



**Mejores Prácticas para el Proyecto
y Ejecución de Pavimentos de Hormigón**

Reglamento CIRSOC 201:2005

Dirección Nacional de Vialidad
Distrito 9° | San Juan
San Juan
10 y 11 de Agosto de 2016

Reglamentos para construcción civil

Fundamentos

“(...) Reglamento de seguridad estructural, como acuerdo social sobre el nivel o grado de seguridad que la sociedad está dispuesta a aceptar y exigir (...)”



REGLAMENTO CIRSOC 201.2005

Estructuras civiles de edificios y prefabricado, de hormigón simple, armado y/o pretensado, no masivo, con agregados de peso normal

Reglamentos para construcción civil

Actualización y Aprobación

Resolución 247/2012

- **Aprobación de los reglamentos nacionales**
- Vigencia legal nacional a partir del **1 de enero de 2013**
- Expediente N° S01:0217486/2007 del Registro del Min Plan, IP y S

Motivos para la actualización

- **Obsolescencia**
- Reglamentos Nacionales adaptados al estado del arte para el **mejor ejercicio de la profesión.**
- **Seguridad pública de las personas y los bienes**

Caminos por recorrer

- **Hoy vigente en:** Obras Públicas Nacionales, Obras Públicas Provinciales (**CATAMARCA**, Jujuy, Mendoza, San Juan, Salta, Tucumán, Santa Fe, Entre Ríos), Obras Públicas Municipales (Rosario), y obras privadas (según adopción)
- Adhesión de **provincias** faltantes, C.A.B.A. y **municipios**, obra pública y privada

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Cambios de enfoque

→ Durabilidad: concepto preeminente

- Vida útil en servicio de las estructuras
- Genéricamente, especificaciones con carácter prescriptivo (\neq prestacional)
- Agregados y RAS: predomina criterio de aptitud basado en comportamiento en servicio
- Admite aplicación de modelos prestacionales ($>$ Vida útil)

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Cambios de enfoque

→ Resistencia a la compresión

- Modificación del cuantil para admisión de 'outliers' (5% → 10%)
- Admite distintas edades de diseño
- Diferente categorización de clases resistentes de hormigón
- Modos de producción de hormigón: Modo 1 y 2

CERTIFICACIÓN

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Cambios de enfoque

- ✓ **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN. Modificación de clases resistentes**

CIRSOC 201:1982



CIRSOC 201:2005

| Clase del hormigón | | Resistencia especificada σ'_{bk} (28 días) | Aplicación |
|--------------------|------|---|-------------------|
| H-I | H-4 | 4 | H°S° |
| | H-8 | 8 | |
| | H-13 | 13 | H°S° y H°A° |
| | H-17 | 17 | |
| H-II | H-21 | 21 | H°S°, H°A° y H°P° |
| | H-30 | 30 | |
| | H-38 | 38 | |
| | H-47 | 47 | |

| Clase del hormigón | Resistencia especificada f'_c (e.diseño) | Aplicación |
|--------------------|--|-------------------|
| H-15 | 15 | H°S° |
| H-20 | 20 | H°S° y H°A° |
| H-25 | 25 | H°S°, H°A° y H°P° |
| H-30 | 30 | |
| H-35 | 35 | |
| H-40 | 40 | |
| H-45 | 45 | |
| H-50 | 50 | |
| H-60 | 60 | |

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Cambios de enfoque

- **Criterios de conformidad en la recepción, adicionales a criterios de producción**
- **Madurez:** incorporación como criterio válido
- Actualización del marco normativo de referencia para la aplicación de controles de aptitud y caracterización de materias primas y hormigones
- **Nuevo enfoque en el cálculo estructural, basado en ACI 318**

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Cambios de enfoque

CEMENTOS Y ADICIONES

- Según IRAM 50000/50001 (Cemento) + IRAM 1593, 1667, 1668 (Adiciones)



AGUA

- Según IRAM 1601. Modificaciones 2012

AGREGADOS

- Comprende agregados de peso normal (No: agregados pesados, livianos, subproductos industriales)

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Cambios de enfoque

AGREGADOS

- Se admite uso de agregados que no cumplan con prescripciones, si existen evidencias que demuestren, en **condiciones reales de servicio** su adecuado desempeño
- **Límites granulométricos** para mezclas de agregados
- **Arenas de trituración:** hasta 30%. Excepciones
- **TMA:** limitaciones. Excepciones
- Sustancias de acción perjudicial



Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Cambios de enfoque

DURABILIDAD

- Diseño por **durabilidad** predomina frente al diseño por **resistencia**
- Actualización de requisitos respecto a la versión anterior del Reglamento
- **Criterios prescriptivos** a partir de **ambientes agresivos tipificados** en CIRSOC 201:2005
- **Prescinde** de fijar **CUC mínimos por cada caso de exposición**, sino a/c máxima y $f'_{ck.min}$.

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Cambios de enfoque

DURABILIDAD

- **CUC Genérico**, para todos los casos: HS: 200 kg/m³; HA: 280 kg/m³
(Excepción, ASR)
- **Aire intencionalmente incorporado**: sólo es prescriptivo para ciclos de congelamiento y deshielo
- **Absorción capilar (IRAM 1871) y penetración de agua a presión (IRAM 1554)**: aplicables en casos de condiciones de servicio previstas, excepto A I

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Cambios de enfoque

DURABILIDAD. Designación de grados de ataque tipificados

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------|-----------------------|--|-----------------------------|--|---|
| EXPOSICIÓN | | | | | |
| Desig. | Clase | Subclase | Tipo de proceso | Descripción del medio ambiente | Ejemplos ilustrativos de estructuras donde se pueden dar las clases de exposición |
| A 1 | No agresiva | | Ninguno | <ul style="list-style-type: none"> • Interiores de edificios no sometidos a condensaciones • Elementos exteriores de edificios, revestidos • Hormigón masivo interior • Estructuras en ambientes rurales y climas desérticos, con precipitación media anual < 250 mm. | <ul style="list-style-type: none"> • Interiores de edificios protegidos de la intemperie • Columnas y vigas exteriores revestidas con materiales cerámicos o materiales que demoran la difusión del CO₂. • Elementos estructurales de hormigón masivo que no están en contacto con el medio ambiente. Parte interior de los mismos. |
| A 2 | Ambiente Normal | Temperatura moderada y fría, sin congelación. Humedad alta y media o con ciclos de mojado y secado | Corrosión por carbonatación | <ul style="list-style-type: none"> • Interiores de edificios expuestos al aire con HR ≥ 65 % o a condensaciones • Exteriores expuestos a lluvias con precipitación media anual < 1.000 mm. • Elementos enterrados en suelos húmedos o sumergidos | <ul style="list-style-type: none"> • Sótanos no ventilados • Fundaciones • Tableros y pilas de puentes • Elementos de hormigón en cubiertas de edificios • Exteriores de edificios. • Interiores de edificios con humedad del aire alta o media • Pavimentos • Losas para estacionamientos |
| A 3 | Clima cálido y húmedo | | Corrosión por carbonatación | <ul style="list-style-type: none"> • Exteriores expuestos a lluvias con precipitación media anual ≥ 1.000 mm • Temperatura media mensual durante más de 3 meses al año ≥ 25° C. | |

