

■ En obra, hay que resistir las inclemencias climáticas. Las tecnologías basan sus pautas generales de temperatura entre los 5° y 30°C, siendo 20°C la ideal según la norma NCh170.Of85 "Hormigón Requisitos Generales", para hormigonar. ■ Si varían las temperaturas se producen alteraciones en sus cualidades. Según los expertos consultados, más que detectarlas, el fin es enfrentarlas para lograr resultados óptimos. Aquí, la introducción a un tema complejo.

HORMIGONADO EN ZONAS EXTREMAS

TODO TERRENO

CONSTANZA MARTÍNEZ R.
PERIODISTA REVISTA BIT

EN CHILE, las variaciones en las temperaturas son notorias entre un extremo y otro, lo cual hace necesario tomar precauciones en la faena del hormigonado, como trabajar a horas determinadas del día, cubrir los áridos, generar microclimas o sumar aditivos que permitan trabajar de mejor forma el hormigón, asegurando su resistencia y durabilidad.

El hormigón, en la mayoría de los casos, alcanza sus propiedades mecánicas a los 28 días, tiempo en que se puede verificar sus condiciones de resistencia y durabilidad. Es por ello que la etapa del curado es vital: Si se produce un secado excesivo, a edades tempranas, la hidratación del cemento no se realiza a cabalidad mermando sus propiedades; por el contrario, mientras mayor sea el tiempo de curado, estas mejoran notablemente.

A continuación repasamos la faena de hormigonado en zonas extremas, una breve introducción de lo que revisaremos en detalle en próximas ediciones. El objetivo es lograr un hormigón todo terreno.



GENTILEZA SIKA



GENTILEZA MAXIMILIANO FARIAS



ETAPAS

Antes de cualquier acción en terreno, es necesario realizar pruebas en laboratorios de aditivos y dosificación que se utilizarán en las plantas. En este punto, es importante que el cliente sea específico respecto a la logística, ya que influirá en los componentes para la mezcla del hormigón.

1. LA PLANTA

De acuerdo al proyecto, accesibilidad y consumo, se instalan plantas de hormigón móviles. Estas se utilizan en proyectos específicos, de mayor demanda y compleja ubicación. Terminada la obra son desmontadas, trasladadas y ensambladas en otro lugar de trabajo. Los componentes y etapas

en planta son los siguientes:

- **Áridos:** Los áridos son acopiados en un sector estratégico de la planta, siempre protegidos del extremo calor (sobre 30°C) o frío (bajo 5°C). En ambos casos es necesario cubrirlos, ya sea para evitar el congelamiento o calentamiento excesivo. Otras técnicas son humedecer o calentar los áridos, según sea el caso.

- **Carga y programación:** El administrador de la planta da la señal al cargador para tomar los áridos y ponerlos sobre la correa transportadora, la cual se encargará de llevarlos hasta el cono que carga el camión mixer. El programador, de acuerdo a la obra y requerimientos del cliente, ingresa los datos a un computador central, el cual ordena y dosifica los componentes en forma automática. En este punto se incorporan los aditivos. Asimismo, en caso de bajas temperaturas se puede incorporar agua tibia, o en caso de calor excesivo, se utiliza hielo triturado o en escamas. Se trata de hielo seco fabricado con



1



2



3



4

EN LA PLANTA

La primera etapa comprende todo el proceso que se realiza en la planta, desde donde se preparará la mezcla para el hormigón, incluido los aditivos, de acuerdo a los requerimientos del cliente. Proceso sistematizado a través de un sistema computacional.



5



6

agua potable, el cual se utiliza comúnmente para preservar productos; al ser graneado tiene la característica de escurrir y cubrir con facilidad lo que se desee enfriar.

■ **Camión mixer:** Es el transporte primario, desde la planta de hormigón a la obra. La mezcla es cargada en el camión, lugar en que se logrará una pasta homogénea. Luego del lavado de la canoa, ajuste del cono y una prueba de docilidad, en que se mide la facilidad del hormigón fresco para ser transportado, colocado y compactado sin que se produzca segregación, el hormigón está listo para ser aplicado en los diferentes frentes de la obra, de acuerdo a la instrucción del administrador.

