

## HORMIGÓN COLOCADO EN OBRA

### 1. FABRICACIÓN DEL HORMIGÓN

- A. El hormigón podrá ser provisto por una Planta especializada, contratada por el Contratista, o directamente por el propio Contratista.
- B. Según lo establecido en la norma NCh170:2016 acápite 15.2.2.4 La resistencia del **hormigón colocado** se debe estimar preferentemente por medio de **métodos de madurez** o en su defecto por medio de probetas conservadas en condiciones similares a las del hormigón colocado.

El método de madurez está basado en el principio de que la resistencia del hormigón está directamente relacionada al historial de la temperatura de hidratación de la mezcla de cemento.

El método de madurez se rige por el supuesto fundamental de que un determinado diseño de mezcla de hormigón, vertido durante el curso de un proyecto específico, tiene la misma resistencia a la compresión cuando tiene el mismo "índice de madurez". Esto significa que un diseño de mezcla de hormigón, por ejemplo, puede alcanzar la misma resistencia a la compresión después de 7 días de curado a 10°C que cuando se cura a 25°C durante 3 días.

El método de madurez requiere la pre-calibración de una mezcla de hormigón antes de que pueda usarse para correlacionar la madurez con la resistencia en un proyecto. La calibración de madurez es específica para un diseño de mezcla. Una vez que la curva de calibración de la madurez se desarrolla en el laboratorio para una mezcla específica, puede utilizarse para la estimación en obra de la resistencia a la compresión del hormigón en tiempo real, tal como lo indica la norma NCh170:2016.

- C. Si el hormigón es provisto por una Planta especializada, el Control de Calidad del suministro de hormigón se hará:
  - i. Mediante los resultados de asentamiento de cono a la llegada del suministro a la obra. En estos controles el asentamiento deberá estar comprendido dentro de  $\pm 1$  cm del asentamiento especificado.
  - ii. Mediante los resultados de resistencia, en conformidad al mínimo de muestras de hormigón que se indican en la sección 17 de la Norma NCh170:2016 relativa a la FRECUENCIA DE MUESTREO.
  - iii. Habiéndose cumplido la frecuencia de muestreo mínima normativa Capítulo 17 Frecuencia de Muestreo NCh170:2016 Tabla N° 15, una vez cumplido ese mínimo de muestras, se podrá utilizar los datos de la

resistencia real del hormigón colocado obtenida mediante el método de madurez NCh170:2016 acápite 15.2.2.4, como respaldo de control de calidad del hormigón colocado.

- iv. Adicionalmente, la Inspección de la Obra tendrá acceso a toda la información que genera la Planta de Hormigón proveedora sobre el hormigón en uso y a los informes de desempeño de la resistencia real del hormigón colocado.

D. Si el hormigón es provisto por el Contratista desde una Planta operada por él, deberá proporcionar información semanal sobre:

1. El tipo de cemento utilizado en la obra.
2. Los áridos empleados en la confección del hormigón.
3. La dosificación completa de los hormigones suministrados a la obra.

E. En cualquiera de los casos anteriores, el contratista deberá solicitar a un laboratorio acreditado la confección de la curva de calibración o curva de madurez del hormigón para cada uno de los diferentes tipos de hormigón que usen durante la obra gruesa según lo establecido en el siguiente punto.

F. Para el correcto monitoreo de la resistencia del hormigón colocado mediante el método de madurez se recomienda el uso del sensor **SmartRock2** o su equivalente técnico.

## 2. CURVA DE CARACTERIZACION DEL HORMIGÓN

Al inicio del contrato y cada vez que cambie la dosificación del hormigón el Contratista deberá determinar la curva madurez - resistencia a la compresión del hormigón, la cual deberá ser presentada al ingeniero calculista. Para elaborar esta curva de caracterización o curva de madurez se deberán seguir los procedimientos establecidos en la norma NCh3565 o ASTM C1074.

La curva presentada por el contratista podrá ser verificada por el Laboratorio de Calidad, el cual podrá tomar sus propias muestras para validar la curva. La curva de verificación deberá estar dentro de la banda de trabajo de  $\pm 10\%$ , determinada por el contratista. En caso contrario, el Contratista deberá presentar una nueva curva de madurez - resistencia.

El Contratista deberá verificar la curva de madurez - resistencia cada 10.000 m<sup>3</sup> de hormigón producido. Para esto deberá determinar la madurez y resistencia a la compresión como mínimo en 5 puntos de muestra por ej., 3, 7, 14, 21 y 28 días, agregando más puntos de muestras antes y pues del día en específico en el cual se desea tomar la acción por ej. si se desea tomar una decisión a 3 días es recomendable tomar una muestra a 1, 2, 3, 4 días, más las de 14, 21 y 28, según procedimiento indicado anteriormente. Los puntos de madurez versus resistencia deben caer dentro de la tolerancia del  $\pm 10\%$  con respecto a la curva original. Si los valores se salen de la tolerancia indicada, el Contratista deberá realizar una nueva curva de madurez - resistencia.

A continuación, se entrega un ejemplo con los valores esperados de una curva de madurez, en cuanto a Edades, Madurez y Resistencia a la compresión.

Tabla Nº 1 Estimación de la madurez con resistencia a 28 días

<b>Edad de ensayo (días)</b>	<b>Edad de ensayo (horas)</b>	<b>Madurez del hormigón (°C-hrs.)</b>	<b>Resistencia a la compresión cúbica (MPa)</b>
1	24	590	14
3	72	1730	24
5	120	2727	31
7	168	3687	33
14	336	7023	37
28	672	Pend.	Pend.

Para la correcta incorporación de la curva de madurez de una mezcla específica a una aplicación o software que utilice el método de madurez para estimar la resistencia real del hormigón colocado, se recomienda que el contratista se contacte directamente con el departamento de soporte técnico del proveedor de los sensores de madurez.

