



# Documentación Técnica



COMISION DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA CONTRATOS

## **ET 008-08:**

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:

### **TIEMPO DE DESMOLDE DE ELEMENTOS HORIZONTALES DE HORMIGÓN ARMADO**

**2008**

**INSTITUTO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGÓN DE CHILE**

Josue Smith Solar 360, Providencia • Fono: (56-2) 2726 0300 • Santiago Chile • E-mail: [ichmail@ich.cl](mailto:ichmail@ich.cl)  
**www.ich.cl**

## COMITÉ DE FISURACIÓN DEL HORMIGÓN

### OBJETIVO DEL COMITÉ

Grupo conformado por profesionales de la construcción que aportan su experiencia y conocimiento para preparar Especificaciones Técnicas relativas a la fisuración del hormigón que permitan definir lo aceptable y establecer límites que definan el estado de fisuración de un elemento.

### Representantes Empresas Integrantes Comisión de Especificaciones Técnicas para Contratos que Validó esta Especificación Técnica:

Empresa	Representante	Empresa	Representante
AICE	Sr. Fernando Yañez	Icafal	Sr. Raul Salas
AOA	Sr. Luis Izquierdo	ICH	Sr. Cristian Masana
ARA	Sr. Mario Muñoz	ICH	Sr. Juan Pablo Covarrubias
Asociado	Sr. Bernhard Paul	Metro S.A.	Sr. Carlos Mercado
Besalco	Sr. Manuel Macaya	Minmetal	Sr. Fernando Durán
Brotec	Sr. Leonardo Vildósola	Minvu	Sr. Camilo Sánchez
Constructora BI	Sr. Luis H. Bravo	MOP	Sr. Rogelio Navarrete
Cade Idepe	Sr. Eric Woolvett	PUC	Sr. Carlos Videla
Codelco Chile	Sr. Felipe Urrutia	Salfacorp	Sr. Carlos Fernandez
Cruz y Dávila	Sr. Jorge Bravo	Sigdo Koppers	Sr. Oscar Guarda
DLP	Sr. Javier Darraidou	Tecsa	Sr. Alejandro Albertz
DRS	Sra. Ana María Butrón	Vial y Vives	Sr. Manuel José Navarro

### Integrantes Comité Fisuración del Hormigón que Preparó esta Especificación Técnica:

Cristian Masana	ICH	Secretario Técnico (cmasana@ich.cl)	
Jorge Montegu	Asesor Comité		
NOMBRE	INSTITUCION	NOMBRE	INSTITUCION
Mario Muñoz	Arze, Recine y Asociados	Pablo Orus	Ingevec
Jaime Contreras	Cade Idepe	Victor Hugo Henriquez	Metro
Arnoldo Bucarey	Cementos Bio Bio	Carlos Videla	PUC
Arturo Holmgren	Cementos Polpaico	Carl Luders	PUC
Pedro Pinto	Cementos Melón	Rafael Valdés	Salfa
Juan Pablo Covarrubias	ICH	Miguel Leal	Sigdo Koppers
Fernando Yañez	Idiem. U. de Chile	Carlos Aguilar	Socovesa
Bernhard Paul	Independiente	Hugo Barrera	USACH

## **LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS POR COMPORTAMIENTO**

“Las Especificaciones Técnicas por Comportamiento especifican el criterio por el cual el comportamiento será juzgado, los resultados requeridos y el método por el cual este comportamiento puede ser verificado. El contratista es libre de elegir materiales y métodos pero los resultados deben cumplir con el criterio de comportamiento especificado”. (Traducido de Manual of Practice, Construction Specifications Institute “CSI”, 1996)

Las Especificaciones Técnicas por Comportamiento que se proponen en este trabajo han sido preparadas por profesionales relacionados al área de la construcción y aprobadas para uso público por un grupo representado por mandantes, diseñadores, inspectores técnicos, y contratistas.

Estos documentos contienen una especificación técnica que propone el cumplimiento de un estándar de calidad en la ejecución de estructuras de hormigón, que se verifica por medio de resultados objetivos que se miden sobre un elemento terminado. Los estándares de calidad definidos en cada una de las Especificaciones Técnicas han sido consensuados por el grupo de trabajo que generó la Especificación, como el(o los) requisito(s) más importante(s) a considerar en una evaluación de comportamiento aceptable del elemento. Los requisitos especificados en estos documentos han sido definidos como los de ocurrencia normal en obras actuales, diseñadas de acuerdo al sistema y conocimiento de uso común, y bien construidas, según las prácticas usuales y utilizando materiales y equipos disponibles en la industria local.