2. LA OBRA

Desde que llega el camión mixer a la faena hasta que el hormigón es parte de la estructura final, se puede considerar una segunda etapa. En obra, la temperatura ideal para hormigonar es de 20°C, sin embargo, es aceptable trabajar bajo un parámetro de en-

tre 5°C y 30°C.

■ **Transporte secundario:** Es el proceso en que se traslada el hormigón desde el punto de llegada del camión mixer, hasta el punto final de colocación. Esto se hace mediante carretilla, capacho, cinta transportadora, canoa, tubo o bomba de hormigón. Ésta última es uno de los medios más utilizados en estos días.

■ **Bomba:** Es importante coordinar el armado de la bomba, definir la secuencia y frecuencia de llenado, a fin de evitar que el hormigón pierda docilidad o consistencia. Para ser bombeado debe dosificarse con una trabajabilidad adecuada, que considera asentamiento del cono, proporción de partículas finas y tamaños máximos que cumplan con curvas granulométricas recomendadas. Depende del aditivo usado, el tiempo que cada camión podrá esperar.

Antes del hormigonado es necesario cebar la bomba, dejando caer la lechada, nombre que recibe la mezcla de agua y cemento. Con esto se evita que el hormigón se aglomere y

disminuye el roce del hormigón en la tubería.

■ **Colocación y compactación:** La mezcla debe llevarse lo más cerca posible de su lugar definitivo. A medida que se avanza se debe compactar, moviendo las partículas que lo conforman a través de vibrador, para remover el aire atrapado, homogeneizar y lograr aumentar la densidad de la mezcla.

3. EL CURADO

Es la última etapa. Los 28 días posteriores al hormigonado son fundamentales para asegurar su resistencia y durabilidad. Siendo 7 días lo mínimo para lograr un resultado óptimo. Durante ese período se debe hidratar permanentemente las superficies expuestas, para evitar la evaporación del agua de la mezcla. El agua de curado no debe tener una temperatura excesivamente opuesta, ya que las tensiones por cambios de temperatura pueden producir grietas. En caso de que se presenten pequeñas fisuras y el hormigón aún estuviera fresco, se debe replatachar o revibrar el sector para eliminarlas. Existen diferentes tipos



A



B



C

GENTILEZA FRANCISCO GUERRERO

EN LA OBRA

Una segunda etapa podría considerarse a partir de que el camión mixer llega a la obra. Este proceso incluye el transporte secundario, realizado mayoritariamente a través de bomba, la colocación de la mezcla y la compactación. Esta última, fundamental para evitar que quede aire y para homogeneizar la mezcla logrando aumentar la densidad.

de curado, entre ellos:

- **Curado húmedo:** Mediante riego continuo a través de aspersor o hidrolavadora, uso de arpilleras húmedas o formación de diques para inundación.

- **Membranas líquidas de curado:** Resinas cuyo objetivo es sellar superficialmente evitando la pérdida prematura del agua del hormigón.

- **Láminas impermeables:** Láminas preformadas que recubren y sellan la superficie.

RECOMENDACIONES

El clima no debiera ser un problema si existe un procedimiento correcto. Los expertos recomiendan sacar un promedio de entre cinco a siete días las temperaturas mínimas, para corroborar que está dentro de los parámetros aceptables para hormigonar.