### **3. PREPARACIÓN Y COLOCACIÓN DEL HORMIGÓN**

- A. La dosificación del Hormigón deberá considerar la selección y proporción de los materiales (cemento, áridos, agua y aditivos) que garantice la resistencia especificada en los planos de cálculo.
- B. La dosificación del Hormigón deberá considerar la selección y proporción de los materiales (cemento, áridos, agua y aditivos) que garantice la mínima retracción de fraguado.
- C. La mezcla, colocación en obra y curado del hormigón se hará según la Norma I.N.N. NCh 170: 2016 y según las disposiciones que se indican en estas especificaciones.
- D. Con el objetivo de alcanzar una exactitud y uniformidad de los resultados, se recomienda que todos los materiales del hormigón se midan en "peso". Ref. Norma I.N.N. NCh 170:2016.
- E. El mezclado del hormigón podrá realizarse:
  - I. En planta central fija.
  - II. Parcialmente en planta central, completándose la operación en un camión mezclador.
  - III. Totalmente en un camión mezclador.
- F. La colocación del hormigón en su posición definitiva se hará antes de que el hormigón haya fraguado parcialmente.
- G. No se permitirá la colocación del hormigón cuando la temperatura ambiente sea igual o menor a + 5° C.
- H. No se permitirá la colocación del hormigón en superficies directamente expuestas al sol, cuando la temperatura ambiente sea superior a los 30°C.
- I. La colocación del hormigón se realizará de acuerdo a un plan de trabajo organizado, teniendo en cuenta que el hormigón debe ser colocado en faenas

continuas entre juntas de construcción, previamente fijadas. Los puntos G y H anteriores deberán ser respaldados mediante el uso de los mismos sensores de temperatura y madurez siendo colocados al menos uno por colada de hormigón. **El informe de desempeño generado por estos sensores** deberá contener al menos una sección donde se indique claramente la temperatura de hormigonado y la evaluación del punto 11.7 de la norma NCh170:2016

- J. Se admiten los siguientes conos de asentamiento, siempre que sean compatibles con las resistencias requeridas en los planos:
- I. Vigas, losas, muros, pilares 5 - 8 cm.
  - II. Fundaciones 8 -10 cm.
- K. El hormigón que acuse un principio de fraguado o haya sido contaminado con sustancias extrañas, no será colocado en obra. La máxima pérdida de asentamiento entre el momento de mezclado y el de colocación no será superior a 3 cm. No se permitirá agregar agua a la mezcla para su ablandamiento.
- L. El espesor máximo de la capa de hormigón que se esté colocando no excederá de 50 cm. ni del espesor que pueda ser perfectamente compactado.
- M. En caso de que la colocación del hormigón se ejecute desde alturas mayores a 2.0 m, la operación se hará mediante embudos y conductos cilíndricos ajustables, rígidos o flexibles, de bajada, evitando así que la caída libre provoque segregación del hormigón.
- N. En caso de no ser practicable lo anterior, se recomienda abrir agujeros o ventanas en los moldajes a niveles razonables y vaciar por ellos el hormigón. Las primeras ventanas deberán colocarse 30 cm. sobre el fondo y por ellas se hará la inspección de la superficie del hormigón (limpieza, humedad); se colocará una capa de 20 cm. aproximadamente de hormigón con un cono ligeramente superior al normal, se acomodará mediante pisón; se cerrarán las ventanas y por las ventanas inmediatamente superiores se procederá al hormigonado.
- O. Cuando sea posible, los elementos verticales se hormigonarán en una sola jornada.
- P. Después de 12 horas de hormigonado los elementos verticales se podrán proceder a hormigonar los elementos que se apoyan sobre ellos.

- Q. En vigas y losas el hormigón empezará a colocarse preferentemente en el centro de los paños, prosiguiéndose simultáneamente hacia ambos extremos, a fin de minimizar los problemas de retracción.
- R. El hormigón será compactado hasta alcanzar su máxima densidad posible. La operación se hará preferentemente mediante vibración mecánica suplementada por apisonado y compactación manual.
- S. El tiempo de aplicación de la vibración dependerá de la consistencia del hormigón, de su composición y de la potencia del vibrador.
- T. La vibración deberá continuarse hasta que la lechada empiece a aflorar en la superficie de la capa colocada.
- U. No se permitirá aplicar los vibradores en las armaduras.
- V. En todos los elementos se usará de preferencia vibrador de inmersión salvo en las losas de espesores menores a 20 cm., las que deberán vibrarse con vibradores de superficie.
- W. El tamaño mínimo de los paños de hormigonado no podrá ser menor que un 20% del área de la planta, salvo autorización expresa del ingeniero calculista.
- X. El hormigón no deberá ser colocado antes de que toda la armadura de refuerzo, tuberías, cajas eléctricas, anclajes, insertos u otros elementos embebidos estén colocado, debidamente asegurados y aprobados por la Inspección Técnica.
- Y. Se deberá llevar un registro de la hora y fecha de colocación de todas las partidas de hormigón, así como de los elementos estructurales en los que se ha colocado.

## MONITOREO DE TEMPERATURA DEL HORMIGÓN

- A. Para dar cumplimiento a diversos aspectos de la norma NCh170:2016 y del ACI207.1 se deberá monitorear la temperatura del hormigón mediante la instalación de sensores de temperatura los cuales **deberán ser colocados al inicio y termino de cada colada.**
- B. Según lo requerido por la norma NCh170:2016 punto 11.8.1.3. Por cada colada se deberá monitorear que la temperatura del hormigón colocado no descienda de los 5°C durante el periodo inicial de endurecimiento, a su vez se deberá respaldar la restricción de colocación del hormigón del punto 11.7 de la misma norma.
- C. El informe de desempeño del hormigón deberá indicar la temperatura máxima y mínima del hormigón, junto a la temperatura de colocación.
- D. En la siguiente sección se puede ver un ejemplo de informe de desempeño con los datos mínimos recomendados a incluir en este.

El informe con los datos de las lecturas de terreno deberá ser claro en cuanto a la ubicación de los sensores identificando claramente el lugar dentro de la estructura donde se están realizando las lecturas.

Deberá contener como mínimo la siguiente información.

### Sección Descripción

Nombre del proyecto:  
Identificador de sensor:  
Ubicación de sensores: Ej sector, entre ejes nivel  
N° de Colada:  
Fecha y hora de hormigonado:  
Tipo de mezcla u hormigón:  
Fecha de preparación del informe:  
Foto con ubicación de cada sensor

### Sección Resistencias:

Resistencia especificada del proyecto:  $f'c$ [MPa] | Días en que se debe obtener  
ej. 7 días  
Resistencia a la fecha:  $f'c$ [MPa] | Fecha y hora de lectura

### Sección Parámetros Normativos NCh170:2016

Temperatura Mínimas y máximas | Fecha y hora de lectura  
Temperatura de colocación | Fecha y hora de lectura  
Verificación de puntos 11.7 y 11.8.1.3 relativos a la temperatura de colocación y evolución de temperatura durante proceso de endurecimiento.

