

C/ COMPOSITOR WAGNER, 6

Pol. Ind. CAN JARDI

08191 RUBÍ ( BARCELONA)

TELF: 93.263.24.84 FAX.: 93 263 30 19

E-mail: [inesa@inesa.es](mailto:inesa@inesa.es)



**INGENIERIA Y EQUIPAMIENTOS, S.A.**  
**TECNOLOGIA DEL FRIO**

### **COMENTARIOS SOBRE LOS SISTEMAS AGUA O AIRE PARA EL ENFRIAMIENTO DE ÁRIDOS**

Existe una gran diferencia entre los sistemas. El aire desde un punto de vista térmico es un transmisor de calor poco ventajoso. Su calor específico es cuatro veces inferior que el del agua, en peso, y aproximadamente tres mil veces menor que el del agua en volumen. Esto significa en la práctica que para eliminar una misma cantidad de calor sean necesarios enormes caudales de aire.

El aire tiene también otras desventajas: el coeficiente de transmisión de calor del aire es aproximadamente veinticinco veces menor que el del agua, y los huecos entre los áridos disponibles para el paso del aire, provocan grandes pérdidas de presión en el circuito de circulación del aire.

Con los anteriores argumentos la utilización de aire para el enfriamiento de áridos podría parecer un absurdo. Sin embargo, el enfriamiento por aire se presenta en la práctica muy ventajoso, disminuyendo en algunos casos y en otros eliminando la necesidad de refrigeración con agua como vamos a ver a continuación.

- Tiempo disponible para el enfriamiento: En el enfriamiento por agua en cinta húmeda el tiempo necesario oscila entre 6 y 9 minutos. En el caso del aire este tiempo es de media de una hora determinado por el volumen del silo.

- Pérdidas después del enfriamiento: En el enfriamiento con agua se pierde aproximadamente de 3 a 10 °C dependiendo de las características de los agregados y del tipo de equipamiento de transporte y aislamiento.

El anterior aumento ocurre entre la salida de la cinta húmeda de refrigeración hasta la llegada a la amasadora, pasando primero por los tamices vibradores, transportador inclinado, los propios silos, hasta su descarga en la amasadora. Sin embargo, el camino de los áridos enfriados por aire en los silos es directo hasta la amasadora y por tanto sin pérdidas.

### **Continuidad en el proceso**

Con producciones de hormigón reducidas o con interrupciones que pueden ocurrir con frecuencia, el enfriamiento con aire facilita un tiempo de funcionamiento prolongado. Además de esto existe otra ventaja ya que el aire frío puede ser siempre insuflado según las necesidades, por ejemplo después de una parada prolongada en el fin de semana. En el enfriamiento con agua, al contrario, las pérdidas son menores cuando las producciones de hormigón son estables, grandes y sin interrupciones, y el calentamiento de los áridos durante su transporte a los silos y en estos es menor.

Con producciones menores las pérdidas son mayores, ocurriendo que durante las paradas se tiene la necesidad de vaciar los silos debido al calentamiento de los áridos, en caso de que no se disponga del recurso de enfriamiento por aire.

El funcionamiento de una central de hormigón no es simple, debido a diversos factores externos e internos de la propia central. El trabajo es lento, precisando atender solicitudes de la zona de vertido del hormigón, la cual iniciada no puede ser interrumpida.

En la central de hormigonado se concentran los resultados de diversos equipamientos de obra, siendo necesario que las formulaciones y la temperatura del hormigón sean las previstas en proyecto. Por tanto, el enfriamiento con aire es más cómodo y fácilmente adaptable a las situaciones ofreciendo respuestas operativas más rápidas y las interrupciones no son afectadas.

### **Diferencias operativas**

La temperatura del agua en la salida del tanque de almacenamiento estará aproximadamente entre 1 o 2 °C, eso en el caso que haya sido enfriada en un evaporador abierto tipo Baudelot. En el caso de ser enfriada en evaporadores cerrados multitubulares, su temperatura de salida será más alta, de la orden de 4 a 6 °C. Por tanto, la temperatura media final de los áridos a la salida de la cinta húmeda estará entre 6 y 12 °C. Con las pérdidas mencionadas anteriormente hasta la entrada de la amasadora, esta temperatura aumenta de 4 a 5 °C.

Con el enfriamiento por aire se puede trabajar con temperaturas de aire mucho más bajas, hasta un límite de -20°C, esto posibilita conseguir temperaturas en los áridos gruesos de -12°C. con el uso del agua o el hielo esto no es posible.

### **Otras consideraciones**

El enfriamiento con agua, a pesar de sus ventajas termodinámicas, tiene aún otras consideraciones:

#### **- Dimensiones de la cinta enfriadora**

La localización de esta cinta transportadora-enfriadora, cuya longitud total incluyendo la sección de alimentación y de tamices vibradores de drenaje alcanza entre 200 y 250 metros, es una condición que no siempre se puede resolver en obra.

#### **- Volumen de agua**

El sistema de enfriamiento con agua, principalmente con enfriadores abiertos o inundados, es extenso y contiene un gran volumen de agua. Por esto los tiempos de enfriamiento para conseguir una temperatura determinada después de una parada o limpieza no son pequeños. La inercia térmica del sistema es grande y las condiciones para atender a demandas que oscilan no son fáciles.

