



Documentación Técnica



COMISION DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA CONTRATOS

ET 003-06

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:

DESMOLDE DE ELEMENTOS VERTICALES DE HORMIGÓN ARMADO

2006

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
www.ich.cl

COMITÉ DE TOLERANCIAS DIMENSIONALES Y MOLDAJES

OBJETIVO DEL COMITÉ

Grupo conformado por profesionales de la construcción que aportan su experiencia y conocimiento para preparar Especificaciones Técnicas relativas a la utilización de moldajes para el hormigón, y su influencia en tiempos de desmolde de elementos, optimización de usos y tolerancias dimensionales de terminación asociadas a su uso.

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 Colocación del Hormigón que Preparó esta Especificación Técnica::

Integrantes del Comité:

Renato Vargas	ICH	Secretario Técnico (rvargas@ich.cl)	
Jorge Montegu	Asesor Comité		
NOMBRE	INSTITUCION	NOMBRE	INSTITUCION
Luis Izquierdo	AOA	Juan Horstman	Moldajes Peri
Arturo Holmgren	Cementos Polpaico	Jorge Ignacio Prieto	Moldajes Peri
Yuri Tomicic	Cementos Polpaico	Rodrigo Nuñez	Moldajes RMD
Javier Darraidou	DLP	René Guerra	Resmat - Dictuc
Cristian Masana	ICH	Oscar Guarda	Sigdo Koppers
Federico Delfin	Idiem. U. de Chile	Hugo Barrera	Usach
Oscar Flores	Inarco	Rodrigo Mujica	VMB Ingenieros Estructurales
Gabriel Muñoz	Moldajes Peri		

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 003-06: TIEMPO DE DESMOLDE DE ELEMENTOS VERTICALES DE HORMIGÓN ARMADO

<u>CONTENIDO</u>	<u>COMENTARIOS</u>
<p>I. GENERALIDADES</p> <p>I.1. Objetivo: El objetivo de la presente Especificación Técnica es establecer el tiempo de desmolde de elementos verticales de hormigón armado, basándose en consideraciones de resistencia mínima y cuidados mínimos necesarios que se deben tener para evitar deformaciones y daños en la superficie del elemento.</p> <p>I.2. Alcance:</p> <p>Esta Especificación Técnica se aplica a elementos verticales de hormigón armado, cuyo tiempo de desmolde puede variar de acuerdo al procedimiento o criterio empleado para determinar la resistencia mínima especificada para desmoldar.</p> <p>El tiempo de desmolde en elementos que requieran capacidad estructural aportada por los moldajes, deberá ser indicado por el ingeniero estructural.</p> <p>El contratista podrá disminuir los plazos de desmolde indicados en el punto IV, presentando por escrito a la ITO un procedimiento que asegure los comportamientos establecidos en esta especificación técnica.</p> <p>I.3. Definiciones: En esta Especificación Técnica se utilizan los siguientes términos:</p> <p>a) <u>Elemento vertical:</u> Se refiere a muros, costados de vigas y pilares cuyos moldajes se aploman con plomada o con equipo topográfico.</p> <p>b) <u>Tiempo de desmolde:</u> Tiempo en horas, transcurrido entre el término del hormigonado del elemento y el momento en que se retiran los moldajes.</p>	<p>C.I.1.a) La operación de desmolde de muros, costados de vigas y pilares de hormigón queda definida principalmente por los eventuales daños que pueda sufrir el hormigón más que por su capacidad para resistir su propio peso.</p> <p>C.I.1.b) Pocas horas después de terminado el fraguado de la pasta de cemento, basta una ligera resistencia al corte para que el hormigón autosoporte su propio peso sin que deslice. Esto indica que las solicitaciones producidas por la acción de retiro del moldaje son más incidentes que la resistencia del hormigón en la generación de daños.</p>

