan las juntas libres entre parapetos

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El propietario controlará los trabajos efectuados por el Contratista a través del Supervisor quien será el responsable de velar directa y permanentemente por la correcta ejecución de la obra y del cumplimiento del contrato. Por otro lado el Residente de Obra representa al Contratista para los efectos ordinarios de la obra, no estando facultado a pactar modificaciones al contrato. Según el TUO de la Ley de contrataciones y Adquisiciones del Estado y su Reglamento. Ley 26850. DS 083 y 084 – 2004 - PCM
- El profesional que desempeña el trabajo de Supervisor de obra se enfrenta no sólo a problemas de carácter técnico, sino también a conflictos generados por la interacción humana. Además de las competencias necesarias para afrontar los problemas de carácter técnico y humano, el Supervisor debe contar con un conjunto de valores y actitudes positivas para un adecuado desempeño de su labor. Para el cumplimiento de sus objetivos, la supervisión debe hacer un uso correcto de los medio de comunicación a su alcance, principalmente del Cuaderno de Obra.
- La Supervisión y las pruebas por si mismas no agregan calidad al producto o al proceso que está siendo supervisado. La Supervisión y la prueba únicamente confirman si el producto o el proceso cumplen con los criterios establecidos. Sin embargo, la información derivada de la Supervisión y del proceso de pruebas, cuando se evalúan apropiadamente y con las conclusiones y decisiones correctas garantiza la calidad del producto o del proceso.
- El Supervisor debe velar por que los trabajos se realicen satisfactoriamente en toda su magnitud, por ello debe dar mayor importancia al inicio de una tarea o partida. Un buen inicio al momento de ejecutar cualquier tarea es importante ya que un procedimiento equivocado, es mas fácil de corregir la primera vez que se hace y no cuando se ha hecho repetidas veces de esa forma.
- No hay labor más importante, difícil y exigente que la Supervisión del trabajo ajeno. Una buena supervisión reclama más conocimientos, habilidad, sentido común y

previsión que otros de trabajos. La Supervisión de obra puede ser un factor determinante tanto para el éxito, como para el fracaso de un proyecto. Un gran número de problemas estructurales y de servicio en las construcciones no son atribuibles sólo a deficiencias del diseño sino también, al mal desempeño de la Supervisión.

- En el Perú los Sismo acontecido en los últimos años dejaron en evidencia la falta de seriedad e irresponsabilidad de los Residentes de Obra, al realizar procedimientos constructivos inadecuados, alejándose de lo que indican las Normas en lo referente al manejo de los materiales y procesos de construcción. La falta fue aún mayor para los Supervisores de estas obras colapsadas, que éstos fueron contratados por el propietario para velar por el cumplimiento de lo especificado en el Expediente Técnico de cada Obra. (Muchos de los cuales no se cumplieron).

Tomando como experiencia lo sucedido en el Sismo del 2001, las Normas fueron modificadas en lo referente a diseño sismorresistente. Pero no basta cambiar las Normas y Reglamentos, sino también que exista la conciencia de cumplirlas por parte de los profesionales involucrados.

- La mayoría de los casos, los sismos (con sus respectivas pérdidas económicas y de vidas humanas) son los que dejan en evidencia los vicios cometidos por los responsables de las obras. Por ello es importante que los Supervisores seas profesionales colegiados y habilitados por sus respectivos colegios profesionales, y además con una preparación integral en el ámbito en el cual se van a desempeñar, es decir debe conocer tanto los aspectos teóricos, prácticos y consecuencias de las prácticas inadecuadas durante la ejecución de una obra de concreto.

RECOMENDACIONES

- La Supervisión debe ser confiada a personal profesional con experiencia en la parte del proyecto que se le ha asignado y la preparación teórica que le permita conocer los principios técnicos pertinentes.
- Sería recomendable que el Colegio de Ingenieros del Perú forme una Comisión calificadora de las capacidades profesionales, las cuales deben ser evaluadas cada cierto tiempo. Esto conllevaría a la preocupación de los Ingenieros en su preparación permanente y estar a la vanguardia de los avances en el campo de su profesión.
- El Supervisor debe mantener una actitud impersonal, agradable y de colaboración hacia el Contratista y su personal. Deben evitarse las familiaridades y jamás deben aceptarse favores personales del Contratista o de su personal. Actuando honestamente y reconociendo el trabajo bien hecho, normalmente el Supervisor logrará el respeto y colaboración del personal y del Contratista. En especial el Supervisor deberá abstenerse de hacer críticas a la empresa o trabajadores del Contratista, así como de hacer alarde de los errores descubiertos.
- Durante el proceso constructivo de la obra, es recomendable que la Supervisión esté en constante coordinación con el ingeniero Proyectista para prever oportunamente las modificaciones o la complementación de las omisiones que se encuentren en el proyecto. Por lo que es importante las visitas periódicas a obra por parte del Ingeniero Proyectista.
- Es recomendable que los propietarios (Entidades públicas o privadas), recurran a la contratación de una Supervisión experimentada, sin escatimar el costo que genere, considerando éste como una inversión y no un gasto. Dicho costo está contemplado en las Normas de Contrataciones de Supervisión.
- Constituyen faltas a la ética, punibles de sanción temporal o permanente por el Tribunal de Ética del CIP correspondiente, todas las acciones o decisiones a favor de Contratista que tiendan a perjudicar al propietario

