
NOTAS TÉCNICAS

HORMIGONADO A BAJAS TEMPERATURAS

INFLUENCIA DE LAS BAJAS TEMPERATURAS SOBRE EL HORMIGÓN

Las bajas temperaturas actúan sobre el hormigón fresco o endurecido en forma variada: si están comprendidas entre 0° y 5°C (tiempo frío), si se mantienen un tiempo prolongado bajo 0°C (heladas), o bien si se presentan en períodos repetidos de congelación y deshielo. Cada caso debe considerarse separadamente.

(a) Acción del frío (entre 0° y 5°C)

El frío actúa sobre el hormigón fresco retardando los procesos normales de las reacciones químicas durante los períodos de fraguado y endurecimiento. Los perjuicios ocasionados recaen evidentemente en la economía de la obra y pueden producirse por: disminución en la rapidez de ejecución en espera de un curado total adecuado del hormigón, desencofrados prematuros y contracciones térmicas capaces de causar agrietamientos en hormigones masivos.

El frío entre 0° y 5°C no afecta al hormigón ya endurecido.

(b) Acción de las heladas (bajo 0°C)

En el hormigón fresco, las heladas detienen el fraguado, aumentan el volumen de la masa y hacen que segregue agua. Si el hormigón ha entrado a la primera etapa de endurecimiento, se produce fisuración y graves alteraciones en la superficie expuesta a la intemperie por rotura de la estructura hasta una profundidad más o menos grande como consecuencia de la expansión del agua congelada. Después del deshielo el hormigón continúa normalmente su proceso de hidratación.

En el hormigón endurecido, el efecto de la helada puede ser destructivo sólo si ha absorbido agua, sea por lluvias, capilaridad u otra forma, de manera que haya alcanzado cierto grado de saturación. Así el agua llena poros y canales capilares que están distribuidos entre la pasta de cemento y agregados o superficie de armaduras. Al congelarse ejerce sobre las paredes de estos espacios fuertes presiones que pueden provocar agrietamientos. Estas presiones son causadas por el crecimiento de los cristales de hielo, ya que el agua al congelarse aumenta aproximadamente un 9% de su volumen.

(c) Ciclos de congelación y deshielo

Si las heladas son de corta duración, su acción no alcanza a penetrar toda la masa de hormigón y su repetición causa agrietamientos superficiales por las contracciones producidas. Estos ciclos de congelación y deshielo actúan posteriormente en los mismos sitios dañados. Los espacios serán entonces mayores por el crecimiento previo del hielo en los poros del hormigón, y el punto de congelación del agua será más alto en ellos que en el resto de la masa. Así, el perjuicio causado por el aumento de volumen del agua al congelarse, se acentúa por la concentración de cristales de hielo y su continuo crecimiento.

RECOMENDACIONES

La paralización de las obras de hormigón o su ejecución sin tomar las precauciones necesarias en los períodos de fríos y heladas pueden causar pérdidas de importancia. Sin embargo, un control esmerado en la fabricación y un acertado criterio para la aplicación de métodos de prevención hacen posible la confección de hormigones de gran calidad y duración. Las recomendaciones que se indican a continuación son de tipo general y de ellas puede extraerse el sistema más apropiado que deba adoptarse durante la ejecución del hormigón según la rigurosidad del clima imperante y según el volumen de la obra.

Elección y mantenimiento de materiales.

Son especialmente adecuados para hormigonar en tiempo frío, los cementos que desarrollan una alta resistencia inicial y un elevado calor de hidratación. Generalmente se recomiendan los cementos de gran finura de molienda, ricos en silicato tricálcico (C_3S). El aluminato tricálcico (C_3A) contribuye al desarrollo de calor y de alta resistencia inicial pero su acción puede originar otros efectos perjudiciales.

Para la resistencia del hormigón a las heladas es aconsejable el empleo de una razón agua/cemento suficientemente baja. El American Concrete Institute recomienda en su método para dosificar hormigones, cuando van a estar expuestos a alternancias frecuentes de congelación y deshielo, razones agua/cemento: entre 0,40 y 0,50 para secciones delgadas (hasta 20 cm de espesor); entre 0,45 y 0,55 para secciones moderadas; y hasta 0,60 en hormigones masivos. Se considera en todos estos casos el empleo de aire incorporado.