<p>c) <u>Tolerancias Dimensionales para Elementos de Hormigón Armado, ET 004-06:</u> Es la Especificación Técnica del mismo nombre y designación que forma parte del conjunto de Especificaciones Técnicas por Comportamiento.</p>	<p>C.I.3.c. La Especificación Técnica de Tolerancias Dimensionales para Elementos de Hormigón Armado, ET 004-06, establece una clasificación en 6 grados, cada uno tiene un estándar diferente para elementos de Hormigón Armado.</p>
<p>II. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA</p> <p>II.1. REQUISITOS MÍNIMOS PARA DESMOLDE DE ELEMENTOS VERTICALES</p> <p>El tiempo de desmolde de elementos verticales se determinará para que satisfaga la mas restrictiva de las siguientes condiciones:</p> <p>II.1.1. Asegurar que el hormigón colocado no se deforme ni sufra daño superficial más allá de lo permitido en la Especificación Técnica de Tolerancias Dimensionales, ET 004-06, de acuerdo al tipo de terminación definida para el elemento.</p> <p>II.1.2. La resistencia mínima del hormigón colocado para que pueda ser desmoldado será de 20 kgf/cm².</p> <p>II.1.3. Debe evitarse el congelamiento del hormigón colocado, hasta que alcance una resistencia a compresión mínima de 35 kgf/cm², para desmoldarlo.</p> <p>II.1.4. En Hormigones a la Vista la resistencia mínima del hormigón colocado para desmoldar será mayor a los valores anteriores de modo de asegurar que no sufra daños.</p> <p>II.1.5. Para desmolde de elementos estructurales especiales con requerimientos diferentes a los</p>	<p>C.II.1.1. Los valores límites adoptados en este documento provienen de investigaciones internacionales, según las siguientes referencias:</p> <p>C.II.1.2. Concrete Construction (USA). Report 136 Construction Industry Research and Information Association (CIRIA), (UK). Cement and Concrete Association (UK). Para hormigones convencionales, sobre 2.000 ensayos sin producir daños arrojaron resistencia para desmoldar de 290 psi lo que equivale a 20 kgf/cm².</p> <p>C.II.1.3. ACI 306. Cold Weather Concreting. Indica que el hormigón que esté protegido del congelamiento hasta que alcance una resistencia a compresión de al menos 35 kgf/cm², no resultará dañado al exponerse a ciclos de hielo deshielo (Power 1962; Hoff & Buck, 1983)</p> <p>C.II.1.4. Se deberá cuidar aristas, canterías y otras singularidades.</p>

especificados en este documento, el ingeniero estructural indicará la resistencia mínima a la compresión.

II.2. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

II.2.1. El mandante o su representante calificarán el o los elementos desmoldados por inspección visual y por evidencias presentadas de la resistencia obtenida al momento de desmoldar.

II.2.2. Se aceptará el desmolde de elementos verticales si se cumplen los requisitos mínimos establecidos en el punto II.1.

II.2.3. No se aceptará elementos verticales de hormigón armado que después del desmolde, presenten deformaciones o daños excesivos que comprometan o no la estructura.

II.2.4. Si el o los elementos desmoldados cumplen con la resistencia mínima pero presentan daños superficiales o deformaciones, se deberá recurrir al documento ET 004-06, sección II.1.1, II.1.2, Y II.1.5 para calificar si las desviaciones o daños están dentro de las tolerancias permitidas.

II.2.5. En los casos en que se proponga reparaciones, éstas se aceptarán o rechazarán de acuerdo a lo estipulado en el documento ET 004-06, sección II.4.

C.II.2.1. La evidencia puede estar basada en ensayos de resistencia de probetas o por método de madurez a la edad en que sea necesario desmoldar.

III. ACTUACIÓN CON PROCEDIMIENTO PROPIO

III.1. El contratista deberá elaborar un procedimiento, basado en resistencia del hormigón, que permita asegurar que se cumpla con:

III.1.1. La resistencia propuesta al momento de desmolde y

III.1.2. El comportamiento indicado por el mandante de acuerdo a los grados de terminación definidos en la ET 004-06.

C.III.1. La forma de determinar el instante en que se cuenta con la resistencia a compresión necesaria para desmoldar podrá ser:

a) El Método de Madurez, que consiste en medir la temperatura media del hormigón de la obra, en un intervalo de tiempo, previa determinación en laboratorio de la relación Madurez - Resistencia de ese hormigón, o