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Cambios de enfoque

DURABILIDAD. Designación de grados de ataque tipificados (2)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------|---|------------|------------------------|--|---|
| EXPOSICIÓN | | | | | |
| Desig. | Clase | Subclase | Tipo de proceso | Descripción del medio ambiente | Ejemplos ilustrativos de estructuras donde se pueden dar las clases de exposición |
| C L | Húmedo o sumergido, con cloruros de origen diferente del medio marino | | Corrosión por cloruros | <ul style="list-style-type: none"> Superficies de hormigón expuestas al rociado o la fluctuación del nivel de agua con cloruros Hormigón expuesto a aguas naturales contaminadas por desagües industriales | <ul style="list-style-type: none"> Piletas de natación sin revestir. Fundaciones en contacto con aguas subterráneas Cisternas en plantas potabilizadoras Elementos de puentes |
| M 1 | Marino | Al aire | Corrosión por cloruros | <ul style="list-style-type: none"> A más de 1 km. de la línea de marea alta y contacto eventual con aire saturado de sales. | <ul style="list-style-type: none"> Construcciones alejadas de la costa pero en la zona de influencia de los vientos cargados de sales marinas (*). |
| M 2 | | Al aire | Corrosión por cloruros | <ul style="list-style-type: none"> A menos de 1 km. de la línea de marea alta y contacto permanente o frecuente con aire saturado con sales | <ul style="list-style-type: none"> Construcciones próximas a la costa. |
| | | Sumergidos | Corrosión por cloruros | <ul style="list-style-type: none"> Sumergidos en agua de mar, por debajo del nivel mínimo de mareas. | <ul style="list-style-type: none"> Estructuras de defensas costeras Fundaciones y elementos sumergidos de puentes y edificios en el mar |
| M 3 | | Sumergidos | Corrosión por cloruros | <ul style="list-style-type: none"> En la zona de fluctuación de mareas o expuesto a salpicaduras del mar | <ul style="list-style-type: none"> Estructuras de defensas costeras, fundaciones y elementos de puentes y edificios |

(*) La distancia máxima depende de la dirección de los vientos predominantes. Cuando ellos provengan del mar, como ocurre en la mayor parte del litoral de la Provincia de Buenos Aires, esta zona está entre 1 km y 10 km. En la mayor parte de la Patagonia esta zona es inexistente. El Director del Proyecto deberá acotar los límites de aplicación de esta zona de agresividad.

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Cambios de enfoque

DURABILIDAD. Designación de grados de ataque tipificados (2)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------|-----------------------------------|--------------------------|--|--|--|
| Desig. | Clase | Subclase | Tipo de proceso | Descripción del medio ambiente | Ejemplos ilustrativos de estructuras donde pueden darse las clases de exposición |
| C 1 | Congelación y deshielo | Sin sales descongelantes | Ataque por congelación y deshielo | Elementos en contacto frecuente con agua, o zonas con humedad relativa ambiente media en invierno superior al 75 %, y que tengan una probabilidad mayor que el 50 % de alcanzar al menos una vez temperaturas por debajo de -5 °C | <ul style="list-style-type: none"> • Superficies expuestas a la lluvia o a atmósferas húmedas. • Estructuras que contienen agua o la conducen. |
| C 2 | | Con sales descongelantes | Ataque por congelación y deshielo y por sales descongelantes | Estructuras destinadas al tráfico de vehículos o peatones en zonas con más de 5 nevadas anuales o con temperatura mínima media en los meses de invierno inferior a 0°C | <ul style="list-style-type: none"> • Pistas de aterrizaje, caminos y tableros de puentes. • Superficies verticales expuestas a la acción directa del rociado con agua que contiene sales descongelantes. • Playas de estacionamiento y cocheras en los edificios. |
| Q 1 | Ambientes con agresividad química | Moderado | Ataque químico | <ul style="list-style-type: none"> • Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad lenta (Ver Tablas 2.3 y 2.4). | |
| Q 2 | | Fuerte | | <ul style="list-style-type: none"> • Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad media (Ver Tablas 2.3 y 2.4). • Exposición al agua de mar | |
| Q 3 | | Muy fuerte | | <ul style="list-style-type: none"> • Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida (Ver Tablas 2.3 y 2.4). | |

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Cambios de enfoque

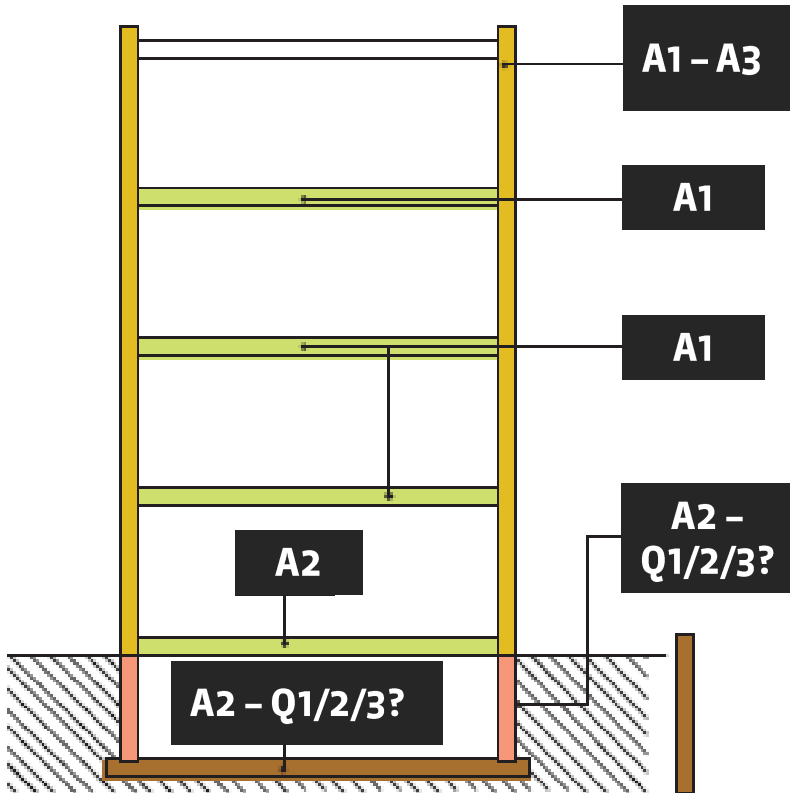
DURABILIDAD. Grados de ataque por contacto de agua agresivas

| Grado de ataque | Sulfatos solubles (SO ₄ ²⁻) (1) mg/litro | Magnesio (Mg ²⁺) (2) mg/litro | pH (3) ----- | Disolución de cal por ataque con ácido carbónico (CO ₂ ²⁻) (4) mg/litro | Amonio (NH ₄ ⁺) (5) mg/litro |
|-----------------|---|---|--------------------|--|---|
| Moderado | 150 a 1.500 | 300 a 1.000 | 6,5 a 5,5 | 15 a 40 | 15 a 30 |
| Fuerte | 1.500 a 10.000 | 1.000 a 3.000 | 5,5 a 4,5 | 40 a 100 | 30 a 60 |
| Muy fuerte | Mayor de 10.000 | Mayor de 3.000 | Menor de 4,5 | Mayor de 100 | Mayor de 60 |