En caso de climas extremos es conveniente producir microclimas. Para ello, se aíslan las condiciones ambientales, a través de carpas y durante un día se tempera. Se debe coordinar la recepción de los camiones, desde la salida de la planta de hormigón. Es fundamental preparar con anticipación los equipos técnicos y humanos, para recibir el camión mixer y descargar en el menor tiempo posible. Se recomienda realizar una prueba de todos los equipos, así en caso de falla, habrá tiempo de solucionarlo. En casos específicos es importante considerar las siguientes recomendaciones:

- **Bajas temperaturas:** Algunas de las



16 años
al servicio de la construcción



- ✓ Cobertura de la III a la VIII Región
- ✓ Proyectos especiales en todo el territorio nacional
- ✓ Bombas Plumas con alcance de hasta 50 mts.
- ✓ Torres de distribución con alcance de hasta 32 mts.
- ✓ Bombas estacionarias con capacidad de hasta 300 mts. verticales

ZACH BOMBAS DE HORMIGÓN

La Estera 687

Loteo Industrial Valle Grande - Lampa

Fono: (56 2) 747 1820 - Fax: (56 2) 747 1821

Mail: hzach@hzach.cl

www.hzach.cl

EL CURADO

Por último, el proceso de curado, requiere principales cuidados. Cubrir la mezcla, mantener húmedo y crear microclimas, entre otros, son algunas de las soluciones recomendadas, para obtener la resistencia proyectada.



ERRORES FRECUENTES

1 Hormigonar en horarios de temperaturas más altas, donde la tasa de evaporación es superior y, paralelamente, no tomar las precauciones debidas.

2 En el caso de temperaturas bajas, hormigonar en horarios de mayor frío, lo que puede producir el congelamiento del hormigón.

3 No aislar de las condiciones ambientales extremas al hormigón. En otras palabras, hormigonar cuando hay mucho viento o cuando cae la temperatura, ya que el hormigón no toma resistencia, produciéndose problemas desde el punto de vista estructural.

soluciones utilizadas para evitar el congelamiento de los áridos son protegerlos con malla raschel, incluso en ocasiones puede ser necesario calentarlos. Para ello se utiliza el vapor de agua, nunca utilizar calor seco. Se recomienda una temperatura uniforme de la amasada inferior a 40° C. Es recomendable cubrir los moldajes laterales del frío o realizar microclimas. Si se utilizan moldajes de placas de madera, la necesidad de aislamiento es menor, ya que esta materialidad por sí sola actúa como aislante térmico. En el mercado existen mantas eléctricas que se adosan a los moldajes, que permiten programar la temperatura.

La temperatura aconsejable de fabricación del hormigón es de 10°C y la forma más fácil de conseguirla es calentando el agua (se utilizan calderas y la temperatura debe ser inferior a 60°C) que se utilizará en la mezcla. Asi-

mismo los expertos recomiendan trabajar con cementos de alta resistencia, cuyo calor de hidratación es mayor y la reacción es más rápida. El hormigón debe mantenerse protegido hasta que tenga una resistencia de 30 kg/cm², sobre la cual no se produce daño por congelamiento.

■ **Altas temperaturas:** Con temperaturas altas, el hormigón se vuelve menos trabajable en forma acelerada, lo que conlleva a problemas de transporte, colocación y compactación. Si se suma baja humedad ambiental y/o exposición al viento, se pierde agua de manera brusca produciendo fisuras plásticas y pérdida de resistencia.

Algunas recomendaciones son: Evitar el mezclado prolongado, ya que esta operación genera calor, aún en bajas velocidades. Si la demora es inevitable, el efecto puede disminuirse deteniendo la hormigonera y agitando intermitentemente. Utilizar aditivos plastificantes con retardo e inhibidor de fraguado, que permiten reducir la cantidad de cemento en la mezcla, sin alterar la obtención de resistencia a 28 días. Asimismo, manejar la posibilidad de utilizar cementos de grado corriente o tipo puzolánico, tratando de desplazar la resistencia de 28 a 90 días.

Para bajar la temperatura del hormigón al momento de su fabricación, se deben cubrir y humedecer constantemente los áridos. Agregar agua fresca y/o adicionar hielo triturado o en escama al agua del amasado. Es necesario sustituir aproximadamente 5 kg de agua por igual cantidad de hielo para bajar en 1°C la temperatura de 1 m³ de hormigón.

En pavimentos o radieres, antes de hormigonar es factible rociar con agua la capa que entrará en contacto con el material. Los moldes deben ser humedecidos antes de hormigonar, pero evitando dejar pozas de agua. Preferir trabajar al atardecer o en la noche y evitar las horas de mayor temperatura, entre 13:00 y 17:00 horas.

