

Nuestro tradicional botijo español

Autor Jesús Soto
miércoles, 11 de febrero de 2009

Este artículo quiere poner a nuestro singular botijo en su justo lugar, alabando su simplicidad y desmitificando algunos aspectos, evitando en lo posible el uso de números y ecuaciones reduciendo así la carga técnica y las posibilidades de huida del lector.

Aunque el desarrollo pueda parecer excesivo, la comprensión de su funcionamiento puede abrir puertas a sistemas de climatización evaporativa de bajo consumo energético muy difundidos en otros países, que al igual que España, disfrutan de amplios territorios de clima seco y continental. Sin embargo, en nuestro país, cuna del botijo, este método bioclimático se restringe a usos industriales y agropecuarios.

Este artículo dinámico, con una aplicación asociada, supone la primera entrega de la nueva sección de "tecnología apropiada".

Nuestro tradicional botijo español

Para documentarme un poco mejor sobre este ingenio termodinámico, he navegado y localizado alguna información valiosa en internet, a las cuales me refiero a continuación:

-

La cerámica del agua y su relación con la aridez (termodinámica del botijo)

-

El mecanismo del botijo. Historia, fabricación, física y termodinámica de un artefacto extraordinario

-

Ecuación del botijo

-

Calculadora psicrométrica

El primer artículo es un excelente ensayo del fallecido Alberto Linés Escardó y ciertamente no tiene desperdicio, máxime considerando el año de su publicación (1983). Lamento no haber conocido al autor, con el que probablemente habría mantenido largas charlas por mi apego al tema.

El segundo, es un reportaje del portal de ecología práctica "terra.org", de la "fundación terra", muy documentado, y con su propio ensayo empírico.

El tercer punto muestra el resultado de los análisis realizados por Gabriel Pinto y José Ignacio Zubizarreta de la Escuela de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid, en forma de "ecuación del botijo". No he localizado el estudio completo, sino breves datos empíricos muy interesantes ... y sin embargo erróneos. No quiero con ello quitar mérito a sus autores, ya que el estudio denota un gran esfuerzo y orientación sostenible.

La calculadora del cuarto punto, es un aplicación online gratuita pero muy fiable de nuestra web, y que servirá para calcular la eficiencia energética del botijo, si así podemos llamarla.

... pues vamos allá:

Para aquellos ajenos al conocimiento del botijo, por ser oriundos de países donde este sensacional ingenio no se ha asentado, sólo decir que se trata de un envase o recipiente de barro cocido, poroso, con un vientre ancho para darle capacidad y uno o varios orificios de entrada llamado boca, por el que se llena y uno o varios de salida llamado pitón o pitorro (existen diferencias entre regiones) por el que se bebe. El botijo es un elemento típico de la cultura española. De hecho, difícilmente nos encontraremos una comarca que no tenga su botijo, que variará en formas, colores, cerámicas, etc. (ref. wikipedia).

Voy a proponer una ampliación a esa definición:

Recipiente

de barro cocido y poroso, que al no estar vidriado tiene la capacidad de conferir al agua que contiene una temperatura cuyo valor mínimo será el de la temperatura húmeda del aire que lo circunda, debido al efecto de la evaporación del agua en su superficie, a la que llega desde su interior por capilaridad.

En realidad, esta cualidad la aporta cualquier recipiente de barro cocido y poroso, no vidriado. No tiene que tratarse específicamente de un botijo, aunque este era habitualmente fabricado persiguiendo este fin.

Releyendo la definición, vemos que en la eficiencia o "mejor funcionamiento" influyen varios parámetros, del que uno muy importante es el "nivel de porosidad", cuyo máximo exponente se encuentra en la fina y muy evaporante arcilla blanca y en cuya elaboración se añade sal, y que por supuesto, nunca se vidria.

También se persigue la eficiencia entre volumen de agua y capacidad de refrigeración, para lo que les remito directamente al artículo de Alberto Linés, en el que alude a ecuaciones y caprichosas formas, como los botijos toroidales. El botijo tradicional suele presentar una base redonda para su apoyo y un vientre abultado que se estrecha en la parte superior donde se encuentra el asidero por el que se agarra. En mi opinión, el botijo más eficiente debería carecer de base de apoyo, continuando la línea hiperbólica de su vientre hasta su desaparición, presentando dicha base una forma cónica. Tampoco es desdeñable para este cometido la opción del botijo totalmente esférico, forma en la que se basan Gabriel Pinto y José Ignacio Zubizarreta, para lograr su célebre ecuación del botijo.

A mi entender, si se dispone de una adecuada ventilación, la forma del envase influye poco en la evaporación del agua, aunque interesa que la superficie sea lo mayor posible en relación con su volumen.