#### **- Limpieza del sistema**

La limpieza de cualquier sistema con circulación de agua es otro problema serio, originando problemas de continuidad y de mano de obra. Las pérdidas de tiempo y las paradas del enfriamiento con agua, debido a las limpiezas necesarias, son mayores que con el sistema de enfriamiento con aire.

#### - Control de la humedad específica

En el enfriamiento con agua, especialmente en el de los áridos de diámetro inferior, donde la humedad específica es grande, surge la dificultad adicional de controlar la cantidad de agua fijada para el hormigón debido a la humedad asociada a los áridos mencionados ya que, además de inconstante, esta cantidad es muy difícil de prever.

Sin el enfriamiento con agua los áridos entran secos en la amasadora, eliminando la anterior dificultad y permitiendo aumentar la dosificación de hielo.

El agua helada en contacto con los áridos, acarrea material pulverulento y otras partículas finas que se adhieren a los áridos. En poco tiempo el agua se vuelve sucia, con mucha sustancia fina en suspensión y necesita pasar por un proceso de decantación antes de volver a los enfriadores.

Los decantadores normalmente son grandes, voluminosos, divididos en secciones para posibilitar su limpieza parcial sin interrupción del funcionamiento de la refrigeración, siendo por tanto caros y su limpieza tiene un coste operacional alto.

Aún con una buena decantación, en las condiciones operacionales reales en obra, el agua helada no vuelve limpia, lo cual se confirma porque el punto de congelación de ésta puede bajar a una temperatura inferior a -2°C.

#### **EQUIPAMIENTOS PARA EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO POR AIRE**

El enfriamiento de áridos por aire del punto de vista de la refrigeración es más simple y menos problemático que el enfriamiento por agua. Los enfriadores de aire se están desarrollando técnicamente en los últimos tiempos.

Los tubos de los serpentines que fueron inicialmente equipados con alertas helicoidales, hace tiempo que fueron sustituidos por tubos con aletas estampadas rectas más fáciles de descongelar al des-escarce y exigiendo menor volumen de fluido frigorífico al tiempo que se abarató su construcción.

El des-escarce de los evaporadores se realizó inicialmente con agua, se fue perfeccionando con el uso simultáneo de gas caliente de  $\text{NH}_3$  u otro fluido frigorífico, disminuyendo así el tiempo efectivo de descongelación. También de un descongelamiento hecho inicialmente de manera manual, pasó a ser realizado de manera completamente automática.

Los equipos de enfriamiento de aire fueron colocados en un principio en la central de hormigonado al lado externo de los silos de agregados. Estos enfriadores individuales han sido sustituidos por un enfriador centralizado para cada central de hormigonado, empleando un solo ventilador centrífugo de mayor potencia en lugar de ventiladores axiales. El aire frío es distribuido mediante conductos de aire para cada silo y retorna al enfriador por la parte superior de los silos mediante un conducto de retorno. El ventilador central puede ser accionado por un motor central de dos velocidades y puede tener en la entrada de aire para cada silo un dispositivo mecánico manual que controle la entrada de aire frío en cada uno.

Las ventajas de este sistema las podemos resumir como a continuación:

- \* Mayor flexibilidad en el manejo del caudal de aire.

- \* Menor coste del equipamiento y de su montaje.
- \* Control de operación centralizado.
- \* Manutención más rápida y eficiente.
- \* El uso del ventilador centrífugo, con mayor rendimiento que los axiales, obtiene una mayor presión estática, con fácil posibilidad de variar su velocidad.
- \* Este sistema fue usado por primera vez en las diversas centrales de la obra de ITAIPU e hizo frente a producciones diferentes, mostrando en las severas condiciones de la obra su superioridad y aprobación.

Las anotaciones hechas en la obra e Itaipu durante 5 años de producción de hormigón refrigerado a una temperatura de 6°C, muestran un pequeño número de horas de paro ocasionadas por defectos o revisiones del sistema de refrigeración por aire. Un mayor número de horas de paralización del funcionamiento fueron constatadas en el sistema de enfriamiento por agua provocadas principalmente por las necesidades de limpieza continua.

El sistema centralizado de enfriamiento de aire fue rápidamente utilizado en otras obras, donde perfeccionamientos adicionales fueron introducidos como sigue:

- \* Válvulas con accionamiento remoto con aire comprimido en la entrada de aire de cada silo, en lugar de los dispositivos manuales para regular el caudal de aire, permiten posiciones intermedias desde las posiciones cerrada y abierta para dosificar el aire frío insuflado dependiendo de las necesidades.
- \* Acoplamiento de un motor hidráulico para el accionamiento del ventilador, permitiendo una regulación del 0% hasta 100% de su velocidad.

Los resultados del enfriamiento con aire han sido tan positivos que se está llegando a sustituir por completo el enfriamiento de áridos mediante agua.

Nuestra empresa está actualmente estudiando un sistema sólo aire, donde éste se utiliza en dos etapas: la primera etapa enfría los áridos hasta 15°C en los silos de acopio eliminando prácticamente casi toda su humedad, y en la segunda etapa, en los silos de áridos de la planta de amasado, éstas se enfrían a una temperatura de 5 °C o a una temperatura inferior si es necesario. El control de la temperatura final del hormigón se realiza mediante la adición de hielo a la amasadora. Este sistema es de una gran simplicidad y está obteniendo una gran acogida desde que se empleó en la presa de Las Tres Gargantas.

*Sr. MARIANO LARA JURADO*