A diferencia de las Especificaciones Técnicas típicas, en estos documentos no se especifica un procedimiento de ejecución, sino que se proponen valores mínimos aceptables de resultado para un comportamiento adecuado del elemento durante su vida útil.

Además del requisito de resultado, se indica en la Especificación Técnica los criterios de medición, de aceptación y rechazo, y de reparación o actuación en caso de no-conformidad, y se dan los criterios para dar la posibilidad de utilizar procedimientos propios a empresas constructoras que, basadas en su tecnología y/o experiencia, puedan asegurar el resultado especificado. Para el caso contrario, se dan recomendaciones generales para cumplir con el resultado de acuerdo a la utilización de los procedimientos básicos comúnmente utilizados en construcción.



**ET 008-08: TIEMPO DE DESMOLDE DE ELEMENTOS DE ELEMENTOS HORIZONTALES DE HORMIGON REFORZADO**

CONTENIDO	COMENTARIOS
<p><b>I.- GENERALIDADES</b></p> <p><b>I.1 OBJETIVO</b></p> <p>I.1.1 El objetivo de la presente Especificación Técnica es definir parámetros de comportamiento en elementos horizontales de hormigón armado para poder establecer el tiempo mínimo en que es posible retirar sus apoyos horizontales, de manera que no sufra deformaciones excesivas ni fisuración en edades tempranas, o en su defecto para que se cumplan los parámetros máximos de comportamiento requeridos en un proyecto para un elemento.</p> <p><b>I.2 ALCANCE</b></p> <p>I.2.1 Esta Especificación Técnica se aplica al desmolde temprano de elementos horizontales de hormigón armado, que han sido diseñados considerando las disposiciones típicas para elementos en flexión de ACI 318 y han sido construidos mediante las prácticas típicas usualmente aceptadas en Chile.</p> <p><b>I.4 DEFINICIONES</b></p> <p>En esta Especificación Técnica se utilizan los</p>	<p>C.I.1. El presente documento pretende establecer un mecanismo para determinar el tiempo mínimo en que es posible desmoldar un elemento horizontal de hormigón armado cuidando que no se defleccione excesivamente y que le pueda ocurrir fisuración por desmolde. En el documento se establecen valores para las deformaciones máximas admisibles por procesos de construcción, pero se pueden especificar valores diferentes si las exigencias del proyecto lo requieren. En este último caso, las deflexiones máximas aceptables definidas por el mandante o arquitecto deberán ser consideradas en el diseño para cumplirlas en todo momento de la vida útil del elemento.</p> <p>C.I.2 la presente especificación técnica considera la posibilidad de reducir los tiempos mínimos comúnmente utilizados para realizar el proceso de desmolde de un elemento horizontal con el fin de optimizar la construcción, reduciendo el costo del proyecto para el mandante. Por lo anterior se propone evaluar el diseño de elementos horizontales de hormigón armado considerando que un diseño superior a lo que exige el mínimo permitido puede tener ahorros considerables por futuras reparaciones, costos de terminaciones, disminución de deflexiones y otros que pueden tener mayores beneficios que el ahorro por diseños al límite del comportamiento estructural.</p>

<p>siguientes términos:</p> <p>a) <b>Moldes Horizontales:</b> Corresponde a cualquier elemento de moldaje que sirva para retener el hormigón fresco y formar la superficie inferior de un elemento horizontal. Se incluye en el molde horizontal el sistema de sujeción por barras verticales a una superficie fija inferior donde se apoyan dichas placas para evitar su desplazamiento al momento del vaciado del hormigón en estado fresco.</p> <p>b) <b>Desmolde de Elementos Horizontales:</b> Corresponde al momento de retiro del sistema de moldes horizontales.</p> <p>c) <b>Puntales:</b> Barras verticales de sujeción del elemento horizontal que son colocadas en un procedimiento posterior al de desmolde denominado apuntalamiento.</p> <p>d) <b>Fisuras de desmolde temprano:</b> Fisuras que se producen en un elemento de hormigón endurecido debidas a desmolde anticipado del elemento horizontal, antes de que haya alcanzado una resistencia suficiente para que esto no ocurra.</p> <p>e) <b>Descimbre:</b> Corresponde al retiro de sistemas de sujeción de moldes que hacen que el elemento tome carga.</p> <p>f) <b>Fisuras de deformación del hormigón:</b> Fisuras que ocurren en la superficie superior de un elemento horizontal antes de haber realizado el desmolde como consecuencia del secado del hormigón.</p>	<p>C.I.4.d) Es recomendable solicitar al ingeniero estructural del proyecto los parámetros mínimos a considerar en el hormigón a utilizar en el elemento para que no ocurra fisuración por desmolde. En caso de que se requiera desmolde a edades tempranas de los elementos por consideraciones constructivas, se deberá consultar al ingeniero estructural del proyecto si el diseño propuesto y la curva de ganancia de resistencia del hormigón a utilizar permiten lo propuesto sin fisurar el elemento. En caso contrario, se podría reconsiderar el diseño para cumplir un desmolde temprano sin deflexiones excesivas que fisuren el elemento.</p>
<p><b>II.- ESPECIFICACIÓN TÉCNICA</b></p>	