Los áridos que se emplean para fabricar el hormigón no deben ser heladizos: su permeabilidad, suporosidad y su capacidad de absorción deben ser mi-

nimas. Su coeficiente de dilatación térmica no debe diferir mayormente del de la pasta de cemento (cerca de los 10 micrones por metro y por grado centígrados). Es necesario que los agregados presenten una superficie rugosa que adhiera bien a la pasta de cemento; el material chancado posee esta característica, pero tiene el inconveniente de precisar una cantidad de agua mayor que el árido rodado para una misma trabajabilidad. Es recomendable eliminar las partículas finas, menores de 0,1 mm (arcilla, limo, etc).

En general, la curva granulométrica de los agregados debe corresponder a la máxima compacidad, asegurando la mayor densidad y trabajabilidad posibles del hormigón con el empleo de un mínimo de agua.

Es conveniente almacenar los agregados bajo techo, o cubrirlos con lonas impermeables para protegerlos de las lluvias.

Calentamiento de los materiales.

Para asegurar que el hormigón tenga una temperatura adecuada cuando se fabrica y coloca en tiempo frío (inferior a 5°C), puede ser necesario el calentamiento de los agregados, del agua, o de ambos si el caso es extremo. El cemento no debe calentarse bajo ninguna circunstancia, y si los otros componentes del hormigón han sido sometidos a procesos de calefacción, el cemento debe ser el último en incorporarse a la mezcla. La temperatura del hormigón mientras se confecciona debe estar comprendida en lo posible entre 15 y 20°C. Temperaturas altas pueden producir un fraguado instantáneo. En concretos masivos el límite inferior puede llegar a los 5°C.

El método más simple y eficaz para adicionar calor en forma uniforme a la mezcla de hormigón es calentar el agua de amasado. En ambientes entre 0 y 5°C de temperatura, conviene calentarla a aproximadamente 30°C. Temperaturas inferiores del ambiente requieren un mayor calentamiento, el que no debe sobrepasar los 80°C. La aplicación de calor al agua de mezcla puede efectuarse calentando directamente el recipiente que la contiene o haciendo circular vapor a través de serpentines instalados en el interior de ellos.

Si la temperatura ambiente está bajo 0°C, puede hacerse necesario calentar los agregados, ya sea para aumentar el calor de la mezcla o para eliminar trozos de hielo que hubieran entre los granos del árido. Este recurso presenta mayores dificultades que el calentamiento del agua por requerir cuidados especiales para una buena distribución de la calefacción, ya que los agregados no pueden calentarse uniforme y rápidamente en grandes cantidades, en forma económica. Los métodos de calentamiento pueden ser de dos tipos: calentando directamente los agregados con calor seco, o distribuyendo vapor de agua a través de los montones. En el primero, los áridos se colocan sobre planchas me-

tálicas, bajo las cuales se aplica fuego con carbón o madera como combustible. En el segundo tipo, se colocan entre los montones, tubos agujereados, haciendo circular vapor a través de ellos. Es suficiente que la temperatura de los agregados en estas circunstancias alcance de 30 a 35° C.

Aditivos

Son variados los productos de adición que se pueden emplear en hormigonado en tiempo frío. Unos actúan rebajando el punto de congelación y otros acelerando los procesos de fraguado y endurecimiento. Todos ellos producen generalmente un aumento de retracción y a veces otros efectos desfavorables, lo que obliga a limitar su uso a las oportunidades y cantidades estrictamente necesarias.

Rebajan el punto de congelación tanto la sal común como el carbonato sódico. Aceleran los procesos de hidratación, el cloruro de aluminio, el cloruro de magnesio y el cloruro de calcio. Los efectos desfavorables de estos aditivos son aún discutibles por la variabilidad de su acción. Pueden producir reducción de resistencias mecánicas, eflorescencias, aumento de la conductibilidad eléctrica, favorecimiento de la oxidación de armadura, retracción etc. Se ha comprobado que el cloruro cálcico en hasta un 2% del peso del cemento como máximo, no produce inconvenientes de importancia. Es útil comprobar la acción del aditivo en hormigones de ensayo, porque al parecer, el tipo de cemento hace variar su efecto.