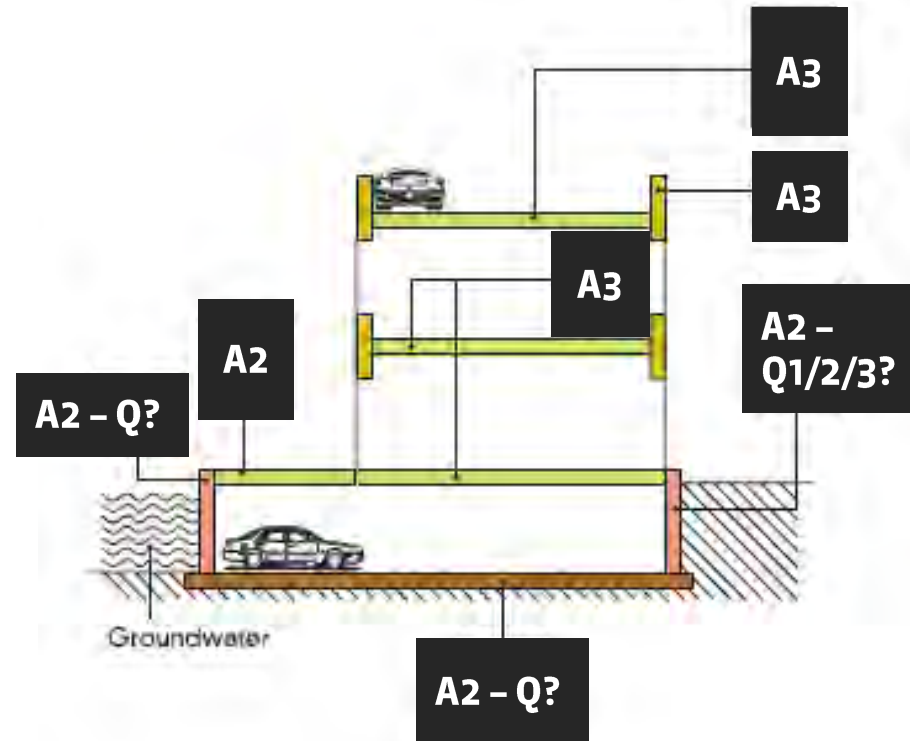
(1); (2); (3) y (5) Se determinarán con el método especificado en la norma IRAM 1872:2004.
 (4) Se determinarán con el método especificado en la norma IRAM 1708:1998.

Nuevo Reglamento CIRSOC 201

Clases de exposición de estructuras. Ejemplos.



Ejemplo emplazamiento: CABA

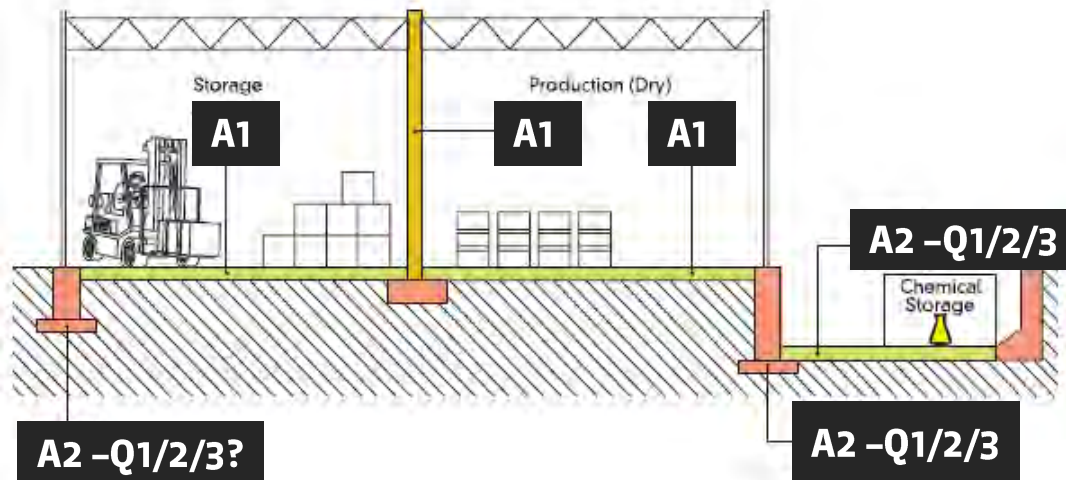
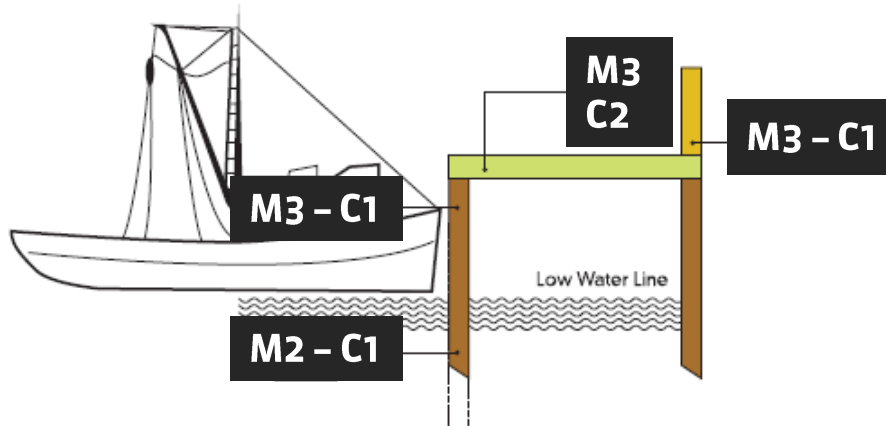


Ejemplo emplazamiento: Tigre, BA

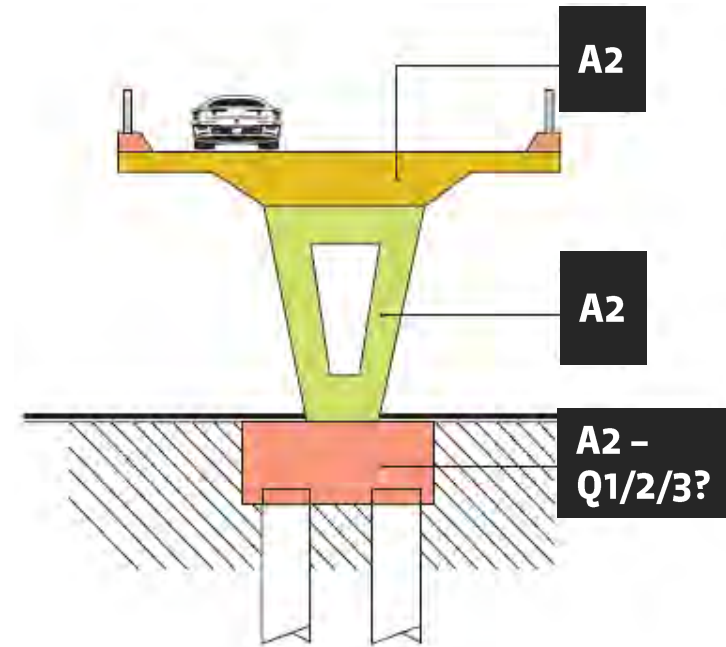
Nuevo Reglamento CIRSOC 201

Clases de exposición de estructuras. Ejemplos.