En estos casos, se puede soportar mediante una peana de hierro, o colgarlo mediante una cuerda atada en su asa superior y suspendiendo el botijo desde el soporte al que se fije y situándolo a la altura de la cabeza, tal y como proponen en el portal de ecología práctica terra.org, opción que me ha gustado mucho, por su comodidad y por mantener la base inferior como superficie útil para la evaporación, al no aislarla del aire.

Otro aspecto a considerar es el volumen de agua contenida en el recipiente, ya que debemos recordar que el enfriamiento se consigue a partir de la evaporación de parte de ese mismo volumen, proceso que se mantendrá en el tiempo hasta la total desaparición del agua interior. Es recomendable, en términos de eficiencia energética, que el nivel de agua supere la línea donde comienza dicho estrechamiento. Según vaya bajando ese nivel, la superficie de evaporación también disminuirá, al igual que la energía (entalpía) consumida por evaporación causante del enfriamiento del agua almacenada.

Pero en este artículo quiero hacer hincapié en otra variable que aparece en mi definición: la temperatura húmeda

Existe una tendencia a pensar en el botijo como un aparato refrigerador, y como tal, con una capacidad refrigeradora de X °C (grados). Por ejemplo, el artículo sobre la ecuación del botijo habla de un enfriamiento de 15°C, a partir de unas condiciones del aire concretas (39°C y 42% de humedad relativa) y una temperatura del agua (Tagua) también de 39°C, es decir, pasado un tiempo se consigue una Tagua = 24°C. Quiero hacer notar, que en caso de que inicialmente Tagua = 69°C, el enfriamiento habría sido de ¡ 45°C !, o lo que es lo mismo, la temperatura final Tagua = 24°C, la misma que antes. Luego no debemos entender este sistema desde una óptica de "capacidad de enfriamiento de la temperatura del agua", sino más bien de "temperatura mínima que puede alcanzar el agua" a partir de unas condiciones concretas del aire en el entorno.

De igual manera y aunque más preciso, el artículo correspondiente a "terra.org" habla de un gradiente térmico de 10 °C de diferencia entre la temperatura ambiental envolvente y la temperatura del agua contenida en el interior del botijo, para unas condiciones higrotérmicas

exteriores muy variables en el tiempo ... vamos a intentar precisar un poco más.

Aunque seguro que no es necesario insistir en esto, el proceso de enfriamiento se desarrolla como sigue:

-
El agua pasa por capilaridad hasta la superficie del recipiente

-
El agua en la superficie se evapora en el aire en contacto

-
Esa porción de aire pasa de unas condiciones iniciales a otras, disminuyendo su temperatura y aumentando su humedad relativa. ¡Su temperatura húmeda (la del aire) no varía!

-
Parte de la energía térmica generada en el proceso de evaporación se diluye en el resto de la masa de aire, y parte se emplea en enfriar la superficie del recipiente.

-
Por conducción, ese enfriamiento se transmite por la pared del botijo, y finalmente puede emplearse para enfriar el agua y el aire interior.

La temperatura húmeda es la más baja temperatura a la que puede llegar el aire por evaporación del agua en su seno, y en consecuencia, es la más baja temperatura a la que podremos llegar a enfriar el agua interior (y eso sería considerando un rendimiento del 100% en el enfriamiento). Es muy habitual confundir la temperatura húmeda con la temperatura de rocío, que es aquella a la que empieza a condensar (hacerse líquido) el vapor de agua, pero sus valores pueden llegar a ser muy diferentes.

Esa temperatura húmeda es un parámetro del aire húmedo (o psicrométrico) cuyo valor se puede calcular a partir de otros dos parámetros cualesquiera del aire húmedo como pueden ser la temperatura del aire y la humedad relativa (en realidad se necesita un tercer parámetro, que normalmente es la presión atmosférica).

Hoy día está muy difundido el uso de termohigrómetros. Son esos cacharritos que podemos adquirir en cualquier centro comercial y que nos da por separado el valor de la temperatura del aire y su humedad relativa. Los hay realmente asequibles (6,00 € y menos) aunque no muy fiables. Recomiendo los analógicos (los que parecen relojitos con agujas) por ser más precisos y más baratos, ya que no he tenido buenas experiencias con los digitales. Me refiero claro está, a los de uso doméstico, para los que deberemos considerar unos márgenes de error de al menos $\pm 1^{\circ}\text{C}$ y $\pm 5\%$. Hay

otra serie de lectores denominados termómetros de bulbo húmedo e incluso psicrómetros, amén de aparatos de uso profesional (analógicos y digitales) muy precisos.