**INFORME DE DATOS DE RESISTENCIA REAL Y TEMPERATURA DEL HORMIGÓN OBTENIDOS EN ELEMENTO ESTRUCTURAL SEGÚN Nch170 Of. 2017**

Reporte preparado con los datos obtenidos al 21 de octubre de 2017 a las 12:13

**DESCRIPCIÓN**

<b>Nombre del proyecto:</b>	Subestación Chilquinta
<b>Nombre de Sección:</b>	Muro Trinchera
<b>Nombre de Sensor:</b>	sensor muro
<b>Ubicación de la obra:</b>	
<b>Sensor etiquetado por:</b>	
<b>Tiempo de hormigonado:</b>	04-09-2017 a las 14:35
<b>Tipo de Hormigón:</b>	H30-90-20-8 R7 BSA
<b>Método de Madurez:</b>	Temperature Time Factor
<b>Coefficiente de Calibración:</b>	a=-71,77 b=33,62
<b>Comentarios:</b>	



**RESISTENCIA ESPECIFICADA**

	f'c[Mpa]	Días	Fecha	
<b>Resistencia especificada en proyecto:</b>	30	7	11-09-2017 14:45	Fecha en la que debería obtenerse resistencia especificada
<b>Resistencia a la fecha:</b>	61,6	21	25-09-2017 16:15	Última fecha de lectura de datos
<b>Estado de resistencia especificada:</b>	30	2	06-09-2017 15:15	Fecha en la que se obtuvo la resistencia especificada

**Observaciones:** El elemento ya superó la resistencia especificada.  
La resistencia especificada 30 MPa se logró antes de los 7 días requeridos.

**PARAMETROS NORMATIVOS Nch170 OF 2017**

**TEMPERATURAS DEL HORMIGÓN**

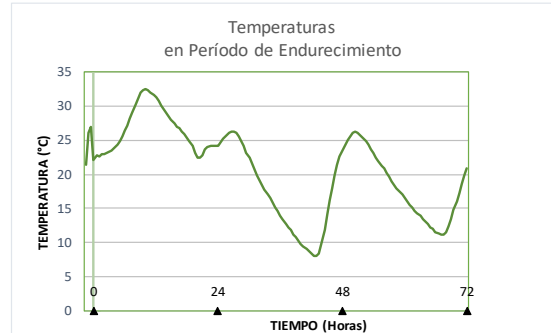
	Temperatura	Horas	Fecha
<b>Temperatura Máxima:</b>	34,0°C	435	22-09-2017 17:15
<b>Temperatura Mínima:</b>	6,8°C	162	11-09-2017 8:45
<b>Temperatura de Colocación:</b>	22,1°C	0	04-09-2017 14:45

**Punto 11.7** Al momento de la colocación del hormigón se deben cumplir las condiciones de temperatura siguientes:

**Punto 11.8.1.3** Temperatura del hormigón colocado no debe descender de los 5° durante el período inicial de endurecimiento

**ACI207.1** Temperatura máxima del hormigón no puede superar los 70°C

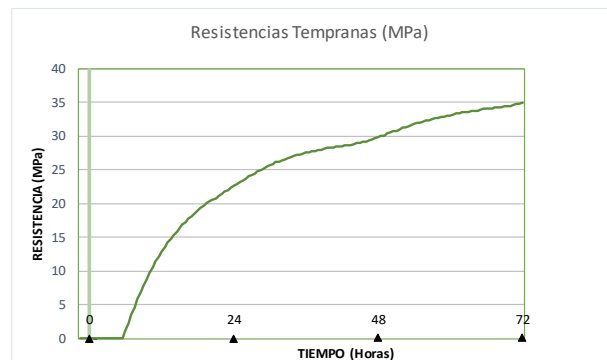
5 °C < T° Hormigón < 35 °C



**RESISTENCIAS TEMPRANAS**

Curado y protección	f'c[Mpa]	t[Horas]	Fecha
13.2.3 b) Días de curado	21	22	05-09-2017 12:15
<b>Desmolde y descimbre</b>			
15.2.1 Desmolde de Parámetros Verticales	2	7	04-09-2017 21:15
15.2.2.2 Desmolde de fondos de losa	13	13	05-09-2017 3:15
15.2.2.2 Desmolde de fondos de viga y puntales de losa	13	13	05-09-2017 3:15
15.2.2.3 Retiro de puntales	23	24	05-09-2017 14:45

Resistencias Tempranas de control	f'c[Mpa]	Días	Fecha
R1	22,6	1	05-09-2017 14:45
R3	34,9	3	07-09-2017 14:45
R7	44,6	7	11-09-2017 14:45





## MOLDAJES Y ANDAMIOS

### Retiro de moldajes y alzaprimas

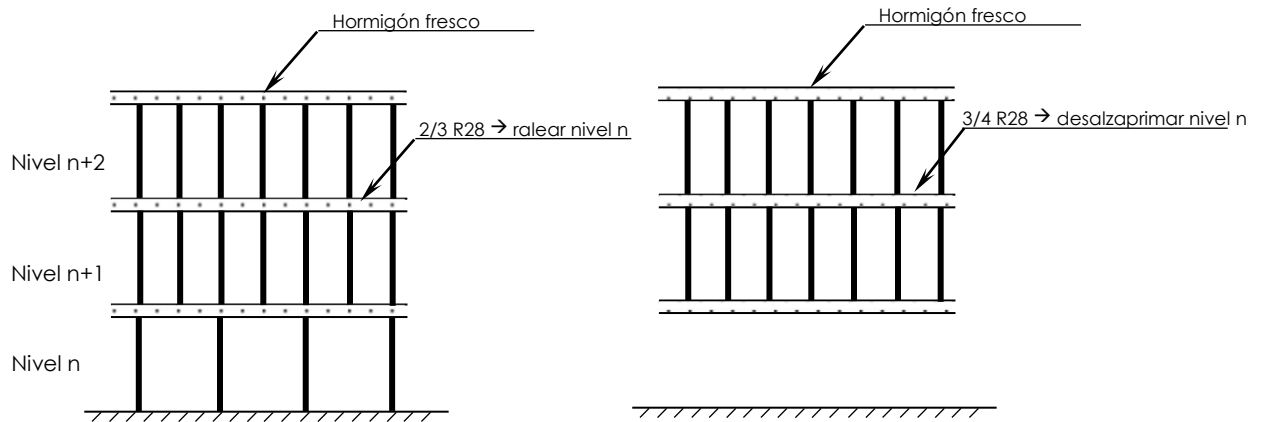
- A. El retiro de los moldajes deberá efectuarse una vez que el hormigón esté suficientemente endurecido, de modo de que sea capaz de mantener su integridad y no se dañe durante el retiro. En ningún caso se iniciará el retiro de moldajes antes que la resistencia real del hormigón colocado haya alcanzado, como mínimo, un valor doble del necesario para soportar las tensiones que aparecen en la estructura en el momento del descimbre (peso propio del elemento, peso de los elementos que recibe, cargas de construcción).
- B. Según lo establecido en la norma NCh170:2016 acápite 15.2.2.4 La resistencia del **hormigón colocado** se debe estimar preferentemente por medio de **métodos de madurez** o en su defecto por medio de probetas conservadas en condiciones similares a las del hormigón colocado.
- C. Se recomiendan los siguientes plazos mínimos antes de descimbrar:

Elemento	Criterio <b>por desempeño</b> del hormigón
	% resistencia especificada para el hormigón del elemento.
Pilares	-
Tablero Losas	50
Alzaprimas Losas	75
Vigas: caras laterales	-
Vigas: cara inferior	100
Muros	-

Para la estimación de **la resistencia real del hormigón colocado** se recomienda el uso de sensores de madurez tipo **SmartRock2** o equivalente técnico que entreguen directamente la resistencia real en obra más un informe de desempeño donde se indiquen claramente y sin mayor intervención del usuario el fecha y hora mínima en la cual se podrán realizar las acciones requeridas de la tabla anterior.

Dicho reporte debe ser firmado por el profesional responsable de calidad de la constructora y enviado como respaldo al ingeniero calculista.

- D. En el caso particular de las alzaprimas en losas, se podrá descimbrar para aquellas losas que hayan sido diseñadas para sobrecargas útiles menores o igual a 500 kg/m<sup>2</sup> de acuerdo al siguiente procedimiento:



- Siempre se deberá mantener dos niveles consecutivos con alzaprimas completas, de modo que cada losa nueva se descargue en dos losas ya hormigonadas.
- Cuando el hormigón de la losa de cielo del nivel n+1 alcance  $2/3$  de la resistencia especificada a los 28 días (R28), se podrá ralear al 50% las alzaprimas del nivel n.
- Cuando el hormigón de la losa de cielo del nivel n+1 alcance  $3/4$  de la resistencia especificada a los 28 días (R28), se podrá retirar el 100% de las alzaprimas del nivel n. En el caso de hormigones con  $f'c < 20$  Mpa, esto se podrá hacer solo previa autorización del ingeniero calculista.

Para aquellas losas que hayan sido diseñadas para sobrecargas útiles mayores a  $500 \text{ kg/m}^2$  se podrá disminuir en un nivel el alzaprimado indicado en el esquema anterior.

- Los pilares deberán descimbrarse antes que las losas y vigas.
- Los apoyos de los moldajes de vigas y losas, deberán retirarse por medio de dispositivos que eviten choques o fuertes vibraciones.
- Se prohíbe el desalzaprimado y realzaprimado de cualquier elemento, antes de los plazos de descimbre indicados.

#### 4. CALIDAD DE LA TERMINACIÓN DEL HORMIGONADO

- A. Deberá tomarse todas las precauciones para que las superficies de los elementos de hormigón armado no presenten imperfecciones (como oquedades, chorreos y desaplomos), que sin afectar estructuralmente al elemento den una apariencia descuidada en la ejecución de la obra.

#### 5. CONTRAFLECHAS

- A. Se deberán respetar las contraflechas indicadas en los planos de estructura.

#### 4. TUBERÍAS EN EL HORMIGÓN

- A. **Toda tubería que deba quedar incluida en el hormigón tendrá dimensiones tales y estará colocada en forma que no reduzca la resistencia ni la estabilidad de los elementos estructurales.**
- B. En ningún caso las tuberías embebidas en una losa o muro podrán ocupar un área en planta superior al 20% del área total del elemento, sin autorización expresa del ingeniero calculista.
- C. En ningún caso el diámetro externo del tubo será mayor que  $1/3$  del espesor del elemento, ni la separación libre entre tubos será menor a 2 diámetros.
- D. Cuando se coloquen cuatro o más tuberías paralelas se deberá disponer una armadura adicional  $\square 8@15$  a ambos lados de las tuberías, perpendicular a ellas y que sobresalga 50 cm hacia cada lado del último tubo.
- E. **En los elementos comprimidos (pilares) y en los nudos "viga-pilar" no se permitirá incluir tuberías, ni ningún otro elemento que produzca una reducción de la sección transversal del elemento. De producirse el hormigonado del elemento bajo esta condición, la inspección técnica deberá solicitar la demolición y posterior rehormigonado.**
- F. No se permitirá el contacto directo con el hormigón de tuberías metálicas que conducen fluidos con más de 70°C.
- G. No se permitirá el uso de coplas con hilo en tuberías embebidas en el hormigón.
- H. Antes de proceder al hormigonado, deberá realizarse una prueba de presión de las tuberías por lo menos a 200 psi sobre la presión atmosférica. Toda tubería diseñada para presiones inferiores a 1 psi no necesitará ser sometida a prueba de presión.

## 5. SOBRELASAS

- A. Cuando se determine la terminación de una losa con una sobrelosa, ésta se construirá tan pronto sea posible, de manera de disminuir la contracción relativa de ambas.
- B. La superficie de la losa se tratará como junta de hormigonado, para efectos de limpieza.
- C. La sobrelosa tendrá un tamaño máximo compatible con el espesor de la losa, de manera que no sea superior a los 2/3 de esta, y en ningún caso su peso podrá sobrepasar la carga considerada en el diseño para tales efectos.
- D. Su dosis de agua será determinada por el tamaño máximo antes citado y por la trabajabilidad necesaria para darle su terminación, la cual medida como asentamiento de cono será entre 10 y 12 cm.
- E. La dosis de cemento se determinará de manera que la sobrelosa tenga la misma razón agua / cemento que el hormigón de la losa inferior.
- F. Una vez colocada y terminada la sobrelosa se aplicará sobre ella un curado húmedo que deberá durar un mínimo de dos semanas.

