

RECUPERACION DEL CALOR SENSIBLE DEL AIRE EN SECADORAS DE GRANOS

Ing. Daniel De Nardo - denardodaniel@gmail.com

En el secado de los granos, bien es sabido que ante las cosechas cada día mayores, los volúmenes a secar son cada día superiores. Las cantidades de agua que debemos extraer a los granos toman un volumen significativo. Esto conlleva un aporte cada vez más importante de calorías para poder realizar el proceso de secado los granos.

El uso de combustibles en las maquinas es el valor mayor de los gastos del secado; es por ello que la idea de cualquier ahorro del mismo adquiere una vital importancia a la hora de achicar gastos y eficientizar nuestros sistemas.

Convencionalmente las secadoras trabajan con una torre que recibe el aire caliente en sus dos terceras partes superiores y una tercera parte inferior con aire frío. Este proceso es el más común, independiente del sistema utilizado, ya sea de caballetes, columnas o mixto.

Tenemos que concientizarnos que para que se extraiga un litro de agua debemos invertir de 900 a 1200 Calorías en ello.

¿QUE RECUPERAMOS?

Todos los sistemas convencionales extraen la totalidad del aire circulante de la torre al exterior. La recuperación del calor sensible del aire en las secadoras es precisamente tomar parte del este aire, bajo determinadas condiciones propicias y recircularlo aprovechando parte del calor que este ha adquirido al atravesar la torre de secado.

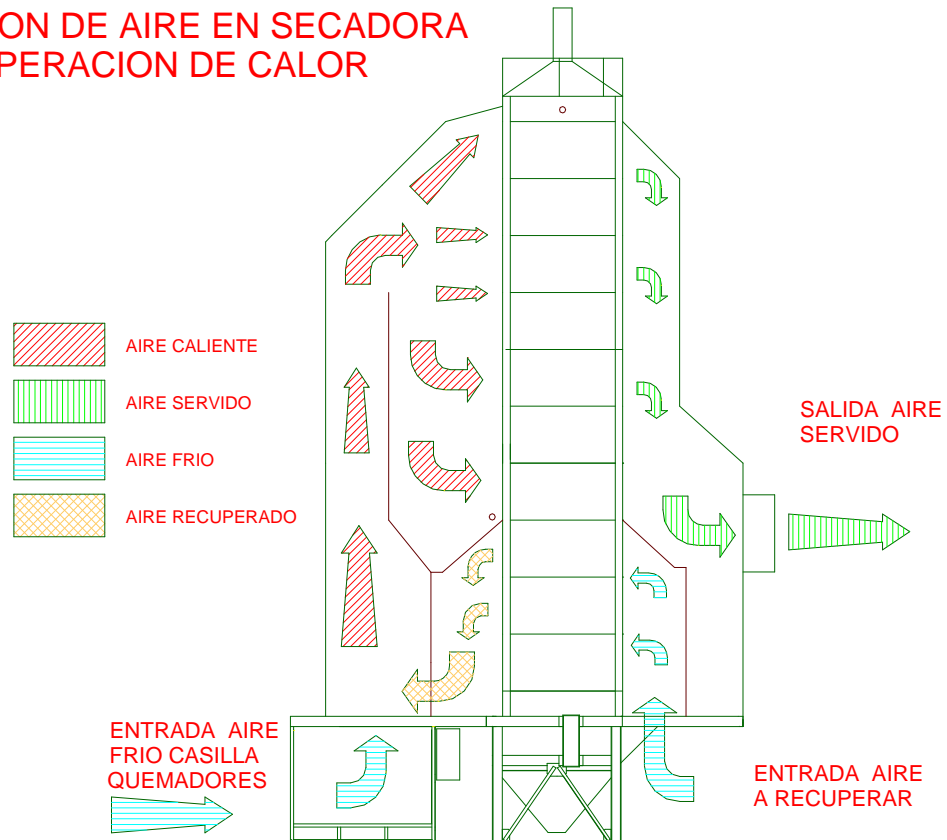
Como ya dijimos la torre se divide en zona de aire caliente y zona de aire frío.