BIBLIOGRAFIA

- "Manual of Concrete Inspection"; American Concrete Institute (ACI); Año 1999.
- "Guide for Concrete Inspection"; American Concrete Institute (ACI); Año 2000.
- "Guide for concrete plain inspection and testing of Ready-Mixed Concrete"; American Concrete Institute (ACI); año 2002.
- "Recomendaciones para el Proceso de puesta en Obra de Estructuras de Concreto"; Ing. Enrique Riva López; Año 1987; Lima-Perú.
- "Construcción y Supervisión de Obras "; Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG); Año 2000; Lima-Perú.
- Control del Concreto en Obra; Ing. Enrique Riva López; Año 2004; Lima-Perú.
- Inspección de la Construcción de Concreto Armado; Juan Ortega García; Año 1997; Lima-Perú.
- Boletín Técnico; Asociación de Productores de Cemento ; Lima-Perú.
- Reglamento Nacional de Construcciones; Cámara Peruana de la Construcción; Año 2000, Lima-Perú.
- NORMAS TÉCNICAS PERUANAS (NTP); INDECOPÍ.

NTP 334.007

CEMENTOS. Muestreo e inspección

NTP 334.084

CEMENTOS. Aditivos funcionales a usarse en la producción de cementos Pórtland.

- NTP 334.088** CEMENTOS. Aditivos químicos en pastas, morteros y hormigón (concreto). Especificaciones
- NTP 334.089** CEMENTOS. Aditivos incorporadores de aire en pastas, morteros y hormigón (concreto)
- NTP 334.090** CEMENTOS. Cementos portland adicionados. Requisitos
- NTP 334.099** CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la reactividad potencial álcali-sílice de los agregados. Método químico.
- NTP 334.104** CEMENTOS. Adiciones minerales del hormigón (concreto) puzolana natural cruda o calcinada y ceniza. Especificaciones.
- NTP 334.113** CEMENTOS. Método de ensayo para cambio de longitud de barras de mortero debido a la reacción entre el cemento Portland y los agregados álcali-reactivos
- NTP 339.185** AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.
- NTP 400.010** AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras
- NTP 400.012** AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global
- NTP 400.013** AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar el efecto de las impurezas orgánicas del agregado fino sobre la resistencia de morteros y hormigones.
- NTP 400.015** AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para terrones de arcilla y partículas desmenuzables en los agregados.
- NTP 400.016** AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.
- NTP 400.017** AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.
- NTP 400.018** AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales mas finos que pasan por el tamiz normalizado 75 um (200) por lavado en agregados.
- NTP 400.019** AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de los Angeles.

- NTP 400.020** AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaño grande por abrasión e impacto en la máquina de los Angeles.
- NTP 400.021** AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para espeso específico y absorción del agregado grueso.
- NTP 400.022** AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.
- NTP 400.024** AGREGADOS. Método de ensayo para determinar cualitativamente las impurezas orgánicas en el agregado fino para concreto.
- NTP 400.037** AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto).
- NTP 339.035** HORMIGON. Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams.
- NTP 339.036** HORMIGON. Práctica normalizada para muestreo de mezclas de concreto fresco.
- NTP 339.043** HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo de la consistencia por penetración de la semiesfera Kelly.
- NTP 339.046** HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo gravimétrico para determinar el peso por metro cúbico, rendimiento y contenido de aire del hormigón.
- NTP 339.059** HORMIGON (CONCRETO). Método para la obtención y ensayo de corazones diamantinos y vigas cortadas de hormigón (concreto).
- NTP 339.081** HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo volumétrico para determinar el contenido de aire en las mezclas frescas.
- NTP 339.114** HORMIGON (CONCRETO). Concreto premezclado.
- NTP 339.183** HORMIGON (CONCRETO). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio.
- NTP 339.146** SUELOS Método de prueba standar para el valor equivalente arena y agregado fino.