## 6. CONTROL DE HORMIGONES

- A. Todos los controles de calidad del hormigón se deberán realizar de acuerdo al Decreto Supremo N°60 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (D.S. N°60 V. y U.).
- B. De acuerdo a lo especificado en el ACI 318S-08 capítulo 5 (sección 015), la evaluación y aceptación del hormigón se hará según lo señalado en el artículo 5.6. La determinación de la resistencia a la compresión promedio requerida ( $f'_{cr}$ ) se hará según lo señalado en el artículo 5.3. Alternativamente, de acuerdo a lo establecido en el Decreto Supremo N°60 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (D.S. N°60 V. y U.), se puede utilizar ensayos de cubos, considerando en las fórmulas de diseño el valor de  $f'_c$  dado en la norma NCh170:2016
- C. La resistencia especificada del hormigón deberá medirse a los 28 días, salvo autorización del ingeniero calculista en casos especiales como hormigón de resistencia temprana o elementos que entran en carga en forma tardía.
- D. **Para la estimación de la resistencia real del hormigón colocado se recomienda el uso del método de madurez.** Según lo establecido en la norma NCh170:2016 acápite 15.2.2.4. **Mediante el uso de señores de madurez tipo SmartRock2** o equivalente técnico que requieran una mínima intervención de parte del usuario y que generen directamente un informe de desempeño sin necesidad de que se realicen cálculos manuales que puedan inducir a error.

- E. Siempre que se haga uso de sensores de madurez instalados en obra para determinar la resistencia real del hormigón colocado, **será suficiente para el control de calidad del hormigón**, los certificados entregados por el proveedor de hormigón premezclado con el mínimo de muestras establecido en la norma NCh170:2016 en la sección 17 Frecuencia de muestreo.
- A. Para el correcto monitoreo de la resistencia del hormigón colocado mediante el método de madurez se recomienda el uso del sensor **SmartRock2** o su equivalente técnico.

## 7. JUNTAS DE HORMIGONADO

- A. Llámese "junta de hormigonado" o de "construcción" aquellas superficies del hormigón donde se interrumpe la colocación de éste en forma prevista, tanto en los planos como en los programas de hormigonado.
- B. Llámese "junta de trabajo" aquella superficie del hormigón donde en forma accidental o inevitable se interrumpe la colocación de éste.
- C. Toda "junta de trabajo" en cuya superficie el hormigón haya iniciado su endurecimiento o se haya interrumpido la colocación de éste por más de 3 horas será considerada como "junta de hormigonado".
- D. En general, la interrupción de las operaciones de hormigonado será evitada en todo lo que sea posible.
- E. Se deberá cumplir con las siguientes consideraciones en la ubicación de las juntas de hormigonado:
  - I. Salvo indicación expresa en los planos, las juntas de hormigonado o de construcción se ejecutarán disponiéndolas perpendicularmente a la dirección de los esfuerzos principales de compresión.
  - II. En vigas y losas se ubicarán de preferencia dentro del tercio central del vano y en los puntos de mínimo esfuerzo de corte. En general, tendrán una dirección comprendida entre la normal y un ángulo no mayor de 30° respecto a la normal del elemento.
  - III. En muros y pilares las juntas de hormigonado serán horizontales y podrán ubicarse bajo las losas o fondos de vigas de piso o directamente sobre el nivel del piso.

F. En la [sección 13](#), se muestran detalles de las siguientes juntas de hormigonado típicas:

- J.H.1 Juntas en muros y pilares.
- J.H.2 Juntas en losas.
- J.H.3 Juntas en muros.
- J.H.4 Juntas de vigas.

G. Tratamientos de las superficies de las juntas:

Para poner un hormigón fresco en contacto con otro ya endurecido, o cuyo endurecimiento se ha iniciado, se eliminará la lechada, mortero u hormigón poroso y toda sustancia extraña en la superficie existente, hasta la profundidad que sea necesaria para dejar al descubierto el hormigón de buena calidad, tratando de obtener una superficie lo más rugosa posible.

La operación indicada se hará de preferencia con chorro de arena y agua a presión, o con chorro de agua de acuerdo al grado de endurecimiento del hormigón.

Terminada la operación se procederá a lavar enérgicamente la superficie hasta eliminar todo resto del material suelto. A continuación la superficie de la junta será humedecida, sin llegar a saturarla.

H. La empresa constructora deberá proponer, basada en su programa de avance, la ubicación de las juntas de hormigonado para cada planta de losas, las cuales deberán ser aprobadas por el ingeniero calculista.

En cualquier caso la ubicación de las juntas deberán satisfacer las siguientes condiciones:

I. El tamaño mínimo del paño de hormigonado será de 500 m<sup>2</sup>

II. El tamaño máximo del paño de hormigonado será de 1000 m<sup>2</sup>

III. La proporción de los lados del paño deberá ser a lo más 1:2

IV. El trazado de las juntas no debe producir encuentros en T, ni vértices entrantes al paño (polígono con algún ángulo interior  $\leq 180^\circ$ )

## **8. MODALIDAD DE HORMIGONADO**

A. Entre juntas de hormigonado, el hormigón se colocará en forma continua, sin detenciones que provoquen su pérdida de adherencia.

B. Antes de hormigonar las vigas y losas se dejará endurecer el hormigón de junta inferior, por lo menos durante 12 horas.

- C. Antes de hormigonar un pilar o muro, se dejará endurecer el hormigón de la junta superior, por lo menos durante 12 horas.
- D. En caso que se desee hormigonar los pilares junto con las vigas y losas, la demora indicada será de 1 a 3 horas o más; dependiendo de las características del fraguado del hormigón. Dicha demora deberá ser tan larga como sea posible, con tal que al compactar el hormigón colocado después de la detención del vibrador, sea capaz de convertir en plástico el hormigón de la junta, a medida que se produce la revibración.  
  
Será necesario también que los últimos 80 o más centímetros de hormigón colocado inmediatamente antes de la junta, tengan el menor asentamiento que sea posible, cuidando de obtener su completa compactación.
- E. En el hormigonado de losas, al momento de terminar dicha faena, se debe prestar especial atención para evitar o subsanar grietas sobre las barras como consecuencia de la sedimentación. Esto se logra con una observación continua y un revibrado o platachado enérgico, cuyo efecto llegue hasta las armaduras.