<p><b>II.1. Consideraciones Técnicas</b></p> <p>II.1.1 Los requisitos de deflexión máxima y fisuración de corto plazo que se establecen en esta especificación técnica no deberán ser sobrepasados en la etapa de construcción del elemento al momento de desmolde ni al momento del retiro de puntales.</p> <p>II.2. Requisitos de deflexión máxima y Fisuración de Corto Plazo</p> <p>II.2.1 La deflexión máxima admisible para el momento de desmolde de un elemento horizontal no deberá sobrepasar una deflexión de:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Luz del elemento menor a 3 metros: 10 mm</li><li>- Luz del elemento entre 3 y 6 metros: 15 mm</li><li>- Luz del elemento mayor a 6 metros: 20 mm</li></ul> <p>II.2.2 El proceso de desmolde de elementos horizontales no debe producir fisuración en el elemento horizontal.</p> <p>II.2.3 Se podrán especificar valores menos exigentes de deflexión, si el proyecto no necesita un control de deflexiones exhaustivo, pero sí se deberá cumplir en cualquier caso el punto II.2.2. Estos valores deberán ser claramente indicados en planos y especificaciones técnicas del proyecto.</p> <p><b>II.3 Requisitos de Resistencia para el Desmolde</b></p> <p>II.3.1. El Ingeniero estructural del proyecto basándose en consideraciones típicas de comportamiento estructural de elementos en flexión, deberá especificar la resistencia mínima que debe tener el hormigón del elemento para que pueda ser desmoldado, sin que se produzca fisuración ni deflexión excesiva por las cargas de peso propio.</p> <p>II.3.2 La empresa constructora podrá definir el tiempo requerido para realizar el desmolde basándose en la información del punto II.3.1 y</p>	<p>C.II.2.1 Los requisitos de deflexión máxima propuestos en este documento han sido establecidos basándose en consideraciones de deflexiones comunes de este tipo de elementos, para diseños normales con diseño basado en ACI 318. Es posible reducir estas deflexiones considerando aumentos de los espesores del elemento para, disminuir el tiempo de desmolde y acelerar la construcción.</p> <p>C.II.3.2 La curva de ganancia de resistencia puede ser consultada al proveedor del hormigón. Existen métodos no destructivos para conocer la resistencia</p>
---	---

considerar la curva de ganancia de resistencia típica del hormigón que será utilizado en el proyecto.

II.3.3. Los elementos en flexión podrán ser desmoldados cuando el hormigón tenga una resistencia a la compresión cilíndrica de por lo menos 150 kg/cm<sup>2</sup>.

II.3.4 En el caso de no contar con información de ganancia de resistencia del hormigón utilizado en el elemento, el tiempo mínimo para realizar el desmolde no podrá ser inferior a 3 días.

#### **II.4 Consideraciones para el desmolde y Alzaprimado del Elemento**

II.4.1 La determinación del tiempo de desmolde de un elemento horizontal se podrá basar en información de madurez del hormigón colocado para lograr la resistencia requerida que permita cumplir con la resistencia de diseño especificada para este fin.

II.4.2 El elemento no podrá permanecer sin apoyo luego de desmoldado por mas de 18 horas, con el fin de evitar aumento de deflexiones importantes por deformación propia del hormigón.

II.4.3 Se aceptará que el elemento sea desmoldado sin colocar soporte posterior solo cuando el hormigón tenga una edad de por lo menos 7 días, y siempre y cuando las deflexiones instantáneas calculadas considerando cargas de peso propio no superen las indicadas en II.2.1 y las sobrecargas eventuales en los días siguientes no lleven a aumento de deflexiones importantes ni a fisuración

del hormigón en la obra a diferentes edades, la que puede ser utilizada como un mecanismo eficaz para obtener información que permita definir el tiempo de desmolde del elemento.

C.II.3.3. Basándose en resultados de terreno en elementos reales, se ha encontrado que el tiempo mínimo para realizar desmolde obteniendo el mínimo de deflexión posible es para edades del hormigón sobre 3 días en hormigones con resistencia característica a los 28 días de 25 MPa. En caso de requerir disminuir este plazo para una misma deflexión se puede considerar el uso de hormigón de mayor resistencia.