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM)

Norma ASTM A 775	“Specification for Epoxy-Coated Reinforcing Steel Bars”
Norma ASTM C 29	“Test for Unit Weight and Voids in Agrégate”
Norma ASTM C 33	“Standar Specification for concrete Aggregates”
Norma ASTM C 40	“Test for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete”
Norma ASTM C 42	“Method of Obtaining and Testing Driller Cores and Saded Beams of Concrete”
Norma ASTM C 70	“Test for Surface Moisture in Fine Agrégate”
Norma ASTM C 88	“Test for Soundness of Aggreghates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate”
Norma ASTM C 94	“Specification for ready Mixed Concrete”
Norma ASTM C 117	“Test Method Materials Finer Than 75 um (No.200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing”
Norma ASTM C 123	“Test Method for Lightweight Price in Aggregate”
Norma ASTM C 127	“Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Agrégate”
Norma ASTM C 128	“Test Method for Specific Gravity and Absorption of Fine Agrégate”
Norma ASTM C 131	“Test for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine”
Norma ASTM C 136	“Method for Sieve Análisis of Fine and Coarse Aggregates”
Norma ASTM C 138	“Test for Unit Weight, Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete.
Norma ASTM C 142	“Test Method For Clay Lumps and Friable Particles in Aggregate”
Norma ASTM C 143	“Test for slump of Pórtland cement concrete”
Norma ASTM C 150	“Specifications for portland cement”
Norma ASTM C 172	“Method of Sampling Freshly Mixed Concrete”

-
- Norma ASTM C 173** "Test of Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Volumetric Method"
- Norma ASTM C 183** "Practice for Sampling and the Amount of Testing of Hydraulic Cement"
- Norma ASTM C 192** "Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory".
- Norma ASTM C 227** "Test Method for Potencial Álcali Reactivity of Cement-Aggregate"
- Norma ASTM C 260** "Especificación for air entraining admixtures for concrete"
- Norma ASTM C 289** "Test Method for Potencial Reactivity of Aggregates (Chemical Method)"
- Norma ASTM C 295** "Standard Practice for Petrographic Examination of aggregates for Concrete".
- Norma ASTM C 309** "Standard Specification for Liquid membrane-forming Compounds for Curing Concrete"
- Norma ASTM C 330** "Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete".
- Norma ASTM C 331** "Specification for Lightweight Aggregates for Concrete Masonry Units"
- Norma ASTM C 332** "Specification for Lightweight Aggregates for Insulating Concrete "
- Norma ASTM C 360** "Test for Ball Penetration in Fresh Portland Cement Concrete"
- Norma ASTM C 494** "Specification for chemical admixtures for concrete"
- Norma ASTM C 535** "Test for Resistance to Degradation of Large Size coarse Aggregate by Abrasión and Impact in the Los Angeles Machine"
- Norma ASTM C 566** "Test Method for Total Moisture Content of Aggregate by Drying"
- Norma ASTM C 567** "Test for Unit Weight of Structural Light-weight Concrete"
- Norma ASTM C 586** "Test Method for Potencial Álcali Reactivity of Carbonate Rocks for Concrete Aggregates (Rock Cylinder Method)"
- Norma ASTM C 595** "Specification for blended Hydraulic cement"

- Norma ASTM C 618** "Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Concrete"
- Norma ASTM C 666** "Test for resistance of concrete to rapid freezing and thawing"
- Norma ASTM C 682** "Standard Practice for Evaluation of Frost Resistance of Coarse Aggregates in Air-Entrained Concrete by Critical Dilation Procedures".
- Norma ASTM C 685** "Specification for Concrete Made by Volumetric Batching and Continuous Mixing".
- Norma ASTM C 881** "Specification for Epoxy-Resin-Base Bonding Systems for Concrete"
- Norma ASTM C 989** "Specification for ground granulated blast-furnace slag for use in concrete and mortar"
- Norma ASTM C 1017** "Standard Specification for Chemical Admixtures for Use in Producing Flowing Concrete"
- Norma ASTM C 1077** "Practice for Laboratories Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Laboratory Evaluation"
- Norma ASTM C 1157** "Performance Specification for Hydraulic Cement"
- Norma ASTM D 75** "Standard Practice for Sampling Aggregates".
- Norma ASTM D 98** "Standard Specification for Calcium Chloride"
- Norma ASTM D 448** "Classification for Standard Sizes of Coarse Aggregate for Road and Bridge Construction".
- Norma ASTM D 2419** "Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate"
- Norma ASTM E 329** "Recommended Practice for Inspection and Testing Agencies for Concrete, Steel, and Bituminous Materials as Used in Construction."

- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI)

- ACI 116R** : Cement and Concrete Terminology
- ACI 117** : Standard Specifications for Tolerances for Concrete Construction and Materials.
- ACI 201.2R** : Guide to Durable Concrete
- ACI 211.1** : Standard Practice for Selecting Proportions for normal, Heavyweight, and Mass Concrete.
- ACI 211.2** : Standard Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete.
- ACI 211.3** : Guide for Selecting Proportions for No-Slump Concrete.
- ACI 301** : Specifications for Structural Concrete
- ACI 302.1R** : Guide for Concrete Floor and Slab Construction
- ACI 304R** : Guide for Measuring, mixing, Transporting, and Placing Concrete
- ACI 305R** : Hot Weather Concreting
- ACI 306R** : Cold Weather Concreting
- ACI 309R** : Guide for Consolidation of Concrete.
- ACI 318** : Building Code requirements for Structural Concrete and Commentary
- ACI 345R** : Guide for Concrete Highway Bridge Deck Construction.
- ACI 347R** : Guide to Formwork for Concrete.
- ACI 503R** : Use of Epoxy Compounds with Concrete.
- ACI 504R** : Guide to Sealing Joints in Concrete Structures.
- ACI 506R** : Guide to Shotcrete
- ACI 546R** : Concrete Repair Guide.

• **REFERENCIAS**

- 1) Reglamento de la Ley de Contrataciones y Adquisiciones del Estado; Artículo 247; 2006
- 2) "Ejecución y control de estructuras de hormigón" , Dr. Ing. José Calavera Ruiz, Año 1996, Madrid – España
- 3) "La Supervisión de Obra", Romel Solis Carcaño, Año 2004, Mexico
- 4) "Fallas técnicas de la construcción", Jacob Feld, Año 1964, España.
- 5) "Administración de Empresas Constructoras", Suarez C.. Año 2001, Mexico DF
- 6) "Construcción y Supervisión de Obras "; Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG); Año 2000; Lima-Perú.
- 7) Reglamento de la Ley de Contrataciones y Adquisiciones del Estado; Artículo 253; 2006
- 8) Reglamento de la Ley de Contrataciones y Adquisiciones del Estado; Artículo 251; 2006
- 9) "Guia para Supervisores", Smith C, Año 1987, Mexico DF
- 10) "Guide for Concrete Inspection"; American Concrete Institute (ACI); Año 2000
- 11) "Guide to Durable Concrete", American Concrete Institute (ACI).

- PAGINAS WEB

- <http://www.arqhys.com/el-concreto.html>
(Publicaciones sobre concreto)
- <http://www.nrmca.org/aboutconcrete/>
(Concreto en Práctica)
- <http://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/>
(Documentos Técnicos)
- <http://www.unicon.com.pe/uniconsultas.htm>
(Consulta en Línea – UNICON)
- http://www.unicon.com.pe/cont_not-atecnico.htm
(Artículos Técnicos – UNICON)
- http://www.unicon.com.pe/clinica_concreto.htm
(Clínica del concreto – UNICON)
- <http://www.unispan.com.pe/DESENCO.HTM>
(Sistema de Desencofrado rápido)
- [http://www.aiu.org.uy/Enciclopedia del horm.PDF](http://www.aiu.org.uy/Enciclopedia_del_horm.PDF)
(Biblioteca del Hormigón)
- <http://www.asocem.org.pe/>
(ASOCEM)
- <http://www.aci-peru.org/portal/>
(ACI – PERU)

- <http://www.bvindecopi.gob.pe/nortec.html>
(Biblioteca Virtual de INDECOPI)

- <http://www.asocreto.org.co/instituto/publicaciones.html>
(Instituto del Concreto)

- <http://www.asocreto.org.co/noticreto/articulos/concretomasivo2.pdf>
(Artículo sobre Concreto Masivo)

- <http://www.hormigonelaborado.com/manual.htm>
(Manual de uso del Hormigón Premezclado)

- <http://www.elprisma.com/apuntes/apuntes.asp?categoria=607>
(Artículos Técnicos de Ingeniería Civil)

- <http://concretonline.com/jsp/hormigon.jsp>
(Concreto On Line)

- <http://www.lilycorp.com/ArticlesSP.htm>
(Artículos Técnicos)

ANEXOS

ANEXO 1

CONCRETO PREMEZCLADO

REQUISITOS DE UNIFORMIDAD DEL CONCRETO

1. VARIACIONES DE LA TANDA

Las variaciones dentro de la tanda deberán ser determinadas como la diferencia entre el valor más alto y el más bajo obtenidos de las diferentes porciones de la misma tanda. La comparación es entre dos muestras que representan la primera y última porción de la tanda que está siendo ensayada.

Si los resultados obtenidos de 5 ò 6 ensayos de mezclas tomados de diferentes porciones de la misma tanda cumplen con los límites indicados en el inciso 4, se considerará que el concreto está dentro de los límites de uniformidad.

2. CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

Empleando el método de ensayo de cernido húmedo, el contenido de agregado grueso deberá ser computado a partir de la siguiente relación

$$P = 100 \left(\frac{c}{b} \right)$$

P = Porcentaje de agregado grueso por peso del concreto.

c = Peso, en kilos, del agregado, en condición de saturado superficialmente seco, retenido en el Tamiz N1 4, resultante de lavar todo el material más fino que éste Tamiz.

b = Peso de la muestra de concreto fresco, en kg.

3. PESO DEL MORTERO LIBRE DE AIRE

El peso del mortero libre de aire deberá ser calculado de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$M = \frac{(b - c)}{V} - \left(\frac{V \cdot A}{100} + \frac{C}{1000 \cdot G} \right)$$

M = Peso unitario del mortero libre de aire, kg/m³.

V = Volumen del recipiente de peso unitario, m³.

A = Contenido de aire del mortero, porcentaje medido sobre la muestra que está siendo ensayada.

G = Peso específico del agregado grueso en condición de saturado superficialmente seco.

4. REQUISITOS DE UNIFORMIDAD DEL CONCRETO

Los requisitos se expresan como la diferencia máxima permisible en los resultados de los ensayos de muestras tomadas de dos puntos diferentes de la tanda:

- Peso por metro cúbico para un concreto libre de aire 16 kg/m³
- Contenido de aire, % por volumen de concreto 1%
- Asentamiento:
 - Si el promedio es de 4" ó menos 1"
 - Si el asentamiento es de 4" á 6" 1.5"

- Contenido de agregado grueso, porción de peso en cada muestra retenida en el Tamiz N° 4 6%
- Peso unitario del mortero libre de aire, basado sobre el promedio de todas las muestras ensayadas 1.6%
- Resistencia en compresión promedio a los 7 días para cada muestra, basado sobre la resistencia promedio de todos los especímenes de ensayo 7.5%

En los ensayos de resistencia la muestra estará conformada por no menos de tres probetas.

Una aprobación tentativa de la mezcladora puede ser hecha sobre la base de los resultados de los ensayos de resistencia en compresión a los 7 días.

ANEXO 2

CAST-IN-PLACE CONCRETE FOR BUILDINGS – ACI 117

1. Vertical alignment

1.1 For heights 100 ft or less

- Lines, surfaces, and arrises 1 in.
- Outside corner of exposed corner columns and control joint grooves in concrete exposed to view 1/2 in.

1.2 For heights greater than 100 ft

- Lines, surfaces, and arrises, 1/1000 times the height but not more than 6 in.
- Outside corner of exposed corner columns and control joint grooves in concrete, 1/2000 times the height but not more than 3 in.

2. Lateral alignment

2.1. Members 1 in.

2.2. In slabs, centerline location of openings 12 in. or smaller and edge location of larger openings 1/2 in.

2.3. Sawcuts, joints, and weakened plane embeddings in slabs 3/4 in.

3. Level alignment

3.1. Top of slabs:

- Elevation of slabs-on-grade 3/4 in.
- Elevation of top surfaces of formed slabs before removal of supporting shores 3/4 in.

3.2. Elevation of formed surfaces before removal of shores 3/4 in.

3.3. Lintels, sills, parapets, horizontal grooves, and other lines exposed to view 1/2 in.

4. Cross-sectional dimensions

4.1. Members, such as columns, beams, piers, walls (thickness only), and slabs (thickness only)

- 12 in. dimension or less + 3/8 in.
- 1/4 in.
- More than 12 in. dimension but not over 3 ft dimension + 1/2 in.
- 3/8 in.
- Over 3 ft dimension + 1 in.
- 3/4 in.

5. Relative alignment

5.1. Stairs

- Difference in height between adjacent risers 1/8 in.
- Difference in width between adjacent treads 1/4 in.

5.2. Grooves

- Specified width 2 in. or less 1/8 in.
- Specified width more than 2 in. but not more than 12 in 1/4 in.

5.3. Formed surfaces may slope with respect to the specified plane at a rate not to exceed the following amounts in 10 ft.

- Vertical alignment of outside corner of exposed corner columns and control joint grooves in concrete exposed to view 1/4 in.
- All other conditions 3/8 in.

5.4. The offset between adjacent pieces of formwork facing material shall not exceed:

Class of surface:

- Class A 1/8 in.
- Class B 1/4 in.
- Class C 1/2 in.
- Class D 1 in.

5.5. Floor finish tolerances as measured in accordance with ASTM E 1155-87 Standard Test Method for Determining Floor Flatness and Levelness Using the FNumber System (Inch-Pound Units)

Floor profile quality classification	Minimum F_f/F_L number required			
	Test area		Minimum local F number	
	Flatness F_f	Level F_L	Flatness F_f	Level F_L
Conventional				
Bullfloated	15	13	13	10
Straightedged	20	15	15	10
Flat	30	20	15	10
Very flat	50	30	25	15

- The F_L levelness tolerance shall not apply to slabs placed on unshored form surfaces and/or shored form surfaces after the removal of shores. F_L levelness tolerances shall not apply to cambered or inclined surfaces and shall be measured within 72 hr after slab concrete placement.