El aire frío que es utilizado en esta ultima parte del circuito es aire ambiente que al enfriar los granos toma temperatura y se calienta por esta transferencia térmica. La recirculación de este aire es justamente el aprovechamiento de este aumento de temperatura y su bajo tenor de humedad para recircularlo como parte del aire caliente.

Es verdad que el aire ambiente al calentarse, toma parte de la humedad de los granos que se enfrían, pero este valor no alcanza valores significativos.

La recirculación del aire se puede lograr con una inversión en la circulación del aire frío, o sea que en vez de atravesar la torre normalmente del lado cámara caliente hacia la de servido, lo hará de la de servido hacia la caliente.

CIRCULACION DE AIRE EN SECADORA CON RECUPERACION DE CALOR



Es preciso considerar y una limpieza del aire recirculado para evitar el ingreso de material extraño a la cámara caliente.

Ahora bien vemos que el esquema general de aire en la secadora queda cambiado pues la circulación que originalmente era 100 % aspirada o impulsada al exterior, ahora se limita a una circulación de las dos terceras partes y esto se debe a que el aire de enfriado una vez precalentado por la masa de granos se mezcla con el de la casilla generadora de aire caliente y conforman una masa que si es extraída al exterior en la mayoría de los casos llegando a un 60 % de la masa de aire original.

CALCULO DE RECIRCULACIÓN

Para este ejemplo tomamos una secadora de caballetes de 15 paneles, trabajando con 10 paneles en caliente y 5 para enfriar.

Condiciones de temperatura ambiente de 15 °C y una humedad relativa de 70%.