Para asegurar un adecuado hormigonado en zonas extremas, es indispensable tomar las medidas preventivas. Aditivos, microclimas y otros sistemas permiten lograr un hormigón todo terreno.

CASOS CONCRETOS

BURJ DUBAI: Es una de las construcciones más colosales de los últimos tiempos. La estructura de hormigón se extiende hasta los 585 m de altura, 730 m alcanza la estructura de acero y con el mástil alcanza los 808 metros. Su construcción, a pesar de realizarse a un ritmo acelerado, debía detenerse entre las 13 y las 18 horas, debido a que las temperaturas llegaban a superar los 40° celsius. Sin embargo, las faenas continuaban hasta altas horas de la madrugada. Para regular la temperatura del hormigón se utilizó hielo en escamas. En Burj Dubai se empleó una fabricadora de hielo con capacidad de 80 t/día, un depósito de hielo de 100 toneladas y un enfriador de agua de 360 t/día.

COLLAHUASI: Un caso mucho más cercano es Collahuasi, en el que las temperaturas mínimas alcanzaban los -10°C a -15°C. Las precauciones comenzaron a partir del trabajo del hormigón en planta. Para ello, la mezcla se realizó con agua temperada y áridos calentados previamente. En el sector donde se hormigonó se armaron carpas y se instalaron calefactores (llamados también dragones), lo cual se mantuvo hasta el curado. En todo momento el proceso fue supervisado por un laboratorista, con el fin de evitar que se congelara el agua del hormigón.



COLABORADORES

-Carlos Muñoz, Gerente de Negocios y Obras de Infraestructura, Sika Chile.
-Nancy Soto, Ventas y Asesorías, Obras Civiles, Sika Chile.
-Francisco Reinoso, Administrador de Planta, Sociedad Pétreos S.A.
-Luis Araya, Encargado Diseño de Productos, Melón Hormigones.
-Marcelo Mallea, Jefe de Control de Calidad, Melón Hormigones.
-Manuel Bolados, Administrador de Obra Andina Fase I, Salfa Montajes.
-Norma 170-1985. Instituto Chileno del Cemento y el Hormigón (ICH).

ARTÍCULOS RELACIONADOS

-“Hormigonado en altura. Exigencias superiores”. Revista BIT N°71, Marzo de 2010, pág. 32
-“Hormigón. Las técnicas precisas”. Revista BIT N°73, Julio de 2010, pág. 26

■ EN SÍNTESIS

Con temperaturas extremas, es necesario realizar pruebas de los componentes y aditivos que se utilizarán y verificar el correcto funcionamiento de los equipos técnicos y humanos. Al momento de hormigonar, se debe regular la temperatura para que no baje de los 5°C y no supere los 30°C, siendo 20°C la temperatura ideal. Para ello existen diversas recomendaciones, que han sido aplicadas en casos emblemáticos, como agregar hielo en escamas en el hormigón para la construcción de la torre Burj Dubai, o la creación de un microclima en Collahuasi.

BIT 81 NOVIEMBRE 2011 ■ 77

LE DAMOS BASE A TUS PROYECTOS

ENTIBACIONES PROFUNDAS CON PILOTES Y ANCLAJES. SEGURIDAD+CALIDAD+VELOCIDAD=ECONOMÍA GLOBAL

- PILOTES PRE-EXCAVADOS
- PILOTES HÉLICE CONTINUA (CFA)
- MUROS PANTALLA
- MICROPILOTES
- ANCLAJES
- INYECCIONES
- SOIL NAILING
- MURO BERLINÉS
- ENSAYOS DE CARGA
- JET GROUTING



Av. Alonso de Córdova 5151 of. 1401, Las Condes, Santiago, Chile

www.terratest.cl



**PILOTES
TERRATEST**
LIDER EN FUNDACIONES ESPECIALES

La experiencia que da confianza