Algún otro sistema que permita asegurar que se

<p>III.2. El mandante podrá exigir la presentación por escrito y la aprobación de dicho procedimiento.</p>	<p>cuenta con la resistencia propuesta en el procedimiento al momento del desmolde</p>
<p>IV. ACTUACIÓN SIN PROCEDIMIENTO PROPIO</p> <p>IV.1. En el caso que el contratista no proponga un procedimiento para realizar la faena de desmolde, el moldaje deberá mantenerse un periodo de tiempo que incluya al menos 2 noches después de colocado el hormigón.</p> <p>IV.2. En este mismo caso, si la temperatura media diaria es menor a 10 °C, se deberá mantener los moldes por un periodo de tiempo que incluya al menos 3 noches después de colocado el hormigón.</p>	



COMITÉ DE TOLERANCIAS DIMENSIONALES Y MOLDAJES DEL HORMIGÓN
Documento Técnico de Especificación

DTE 003-06: Tiempo de Desmolde Elementos Verticales de Hormigón Armado
Fecha aprobación: Enero, 2006

DOCUMENTO TÉCNICO DE ESPECIFICACIÓN

DTE 003-06: DESMOLDE DE ELEMENTOS VERTICALES DE HORMIGÓN ARMADO

**Documento Preparado por:
Comité de Colocación del Hormigón**

ICH

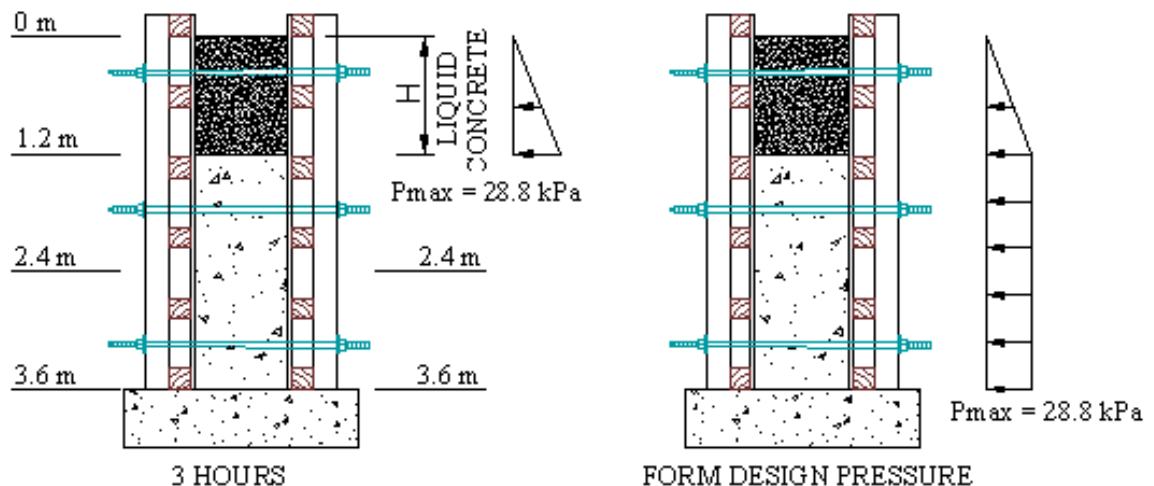
Santiago, Enero de 2006

1. Introducción

El **desmolde** y **descimbre** del hormigón es un tema prioritario que ha establecido el Comité, por la incidencia que representa el costo de permanencia del moldaje en la obra gruesa, lo que hace necesario una rotación eficiente del mismo. Para ello es fundamental contar con alternativas técnicas que permitan desmoldar en los plazos suficientes como para que el hormigón pueda prescindir del moldaje, pero sin poner en riesgo la seguridad de la estructura, ni dañar aristas o superficies del hormigón.

La operación de **desmolde** de muros, costados de vigas y pilares de hormigón queda definida principalmente por los eventuales daños que pueda sufrir el hormigón más que por razones de resistencia del mismo para resistir su propio peso.

Pocas horas después de terminado el fraguado de la pasta de cemento, basta una ligera resistencia al corte para que el hormigón auto soporte su propio peso sin que deslice. Esto indica que las solicitaciones producidas al retirar el moldaje son más incidentes que la resistencia necesaria para auto soportarse sin deslizar.



0,24 kg/cm² por metro de alto

2. Resistencia del Hormigón para Desmoldar

La resistencia requerida en el hormigón al momento de desmoldar muros es difícil de determinar, puesto que depende del tipo de moldajes (deslizante) además de la resistencia. Una especificación normal debería establecer la resistencia mínima para desmoldar, sin que el hormigón sufra daño durante el proceso de desmolde. Esta resistencia podría variar dependiendo del diseño del moldaje y de la forma de desmoldar.

