

FUNDAMENTOS DEL ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO PARA INSTALACIONES AVÍCOLAS

José Antonio Frejo Fernández

B.U. Manager Munters Spain S.A.U.

En este artículo se explica, de modo sencillo, cómo funciona un sistema de enfriamiento evaporativo o "cooling system", así como las diferentes configuraciones de instalación posibles a la hora de diseñar el mejor tipo de nave para cada caso concreto.

¿Qué es el sistema de enfriamiento evaporativo y cuáles son sus fundamentos físicos?

El sistema de enfriamiento evaporativo es un principio de la física que consiste en la evaporación del contenido de agua de un determinado volumen de aire, basándose en la transferencia del calor del aire a tratar con el calor contenido en el volumen del agua de contacto. Esto produce una evaporación del agua que pasa a través de los paneles hacia el aire de paso a tratar, que causa a su vez una caída de temperatura y un aumento de la humedad de ese volumen de aire.

El sistema evaporativo se conoce desde prácticamente las antiguas civilizaciones griega, árabe y egipcia, en las cuales utilizaban bloques de adobe colocados entre sí, o fardos de paja que humedecían, dejando huecos donde dejaban caer una cortina de agua por la que atravesaba una corriente de aire natural. Con ello se conseguía un ambiente fresco, natural y saludable dentro del habitáculo, libre totalmente de cualquier impureza, puesto que la cortina de agua servía y sirve aun para filtrar impurezas de aire.

Tenemos que considerar que el agua evaporada -simple H₂O- no contiene ningún otro componente químico. Es agua destilada, como comúnmente conoce-



mos. De hecho, nuestro conocido botijo de agua está basado en el principio de evaporación del agua a través de transferencia de calor latente pues el aire pasa a través de la cerámica del mismo, que es porosa, provocando un intercambio de temperatura del aire que atraviesa con la temperatura del agua del interior.



El criptopórtico de la Villa de Adriano como arquitectura medioambiental para uso veraniego. Usaban aljibes y pequeños estanques donde recogían el agua para luego transportarla por gravedad hacia el sitio donde se producía la cortina de agua.



Botijos típicos españoles.



Paneles evaporativos en una nave avícola

¿Dónde podemos aplicar el enfriamiento evaporativo?

El enfriamiento evaporativo tiene la ventaja de poder usarse donde se requiera una caída de temperatura razonable para uso, confort y refrigeración de elementos mecánicos. Desde nuestra aplicación fundamental que nos lleva a este artículo, las naves de producción avícola y las instalaciones ganaderas de cualquier tipo –para porcino, ovino, vacuno, etc.– hasta la industria en general, las torres de refrigeración, las fabricas de producción industrial donde se concentra el calor producido por la carga térmica de las máquinas y el propio domicilio, se pueden instalar unos equipos de enfriamiento evaporativo acordes al volumen a tratar.



Enfriador evaporativo en industria minera.

El enfriamiento evaporativo no es un método de enfriamiento perfecto, aunque podríamos catalogarlo como ideal por su bajo consumo energético y su poder de refrigeración, pero tiene unas limitaciones en cuanto a sus rendimientos.

Estas limitaciones se basan en el contenido de humedad absoluta del aire a tratar porque proporcionalmente disminuiríamos su poder de enfriamiento en base a un alto contenido de humedad. Por ejemplo un "cooling system" o enfriador evaporativo instalado en Burgos tendrá más rendimiento y más poder de enfriamiento que uno instalado en cualquier punto de la costa. No quiere decir que este último no vaya a funcionar, pero su rendimiento evaporativo será más bajo, obteniéndose unos menores valores de caída de temperatura.



Condensador enfriador evaporativo en industria alimentaria.

CONCEPTOS BÁSICOS Y FÍSICOS DEL ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO

Para un correcto funcionamiento de un enfriador evaporativo debemos tener en cuenta una serie de conceptos a la hora de calcular el sistema adecuado.

Psicrometría

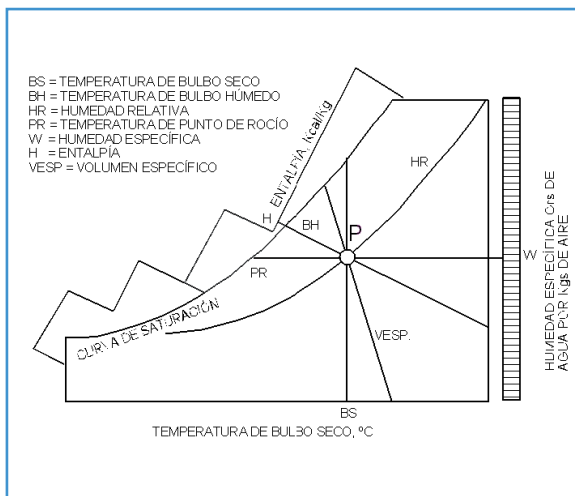
La psicrometría es una rama de la ciencia en la que se estudian las propiedades termodinámicas del aire húmedo y el efecto de la humedad atmosférica en los materiales y en el confort humano. Este aire, conocido como aire húmedo, está constituido por una mezcla de aire seco y vapor de agua.