## COMITÉ DE FISURACIÓN DEL HORMIGÓN

**ET 008-08**

Especificación Técnica: "Tiempo de Desmolde de Elementos Horizontales de Hormigón Reforzado"

Fecha aprobación: Diciembre, 2008

de las losas.	
<p><b>III. ACTUACIÓN CON PROCEDIMIENTO PROPIO</b></p> <p>III.1 En el caso de que la empresa constructora cuente con procedimientos propios para establecer la resistencia a diferentes etapas del endurecimiento de hormigón utilizado en el elemento, podrá determinar el plazo mínimo necesario para realizar el desmolde.</p> <p>III.2 El procedimiento propuesto podrá ser respaldado por construcciones anteriores de la empresa en que se demuestre el cumplimiento de las deflexiones máximas establecidas por peso propio</p>	
<p><b>IV. ACTUACIÓN SIN PROCEDIMIENTO PROPIO</b></p> <p>IV.1 En el caso de que la empresa constructora no cuente con un procedimiento que le permita establecer la curva de ganancia de resistencia deberá respetar el tiempo mínimo establecido en este documento o aquel que el ingeniero calculista el proyecto haya establecido.</p> <p>IV.2 Independiente de lo anterior, la empresa constructora deberá respetar las prácticas y recomendaciones típicas establecidas en manuales de construcción y de uso del hormigón, de manera de asegurar la adecuada ejecución de las obras para su buen desempeño en el largo plazo.</p>	

**INSTITUTO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGÓN DE CHILE**

Josue Smith Solar 360, Providencia • Fono: (56-2) 2726 0300 • Santiago Chile • E-mail: [ichmail@ich.cl](mailto:ichmail@ich.cl)

[www.ich.cl](http://www.ich.cl)



COMITÉ DE FISURACIÓN DEL HORMIGÓN

DOCUMENTO TÉCNICO DE ESPECIFICACIÓN

**DTE 008-08:**  
**TIEMPO DE DESMOLDE DE ELEMENTOS**  
**HORIZONTALES DE HORMIGÓN REFORZADO**

## **INDICE**

- 1.- Alcance**
- 2.- Introducción**
- 3.- Diseño de Elemento Horizontales de Hormigón Armado**
- 4.- Desmolde de Elementos Horizontales**
- 5.- Deflexión Máxima Aceptable**
- 6.- Especificación Técnica**
- 7.- Procedimientos de Control de Deflexiones**
- 8.- Consideraciones para el Cumplimiento del Estándar de deflexión Aceptable**
  - 8.1.- Actuación con procedimiento propio**
  - 8.2.- Actuación sin procedimiento propio**
- 9.- Bibliografía Recomendada**

## 1.- ALCANCE

El presente documento DTE 008-08 contiene información de respaldo a la Especificación Técnica ET 008-08 “Desmolde de Elementos Horizontales de Hormigón Armado y Fisuración de Corto Plazo”. Por lo tanto, los conceptos contenidos en este documento deben ser aplicados cuando se utiliza dicha especificación técnica.

## 2.- INTRODUCCIÓN

El proceso de desmolde de elementos horizontales puede inducirle grandes deflexiones si éste es realizado cuando el hormigón no tiene suficiente resistencia. Debido a que no existe una metodología típica para poder estimar el tiempo mínimo requerido para realizar esta actividad, la especificación de diseño protege los elementos estableciéndose tiempos en ocasiones excesivos, que aumentan los costos y disminuyen la productividad de la obra.

Por otra parte, no existen recomendaciones de diseño que apunten al momento de desmolde y a la deflexión máxima que puede tener un elemento horizontal, ya sean losas o vigas, para que no tenga deflexiones excesivas en edades tempranas, teniéndose que éstas solo apuntan a sobrecargas de largo plazo y al aumento de deflexiones por esta causa. Por lo anterior, se puede encontrar que los plazos son muy largos para losas que tienen altas resistencias tempranas o en ocasiones muy cortos si el elemento es muy delgado y con baja resistencia a temprana edad.

Por las razones expuestas, el Comité de Tolerancias Dimensionales y Moldajes ha estimado importante poder abordar este tema y preparar una especificación técnica que entregue recomendaciones acerca del tiempo que es prudente tener una losa o viga

apoyada en edades tempranas, para que no se vaya a fisurar y que la deflexión máxima sea la que se puede considerar dado el diseño del elemento.

La información contenida en este documento ha sido obtenida de análisis realizados por el ICH para definir estos procedimientos, basándose en una experiencia de terreno de deflexiones de corto plazo de elementos horizontales.