## **9. REQUISITOS DE CURADO**

- A. Se entenderá por curado al conjunto de procedimientos tendientes a mantener la humedad y temperatura adecuadas en el hormigón luego de su colocación, para permitir la correcta hidratación del cemento.
- B. El curado deberá iniciarse en cuanto se complete la colocación del hormigón y antes de la evaporación del agua de exudación que exista.
- C. El plazo de curado mínimo será de 7 días o, si la temperatura media diaria es inferior a 15°C, hasta que el hormigón haya alcanzado una madurez mínima de 210°C x día, expresada esta como producto del tiempo en días por la temperatura media diaria más 10°C.
- D. Para la determinación del plazo de curado y la evaluación de los aspectos anteriores se recomienda el uso de sensores de temperatura y madurez SmartRock2 o su equivalente técnico que entregue un informe de respaldo con la mínima intervención de un usuario evitando cualquier alteración o mala interpretación de los datos que en este se incluyen, ver sección curado y protección en ejemplo de informe incluido anteriormente en esta especificación técnica general.

El plazo anterior se podrá reducir a 4 días para hormigones de alta resistencia inicial, o según sea indicado por el ingeniero calculista para cada caso particular siempre que esté debidamente respaldado por informe de desempeño del hormigón colocado.

- E. El curado se podrá realizar en base a tratamientos húmedos o en base a aquellos que emplean cubiertas protectoras.
- F. Las cubiertas protectoras (aserrín, papel grueso, sacos de yute, etc.) deberán retirarse en su totalidad de las superficies que vayan a constituir juntas de construcción, antes que estas queden en contacto con el restante hormigón de la obra.
- G. El curado húmedo mantendrá constantemente húmedas las superficies libres del hormigón, ya sea mediante agua apozada, riego continuo, neblina o materiales absorbentes saturados en forma permanente. Se cuidará igualmente de mantener húmedos los moldes de madera, mientras estos permanezcan en sitio.
- H. Los compuestos de curado (membrana) se aplicarán tan pronto se haya evaporado el agua de exudación de las superficies que se cubrirán con él.

Podrán utilizarse compuestos de curado que garanticen la correcta adherencia, en las superficies que constituyan juntas de construcción, o que vayan a ser recubiertas con estucos, pinturas o materiales de recubrimiento o de terminación que requieran adherencia al hormigón.

## **10. REPARACIÓN HORMIGÓN DEFECTUOSO**

- A. Desde un punto de vista estructural, un hormigón defectuoso puede ser de Grado I o Grado II.
- B. Llámese hormigón defectuoso de Grado I aquel cuyo defecto no afecta la estabilidad estructural del elemento.
- C. Llámese hormigón defectuoso de Grado II, aquel cuyo defecto afecta, a juicio del Ingeniero Calculista, la estabilidad estructural del elemento o parte de él.
- D. Todo hormigón defectuoso de Grado I se reparará de acuerdo a las indicaciones entregadas en el la sección 14.
- E. Todo hormigón defectuoso de Grado II sólo se podrá reparar mediante especificaciones especiales elaboradas para cada caso por el Ingeniero Calculista.



## 11. INSPECCIÓN E INGENIERÍA DE TERRENO

- A. El cuerpo inspectivo de esta obra deberá estar a cargo de un Ingeniero Civil o Arquitecto, con práctica en obras similares de hormigón armado.
- B. El número de inspectores destacados en la obra dependerá del grado de Inspección requerido por el cliente.
- C. La Inspección Técnica de la obra deberá realizar, entre otros, las siguientes funciones:
  - I. Control de las proporciones de las mezclas para el hormigón.
  - II. Inspección de las plantas y equipos para confeccionar el hormigón.
  - III. Inspección, ensayos y aprobación de los materiales.
  - IV. Inspección de los moldajes.
  - V. Inspección de la colocación de armaduras.
  - VI. Inspección de los soportes y andamiajes.
  - VII. Inspección de los equipos para colocar hormigón.
  - VIII. Inspección de la resistencia real de hormigón colocado (método de madurez)
  - IX. Verificación de informe de desempeño de hormigón (temperaturas, resistencias requeridas, curado y protección)
  - X. Verificación de la curva resistencia – madurez por cada tipo de hormigón usado en obra.
  - XI. Inspección de la colocación del hormigón, consolidación, terminación y curado.
  - XII. Inspección de las juntas de hormigonado y de trabajo.
  - XIII. Inspección de la reparación de hormigones defectuosos.
  - XIV. Inspección del retiro de moldajes.
  - XV. Preparación de los ensayos de resistencia del hormigón.
  - XVI. Preparación de records, e informes diarios y mensuales de todos los ítem.
  - XVII. Control de asentamiento de fundaciones.

XVIII.      Récords fotográficos.

## HORMIGÓN EN MASA

### 1. GENERALIDADES

- A. Se define hormigón masivo o en masa según ACI 207.1R-05 como cualquier volumen de hormigón con dimensiones suficientemente grandes tal que se deban tomar resguardos o medidas para hacer frente a la generación de calor producto de la hidratación del cemento y el consecuente cambio de volumen con el fin de minimizar el agrietamiento.
- B. La característica que diferencia al hormigón en masa del hormigón en general es su comportamiento térmico. El hormigón una vez elaborado, inicia un proceso de generación de calor debido a las reacciones de hidratación del cemento. En el interior de una gran masa de concreto, que no puede disipar el calor fácilmente, la temperatura puede llegar a valores muy altos.

Los fenómenos contrapuestos - generación y disipación - de temperatura en el centro del bloque, producen cambios de volumen, los cuales a su vez generan importantes tensiones internas. Si estas tensiones sobrepasan la resistencia del hormigón, provocan fisuras o grietas.

Por este motivo en faenas de hormigonado en masa, se deben adoptar las medidas constructivas que permitan minimizar y controlar el problema de generación de calor dentro del bloque.

### 2. DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS

Con el fin de reducir el riesgo de fisuración dadas las restricciones externas del hormigón, se debe limitar el descenso de temperatura ( $\Delta T^\circ$ ) que se genera entre la temperatura del núcleo ( $T_{nuc}$ ), producida en el interior del bloque, y la temperatura superficial ( $T_{sup}$ ), medida 5 a 10 cm desde la cara expuesta del elemento al ambiente. Dicho descenso debe producir un gradiente térmico no mayor a 0.40 °C/cm de profundidad

Con el objeto de evitar problemas de durabilidad del hormigón, como la reducción de su resistencia en el tiempo y la formación de etringita tardía, la temperatura máxima del hormigón no debe superar los 75 °C (ACI207.1) durante el proceso de endurecimiento. Así mismo la temperatura de colocación del hormigón debe cumplir con lo establecido en la normativa NCh170:2016 punto 11.7 donde se indica que la temperatura de colocación del hormigón debe ser mayor a 5°C y menor a 35°C.