El aire seco es una mezcla de varios gases. Su composición general es la siguiente:

- Nitrógeno: 77%
- Oxígeno: 22%
- Dióxido de carbono y otros gases: 1%

En relación con su temperatura, el aire tiene la propiedad de retener cierta cantidad de vapor de agua. A menor temperatura, menor cantidad de vapor, y a la inversa: a mayor temperatura, mayor cantidad de vapor de agua, si se mantiene éste a presión atmosférica constante.

También se considera que es un método para controlar las propiedades térmicas del aire húmedo. Se representa mediante un diagrama psicrométrico.



Temperatura del bulbo seco

La temperatura del bulbo seco o temperatura seca es la medida con un termómetro convencional de mercurio, o similar, cuyo bulbo se encuentra seco. Esta temperatura, junto a la temperatura de bulbo húmedo, es utilizada en la valoración del confort higrotérmico, en la determinación de la humedad relativa, en la determinación del punto de rocío, en psicrometría para el estudio y determinación del comportamiento de mezclas de aire. Mediante el diagrama psicrométrico o tablas psicrométricas es posible a partir de dos valores de entrada para conocer el resto de las propiedades de las mezclas de aire seco y aire húmedo, utilizándose en meteorología y confort higrotérmico en arquitectura bioclimática o arquitectura sustentable, entre otros. Se mide normalmente en grados Celsius en el sistema métrico.

Temperatura del bulbo húmedo

El termómetro de bulbo húmedo es un termómetro de mercurio que tiene el bulbo envuelto en un paño de algodón empapado de agua. Al proporcionarle una corriente de aire el agua se evapora más o menos rápidamente, en dependencia de la humedad relativa del ambiente, enfriándose más cuanto menor sea ésta, debido al calor latente de evaporación del agua.

Se emplea históricamente en las estaciones meteorológicas para calcular la humedad relativa del aire y la temperatura de rocío, a través de fórmulas matemáticas o gráficos/cartas psicrométricas, utilizando como datos la temperatura del bulbo húmedo y del bulbo seco -esta última es la temperatura medida con un termómetro común en el aire-. Ambos termómetros típicamente están montados sobre un soporte, a distancias estandarizadas, formando el instrumento llamado psicrómetro. La misma información, con distinta precisión, puede obtenerse con un higrómetro. Puede también utilizarse para valorar el influjo de la humedad ambiente sobre la comodidad de los usuarios de locales -más exactamente, a través de la sensación térmica-. La corriente de aire puede darse mediante un pequeño ventilador o poniendo el termómetro en una especie de carraca para darle vueltas.

Humedad absoluta y humedad relativa

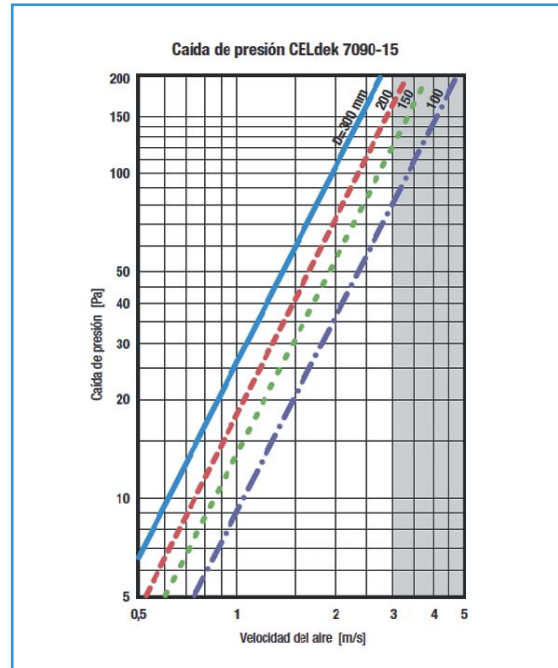
Se denomina humedad ambiental a la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Se puede expresar de forma absoluta mediante la humedad absoluta, o bien de forma relativa mediante la humedad relativa o grado de humedad. La humedad relativa es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura. Por ejemplo, una **humedad relativa del 70%** quiere decir que de la totalidad de vapor de agua -el 100%- que podría contener el aire a esta temperatura, solo tiene el 70%.