Ejemplo emplazamiento:
Ushuaia



Ejemplo emplazamiento: Mendoza



Ejemplo emplazamiento:
Córdoba

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Cambios de enfoque

DURABILIDAD. Grados de ataque por contacto de suelos agresivos

| Grado de ataque | Sulfatos solubles (SO ₄ ²⁻) (1) | Grado de acidez Baumann – Gully Modificado (2) |
|--|--|---|
| | % en masa | Nº |
| Moderado | 0,10 a 0,20 | Mayor de 20 |
| Fuerte | 0,20 a 2,00 | ----- |
| Muy fuerte | Mayor de 2,00 | ----- |
| (1) Se determinará con el método especificado en la norma IRAM 1873:2004. | | |
| (2) Se determinará con el método especificado en la norma IRAM 1707-1:1998 | | |

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Cambios de enfoque

DURABILIDAD. Requisitos según grado de ataque

| Requisitos | Tipos de exposición de las estructuras, de acuerdo con la clasificación de las Tablas 2.1. y 2.2. y sus complementarias 2.3. y 2.4. | | | | | | | | | |
|---|---|------|-----------|-----------|------|--------------------|--------------------|------|------|--------------------|
| | A 1 | A 2 | A 3 y M 1 | C L y M 2 | M 3 | C 1 ⁽²⁾ | C 2 ⁽²⁾ | Q 1 | Q 2 | Q 3 ⁽³⁾ |
| a) Razón a/c máxima ⁽¹⁾ | | | | | | | | | | |
| Hormigón simple | ---- | ---- | ---- | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,40 | 0,50 | 0,45 | 0,40 |
| Hormigón armado | 0,60 | 0,50 | 0,50 | 0,45 | 0,40 | 0,45 | 0,40 | 0,50 | 0,45 | 0,40 |
| Hormigón pretensado | 0,60 | 0,50 | 0,50 | 0,45 | 0,40 | 0,45 | 0,40 | 0,50 | 0,45 | 0,40 |
| b) $f'_{c\ min}$ (MPa) | | | | | | | | | | |
| Hormigón simple | ---- | ---- | ---- | 30 | 35 | 30 | 35 | 30 | 35 | 40 |
| Hormigón armado | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 30 | 35 | 30 | 35 | 40 |
| Hormigón pretensado | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 30 | 35 | 35 | 40 | 45 |
| Penetración de agua o succión capilar según 2.2.11. | no | si | si | si | si | si | si | si | si | si |

(1) Cuando se use cemento pórtland más una o varias adiciones minerales activas incorporadas directamente en planta elaboradora, se podrá reemplazar la **razón agua/cemento (a/c)**, por la **razón agua/ material cementicio [a/(c+x)]**, que tenga en cuenta la suma del cemento pórtland (c) y la cantidad de la adición mineral (x), cuando se trate de puzolanas según norma IRAM 1668:1968 o de escorias según norma IRAM 1667:1990.

(2) Debe incorporarse intencionalmente aire, en la cantidad requerida en la Tabla 5.3..

(3) Cuando corresponda se debe proteger a la estructura según 2.2.5.2.c3 ó 2.2.10.3.

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Cambios de enfoque

DURABILIDAD. Requisitos al contenido Cl⁻ según tipo de hormigón

| Hormigón | Condición de exposición en servicio | Contenidos máximos de ión cloruro (Cl ⁻) en el hormigón endurecido (IRAM 1857) |
|----------------------------|-------------------------------------|--|
| | | % en masa del cemento |
| Sin armar | Cualquier condición | 1,20 |
| Armado, con curado normal | Medio ambiente con cloruros | 0,15 |
| | Medio ambiente sin cloruros | 0,30 |
| Armado, con curado a vapor | Cualquier condición | 0,10 |
| Pretensado | Cualquier condición | 0,06 |

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Modos de producción de hormigón

Distinción de la Calidad: 2 modos de producción

Modo 1. El hormigón es producido en una planta, dentro o fuera de la obra, que opera con un **sistema de calidad certificado por un organismo acreditado por el OAA** quien acredita que el sistema de calidad, sus actividades y los hormigones producidos cumplen con los requisitos establecidos en el Reglamento CIRSOC 201.

El Director de Obra tiene acceso al control de producción y sus registros.

Modo 2. El hormigón es producido en condiciones que no satisfacen los requisitos establecidos para el Modo 1.

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Certificación

CERTIFICACIÓN

Procedimiento por el cual una tercera parte asegura, por escrito, que un producto, proceso y servicio cumple con los requisitos especificados



CALIDAD

Grado en el que un conjunto de características inherentes a un producto cumplen con los requisitos establecidos en forma implícita u obligatoria, con orientación a la satisfacción del cliente.



Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Plantas MODO I



- **Certificación de proceso** (\neq producto)
- **Certificación por planta, intransferible**
- **Certificación no sustituye responsabilidades de la legislación nacional, provincial o municipal aplicables**

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Plantas MODO I

Condiciones en que opera la Planta elaboradora

El **control de recepción de los materiales** y su verificación, periódicos

Elaboración continua del hormigón

Acopio de materiales para una producción mínima de **2 días**

Medición en masa. Registro continuo de pesadas y verificación periódica de los equipos de pesado y de las mezcladoras

Dosificación racional con corrección por humedad

Registros del control de producción del hormigón suministrado disponibles por la Dirección, con acceso a la planta y a todos los registros de calidad

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Plantas MODO I

Condiciones en que opera la Planta elaboradora (cont)

Muestreo periódico del hormigón y seguimiento de las propiedades en estado fresco y endurecido a la edad de diseño y a una edad anterior para correlacionar

Utilización de **tablas y gráficos de control** para detección de variación de tendencias

Cálculo periódico de la f'_{ck} y s_n

Control de producción estadístico

Determinación de la **resistencia media, desviación y f'_{ck}** con un mínimo de 30 resultados

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

MODO I

Condiciones en que opera la Planta elaboradora (cont)

Importante: cuando la planta esté instalada en el recinto de la obra, la supervisión del Director de Obra es equivalente a la certificación del sistema

Resultados del control de producción de la planta: deben demostrar que la media aritmética de los resultados de ensayos del tipo de H° del lote sea:

$$f'_{cm} \geq f'_{ck} + 1,28 S_n$$

s_n : desviación estándar de un período > 3 meses anterior al que se evalúa. Se puede aplicar al período subsiguiente si el valor móvil de los últimos 15 ensayos se mantiene entre

$$0.63 S_n - 1.37 S_n$$

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Cambios de enfoque

CONTROL DE CALIDAD DEL HORMIGÓN

Conjunto de prácticas llevadas a cabo con el objeto de **establecer la conformidad del producto**, con criterios de aceptación o rechazo



**CONTROL DE
PRODUCCIÓN**



**CONTROL DE
RECEPCIÓN**

A cargo del
productor del
hormigón

A cargo del **usuario**
/ “cliente”

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Control de recepción del Hormigón Fresco

Se establecen en base a características o parámetros indicativos de la aptitud y/o desempeño del hormigón bajo ciertas condiciones

CIRSOC 201:1982

- Consistencia (4 intervalos)
- Temperatura
- Contenido de aire



CIRSOC 201:2005

- Consistencia (6 intervalos)
- Temperatura
- Contenido de aire
- PUV
- CUC y relación a/c
- Material pulverulento IRAM 300 µm
- Exudación
- Homogeneidad (IRAM 1876)
- Información referente a materiales componentes (Agregados, aditivos, adiciones, cemento)

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Control de recepción. Frecuencias de muestreo para HF

Frecuencias **MÍNIMAS**

CIRSOC 201:1982



CIRSOC 201:2005

- **Al iniciar** las operaciones
- **2 veces por día**
- Cada vez que se moldeen probetas para control de resistencia

+ **Observaciones visuales** en la continuidad del proceso de hormigonado

- **Los 5 primeros pastones del día**
- **Cada 2 h**
- Cada vez que se moldeen probetas para control de resistencia
- **Después de un resultado no conforme**, en los 3 pastones consecutivos siguientes

+ **Observaciones visuales** en la continuidad del proceso de hormigonado

Reglamento CIRSOC 201

Control de recepción. Muestreo para ensayos de resistencia

- Las **frecuencias de muestreo son mínimas**
- La **Dirección de obra** puede requerir frecuencias más intensivas para el control
- La **frecuencia mínima de control** resulta como **la mayor de entre varias condiciones**, según cada versión del Reglamento

Reglamento CIRSOC 201:1982

Control de recepción. Muestreo para ensayos de resistencia

- 3 muestras por planta en elevación o subsuelo
- Si **H° in situ**: 1 muestra cada...