En hormigones expuestos a la acción de las heladas, puede evitarse la generación de presiones en el interior introduciendo en la mezcla un incorporador de aire. Una cantidad aproximada de un 4% de aire incorporado es suficiente, si la incorporación se realiza en forma adecuada de modo que la distancia entre las burbujas que quedan en la masa de hormigón, sea pequeña y su distribución uniforme. En esa forma se permite un libre desplazamiento del agua al congelarse y aumentar su volumen. Debe observarse que la cantidad de aire incorporado decrece vibrando el hormigón. Los incorporadores de aire reducen la resistencia, pero mejoran la trabajabilidad, lo que posibilita una disminución de la razón agua/cemento y por consiguiente una recuperación de resistencia. La protección a las heladas es efectiva no sólo en las primeras edades, sino en el transcurso total de la vida del hormigón.

Colocación y protección posterior del hormigón

A temperaturas medias diarias menores de 5° C es necesario recurrir a los métodos especiales para fabricar y colocar el hormigón.

El comienzo del hormigonado en la mañana en las primeras horas de la jornada posibilita el aprovechamiento de la mayor temperatura del día durante el crítico período de fraguado. Desde ese instante es aconsejable controlar la temperatura constantemente para aumentar las precauciones si la ocasión lo requiere.

Los moldes deben estar limpios y libres de hielo, y si es necesario pueden regarse con agua caliente o aplicar directamente chorros de vapor antes de colocar el hormigón.

Si no se dispone de un calentamiento externo de los elementos de hormigón, hay que evitar el escape de calor desarrollado por la hidratación del cemento. Los encofrados deben poseer un espesor suficiente y una construcción prolija para impedir esas pérdidas. Después de una rápida colocación y compactación, las superficies libres de los elementos, en especial bordes y esquinas, deben protegerse con recubrimientos apropiados, cuidando de que las pérdidas de calor no hagan bajar la temperatura en más de 10°C . Los saltos bruscos de temperatura, sean aumentos o descensos, causan desórdenes en el interior de la masa de hormigón disminuyendo las resistencias mecánicas. Los recubrimientos de protección pueden ser: sacos de cemento vacíos, cartones, paja suelta o en colchonetas, lonas, aserrín o virutas de madera, lana de vidrio, etc. Es importante tener en cuenta en estos casos que la sensibilidad al frío del hormigón aumenta con una mayor razón superficie de evaporación/volumen total. Los compuestos sellantes son aceptables en el hormigón ya fraguado y dentro de recintos calefaccionados.

Si se aplica calentamiento externo, la temperatura del aire que rodea al hormigón debe estar comprendida entre 10° y 20°C durante la primera semana y no inferior a 5°C en la segunda semana. Con el empleo de incorporadores de aire, aceleradores u otros aditivos el período de protección puede reducirse a tres días. El calentamiento externo durante el curado del hormigón se puede realizar rodeando la obra con recintos ad hoc; este sistema presenta el inconveniente de que se aumenta el grado de secamiento y por consiguiente se impide el conveniente curado húmedo. La calefacción de estos recintos resulta más eficaz si se emplea vapor, que mantiene el hormigón calentado y húmedo, evitando un secamiento prematuro. Si no se dispone de vapor, resulta adecuado y económico el regado con agua caliente, en cantidad moderada.

El hormigón armado ya colocado se puede calentar empleando electricidad, haciendo pasar una corriente a través de la enfierradura. Son utilizables también moldes de material aislante o de doble tableraje para proteger el hormigón de la temperatura exterior.