Temperatura de secado de 120°C

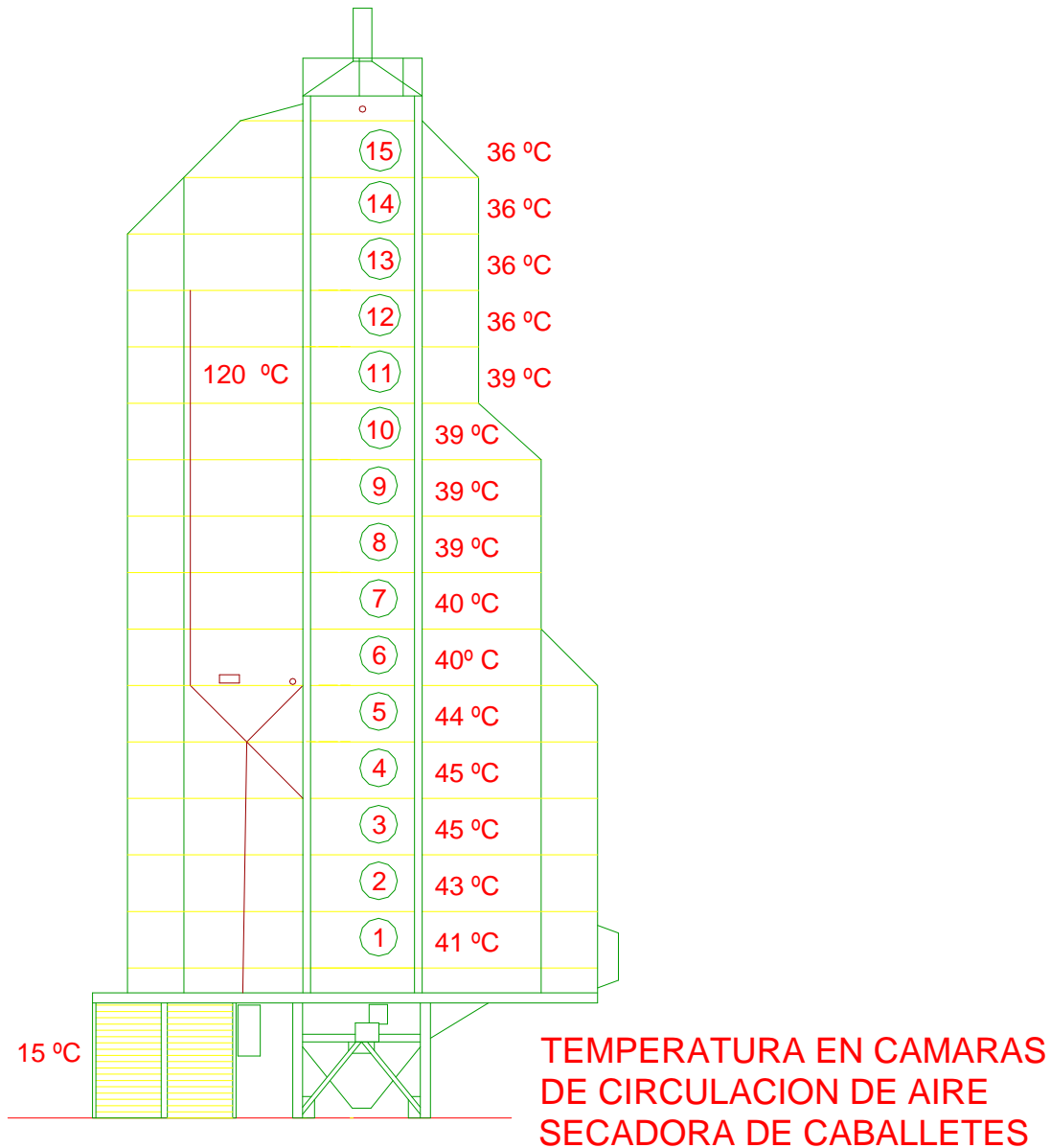
Grano: Maíz

Caudal de ventiladores (total) = 1800 m³/min.

Producción base maíz = 50000 Kg. / hora

Humedad de entrada 17% y Humedad de salida 14 %

Relevamientos de secado en estas maquinas nos arrojan los siguientes datos que reflejamos en el grafico.



Aquí vemos como se distribuye la temperatura de salida del aire de los paneles y vemos que de los tres puntos de humedad extraídos a los granos, medio punto (0,5) corresponde a la zona de enfriamiento.

Tendremos entonces:

Cantidad de aire por panel = $1800 \text{ m}^3 / \text{min.} / 15 \text{ paneles} = 120 \text{ m}^3 / \text{min. por panel}$

Cantidad de aire caliente = 10 paneles x 120 m³/min. = 1200 m³/min.

Cantidad de aire servido = 5 paneles x 120 m³/min. = 600 m³/min.

El aire ambiente transporta 7,5 gr/Kg de aire seco (diagrama psicrometrico)

Ahora bien nuestro aire a recircular será el de los cinco paneles de enfriamiento por lo tanto tenemos llevando los datos de volúmenes a peso

Caudal de enfriamiento = 600 m³/min. x 1,1212 Kg/m³ = 672,72 Kg/min de aire

La cantidad agua que el aire transporta será la suma de la que traía originalmente mas la que adquiere del grano en su paso por los 5 paneles,

$X_{total} = X_f + X_{fg}$ y si tenemos que

$X_f = \text{agua que estaba en el aire} = 672,72 \text{ Kg/min} \times 0,0075 \text{ Kg agua/Kg aire seco} =$

$X_f = 5,04 \text{ Kg agua /min.}$

Agua extraída en zona de enfriamiento = $[(14,5 - 14)/(100 - 14,5)] \times 50000 \text{ Kg} =$

Agua extraída = 292,4 Kg. agua /hora o por minuto $X_{fg} = 4,87 \text{ Kg / min}$

$X_{total} = 5,04 \text{ Kg agua / min.} + 4,87 \text{ Kg. agua / min.} = 9,91 \text{ Kg. agua / min.}$

$X = 9,91 \text{ Kg. agua / min.} / 672,72 \text{ Kg. de aire seco / min.}$

Tendremos entonces una cantidad de agua por Kg. de aire a recircular de

$X = 0,001473 \text{ Kg. agua / Kg. aire seco}$

Con una temperatura de aire en la salida de 43,5°C

En tabla psicrometrica ubicamos las condiciones y características del aire que aprovecharemos para recuperar.