- Floor finish tolerances as measured by placing a freestanding (unleveled) 10 ft. straightedge anywhere on the slab and allowing it to rest upon two high spots within 72 hr after slab concrete placement. The gap at any point between the straightedge and the floor (and between the highspots) shall not exceed:

Classification:

Conventional

Bullfloated

Straightedged

Flat

Very flat

1/2 in.

5/16 in.

3/16 in.

1/8 in.

ANEXO 3

PROTECCION DEL CONCRETO EN CLIMAS FRIO – ACI 306R (TABLA)

**RECOMENDACIONES PARA DETERMINADAS
TEMPERATURAS DEL CONCRETO**

Line	Air temperature	Section size, minimum dimension, in. (mm)			
		< 12 in. (300 mm)	12-36 in. (300-900 mm)	36-72 in. (900-1800 mm)	> 72 in. (1800 mm)
Minimum concrete temperature as placed and maintained					
1	-	55 F (13 C)	50 F (10 C)	45 F (7 C)	40 F (5 C)
Minimum concrete temperature as mixed for indicated air temperature*					
2	Above 30 F (- 1 C)	60 F (16 C)	55 F (13 C)	50 F (10 C)	45 F (7 C)
3	0 to 30 F (-18 to -1 C)	65 F (18 C)	60 F (16 C)	55 F (13 C)	50 F (10 C)
4	Below 0 F (- 18 C)	70 F (21 C)	65 F (18 C)	60 F (16 C)	55 F (13 C)
Maximum allowable gradual temperature drop in first 24 hr after end of protection					
5	-	50 F (28 C)	40 F (22 C)	30 F (17 C)	20 F (11 C)

*For colder weather a greater margin in temperature is provided between concrete as mixed and required minimum temperature of fresh concrete in place.

**PERÍODO DE PROTECCIÓN PARA CONCRETO COLOCADO
DURANTE TIEMPO FRÍO**

Line	Service category	Protection period at temperature indicated in Line 1 of Table 3.1, days*	
		Type I or II cement	Type III cement, or accelerating admixture, or 100 lb/yd ³ (60 kg/m ³) of additional cement
1	1 - no load, not exposed	2	1
2	2 - no load, exposed	3	2
3	3 - partial load, exposed	6	4
4	4 - full load	See Chapter 6	

*A day is a 24-hr period.

ANEXO 4

TIPOS DE VIBRADORES EN EL MERCADO

Un vibrador transmite al hormigón en forma directa o indirecta un movimiento oscilatorio de alta frecuencia.

Algunos modelos actúan directamente sobre el hormigón a compactar, ya sea sumergidos en su masa (vibración interna) por medio de vibradores de inmersión o bien apoyados en su superficie (vibración superficial) por medio de reglas vibratoras. Otros lo hacen por intermedio de los moldes o encofrados, sujetos a su estructura (vibración externa).

Vibración interna

La mayoría de los concretos se compactan por inmersión mediante vibradores.

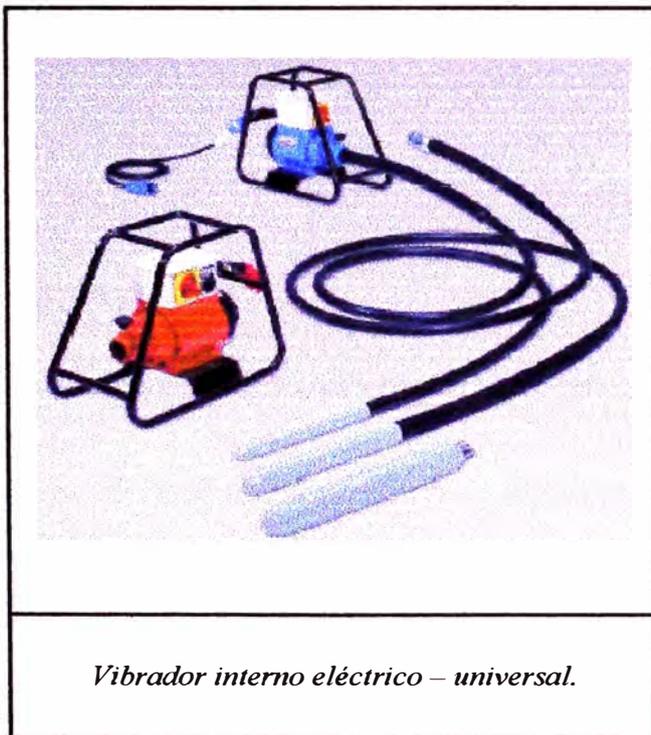
Es el proceso más utilizado. Se lleva a cabo introduciendo en la masa el vibrador, que consiste en un tubo, de diámetro externo variado entre los 4 cm y los 10 cm, dentro del cual una masa excéntrica gira alrededor de un eje. La masa es movida por medio de un motor eléctrico y su acción genera un movimiento oscilatorio, de cierta amplitud y frecuencia, que se transmite a la masa de concreto. En situaciones en que se puede disponer de una fuente de aire comprimido, el motor del vibrador puede ser movido neumáticamente, y se llama entonces vibrador neumático o de cuña.