Previsión de resistencias. Desencofrados

En el desmoldaje de los elementos de hormigón hay que considerar que las resistencias mecánicas deben ser suficientes para el propio sostenimiento y para soportar cargas adicionales o imprevistas. En tiempo frío hay que tomar en cuenta además, la resistencia a la acción de las heladas. Para esta sollicitación, un hormigón de 150 kg/cm^2 es capaz de comportarse satisfactoriamente. El control puede realizarse curando probetas de hormigón en las mismas condiciones de la obra y ensayándolas después de un período prudencial, o previendo las resistencias según el llamado "factor de madurez" empleando la fórmula empírica de Nurse-Saul:

$$f = (\theta + 10) \times \text{edad (en } ^\circ\text{C y días)}$$

donde:

f = factor de madurez

θ = temperatura

Consultando la curva continua de un gráfico, en que se há representado en abscisas el factor de madurez y en ordenadas las resistencias mecánicas, por ensayos previos de laboratorio, es posible prever las resistencias en función de f o calcular el tiempo y la temperatura necesarias para una resistencia determinada. La fórmula no parece ser válida para temperaturas inferiores a 0°C y además las variaciones de humedad y el tipo de cemento empleado influyen en el factor de madurez. La Fig. 1 muestra un ejemplo de esta relación.

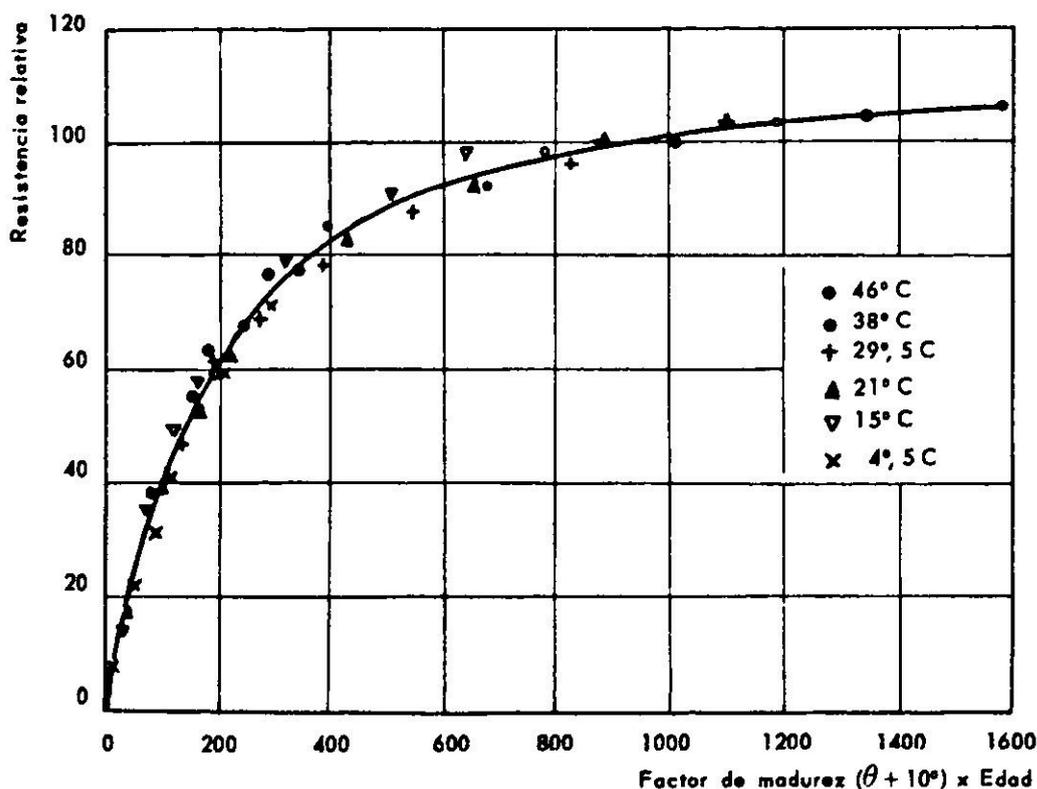


Fig. 1. Resistencia a diferentes temperaturas representadas en función del factor de madurez de Saul (Ensayos de Price).

La norma INDITECNOR 2-30-77 señala los plazos mínimos de desencofrado para estructuras de hormigón y añade que estos plazos deben ser aumentados en el número de días en que se hayan producido temperaturas iguales o inferiores a 4°C durante y después del hormigonado. No indica la temperatura que se consideró para estipular los plazos mínimos, ni cuanto tiempo debe esperarse para descimbrar, si la temperatura igual o inferior a 4°C se mantiene.