Entalpía

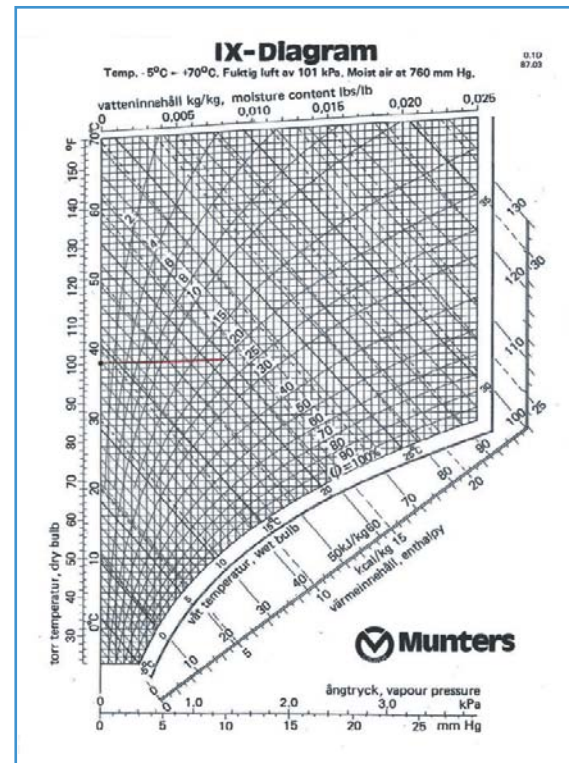
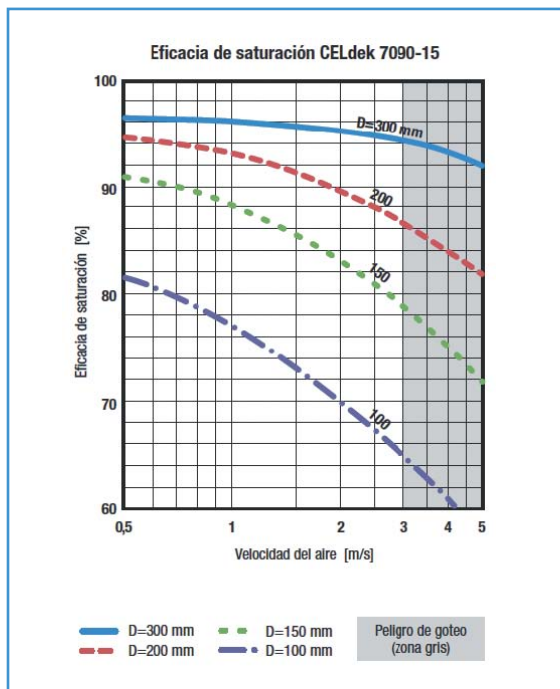
Un concepto relacionado directamente con el principio evaporativo es la entalpía, tratándose de una magnitud termodinámica simbolizada con la letra H, cuya variación expresa una medida de la cantidad de energía absorbida o cedida por un sistema termodinámico, es decir, la cantidad de energía que un sistema puede intercambiar con su entorno o alguno de sus componentes adjuntos.

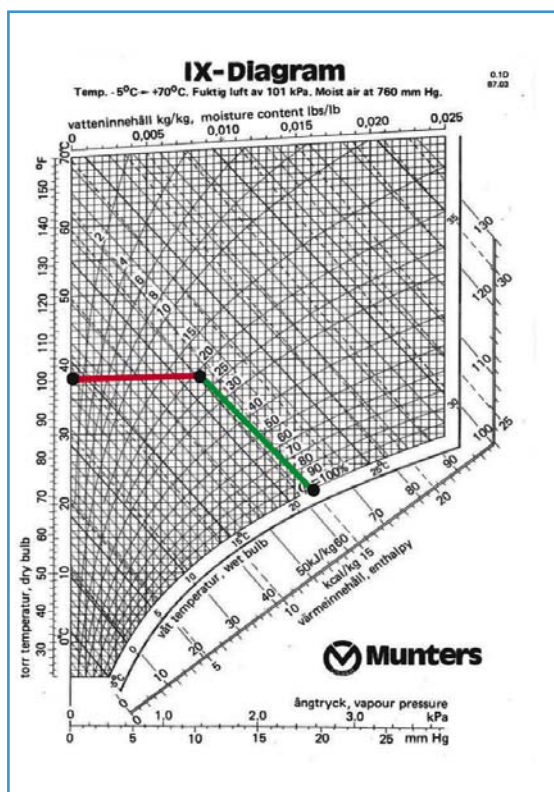
¿Cómo se calcula el rendimiento de un sistema de enfriamiento evaporativo?