Para lograr los puntos anteriores, se debe actuar sobre las siguientes variables:

A. Disminución de la temperatura del hormigón al momento de colocación, lo que se logra:

- I. Bajando la temperatura de los áridos y del agua previo a la elaboración de la mezcla.
- II. Durante la faena de hormigonado, evitar la absorción del calor ambiente por el hormigón manteniendo sombra y pulverizando agua en el lugar de la faena.

B. Disminución del aumento de temperatura, lo que se logra fundamentalmente de las siguientes maneras:

- I. Usando cementos de menos calor de hidratación.
- II. Disminuyendo lo más posible la dosis de cemento, para lo cual se debe bajar la dosis de agua con el uso de aditivos reductores y súper plastificantes, junto con una adecuada gradación del agregado y el uso de agregado de mayor tamaño.
- III. Especificar la resistencia del hormigón de las fundaciones a una edad superior como por ejemplo a 60 o 90 días, esto con el fin de reducir la dosis y/o el tipo de cemento y con ello bajar la temperatura máxima que pueda alcanzar el hormigón durante el curado.

C. El hormigonado de los elementos verticales que se apoyan sobre el elemento con hormigón en masa solo podrá realizarse previa autorización del ingeniero calculista.

D. Disminución del gradiente térmico en la superficie de la losa.

Se logra aislando térmicamente la superficie del hormigón de manera adecuada, por ejemplo, con doble lámina de polietileno alveolar, durante el período crítico. El retiro de esta protección térmica, se realizará una vez que las temperaturas interiores y superficiales del bloque de hormigón se estabilicen. Lo anterior deberá ser aprobado previamente por el ingeniero calculista, en base a las mediciones de T°.

### 3. COLOCACIÓN DEL HORMIGÓN EN MASA

- A. Los hormigones en masa se deberán ejecutar en faena continua, salvo autorización expresa del ingeniero calculista.
- C. La mejor forma de colocación del hormigón en masa es, por capas sucesivas. El espesor máximo de las capas no excederá de 30 cm debiendo ser uniforme.
- D. El avance por capas se hará de manera escalonada con un desfase horizontal entre capas sucesivas del orden de 1.5 m. De esta forma se protege al máximo la exposición de cada capa de la temperatura ambiente y se facilita un adecuado vibrado.
- C. Para asegurar una adecuada compactación, los vibradores deben penetrar verticalmente de 5 a 10 cm la capa que se encuentra inmediatamente bajo la hormigonada, manteniéndose así hasta que las grandes burbujas de aire cesen de surgir del hormigón.

### 4. MONITOREO E INSTRUMENTACIÓN CON SENSORES DE TEMPERATURA

- A. La empresa proveedora del hormigón deberá presentar un estudio sobre la generación de calor esperada, basado en los materiales, dosificaciones y procedimientos de elaboración que adopte en el hormigón a usar, cumpliendo siempre con la resistencia especificada.
- B. Se deberá usar dispositivos de medición de temperatura en el interior y en la superficie del hormigón en masa, de modo de monitorear la variación de temperatura el tiempo necesario para asegurar que el gradiente no supera lo indicado en el párrafo primero de la sección 2 de esta EETT.
- C. Para el correcto monitoreo de la temperatura ( $\Delta T^\circ$ ) y resistencia del hormigón se recomienda el uso del sensor **SmartRock2** o su equivalente técnico. Los cuales deberán ser colocados según el punto 2 párrafo primero, instalando al menos 4 sensores por área de control de hormigonado que se desea monitorear. El uso de 4 sensores se recomienda dado que si solo se usan 2 y por alguna razón uno de estos sensores se pierde no será posible elaborar el  $\Delta T^\circ$  que se desea monitorear, con lo cual al usar 4 sensores se disminuye la probabilidad de falla.
- D. Se deberá verificar que los sensores queden embebidos completamente dentro del hormigón con el objetivo de garantizar de forma fidedigna el lugar donde se están tomando las mediciones de tal forma que los datos puedan ser rescatados nuevamente desde el mismo punto de control ante cualquier duda sin ningún tipo de alteración.
- E. El proveedor deberá avalar que el sistema de medición (sensores y aplicación de cálculo) realiza el procedimiento de cálculo correcto y cumple con lo requerido tanto por la normativa (intervalos de lectura y exactitud) como por esta especificación mediante la extensión de un "Certificado de Conformidad

Normativa" emitido por un ingeniero civil especializado en tecnología del hormigón, con al menos 10 de años de experiencia comprobada en esta área.

## 6. CONTENIDO DEL INFORME HORMIGON EN MASA

El informe con los datos de las lecturas de terreno deberá ser claro en cuanto a la ubicación de los sensores identificando claramente el lugar dentro de la estructura donde se están realizando las lecturas.

Deberá contener como mínimo la siguiente información.

### Sección Descripción

Nombre del proyecto:  
Identificador de sensor:  
Ubicación de sensores: Ej sector, entre ejes nivel  
N° de Colada:  
Fecha y hora de hormigonado:  
Tipo de mezcla u hormigón:  
Fecha de preparación del informe:  
Foto con ubicación de cada sensor

### Sección Resistencias:

Resistencia especificada del proyecto:  $f'c$ [MPa] | Días en que se debe obtener  
ej. 7 días  
Resistencia a la fecha:  $f'c$ [MPa] | Fecha y hora de lectura

### Sección Parámetros Normativos NCh170:2016

Temperatura Mínimas y máximas de núcleo y superficie | Fecha y hora de lectura  
Temperatura de colocación | Fecha y hora de lectura  
Verificación de puntos 11.7 y 11.8.1.3 relativos a la temperatura de colocación y evolución de temperatura durante proceso de endurecimiento.