### 3. DISEÑO DE ELEMENTOS HORIZONTALES DE HORMIGÓN ARMADO

El diseño de elementos horizontales de hormigón armado, considera alturas mínimas de losas y vigas para protegerlo de sobrecargas en exceso cuando el elemento es cargado en el largo plazo, en que ya tiene su resistencia mínima admisible. Sin embargo, normalmente no se realiza un análisis de corto plazo, considerando la resistencia a diferentes edades tempranas del hormigón joven.

El procedimiento para el cálculo de deflexiones de losas estructurales de hormigón armado se basa en la ecuación:

$$\delta = Kx \frac{wxl^4}{384xEeI}$$

donde K corresponde a un factor que depende de las condiciones de apoyo de la losa, siendo 5 para elementos simplemente apoyados y 1 para losas continuas, w la distribuida sobre la viga, l el largo del elemento, E el módulo de elasticidad del hormigón a la edad de desmolde, e I el momento de inercia de la sección. ACI 318 acepta que I se determine según la ecuación del Módulo de Inercia Efectivo propuesta por Branson (1965) y largamente aceptada para el cálculo de deflexiones en elementos en flexión.

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr}$$

donde ,  $M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t}$  , y  $f_r = 7.5 \sqrt{f_c'}$  para hormigones de peso normal.

El código de diseño de hormigón armado ACI 318-05 propone dos aproximaciones para el control de las deflexiones de miembros de hormigón. En la primera aproximación los requerimientos de espesor mínimo son entregados tanto para losas en una como en dos direcciones. El espesor mínimo es especificado como una fracción del largo de la luz. En la segunda aproximación las deflexiones son calculadas y comparadas con límites específicos que entrega el código y que deben ser cumplidos.

Los valores propuestos según dichas aproximaciones se presentan en las Tablas siguientes:

**Tabla 1: Espesor mínimo de vigas no pretensadas o losas en una dirección, a menos que las deflexiones sean calculadas.**

	Espesor mínimo, h			
	Simplemente apoyadas	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes			
Losas macizas en una dirección	$\frac{\ell}{20}$	$\frac{\ell}{24}$	$\frac{\ell}{28}$	$\frac{\ell}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{\ell}{16}$	$\frac{\ell}{18,5}$	$\frac{\ell}{21}$	$\frac{\ell}{8}$

Notas: Los valores dados en esta tabla se deben usar directamente en elementos de hormigón de peso normal ( $w_c=2.300 \text{ kg/m}^3$ ) y refuerzo grado 420 MPa. Para otras condiciones, los valores deben modificarse como sigue:

- Para hormigón liviano estructural con densidad  $w_c$  dentro del rango de 1.440 a 1.920  $\text{kg/m}^3$ , los valores de la tabla deben multiplicarse por  $(1,65 - 0,0003 w_c)$  pero no menos de 1,09.
- Para  $f_y$  distinto que 420 MPa, los valores de esta tabla deben multiplicarse por  $(0,4 + f_y/700)$

**Tabla 2 Máximas deflexiones permisibles computadas**

Tipo de Elemento	Deflexiones considerada	Limite de deflexión
Cubiertas planas que no soporten ni están ligadas a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	Deflexión inmediata debida a carga viva, L	$\frac{l}{180}^*$
Entrepisos que no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debidos a deflexiones grandes.	Deflexión inmediata debida a carga viva, L	$\frac{l}{360}$
Sistema de entepiso o cubierta que soporte o esté ligado a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debidos a deflexiones grandes.	La parte de la deflexión total que ocurre después de la unión de los elementos no estructurales (la suma de las deflexiones a largo plazo debida a todas las cargas permanentes, y la deflexión inmediata debida a cualquier carga viva adicional) <sup>†</sup>	$\frac{l}{480}^{\ddagger}$
Sistema de entepiso o cubierta que soporte o esté ligado a elementos no estructurales no susceptibles de sufrir daños debidos a deflexiones grandes.		$\frac{l}{240}^{\S}$

\* Este límite no tiene por objeto constituirse en un resguardo contra el empozamiento de aguas. Este último se debe verificar mediante cálculos de deflexiones adecuados, incluyendo las deflexiones debidas al agua estancada, y considerando los efectos a largo plazo de todas las cargas permanentes, la contraflecha, las tolerancias de construcción y la confiabilidad de las medidas tomadas para el drenaje.

† Las deflexiones a largo plazo deben determinarse de acuerdo con las ecuaciones 9.5.2.5 ó 9.5.4.3 de ACI 318, pero se pueden reducir en la cantidad de deflexión calculada que ocurra antes de unir los elementos no estructurales. Esta cantidad se determina basándose en datos de ingeniería aceptables correspondientes a las características tiempo-deflexión de elementos similares a los que se están considerando.

‡ Este límite se puede exceder si se toman medidas adecuadas para prevenir daños en elementos apoyados o unidos.