100 m³ , si es un H-I

200 m³ , si es un H-I para estructuras masivas

75 m³ , si es un H-II c/características especiales

- Si **H° Elaborado**: según norma IRAM 1666

Reglamento CIRSOC 201:1982

Control de recepción. Muestreo para resistencia

Hormigón elaborado (IRAM 1666:86)

Según la cantidad de pastones empleados

| Pastones por día | Muestras a extraer |
|---|--------------------|
| = 1 | 1 |
| Entre 2 y 5 | 2 |
| Entre 6 y 10 | 3 |
| Entre 11 y 20 | 4 |
| Cada 10 pastones (o menos) adicionales a los 1 ros 20 | 1 |

- Muestreo aleatorio
- Hormigones de distintas plantas se muestrean por separado

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Control de recepción

- **Cada lote** es una **unidad individual de control**, y se controla en forma individual
- La **definición de los lotes** se realiza para cada proyecto y se define anticipadamente
- Para **definir los lotes**, se tiene en cuenta:
 1. Volúmenes
 2. Modo de producción del hormigón (1 o 2)
 3. Tipo de elementos estructurales
 4. Superficie construida
 5. Número de plantas de la estructura

Reglamento CIRSOC 201:2005

Cantidad de muestras a extraer

Tanto para **Modo 1** como para **Modo 2**

- **5 muestras por lote**
- **3 muestras por planta de edificio**
- En MODO 1, para un conjunto de elementos colados en forma continua (interrup < 3 h) y tengan un volumen mayor al tamaño máximo del lote (tabla), 1 muestra cada 100 m³, y no menos que 5 muestras en total

Al menos, la mayor frecuencia entre las 3

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Tamaño máximo de lotes de control

Para **MODO 2**:

| Límite superior | Tipo de elementos estructurales | | |
|-----------------------|---|--|----------------------------|
| | Estructuras que tienen elementos comprimidos (1) | Estructuras que tienen sólo elementos solicitados a flexión (2) | Estructuras Macizas (3) |
| Volumen de hormigón | 100 m ³ | 100 m ³ | 100 m ³ |
| Número de pastones | 50 | 50 | 100 |
| Superficie construida | 500 m ² | 1000 m ² | --- |
| Número de plantas | 2 | 2 | --- |

(1) Elementos comprimidos como: pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.
(2) Esta columna incluye entrepisos de hormigón sobre pilares metálicos, tableros, muros de sostenimiento, etc.
(3) Este límite no es de aplicación a edificios.

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Tamaño máximo de lotes de control

Para **MODO I**:

- ≤ 2 veces el indicado en la tabla para **MODO 2**, siempre que:
 - * El número de lotes sea ≥ 3
 - * Todos los lotes sean conformes
- Si **algún lote no resulta conforme**, el tamaño del lote vuelve a ser el de la tabla. Luego, si **4 lotes consecutivos resultan conformes**, puede aplicarse nuevamente el criterio de dimensión de lotes del doble de la tabla

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Tamaño máximo de lotes de control

Para **MODO I**: (continuación)

- Cuando las **dimensiones de los elementos estructurales sea ≥ 2 veces los límites de la tabla**, se puede considerar un único lote si:
 - * Son hormigonados en una jornada continua (con interrupciones < 3 h)
 - * Si se utiliza un mismo hormigón con los mismos materiales

Reglamento CIRSOC 201

Otras condiciones para control de resistencia

Para **CIRSOC 201:1982**

- Sólo admite probetas de 150 x 300 mm

Para **CIRSOC 201:2005**

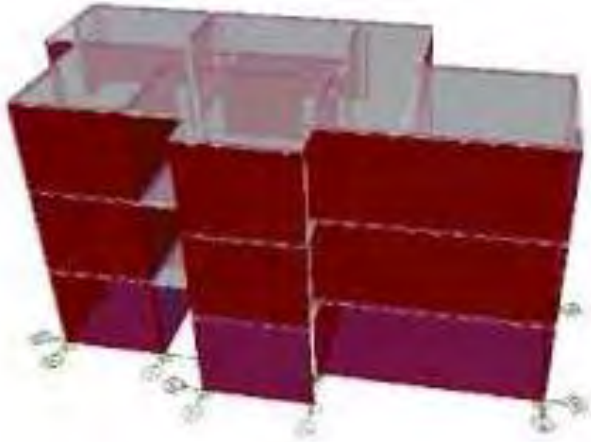
- Probetas de 150 x 300 mm o 100 x 200 mm (si TMN < 25 mm)
- **No se aplican factores de corrección**



Ventajas

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Muestreo de recepción para resistencia. Ejemplo I.



- Azotea: 35 m³
- S/PB, S/I°P: 70 m³
- PB: 40 m³
- Sótano y sala de máquinas: 110 m³

Volumen total: 325 m³

Simplificaciones adoptadas para el ejemplo

- Se hormigona cada planta en una sola jornada, sin interrupciones
- El h° para la planta de sótano y sala de máquinas corresponde a una especificación distinta a la de las demás plantas (todas iguales)
- Se conforman los lotes asumiendo que las condiciones para extender el tamaño del lote para MODO I son verificadas

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Muestreo de recepción para resistencia. Ejemplo 1.

Para **MODO 1**:

- 1er lote (110 m³): Sótano + SMq (110 m³) → 5 muestras
- 2do lote (110 m³): PB (40 m³) + s/PB (70 m³) → 6 muestras (3 por planta)
- 3er lote (105 m³): s/l°P (70 m³) + azotea (35 m³) → 6 muestras (3 por planta)

17 muestras

Para **MODO 2**:

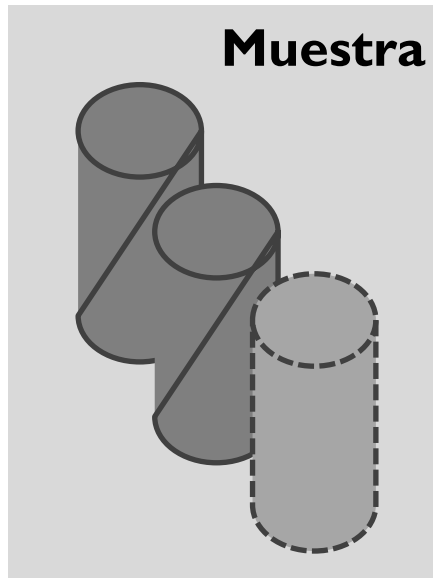
- 1er lote (55 m³): Sótano + SMq (55 m³) → 5 muestras
- 2do lote (55 m³): Sótano + SMq (55 m³) → 5 muestras
- 3er lote (80 m³): PB (40 m³) + s/PB (40 m³) → 6 muestras (3 por planta)
- 4to lote (100 m³): s/PB (30 m³) + s/l°P (70 m³) → 6 muestras (3 por planta)
- 5to lote (35 m³): azotea (35 m³) → 5 muestras

27 muestras

NOTA. En algunos casos, se redistribuyen volúmenes para favorecer la toma de muestras

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Control de recepción. Aceptación



- Al menos, **2 probetas** por **edad de ensayo y determinación**
- Mismo pastón, = condiciones de moldeo, curado, ensayo, edad,...