### Sección Gradiente de Temperatura

Máximo gradiente de temperatura  $^{\circ}C$  | Fecha y hora de lectura  
Temperatura máxima y mínima de núcleo y superficie | Fecha y hora de lectura  
Profundidad de colocación sensor lectura  $T_{sup}$ : cm  
Profundidad de colocación sensor lectura  $T_{nuc}$ : cm  
Máximo  $\Delta T^{\circ}$  permitido:  $(Prof.T_{sup} - Prof.T_{nuc}) * 0.4$   
Verificación:  $\Delta T^{\circ} max < \Delta T^{\circ} max$  permitido  
Fecha de retiro de protección térmica (estabilización de temperaturas 2.D):  
Fecha y hora

## Sección Gráficos

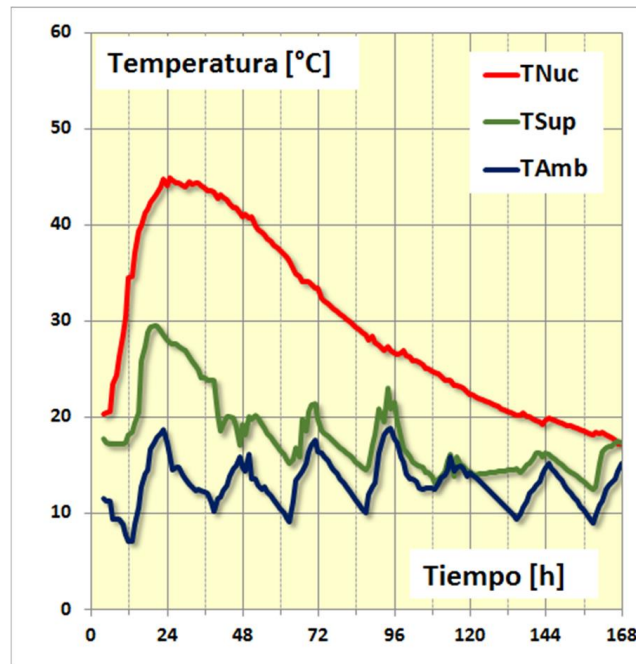
Grafico tiempo vs temperatura [°C]

Grafico tiempo vs resistencia [Mpa]

Los datos mostrados en los gráficos deberán abarcar al menos 2 horas antes de la colocación de hormigón y todo el periodo de endurecimiento debiendo ser esta fecha posterior a la fecha de retiro de protección térmica.

En cada grafico se deberá incorporar los datos de lecturas tanto del sensor ubicado en el núcleo como del sensor ubicado en la superficie.

A modo opcional es recomendable graficar la temperatura ambiente.



Ejemplo de grafico de temperaturas

## Responsabilidad

El informe deberá contener el nombre del profesional que elaboró el informe, con una nota comentario u observación relativa a la Verificación:  $\Delta T^{\circ} \max < \Delta T^{\circ} \max$  permitido.

A continuación, se entrega un ejemplo de reporte de con datos de un hormigón masivo, monitoreado por medio de sensores de temperatura.



# INFORME DE DATOS PARA HORMIGONES MASIVOS TOMANDO TEMPERATURA DEL HORMIGÓN OBTENIDOS EN ELEMENTO ESTRUCTURAL SEGÚN NCh170 Of. 2017

Reporte preparado con los datos obtenidos al 12/12/2017 a las 16:00

## DESCRIPCIÓN

### Sensor superficial

**Nombre del proyecto:** Dunas de Montemar  
**Nombre de Sección:** ciclo 2  
**Nombre de Sensor:** Superior S1  
**Ubicación de la obra:**  
**Sensor etiquetado por:**  
**Tiempo de hormigonado:** 11/24/2017 a las 11:02  
**Tipo de Hormigón:** hb45 informal  
**Método de Madurez:** Temperature Time Factor  
**Coefficiente de Calibración** a=-79.45 b=29.51  
**Comentarios:**

### Sensor nucleo

**Nombre del proyecto:** Dunas de Montemar  
**Nombre de Sección:** ciclo 2  
**Nombre de Sensor:** Inferior I1  
**Ubicación de la obra:**  
**Sensor etiquetado por:**  
**Tiempo de hormigonado:** 11/24/2017 a las 10:35  
**Tipo de Hormigón:** hb45 informal  
**Método de Madurez:** Temperature Time Factor  
**Coefficiente de Calibración** a=-79.45 b=29.51  
**Comentarios:**

## RESISTENCIA ESPECIFICADA

	f'c[Mpa]	Días	Fecha
<b>Resistencia especificada en proyecto:</b>	45	28	22-12-2017 10:30
<b>Resistencia a la fecha:</b>	31,1	6	30-11-2017 16:00
<b>Estado de resistencia especificada:</b>	31,1	6	30-11-2017 11:00

## PARAMETROS NORMATIVOS NCh170 OF 2017 TEMPERATURAS DEL HORMIGÓN

	Sensor nucleo			Sensor superficial		
	Temperatura	Horas	Fecha	Temperatura	Horas	Fecha
<b>Temperatura Máxima:</b>	62,5°C	38	26-11-2017 0:00	47,0°C	31	25-11-2017 17:00
<b>Temperatura Mínima:</b>	17,1°C	-1	24-11-2017 10:00	15,9°C	6	24-11-2017 16:30
<b>Temperatura de Colocación:</b>	17,1°C	0	24-11-2017 10:30	17,1°C	0	24-11-2017 10:30

**Punto 11.7** Al momento de la colocación del hormigón se deben cumplir las condiciones de temperatura siguientes:

$$5^{\circ}\text{C} < T^{\circ}\text{Hormigón} < 35^{\circ}\text{C}$$

**Punto 11.8.1.3** Temperatura del hormigón colocado no debe descender de los 5° durante el período inicial de endurecimiento

**ACI207.1** Temperatura máxima del hormigón no puede superar los 70°C

	Superficie	Nucleo
5°C < T° Hormigón < 35°C	✓	✓
Temperatura del hormigón colocado no debe descender de los 5° durante el período inicial de endurecimiento	✓	✓
Temperatura máxima del hormigón no puede superar los 70°C	✓	✓

## ANÁLISIS GRADIENTES DE TEMPERATURA

	ΔT°	Horas	Fecha
<b>Máximo gradiente de temperatura:</b>	27,4°C	18	25-11-2017 4:00
<b>Profundidad de colocación sensor superficial:</b>	5	[cm]	
<b>Profundidad de colocación sensor nucleo:</b>	160	[cm]	
<b>Máximo ΔT° permitido:</b>	62,0°C	[Prof.Tnuc-Prof.Isup]*0,4	
<b>Fecha de retiro de protección térmica:</b>			30-11-2017 10:00