§ Pero no mayor que la tolerancia establecida para los elementos no estructurales. Este límite se puede exceder si se proporciona una contraflecha de modo que la deflexión total menos la contraflecha no exceda dicho límite.

**Tabla 3: Espesor Mínimo de Losas sin Vigas Interiores\***

	Sin Ábacos		Con Ábacos			
	Paneles Exteriores		Paneles Exteriores			Paneles Interiores
	Sin Vigas de Borde	Con Vigas de Borde <sup>§</sup>	Sin Vigas de Borde	Con Vigas de Borde <sup>§</sup>		
$f_y$ , MPa <sup>†</sup>						

280	$\frac{l_n}{33}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{40}$	$\frac{l_n}{40}$
420	$\frac{l_n}{30}$	$\frac{l_n}{33}$	$\frac{l_n}{33}$	$\frac{l_n}{33}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{36}$
520	$\frac{l_n}{28}$	$\frac{l_n}{31}$	$\frac{l_n}{31}$	$\frac{l_n}{31}$	$\frac{l_n}{34}$	$\frac{l_n}{34}$

\* Para construcción en dos direcciones,  $l_n$  es la luz libre en la dirección larga, medida entre caras de los apoyos en losas sin vigas, y entre caras de las vigas, para losas con vigas u otros apoyos en otros casos.

† Para  $f_y$  entre los valores dados en la tabla, el espesor mínimo debe obtenerse por interpolación lineal

‡ Abaco se define en la sección 13.2.5 de ACI 318

§ Losas con vigas entre las columnas a lo largo de los bordes exteriores. El valor de  $\alpha_f$  para la viga de borde no debe ser menor que 0,8

Estos requisitos del Código ACI 318, son propuestos como una medida de control de deflexiones de elementos de hormigón armado, sin embargo, algunas críticas al método (Scanlon, 2006) van por el lado de que: i) el monto de deflexión que puede ser esperado por un espesor seleccionado es desconocido, ii) el espesor mínimo es independiente de la carga aplicada, iii) el rango de luces para el cual las recomendaciones pueden ser aplicadas no se especifica, iv) los valores de espesor mínimo para construcción en un sentido son para elementos no soportando o amarrados a particiones u otras construcciones propensas a ser dañadas por deflexiones, y v) no existen limitaciones dadas en el código para la aplicación de las recomendaciones en construcciones en dos sentidos mas que el que dice relación con que “estos límites aplican solo al dominio de experiencia previa en cargas, ambiente, materiales, condiciones de borde y largos de elementos”.

#### 4. Desmolde de Elementos Horizontales

El procedimiento de desmolde de elementos horizontales debe ser realizado cuando el hormigón ha alcanzado una resistencia suficiente para evitar fisuración



por cargas de peso propio en el hormigón, que le induzcan mayores deflexiones que las calculadas por diseño.

Se ha encontrado que desmolde de elementos que son cargados solo con su peso propio y con espesores sobre 10 cm pueden ser desmoldados a partir de los 3 días, para obtener deflexiones similares que en desmoldes a tiempos mayores.

Se entiende que el procedimiento de desmolde incluye solo retiro de moldes y los elementos en flexión serán mantenidos reapuntados por un tiempo mayor, para evitar que sobrecargas de construcción en el hormigón joven induzca deflexiones excesivas al elemento.

## **5.- Deflexión Máxima Aceptable**

Las deflexiones máximas aceptables especificadas en este documento son las siguientes:

- Luz del elemento menor a 3 metros: 10 mm
- Luz del elemento entre 3 y 6 metros: 15 mm
- Luz del elemento mayor a 6 metros: 20 mm

Estos valores han sido especificados de acuerdo a los valores probables de deflexión que presenta un elemento de hormigón armado basado en su diseño típico cuando son cargados por peso propio y cuando el hormigón tiene una resistencia adecuada para soportar las tensiones de flexión sin fisurarse.

## **6.- Especificación Técnica**

La Especificación Técnica de Tiempo de Desmolde de Elementos Horizontales tiene como objetivo establecer condiciones de comportamiento de deflexiones de una losa de hormigón armado para definir el momento en que es posible desmoldarla.

Los valores propuestos se basan en mediciones sobre una experiencia de deflexiones real realizada por el ICH en que se realizó desmolde a diferentes edades. Se ha encontrado que el método de estimación de deflexiones instantáneas de desmolde es bastante adecuado para predecir deflexiones a edades menores a 3 días, o cuando el elemento no es llevado a rotura al momento de desmolde y puede ser usado con confianza.