Suponiendo que se hubiera considerado una temperatura de 10°C para determinar los plazos mínimos para desencofrar (temperatura media más probable del país), resultaría, al aplicar la fórmula de Nurse-Saul, que para temperaturas medias diarias de 3°C deben esperarse los plazos indicados en tabla I.

Cabe destacar que la norma INDITECNOR es algo más exigente en relación a los plazos mínimos de desencofrado con tiempo normal, que lo estipulado por normas de otros países. El American Concrete Institute indica que los muros, columnas y costados de vigas deben desmoldarse por lo menos 12 a 24 horas después de hormigonado; las losas (sin indicar luces) a no menos de 7 días; y vigas y arcos a no menos de 14 días. Se considera para ello que la temperatura del aire en contacto con el hormigón es igual o superior a los 10°C y que el cemento es del tipo portland corriente. La Cement and Concrete Association señala para desencofrar, cuando se hormigona con cemento portland corriente y a aproximadamente 16°C de temperatura ambiente, los siguientes plazos mínimos: 24 horas para muros, pilares y costados de vigas; 3 días para losas dejando los puntales; 7 a 10 días para el retiro de puntales de losas; y

TABLA I

TIEMPO MINIMO QUE DEBE ESPERARSE PARA EL RETIRO DE ENCOFRADOS

Estructura	Hormigón cemento portland corriente		Hormigón cemento portland rápido	
	3°C	aprox. 10°C*	3°C	aprox. 10°C*
Pilares o columnas que no soportan cargas	5	3	3	2
Pilares o columnas que soportan cargas	12	8	6	4
Losas con luz de 3 m	12	8	6	4
Losas con luz de 3 a 6 m	23	15	11	7
Losas con luz mayor de 6 m	32	21	15	10
Costados de vigas o arcos	5	3	3	2
Fondos de vigas con luz menor de 6 m	32	21	15	10
Fondos de vigas con luz mayor de 6 m	43	28	23	15

* Los valores de estas columnas corresponden a las indicaciones de la norma INDITECNOR 2-30-77.

16 días para el retiro de puntales de vigas. La norma D. I. N. 1045 señala los plazos mínimos que aparecen en tabla II para el desmoldaje en condiciones de tiempo favorable (temperatura mínima mayor de 5°C), según el tipo de cemento empleado.

TABLA II

PLAZOS MINIMOS PARA DESMOLDAR DESPUES DE HORMIGONADO EN
TIEMPO FAVORABLE (D. I. N. 1045)

Estructura	Cemento 225 y puzolánico	Cemento 325	Cemento 425
Costados de vigas, muros y pilares	3 días	2 días	1 día
Losas	8 "	4 "	3 días
Puntales de vigas y losas de gran luz	3 semanas	8 "	6 "

Nota. Para vigas y losas de gran luz los plazos de desencofrado se prolongan hasta el doble.

APENDICE

EL CLIMA EN NUESTRO PAIS

Por su gran extensión en latitud, Chile posee un clima poco uniforme, con lluvias que se intensifican de norte a sur y con temperatura medias anuales que oscilan entre: 15° y 20°C, en la zona norte (de Tarapacá a Atacama); 13° y 15°C, en la zona central (de Coquimbo a Linares); 11° y 14°C, en la zona sur (de Ñuble a Chiloé); 6° y 9°C, en la zona austral (de Aysén a Magallanes). Las diferencias entre las temperaturas extremas aumentan de mar a cordillera. La tabla III muestra las temperaturas medias registradas durante el mes de julio, la precipitación media anual y el número de días con heladas, según promedio de varios años en distintas localidades del país.

Se puede observar que la temperatura media en el mes de julio es, en gran parte de las estaciones mencionadas en la tabla, menor de 10°C, lo que indica que por las fluctuaciones normales durante el mes, pueden producirse temperaturas medias diarias muy inferiores a ese valor. Durante el día se producen variaciones de importancia, registrándose la temperatura mínima absoluta entre

las 4 y 8 horas y la máxima absoluta, entre las 14 y 16 horas del día.