De acuerdo al tamaño y característica del vibrador interno y a las condiciones de plasticidad del concreto, su zona de influencia es mayor o menor. Cuanto más seco y áspero el material, menor la zona de influencia. Si se ha seleccionado un vibrador pequeño para las condiciones del caso, se necesitará más tiempo para lograr la compactación, pero si, por el contrario, el vibrador resultara grande, se corre peligro de producir segregación o de dañar los encofrados.

El vibrador deberá insertarse en posición vertical dentro de la capa recién vaciada, en puntos formando una cuadrícula hipotética, separados entre sí aproximadamente 2 veces radio de acción del vibrador.

El tiempo que debe permanecer el vibrador sumergido en cada punto se determina en la práctica mediante la observación directa de la superficie en las cercanías del punto de penetración. Cuando cese el escape de burbujas de aire y aparezca una costra acuosa y brillante, se debe retirar el vibrador. Cuando se introduce el vibrador se debe llevar rápidamente hacia el fondo, para evitar que compacte la zona superior y se impida la salida de las burbujas de abajo.

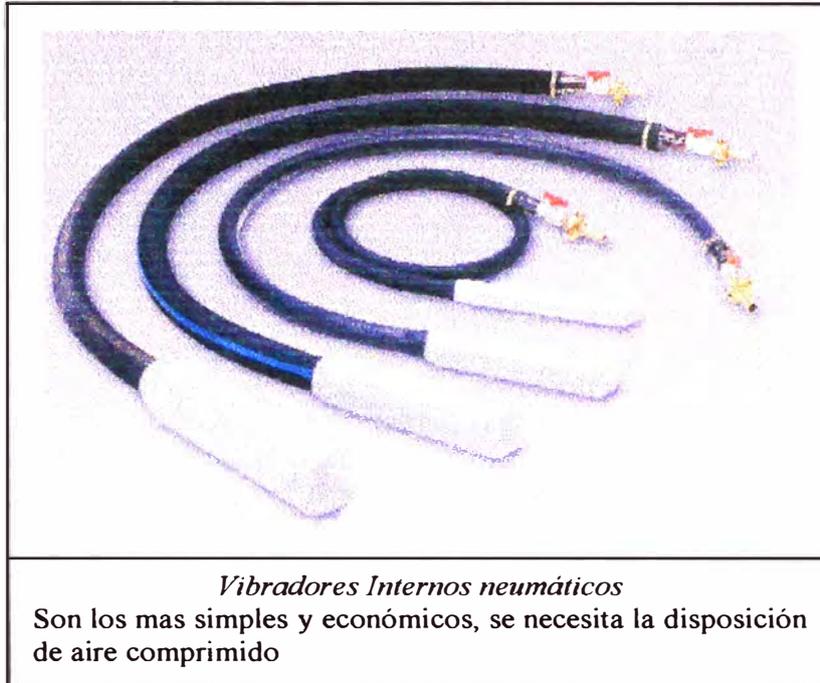
El espesor de las capa a vibrar dependerá de la geometría del elemento y de las características del vibrador. En caso de que el elemento sea profundo y deba ser vaciados en dos o mas capas, el vibrar la segunda en vibrador debe haber penetrado en la capa inferior unos 10 a 15 cm, con lo que se trata de evitar una simple superposición de una capa sobre la otra, fundiendo en una sola masa las superficies de contacto.



Vibrador interno eléctrico – universal.