En la Figura 1 se muestran los valores de deflexiones reales obtenidos para diferentes situaciones de losas que se indican:

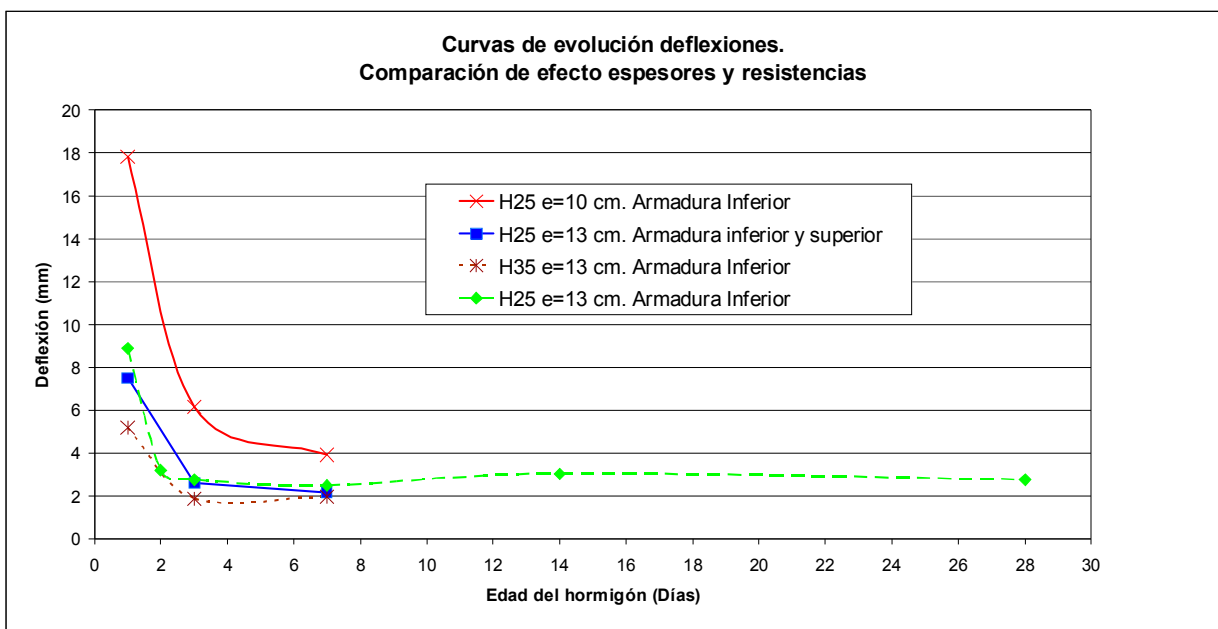


Figura 1: Deflexión de losas según espesor, cuantías de enfierradura y resistencia del hormigón usado (ICH, 2006).

De la figura se desprende que para espesores sobre 13 cm el desmolde a edades sobre 3 días es bastante similar y no se obtiene una deflexión menor a medida que se aumenta la resistencia del hormigón usado.

En efecto, al analizar la resistencia del hormigón real al momento del desmolde, se puede ver que la disminución de deflexión empieza a ser marginal para resistencias sobre los 18 MPa, según la tendencia mostrada para losas de igual espesor y diferente resistencia.