TABLA III

TEMPERATURAS DE INVIERNO, PRECIPITACIONES Y HELADAS
EN DIFERENTES PUNTOS DEL PAIS

Provincia	Estación	Temperatura media	Precipitación media	Promedio de días con heladas *
		Mes de julio en °C	Anual en mm	Anual en N° de días
Atacama	Caldera	13,0 (33)**	27 (43)	0 (38)
	Copiapó	11,9 (18)	28 (43)	16 (35)
	Vallenar	11,0 (12)	58 (29)	14 (12)
Coquimbo	Serena	11,7 (31)	110 (87)	0 (35)
	Coquimbo	12,1 (35)	102 (56)	***
	Vicuña	11,4 (12)	145 (39)	8 (8)
	Mte. Grande	19,0 (3)		
	Tuqui	10,5 (11)		
	Ovalle	11,1 (24)	129 (43)	10 (7)
Aconcagua	Peñablanca	9,6 (7)	282 (6)	21 (7)
	Zapallar	11,2 (16)	348 (17)	
	Jahuel	10,1 (19)		3 (19)
	San Felipe	8,7 (4)	250 (47)	
	Los Andes	9,1 (45)	304 (48)	39 (30)
Valparaíso	Llay-Llay	9,2 (9)	300 (14)	25 (8)
	Quillota	10,3 (34)	402 (38)	6 (38)
	Valparaíso	11,5 (40)	520 (23)	12 (40)
	Rincón	9,4 (2)	502 (5)	
	Quilpué	9,9 (3)	555 (37)	25 (3)
Santiago	Santiago	8,0 (45)	300 (42)	44 (84)
	San José de Maipo	7,6 (12)	603 (38)	53 (11)
O' Higgins	Rancagua	8,1 (4)	449 (42)	44 (1)
	El Teniente	4,4 (36)	1.057 (41)	
	Rengo	8,0 (4)	562 (34)	21 (5)
Colchagua	San Fernando	7,5 (40)	780 (42)	25 (40)
Curicó	Curicó	7,9		35 (14)
Maule	Constitución	10,1 (16)	990 (30)	4 (17)
	Carranza	10,5 (42)		0 (35)
	Chanco	9,7 (5)	880 (9)	
	Cauquenes	9,0 (21)	720 (34)	34 (21)
Linares	Panimávida	7,8 (14)		20 (14)
	Linares	8,0 (25)	1.050 (33)	29 (19)
Talca	Molina	6,8 (7)	926 (30)	
	Talca	8,5 (32)	742 (42)	35 (30)

TABLA III (continuación)

Provincia	Estación	Temperatura media	Precipitación media	Promedio de días con heladas (*)
		Mes de julio en °C	Anual en mm	Anual en N° de días
Ñuble	Chillán	9,1 (7)	1.033 (40)	3 (8)
Concepción	Tumbes	9,9 (38)	782 (27)	1 (35)
	Talcahuano	9,1 (20)	1.138 (35)	1 (18)
	Concepción	9,1 (27)	1.338 (42)	20 (40)
	Sta. María	10,1 (21)	895 (41)	0 (15)
Arauco	Lavapié	10,6 (20)	834 (18)	0 (17)
	Contulmo	8,9 (38)	1.939 (54)	20 (40)
	Mocha	10,3 (17)	1.291 (28)	0 (20)
Bío - Bío	Los Angeles	8,3 (19)	1.285 (36)	
Malleco	Angol	7,8 (24)	1.140 (36)	
	Traiguén	7,6 (44)	1.239 (41)	34 (35)
	Cullineo	6,4 (5)	1.637 (9)	
	Lonquimay	1,8 (38)	1.919 (42)	129 (35)
Cautín	Temuco	7,8 (37)	1.345 (42)	26 (35)
	Pto. Dominguez	8,4 (29)	1.480 (35)	39 (33)
Valdivia	Valdivia	7,8 (39)	2.510 (90)	12 (40)
	Galera	9,0 (41)	2.125 (50)	0 (35)
	Río Bueno	7,0 (20)	1.214 (34)	11 (19)
Osorno	Cañal Bajo	7,1 (8)	1.420 (19)	
	Osorno	8,3 (4)	1.330 (42)	
Llanquihue	Puntiagudo	6,4 (4)	3.080 (5)	
	Pto. Varas	9,0 (3)	1.823 (26)	
	Frutillar	7,0 (18)	1.580 (22)	3 (18)
	Pto. Montt	7,6 (37)	1.960 (47)	8 (30)
	Mauñín	6,6 (29)	1.946 (34)	11 (25)
	Corona	8,3 (38)	2.444 (54)	3 (40)
	Morro Lobos	6,8 (15)		0 (15)
	Guafo	7,5 (38)		2 (30)
	Melinca	7,6 (11)		4 (12)
	Aysén	Coihaique	2,0 (8)	
Aysén		4,6 (20)		23 (11)
San Pedro		5,7 (11)		9 (8)
Cabo Roper		6,3 (12)		5 (26)
Magallanes	Evangelistas	4,4 (23)		5 (30)
	Dungeness	2,8 (32)		6 (38)
	Pta. Arenas	2,3 (42)		27 (38)
	San Isidro	2,6 (29)		46 (30)
	Bories	1,7 (4)		
	Navarino	2,3 (12)		