El tiempo de desmolde está determinado por la resistencia del hormigón, la cual depende del tipo de hormigón, del tiempo transcurrido desde su colocación y del tiempo y temperatura de curado. La temperatura media diaria afecta a la temperatura del hormigón en el elemento que en su proceso de hidratación libera calor, por lo que en general la temperatura de curado del elemento es superior a la temperatura ambiente media. La temperatura controla la velocidad de alcanzar la madurez pudiéndose incrementar la resistencia mediante aislación térmica del hormigón del elemento.

La sollicitación del hormigón fresco es de 0,24 kg/cm² por metro de alto. Lo usual en paramentos verticales como muros, pilares y costados de vigas y cadenas es desmoldar al día siguiente de hormigonado. Existen casos en que la utilización del moldaje debe ser intensiva, debiéndose desmoldar a menos de 12 horas después de haber colocado el hormigón.

En general se recomienda una resistencia del hormigón igual o superior a 20 kg/cm² para moldajes normales. Con algunos tipos de moldajes industrializados, dependiendo de su tipo de soporte, esta resistencia puede ser menor (moldaje deslizante). Para desmoldar a resistencias menores a la indicada se debe ensayar en obra, para verificar la posibilidad de realizar el desmolde sin producir daños.

3. Madurez del Hormigón

Mediante una relación entre la temperatura del hormigón y el tiempo que éste se encuentra a esa temperatura se puede calcular la madurez del hormigón, la que es un indicador de la resistencia que va adquiriendo el hormigón en el tiempo.

Esta relación es útil para obtener la madurez del hormigón, en función de la temperatura, para luego con el valor de madurez, estimar la resistencia y con ello decidir el momento de desmoldar (o descimbrar). Este método permite reducir tanto la resistencia como el tiempo en que se proceda a desmoldar, asegurando un buen comportamiento del elemento.

El concepto de madurez propone que un hormigón a igual madurez tiene igual resistencia, la que puede ser alcanzada en función de la edad y de la temperatura.

En la figura siguiente se ilustra la relación Tiempo - Temperatura, donde si las áreas son iguales, entonces se puede decir que si $M1 = M2 = M = \text{Madurez}$



Por lo tanto, la resistencia del hormigón es función de la madurez del hormigón, que es sumatoria de los intervalos de tiempo multiplicados por la temperatura del hormigón, T , menos $T_0 = -10\text{ °C}$ y se puede expresar de la siguiente manera:

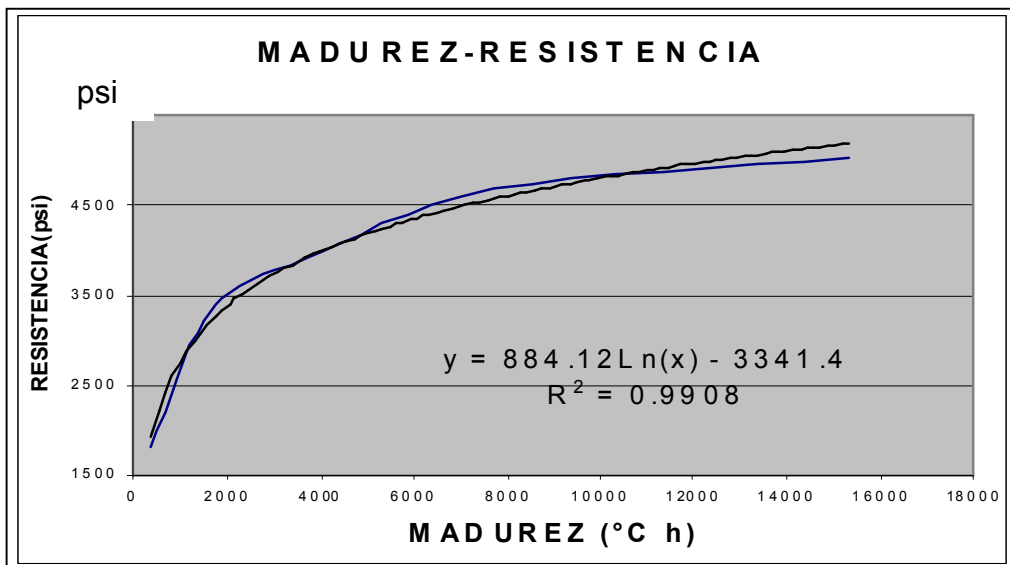
$$M = \sum_0^t (T - T_0) \Delta t \quad (\text{Ec. 3.2.1})$$