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

- **CONDICIÓN 1: Resistencia media móvil**
- **CONDICIÓN 2: Resistencia individual de la muestra**

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Control de recepción. Aceptación

CIRSOC 201:1982

Para seis o más pastones

$$a) \sigma'_{bm3} \geq \sigma'_{bk} + \Delta\sigma'_b$$

3 MPa (H-4)

$$\Delta\sigma'_b = 4 \text{ MPa (H-8)}$$

4,5 MPa (H-13 y 17)

5 MPa (H-21 a 47)

$$b) \sigma'_{bi} \geq 0,85 \cdot \sigma'_{bk}$$

Para menos de 6 pastones (ctrl x pastón)

σ'_{bm} : debe satisfacer el menor valor

entre:

$$a) \sigma'_{bm} \geq \sigma'_{bk} + 2 \text{ MPa}$$

ó

$$b) \sigma'_{bm} \geq 1.10 \sigma'_{bk}$$



CIRSOC 201:2005

a) Resistencia media móvil

MODO 1 $f'_{cm3} \geq f'_{ck}$

MODO 2 $f'_{cm3} \geq f'_{ck} + 5 \text{ MPa}$

b) Resultados individuales

MODO 1 $f'_{ci} \geq f'_{ck} - 3.5 \text{ MPa}$

MODO 2 $f'_{ci} \geq f'_{ck}$

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Control de recepción. Aceptación

CONTROL DIFERENCIA ENTRE VALORES INDIVIDUALES DE UNA MISMA MUESTRA

- **Diferencia entre resistencias extremas del grupo: $< 15 \%$ de la resistencia media**
- **Si la muestra está conformada 3 (tres) probetas, se puede descartar un valor, si las 2 probetas restantes no tienen una diferencia $> 10 \%$.**

→ En caso contrario, el ensayo es inválido

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Control de recepción. Ejemplo de aplicación

Datos

- Clase especificada de hormigón: H25
- Cada muestra de ensayo se compone de 2 prob. de 15 x 30 cm
Ningún resultado fuera de $\pm 15\% f'_{cm}$

- Resultados de seis muestras a evaluar

MODO 1

CONDICIÓN 1: $f'_{cm3} > 25.0 \text{ MPa}$

CONDICIÓN 2: $f'_{ci} > 21.5 \text{ MPa}$

MODO 2

$f'_{cm3} > 30.0 \text{ MPa}$

$f'_{ci} > 25.0 \text{ MPa}$

Reglamento CIRSOC 201:2005

Control de recepción. Ejemplo 2

Evaluación resultados de probetas en series individuales ($\pm 15\%$)

DESVIÓ VALORES INDIVIDUALES

Lote #

| Identificación | Fecha de Moldeo | Clase | Edad [días] | σ_c [MPa] | Dif. [MPa] | σ_{bki} [MPa] | $0.15 \times \sigma_{bki}$ | ¿Dif < '0.15x σ_{bki} '? |
|----------------|-----------------|-------|-------------|------------------|------------|----------------------|----------------------------|---------------------------------|
| 2 | 02/03/09 | H25 | 28 | 32.4 | 0.3 | 32.5 | 4.9 | 0.3 < 4.9 CUMPLE |
| 3 | 02/03/09 | H25 | 28 | 32.7 | | | | |
| 5 | 02/03/09 | H25 | 28 | 23.0 | 2.4 | 24.2 | 3.6 | 2.4 < 3.6 CUMPLE |
| 6 | 02/03/09 | H25 | 28 | 25.4 | | | | |
| 8 | 02/03/09 | H25 | 28 | 36.9 | 2.1 | 35.8 | 5.4 | 2.1 < 5.4 CUMPLE |
| 9 | 02/03/09 | H25 | 28 | 34.8 | | | | |
| 2 | 26/03/09 | H25 | 28 | 26,3 | 0.8 | 25.9 | 3.9 | 0.8 < 3.9 CUMPLE |
| 3 | 26/03/09 | H25 | 28 | 25,5 | | | | |
| 5 | 26/03/09 | H25 | 28 | 30,0 | 2.9 | 31.5 | 4.7 | 2.9 < 4.7 CUMPLE |
| 6 | 26/03/09 | H25 | 28 | 32,9 | | | | |

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Control de recepción. Ejemplo 2

Evaluación resistencia media móvil

CONDICIONES 1 Y 2

Lote #

| Identif | Fecha de Moldeo | Clase | Edad [días] | σ_c [MPa] | Recepción MODO 1 | | Recepción MODO 2 | |
|---------|-----------------|-------|-------------|------------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|
| | | | | | COND. 1 | COND. 2 | COND. 1 | COND. 2 |
| 2 | 02/03/09 | H25 | 28 | 32.4 | --- | 32.5 > 21.5 | --- | 32.5 > 25.0 |
| 3 | 02/03/09 | H25 | 28 | 32.7 | | | | |
| 5 | 02/03/09 | H25 | 28 | 23.0 | | | | |
| 6 | 02/03/09 | H25 | 28 | 25.4 | | | | |
| 8 | 02/03/09 | H25 | 28 | 36.9 | 30.8 > 25.0 | 35.8 > 21.5 | 30.8 > 30.0 | 35.8 > 25.0 |
| 9 | 02/03/09 | H25 | 28 | 34.8 | | | | |
| 2 | 26/03/09 | H25 | 28 | 26,3 | 28.6 > 25.0 | 25.9 > 21.5 | 28.6 < 30.0 | 25.9 > 25.0 |
| 3 | 26/03/09 | H25 | 28 | 25,5 | | | | |
| 5 | 26/03/09 | H25 | 28 | 30,0 | 31,0 > 25.0 | 31.5 > 21.5 | 31,0 > 30.0 | 31.5 > 25.0 |
| 6 | 26/03/09 | H25 | 28 | 32,9 | | | | |

CUMPLE EN MODO 1

NO CUMPLE EN MODO 2

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Recepción. Volumen de hormigón no conforme

Si la condición 1 y/o 2 no se cumplen, debe acotarse el volumen de hormigón representado por las muestras defectuosas.

- a) **Si una o más medias móviles no cumplen** (condición 1), se considerará defectuoso todo el hormigón recibido durante el período comprendido entre la extracción de la primera y la última muestra utilizadas en el cálculo de las medias móviles defectuosas.
- b) **Si un ensayo individual no cumple** (condición 2), se considerará defectuoso a todo el hormigón recibido durante el período comprendido entre la extracción de las muestras anterior y posterior más próximas a la defectuosa, que sí satisfagan el requisito individual

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Control de recepción. Ejemplo 2 (cont)

Acotamos los hormigones observados...

Lote #

| Identif | Fecha de Moldeo | Clase | Edad [días] | σ_c [MPa] | Recepción MODO 2 | |
|---------|-----------------|-------|-------------|------------------|-------------------------|-------------|
| | | | | | COND. 1 | COND. 2 |
| 2 | 02/03/09 | H25 | 28 | 32.4 | --- | 32.5 > 25.0 |
| 3 | 02/03/09 | H25 | 28 | 32.7 | | |
| 5 | 02/03/09 | H25 | 28 | 23.0 | | 24.2 < 25.0 |
| 6 | 02/03/09 | H25 | 28 | 25.4 | | |
| 8 | 02/03/09 | H25 | 28 | 36.9 | 30.8 > 30.0 | 35.8 > 25.0 |
| 9 | 02/03/09 | H25 | 28 | 34.8 | | |
| 2 | 26/03/09 | H25 | 28 | 26,3 | 28.6 < 30.0 | 25.9 > 25.0 |
| 3 | 26/03/09 | H25 | 28 | 25,5 | | |
| 5 | 26/03/09 | H25 | 28 | 30,0 | 31,0 > 30.0 | 31.5 > 25.0 |
| 6 | 26/03/09 | H25 | 28 | 32,9 | | |

Observados por valores individuales

Observados por media móvil

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

¿Qué hacer cuando se detecta un caso no conforme?