*Las heladas son fenómenos netamente locales, por lo tanto los datos señalados son válidos sólo para el lugar indicado. Los registros de temperaturas son obtenidos con termómetros que se colocan a un metro y medio de altura sobre el suelo.

**Los números entre paréntesis indican el número de años considerados.

***Los espacios en blanco indican que no hubo información.

BIBLIOGRAFIA

- A. C. I. Committee 604, *Recommended practice for winter concreting*, A. C. I. Standards, 1959, pp. 1025 - 1047.
- A. C. I. Committee 622, *Formwork for concrete* Journal of the American Concrete Institute, Proceedings V. 57, N° 9, marzo 1961, pp. 993 - 1040
- AKROYD, T. N. W., *Concrete, properties and manufacture*, Pergamon Press, Londres, 1962.
- ALMEIDA, A. E. y SAEZ, S. F., *Recopilación de datos climáticos de Chile y mapas sinópticos respectivos*. Ministerio de Agricultura, Dirección genetal de producción agraria y pesquera, Depto. técnico interamericano de cooperación agrícola, Proyecto 14, Santiago, 1958.
- BRYDON, N. M., *Cold weather concreting* The Reinforced Concrete Review, vol. V. N° 4, diciembre, 1959, pp. 205 - 220.
- DURIEZ, M. y ARRAMBIDE, J. *Nouveau Traité de Matériaux de Construction*, Dunod, París, 1962, tomo II.
- INDITECNOR 2.30 - 77, *Mezcla, colocación en obra y curado del hormigón*, Instituto Nacional de Investigaciones Tecnológicas y Normalización. Santiago.
- JOHNSON, R. C., *Winter concreting methods* Journal of the American Concrete Institute, Proc. V. 26, 1930, pp. 397 - 406.
- LEA, F. M. y DESCH, C. H., *The chemistry of cement and concrete* Edward Arnold (Publishers) Ltd., Londres, 1956.
- Manual teórico y práctico del hormigón*. Edición en castellano correspondiente a la 44a. edición del Beton Kalender. Librería El Ateneo Editorial Buenos-Aires, 1957.
- ORCHARD, D. F., *Concrete technology*, John Wiley y Sons Inc., Nueva York, 1957, vol. 2.
- VALENTA, M., *Nouvelles recherches sur le gelivité des bétons* Centre d'Etudes et de Recherches de l'Industrie des Liants Hydrauliques, Publication Technique N° 9, julio, 1948.
- VENUAT, M., PAPADAKIS, M., *Côntrole et essais des ciments, mortiers, bétons* Editions Eyrolles 61, boulevard Saint-Germain, París, 1961.
- WITHEY, M. O., y WASHA, G. W., *Materials of construction*, John Wiley y Sons Inc., Nueva York, 1954.
- YOUNG, R. B., SCHNARR, W., *Cold weather protection of concrete* Journal of the American Concrete Institute, Proc. vol. 30, 1934, pp. 292 - 304.
- YOUNG, R. B., SCHNARR, W., *Manufacturing concrete during cold weather* Journal of the American Concrete Institute, Proc. vol. 30, 1934, pp. 279 - 291.

Mauricio OSSA M.

Constructor Civil, sección
Investigación de Hormigones. IDIEM.