A mayor temperatura, la resistencia es mayor a corto plazo, (M2) aunque la madurez sea igual al caso en que a temperaturas menores se alcance la misma resistencia (M1) a más largo plazo. Esto hace necesario contar con relaciones de madurez para diferentes temperaturas y diferentes edades del hormigón. En el caso en que la temperatura no alcanzara valores demasiado altos, por simplicidad se recomienda utilizar la ecuación de largo plazo indicada, la que además genera un factor de seguridad a corto plazo.

Por ello es importante establecer la curva de madurez - resistencia de **cada hormigón**, para que mediante la medición de temperatura de ese hormigón en la estructura (y calcular la madurez) se pueda determinar la resistencia de éste a cada edad.

La siguiente figura, muestra la relación entre madurez y resistencia de un hormigón específico y se presenta a modo de ejemplo:



Obtenida esta relación para cada hormigón, se puede saber, obteniendo valores de madurez mediante medición de temperatura, cuándo el hormigón alcanza la resistencia determinada para desmoldar.

La forma de hacer esta determinación es confeccionando un hormigón con la dosificación normal de faena y moldear un número tal de probetas que permita ensayos a 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 28 días, con dos probetas para cada ensayo. Esto se ejecuta para dos cachadas de hormigón, de forma que permita establecer promedios de resistencia a igual edad. Estos valores de resistencia se llevan a un gráfico en que el eje horizontal es la madurez en

escala logarítmica, calculada como la temperatura de curado más 10, multiplicada por la edad de ensayo ($M = (T + 10) \Delta t$), y el eje vertical es la resistencia en escala normal. Una vez establecida la curva de madurez - resistencia del hormigón a emplear en los muros, se podrá conocer la resistencia en cada momento midiendo la temperatura del hormigón en la estructura.

Se sugiere medir temperatura en terreno mediante termómetros infrarrojos o de termocupla de contacto o dejadas dentro del hormigón. La temperatura se deberá medir cada hora y con los datos multiplicar la temperatura media de dos intervalos más 10 por el tiempo del intervalo. La sumatoria de estos productos es la madurez, que se compara con la curva de relación de madurez versus resistencia establecida en el laboratorio. En la práctica lo que se determina es el valor de madurez que corresponde con la resistencia requerida. Cuando se alcanza este valor se puede desmoldar.

Formas de realizarlo en la práctica;

- Una alternativa simple consiste en solicitar la curva Madurez-Resistencia del hormigón empleado a la empresa suministradora de ese hormigón, medir la temperatura del elemento en la obra y obtener la madurez con la cual se determina la resistencia en la curva M v/s R.

Nota: El uso de termómetros infrarrojos o de termocuplas de contacto - mejor si son dejadas en la masa del hormigón ya que considerará la temperatura del núcleo - permite mejores resultados en elementos de espesores mayores de 20 cm

- Si se desea saber el tiempo de desmolde, éste se despeja de la expresión Ec. 3.2.1, luego de la curva M v/s R se toma un valor de madurez que corresponda a la resistencia especificada para desmoldar, se divide por la sumatoria. El resultado corresponde al tiempo de desmolde.

Ejemplo de aplicación de la Madurez

Fecha y hora de colocación del hormigón: 04/10/02 , 09: 05 horas

Fecha Medi	Hora Medici	dif a 09:05 h	tf - ti = At	(T + 10) °C	Madurez	Probetas Lab		
						R (kg/cm ²)	Sum Madurez	Resistencia
04.10.02	10:10	1,08	1,08	37	40		40	
05.10.02	10:30	25,42	24,34	34	828,6	128	869	128
07.10.02	9:35	72,5	47,08	33	1553,6	225	2422	225
09.10.02	8:00	118,92	46,42	32	1485,4	257	3908	257
11.10.02	9:00	167,92	49	33	1617	274	5525	274
18.10.02	14:00	340,92	173	33	5709	328	11234	328
01.11.02	10:15	673,17	332,25	33	10964,3	352	22198	352