Básicamente tenemos una energía aportada en el proceso original que es

Energía invertida en el proceso

$E = \text{Peso aire} \times \text{dif.e} \times [\text{Kg/min} \times \text{Cal/Kg aire seco}]$

Donde dif.e es la diferencia entalpica de aire entrada y aire salida

$\text{Dif.e} = 39 \text{ Cal / Kg. aire seco} - 12 \text{ Cal / Kg. aire seco} = 27 \text{ Cal / Kg. aire seco}$

$E = 1200 \text{ m}^3/\text{min} \times 1,212 \text{ Kg / m}^3 \times (39 - 12) \text{ Cal / Kg aire} \times 60 = 2178900 \text{ Cal /hora}$

$E = 2178900 \text{ Cal /hora}$

Cantidad de agua total extraída

$50000 \text{ Kg.} \times (17 - 14) / (100 - 17) = 1807,2 \text{ Kg. agua / hora}$

$\text{Rendimiento térmico} = 1205 \text{ Cal / Kg. de agua extraída}$

Veamos cuanta energía podemos recuperar

$E_r = Q \times c \times \text{dif.Temp.} \times 60 [\text{m}^3/\text{min.} \times \text{Cal / m}^3\text{°C} \times \text{°C} \times \text{hora/min}]$

Donde c = calor especifico del aire = 0,31 Cal / m³ °C

$E_r = 600 \times 0,31 \times (43,5 - 15) \times 60 = 318060 \text{ Cal / hora}$

También podemos verificar este ultimo resultado comparando

Lo que tenderíamos que aportar a los 600 m³ si los calentáramos con los 600 m³ ya precalentados.

$E_{r1} = 600 \text{ m}^3/\text{min.} \times 1,212 \text{ Kg/m}^3 \times (39 - 12) \text{ Cal / Kg. aire} \times 60 = 1178064 \text{ Cal/ hora}$

$E_{r2} = 600 \text{ m}^3/\text{min.} \times 1,105 \text{ Kg/m}^3 \times (43 - 21,5) \text{ Cal / Kg. aire} \times 60 = 855270 \text{ Cal/hora}$

Diferencia resultante = 322794 Cal / hora de recuperación

El ahorro térmico se establece en el cociente de la energía ahorrada sobre la invertida, tenemos entonces

AHORRO ENERGÉTICO = 318060 Cal hora / 2178900 Cal hora = 14,59%

Ejemplo practico de ahorro

Si consideramos un gasto de promedio de 1,7 a 2 litros de gas por tonelada por punto a un costo de 0,97 el litro, por cada tonelada con tres puntos de secada tenemos un ahorro de:

AHORRO= 1,7 litro gas x 0,97\$ litro x 3 ptos x 0,1459 (recuperado) = \$0,7217 x ton

AHORRO (en 10000 toneladas) = \$ 7217 cada tres puntos de bajada

CONCLUSIÓN:

La recuperación del calor sensible del aire caliente proveniente del sector utilizado para enfriar los granos es conveniente realizarla por el ahorro que representa en los costos.

Entre los recaudos que se deben observar para la implementación del sistema esta el filtrado del aire re inyectado, para evitar el ingreso a la cámara de aire caliente de material suelto, como cáscaras o borba de maíz, debido al riesgo que esto implica .

Mejorar el rendimiento de los ventiladores con encausadores que aumenten su prestación, ya que aunque deben entregar un 60 % del caudal original lo harán con una presión de columna de agua superior.