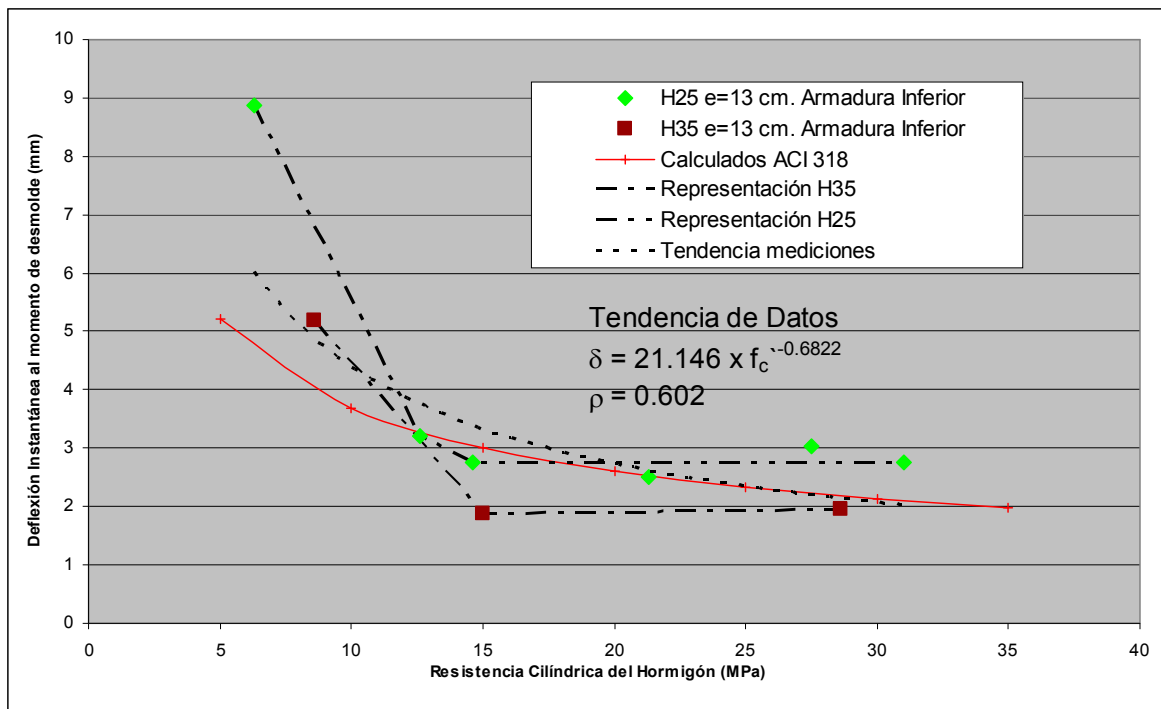


Figura 2: Influencia del desarrollo de la resistencia del hormigón de las losetas en la deflexión instantánea al momento de desmolde

## **7.- Procedimientos de Control de Deflexiones**

Las deflexiones pueden ser controladas por diversas acciones que eviten su aumento en el tiempo, con un claro desmedro de la calidad del elemento y la serviciabilidad de la estructura. Si la estructura no debe presentar deflexiones excesivas se puede considerar aumentos de espesores en los elementos trabajando a flexión en la estructura, desmolde a edades mayores, utilización de hormigones con altas resistencias tempranas que permitan desmolde acelerado, otras que puedan ser sugeridas en base a la experiencia previa.

Sin embargo, se debe tener presente que decisiones sobre disminución de tiempos de desmoldes optimizan la construcción y la pueden hacer mas eficiente, pero por otra parte algunos de estos procedimientos pueden aumentar los costos de los materiales involucrados, pero por otra parte disminución de costos en otras actividades asociadas a tiempos de desmolde. Por tales motivos, es importante analizar las ventajas de las decisiones y evaluar la calidad de incluir mejoras a los procedimientos que hagan conveniente realizar cambios al proyecto.

## **8.- Consideraciones para el Cumplimiento del Estándar de deflexión Aceptable**

### **8.1.- Actuación con procedimiento propio**

Las empresas que sean capaces de aplicar su conocimiento en procesos constructivos especiales que aseguren las deflexiones máximas permitidas, podrán utilizarlos revisándose en ellos solo el resultado especificado para el proyecto.

Entre las posibilidades que pueden adoptar las empresas para cumplir en todo momento con la ET están utilizar hormigones con mayores resistencias tempranas para apurar el desarrollo e resistencia sin una mayor deflexión, utilizar sistemas de moldes simples de retirar, que no induzcan movimientos a las losas que los pudieran fisurar, otros basados en experiencia y tecnología.

El objetivo de entregar estas recomendaciones es el de permitir el desarrollo tecnológico de la industria de la construcción, mediante la facilitación de la introducción de nuevas tecnologías, muchas veces limitadas por procesos conservadores que se resisten a los cambios. La idea es que la empresa tome responsabilidades de lo realizado y cumpla en todo momento con los valores entregados en la Especificación Técnica.

## **8.2.- Actuación sin procedimiento propio**

En el caso, en que las empresas no tengan sistemas de mejoramiento que les permitan proponer soluciones tecnológicas para generar procedimientos nuevos que incorporen nuevas tecnologías y procedimientos, deberán ceñirse a las prácticas habituales de construcción. Los resultados que se obtengan de deflexiones no deberán sobrepasar los máximos permitidos y los tiempos de desmolde no podrán ser menores a los indicados en el proyecto.

## 9.- Bibliografía Recomendada

- ACI 435R-95 Standard Practice for Control of Deflections in Reinforced Concrete, American Concrete Institute, 1995
- ACI 224R-01 Cracking of Concrete, American Concrete Institute, 2001
- ACI 318-05 Código de Diseño de Elementos de Hormigón Armado, basado en ACI 318. Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile
- Branson, D. E., "Instantaneous and Time-Dependent Deflections on Simple and Continuous Reinforced Concrete Beams," *HPR Report* No. 7, Part 1, Alabama Highway Department, Bureau of Public Roads, Aug. 1965, pp. 1-78.
- Scanlon, A. and Lee, Y.H Unified Span-to-Depth Ratio Equation for Nonprestressed Concrete Beams and Slabs, *ACI Structural Journal*, January-February, 2006