Supongamos que estamos en Madrid (altitud 589 m. s/CTE) y disponemos de uno de esos aparatitos, que nos da las siguientes lecturas: $T_{\text{aire}} = 39^{\circ}\text{C}$, $\text{HR} = 42\%$. He hecho coincidir los datos con los del experimento de los desarrolladores de la ecuación del botijo esférico. Ahora es cuando toca el empleo de una herramienta psicrométrica que nos ayude a calcular la temperatura húmeda del aire en el entorno del ensayo.

Antes de abrir la calculadora, léanse los pasos a seguir:

- Elegir la opción "Científica" de la calculadora
- En el primer campo de entrada seleccionar "Altitud sobre el nivel del mar" e introducir el valor "589" m.
- En el segundo campo de entrada seleccionar "Temperatura seca" (aparece así por defecto) e introducir el valor "39" °C
- En el tercer campo de entrada seleccionar "Humedad Relativa" (aparece así por defecto) e introducir "42" %
- En cualquiera de los tres campos de salida seleccionar "Temperatura Húmeda" (aparece por defecto en el primer campo de salida)
- ... Pulsar la flechita azul

Ahora ya puedes usar la calculadora psicrométrica.

El resultado es $T_{\text{húmeda}} = 27,3^{\circ}\text{C}$, y esa es ¡la mínima temperatura que puede llegar a tener el agua interior para esas condiciones del aire! Da igual la temperatura inicial del agua, y se considera que las condiciones del aire húmedo circundante al botijo se deben mantener estables durante el experimento.

Considerando un rendimiento del 100%, y el recipiente lleno de agua:

-
¿Qué temperatura llegará a alcanzar el agua, si inicialmente es de 45°C? Pues 27,3°C

-
¿Qué temperatura llegará a alcanzar el agua, si inicialmente es de 17°C? Pues 27,3°C

-
¿Qué temperatura llegará a alcanzar el agua, al irse quedando vacío, si la temperatura del aire es de 45°C? Pues 45°C, puesto que disminuye el enfriamiento al disminuir la evaporación.

Hago una llamada de atención sobre el resultado obtenido de Tagua = 24°C, ofrecido en el citado artículo de la ecuación del botijo. Sin embargo sabemos que bajo las condiciones descritas en el mismo, ¡ jamás podremos bajar de los 27,3°C ! Es posible que hubiese variaciones en las condiciones del aire durante el ensayo ... el método empírico es lo que tiene, o que se haya dado un error en la exposición de los datos en la web. Como dije, no he sido capaz de encontrar el estudio completo. Tal vez se trate de un error tipográfico sobre el ensayo, lo que no pone en entredicho la ecuación del botijo que sigue siendo válida para la forma esférica sugerida.

Quiero hacer notar que la altitud del emplazamiento donde tenemos nuestro botijo, aunque poco, también afecta a la temperatura húmeda. Entre 0,3°C y 0,5°C en diferencias de 1000m. de altitud.

Pero lo más importante es reseñar que existe una amplia variabilidad sobre las condiciones de temperatura y humedad en función del emplazamiento geográfico y del momento del año en el que se toman dichas lecturas. Extraigo del CTE (Código Técnico de la Edificación) las condiciones medias tabuladas para las capitales de provincia del territorio español. Como digo, se trata de condiciones medias diarias, lo que no significa que a lo largo del mismo día no se den temperaturas y humedades relativas más bajas y más altas que las que refleja la tabla.

Pongamos unos ejemplos, usando la calculadora:

-
1.- Segovia (1013 m.s.n.m.) en Julio.- Taire = 21,6°C y HR = 47% ---> Thúmeda = 14,3°C

-
2.- Valencia (8 m.s.n.m.) en Julio.- Taire = 24,0°C y HR = 67% ---> Thúmeda = 19,6°C

Como se puede apreciar, tenemos para el mismo botijo una diferencia de 5,3°C en la temperatura mínima que puede alcanzar agua. Eso se debe a que el clima segoviano es mucho más seco que el de Valencia, al menos en lo que a las capitales se refiere. Algunos pensarán que esa diferencia se debe exclusivamente a la temperatura ... veamos como evoluciona el aire segoviano al alcanzar una temperatura de 24°C en Julio. Para ello vamos a considerar como una buena aproximación la variación del aire manteniendo constante el valor de la humedad específica, con lo que obtenemos una HR = 40,66%, luego:

-
3.- Segovia (1013 m.s.n.m.) en Julio.-
Taire = 24,0°C y HR = 40,66% ---> Thúmeda = 15,1°C

Vemos que aumenta un poco esa temperatura mínima que puede alcanzar el agua en el interior del botijo, pero seguimos a 4,5°C por debajo de lo conseguido en Valencia, a la misma temperatura del aire (24°C).

El lector puede trastear con la calculadora cuanto quiera, que para eso está.