Lo primero que tenemos que tener en cuenta son los valores ambientales máximos y mínimos del aire a refrigerar, la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa o absoluta. Con estos valores, más el rendimiento del



panel evaporativo marcado por el fabricante, podremos obtener unos valores bastante aproximados de rendimiento de enfriamiento en nuestra instalación. Debemos considerar que el enfriamiento evaporativo basado en paneles de evaporación de celulosa tiene un rendimiento proporcional a su espesor. Es decir, a más espesor





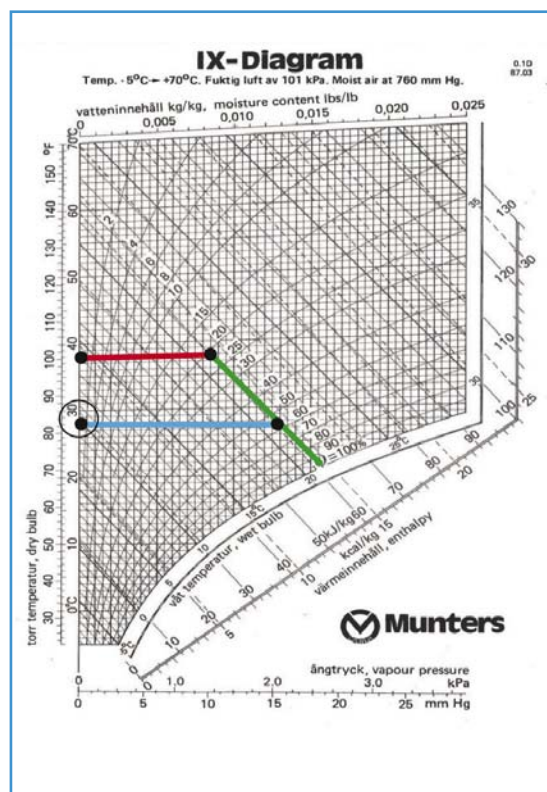
de panel, más eficacia de saturación tendremos y más rendimiento de enfriamiento.

Ejemplo de cálculo

Supongamos una zona determinada de España con una temperatura de bulbo seco media máxima en verano de 38 °C de temperatura y una media de humedad en los meses más calurosos de un 20%. Mi fabricante me indica que con un panel de espesor 100 mm el rendimiento es de un 65%. En el diagrama psicrométrico, marcamos los puntos de 38 °C de temperatura de bulbo seco y trazamos una línea -roja- como vemos en el diagrama 1, conectando hasta la línea curva de la humedad relativa correspondiente al 20% HR.

Posteriormente, señalado ese punto de intersección, trazamos otra línea paralela a la saturación -verde-, o punto de rocío. Esto muestra el aire a 38 °C y 20% HR pasando a través del panel, portándose agua a este volumen de aire, en forma de vapor de agua y saturándolo.

En este punto de intersección con la curva del aire saturado, tenemos la línea del aire saturado y la que nos va a dar los valores de temperatura y humedad del aire



que vamos a obtener justo después del panel evaporativo. Nuestro fabricante, nos ha indicado un rendimiento del 65% con un paso de aire de 1,2 – 1,3 m/s, es decir, que de la longitud total de línea verde de saturación trazamos un punto al 65% de la longitud total de la recta -verde-. Ese es el punto exacto de rendimiento y efectividad de panel. Desde el punto obtenido, trazamos una línea -azul- hasta el nuevo valor de temperatura de bulbo seco, que será la temperatura final que tendremos justo después del panel evaporativo. En el ejemplo bajaríamos la temperatura de 38°C a 26-27 °C.

Con este ejemplo hemos querido difundir los conceptos reales físicos del concepto de enfriamiento evaporativo para que cualquiera pueda ver el rendimiento que puede llegar a tener y el descenso de temperatura correspondiente a la zona donde esté situada la instalación en concreto.

En nuevos artículos hablaremos de los diferentes tipos de configuración que podemos usar y los mejores rendimientos en función al tipo de animal y tipo de producción -broilers, ponedoras, pollitas en cría-recrea, etc.- pues todas pueden llevar diferentes configuraciones de sistemas de refrigeración para conseguir los mejores factores de conversión y rendimientos. ●