- 1- Evaluar **tratamiento de muestras y procedimientos** aplicados para el muestreo, confección de probetas y métodos de ensayo.
- 2- Estudiar condiciones de **historial de ensayo** bajo condiciones idénticas.
- 3- Efectuar **evaluaciones in situ** y extracción de **testigos**
- 4- Evaluar **resultados de ensayo de resistencia efectiva**, y evaluar condiciones de seguridad y estabilidad de la estructura

Nuevo Reglamento CIRSOC 201

Evaluación de la resistencia efectiva

- **Cantidad de muestras:** al menos, el doble de la correspondiente al control de resistencia potencial (slide 34)
- **Tamaño de cada muestra:** al menos, 2 testigos por muestra (preferentemente, 3)
- **Extracción y ensayo:** según IRAM 1546 y 1551, en sitios que no afecten la estabilidad de la estructura
- Los resultados pueden complementarse con evaluaciones in situ
- **Condición de humedad del testigo:** análoga a la de la estructura de la cual provienen.



Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005



Evaluación de la resistencia efectiva

CIRSOC 201:1982 y CIRSOC 201:2005 (Modo I)

CIRSOC 201:2005 (Modo 2)

**Resistencia
individual de
cada testigo**

$$f'_{ci} = 0,75.f'_{ck}$$

$$f'_{ci} = 0,75.f'_{ck}$$

**Resistencia
media de la
muestra**

$$f'_{bm} = 0,85.f'_{ck}$$

$$f'_{bm} = 0,85.(f'_{ck} + 5MPa)$$

Control de calidad

Evaluación de la resistencia efectiva. Ejemplo 3

Clase especificada
H38

MODO 1 $f'_{ci} > 28,5 \text{ MPa}$
 $f'_{bm} > 32,3 \text{ MPa}$

MODO 2 $f'_{ci} > 28,5 \text{ MPa}$
 $f'_{bm} > 36,6 \text{ MPa}$

| # | Identificación | Dimensiones [mm] | | | | $f'_{ci_s/c}$ [MPa] | F.C. | f'_{ci} [MPa] | f'_{bm} [MPa] |
|----|----------------------|------------------|-------|-------|-------|-------------------------|------|--------------------|--------------------|
| | | D_m | h_m | h_c | h_e | | | | |
| 1 | T25 – Col 15B S/1°SS | 76,3 | 128 | 115 | 120 | 29,7 | 0,97 | 28,7 | 34,0 |
| 2 | T26 – Col 15B S/1°SS | 76,3 | 144 | 115 | 120 | 40,6 | 0,97 | 39,2 | |
| 3 | T27 – Col 13B S/1°SS | 76,2 | 133 | 114 | 118 | 49,6 | 0,96 | 47,8 | 45,4 |
| 4 | T28 – Col 13B S/1°SS | 76,0 | 205 | 115 | 120 | 44,7 | 0,97 | 43,2 | |
| 5 | T29 – Col 11B S/1°SS | 76,1 | 133 | 116 | 120 | 43,4 | 0,97 | 42,0 | 33,9 |
| 6 | T30 – Col 11B S/1°SS | 76,4 | 110 | 96 | 100 | 27,4 | 0,94 | 25,7 | |
| 7 | T31 – Losa S/2°SS | 75,9 | 194 | 90 | 94 | 52,7 | 0,93 | 48,9 | 40,4 |
| 8 | T32 – Losa S/2°SS | 76,5 | 89 | 77 | 82 | 34,1 | 0,89 | 30,3 | |
| 9 | T33 – Losa S/2°SS | 76,1 | 211 | 116 | 119 | 51,5 | 0,97 | 49,7 | |
| 10 | T34 – Losa S/2°SS | 76,1 | 168 | 77 | 80 | 37,1 | 0,88 | 32,7 | |

- 1 valor individual fuera de especificación
- Todas las series cumplen si el h° proviniese de una planta **MODO 1**
- 2 series no cumplirían si el h° proviniese de una planta **MODO 2**

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Control de producción

Anexo al Capítulo 4

13. Medición y control del proceso (...)

13.1 b) La Planta debe establecer sus propios estándares de la calidad. También debe diseñar y operar los procedimientos de medición y control de procesos que sean necesarios para asegurar que el hormigón se produce con los estándares de la calidad de la planta. Dichos ***procedimientos deben estar documentados y sus mediciones deben registrarse*** de acuerdo con lo establecido en el artículo 14 de este Anexo.

Nuevo Reglamento CIRSOC 201:2005

Control de producción

Anexo al Capítulo 4

13.1 c) Se deben establecer procedimientos escritos de medición y control de procesos de todas las características del hormigón para las cuales este Reglamento, Capítulo 4, exige criterios de conformidad(...)

13. d) Las mediciones realizadas durante el control de proceso deben tener la precisión y la frecuencia necesaria para asegurar que el hormigón entregado por la Planta tiene la resistencia especificada, con un error para el cliente **menor que el 5 %**. La Planta debe realizar estudios estadísticos que demuestren el cumplimiento de esta condición y dichos estudios deben **ser verificados y certificados por la entidad de certificación** mencionada en el artículo 16 de este Anexo.

Hormigonado en clima caluroso

Indicaciones del Reglamento CIRSOC 201:2005

“(...) cualquier combinación de factores climáticos que asociados a la **alta temperatura ambiente**, tienda a perjudicar la calidad del hormigón fresco o endurecido, o que contribuya al desarrollo de propiedades anormales del mismo (...)”

- **Temperatura del hormigón fresco:** $\leq 30 \text{ }^\circ\text{C}$
- La formación de **fisuras por origen térmico** (gradientes) deben estudiarse en forma separada, y su mitigación no está asegurada por la condición anterior.
- Prevenir **fisuras por contracción plástica** con medidas preventivas eficaces

Hormigonado en clima caluroso

Medidas para reducir la temperatura del HF

- a) Usar cemento con la menor temperatura posible
- b) Mantener los acopios de agregados a la sombra, y refrigerarlos por humedecimiento con agua en forma de niebla para reducir su temperatura
- c) Refrigerar el agua de mezclado
- d) Emplear hielo en reemplazo parcial o total del agua de mezclado
- e) Mantener a la sombra o aislados térmicamente o pintados de blanco o de color claro a los silos, tolvas, depósitos y cañerías que conducen el agua de mezclado, y al tambor de la hormigonera.

Hormigonado en clima caluroso

Medidas para reducir la temperatura del HF



Hormigonado en clima caluroso

Otras precauciones

- Uso de **agua fría**: a no menos de 10 °C
- **Hielo**: debe fusionarse por completo al finalizar el mezclado
- **Superficies de hormigón** expuestas deben estar **continuamente humedecidas** durante las primeras 48 h (al menos)
- Proteger superficies de hormigón de la **exposición directa a la radiación solar y viento** durante las primeras 24 h (al menos)
- **Curado del hormigón**

Hormigonado en clima frío

Indicaciones del Reglamento CIRSOC 201:2005

Periodo en el cual **durante más de 3 días consecutivos** existen de las siguientes condiciones:

- La **temperatura media diaria** ambiente es **menor que 5° C** (CIRSOC 201:1982 y 2005)
- La **temperatura ambiental** $\leq 10^{\circ} \text{C}$ **durante medio día en cualquier periodo de 24 h** (CIRSOC 201:2005)

→ **Temperatura media diaria ambiente:** promedio entre la $T_{\text{máx}}$ y la $T_{\text{mín}}$ durante 24 h de días consecutivos.