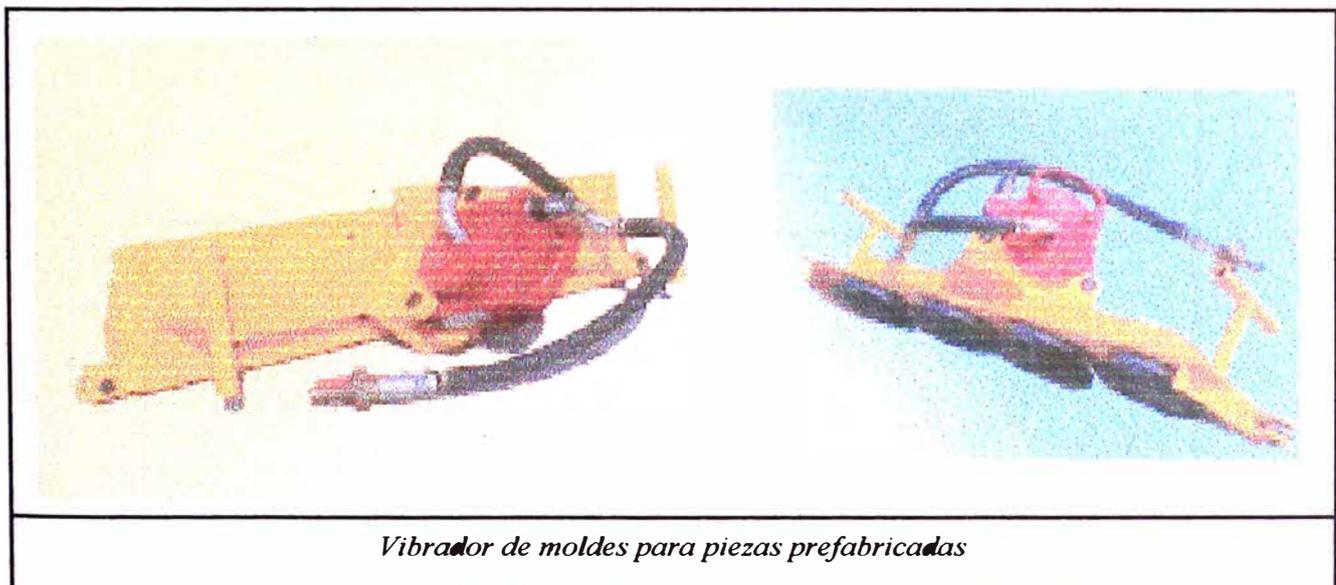
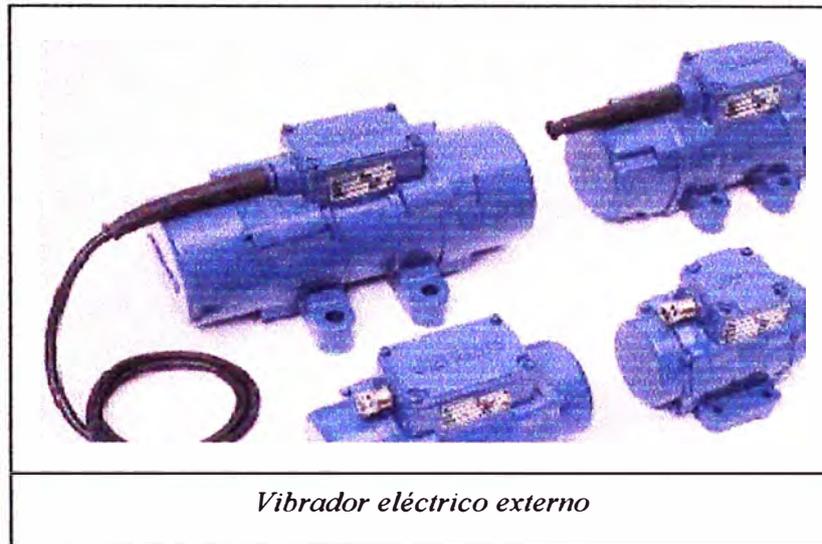
Vibrador Interno con motor de gasolina y acoplamiento universal



Vibración externa:

En este procedimiento, el equipo vibrante se coloca sobre una o varias caras del molde o encofrado que, en esa forma, recibe directamente las ondas y la transmite a la masa de concreto. Su campo de acción mas frecuente es en la prefabricación.

Ante la vibración del encofrado, que debe ser metálico, fundamentalmente, la masa de concreto responde en función de su granulometría y de la cantidad de agua que contenga. El mortero acepta los pequeños movimientos de acomodación de los granos gruesos, pero restringe los desplazamientos excesivos. Si la viscosidad del mortero no fuera la adecuada, el agregado grueso podría llegar a segregarse. Cuando la función del vibrado externo ha terminado aparece sobre la superficie del concreto una capa brillante y húmeda.



Vibración Superficial

Reglas vibratorias:

Para cierto tipos de obras, especialmente pavimentos, se suele emplear el sistema de vibrado por circulación de reglas vibratorias que, al deslizarse al ras de la superficie, transmiten el movimiento al resto de la masa y generan los efectos beneficiosos del escape del aire y de las densificación. Puede transmitir su acción a capas de hasta 20 cm

de espesor. Las reglas vibratorias deben correr apoyadas sobre rieles y no apoyadas directamente sobre la masa blanda. El manejo de los equipos requiere la pericia de los operarios.