Hormigonado en clima frío

Medidas para selección de los materiales

- * **Agregados:**
 - aptos y resistentes al congelamiento y deshielo
 - baja porosidad y absorción
 - Baja demanda de agua
 - No dosificar agregados con hielo adherido
- * **Agua:**
 - Requisitos de la Norma IRAM 1601 (especialmente, TF)
- * **Aditivos:**
 - acelerantes y/o reductores de agua
 - Evitar aditivos que contengan cloruros

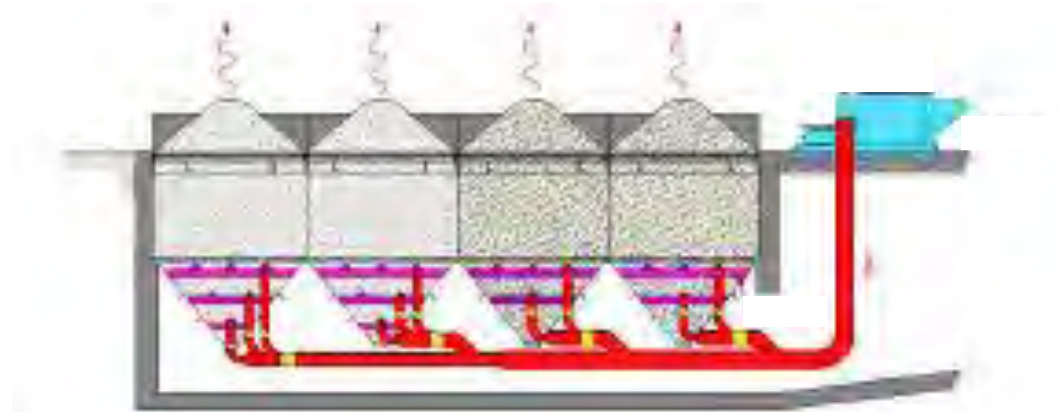
En zonas con susceptibilidad a ciclos de congelamiento y deshielo, incluir aditivos incorporadores de aire

Hormigonado en clima frío

Medidas para climas de extremo frío

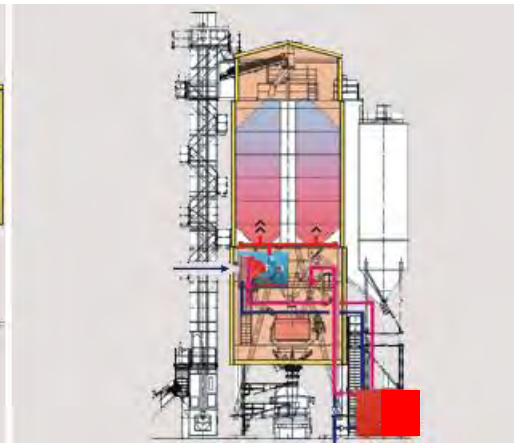
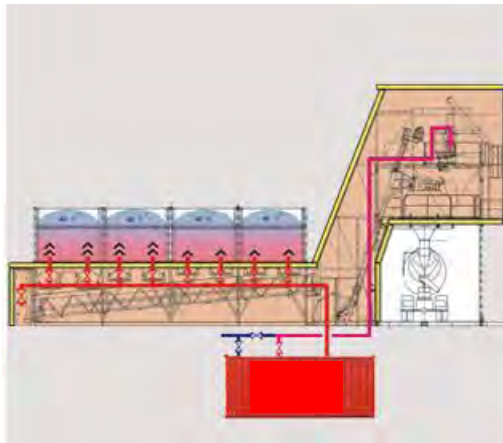
→ No dosificar agregados con hielo adherido

- Tolvas con sistemas calentadores
- Compartimentos aislados
- Calentadores en el batch de mezclado
- Relación entre la tasa de productividad y la capacidad de acopio



Hormigonado en clima frío

Medidas para climas de extremo frío



Hormigonado en clima frío

Aplicación reglamentaria

- *Mantiene el enfoque presentado por el Reglamento CIRSOC 201:1982*
- Evitar exposición a temperaturas excesivamente bajas hasta, al menos, alcanzar **≈ 5 MPa**
 - Controlar y verificar **temperaturas mínimas del hormigón al momento de su colocación**
 - **Asegurar período de mantenimiento durante el período de protección**



Hormigonado en clima frío

Producción, colocación y protección

| | Temperatura del aire | Mínima dimensión lineal de la sección (cm) | | | |
|--|----------------------|--|---------|----------|--------------|
| | °C | Menor de 30 | 30 a 90 | 90 a 180 | Mayor de 180 |
| Temperatura mínima a la que se debe colocar y mantener el hormigón durante el período de protección | | | | | |
| I | ----- | 13 °C | 10 °C | 7 °C | 5 °C |
| Temperatura mínima recomendada a la salida de la planta dosificadora, según sea la temperatura del aire | | | | | |
| II | - 1 a +7 | 16 °C | 13 °C | 10 °C | 7 °C |
| III | - 18 a -1 | 18 °C | 16 °C | 13 °C | 10 °C |
| IV | Menor de - 18 | 21 °C | 18 °C | 16 °C | 13 °C |

$$T_{\text{máx}} = 30 \text{ °C}$$

Hormigonado en clima frío

Aplicación reglamentaria

→ Duración mínima del período de protección

| Condición de la estructura | Por prevención de daños por heladas | | | | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | CPN (No ARI) | | ARI | | Otros | |
| | Con AI | Sin AI | Con AI | Sin AI | Con AI | Sin AI |
| Duración período de protección | 3 d | 6 d | 2 d | 4 d | 6 d | 12 d |

- Temperatura durante la protección: \geq indicada en tabla anterior
- En caso contrario, $T_{est} > 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, y controlar la temperatura del hormigón con sensores
- Días validos de curado: aquéllos en los que T_{media} de aire de contacto $> 10^{\circ}\text{C}$
- Si la temperatura se encuentre entre $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, se computa 1 día cada 2.

Hormigonado en clima frío

Aplicación reglamentaria



Hormigonado en clima frío

Aplicación reglamentaria

- **Mantenimiento de encofrados y condiciones ambientales propicias**
- En ambientes de congelación, no usar curado por aspersión
- **Membranas de curado:**
 - No deben afectar adherencia
 - Oportunidad de aplicación y dosis
 - Estudiar efectividad
 - Base solvente: atención con H&S
- **Posibilidad de uso de criterios de madurez para definición de tiempos de desencofrado**

Hormigonado en clima frío

Cuidado con el salto térmico!

Retiro de protección

| Condición | Mínima dimensión lineal de la sección [cm] | | | |
|---|--|---------|----------|-------|
| | < 30 | 30 - 90 | 90 - 180 | > 180 |
| Descenso máximo de temperatura durante las primeras 24 h posteriores al período de protección | 28 °C | 22 °C | 17 °C | 11 °C |

→ En caso de curado húmedo con agua o vapor, se interrumpe 12 h antes del retiro de la protección para permitir un secado gradual hasta alcanzar las condiciones del medio exterior

Reglamento CIRSOC 201:2005

Ing. Matías Polzinetti

matias.polzinetti@icpa.org.ar

San Martín 1137 | 1° Piso

Ciudad Autónoma de Buenos Aires | Argentina

Teléfono: (+54 11) 4576 7695 / 7690 | www.icpa.org.ar

