



CONSERVACIÓN DE GRANOS



AIREACIÓN

La aireación es el movimiento forzado de aire natural (sin calentar) través de la masa de granos, con el objetivo específico de disminuir y uniformar la temperatura, propiciando condiciones favorables para la conservación de la calidad del producto durante un período de tiempo prolongado (José Antonio Marques Pereira – FAO, 1993).

No hace mucho tiempo atrás, se realizaba el “trasile”, que consiste en trasladar la masa de granos desde un depósito a otro y, de esta manera, hacer que los granos pasen a través del aire. En la actualidad la aireación, que mueve el aire a través de la masa de granos, se ha tornado una práctica común en todo el mundo, y se acepta como una técnica de conservación de la calidad de los granos almacenados prácticamente para todo tipo de instalación, con excepción de los “silos bolsa”, cuyo principio de conservación es completamente diferente a las estructuras convencionales.

OBJETIVOS DE LA AIREACIÓN

Como ya mencionamos, el objetivo principal de la aireación es disminuir y uniformar la temperatura de los granos pero también existen otras razones por las cuales puede ser necesaria la aireación:

- Reducir el contenido de humedad de los granos (sólo unos puntos).
- Controlar olores desagradables.
- Controlar insectos y hongos (a través de la humedad y la temperatura).
- Facilitar la aplicación de pesticidas, principalmente los fumigantes.

Para reducir la temperatura del granel utilizamos aire más frío que el intergranario, lo que permite limitar el ritmo respiratorio de los granos, insectos y microorganismos para, de esta forma, disminuir las pérdidas de peso de nuestra mercadería. En algunos casos, la presencia de focos de



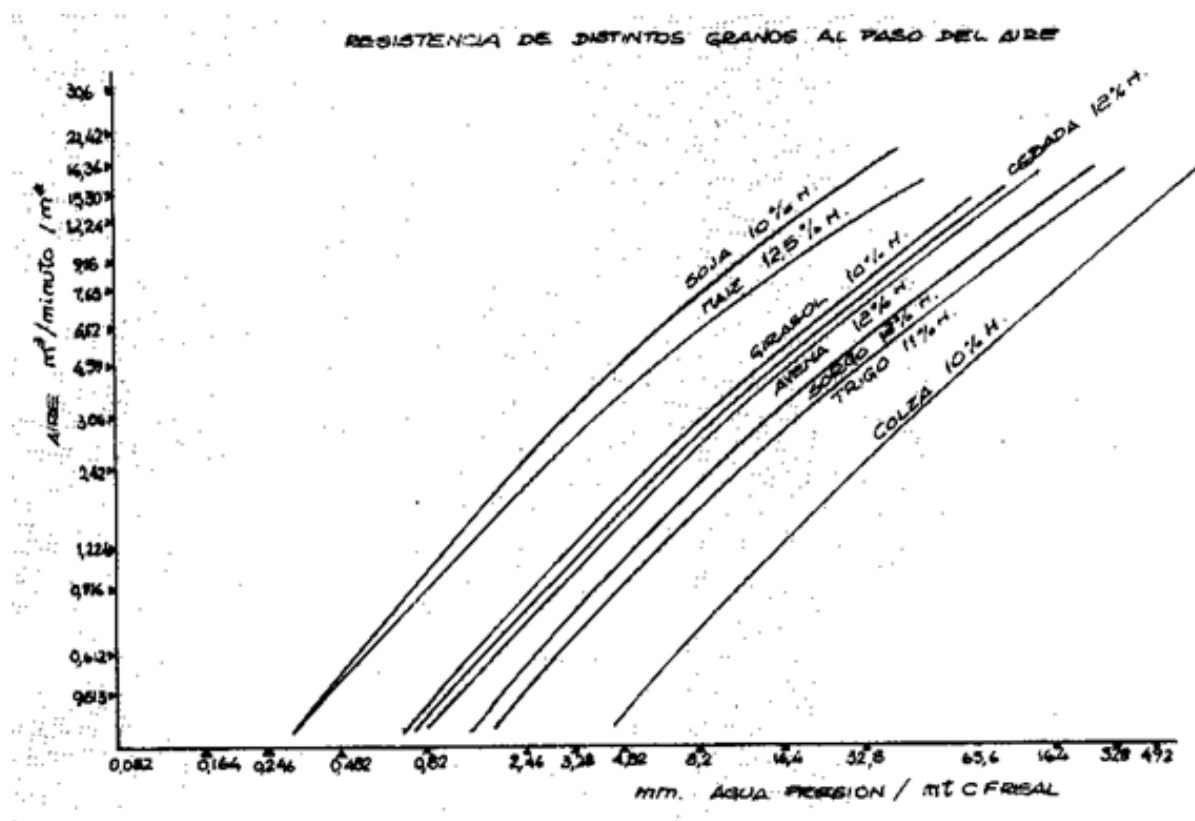
calentamiento o las diferencias de temperatura originadas por el enfriamiento o el sobrecalentamiento de la chapa de los silos; hacen necesario el pasaje de un bajo caudal de aire con la función de homogenizar la temperatura del granel.

Antes de describir la composición y funcionamiento de los sistemas de aireación haremos algunas consideraciones para poder entender su funcionamiento:

RESISTENCIA DE LOS GRANOS AL PASAJE DEL AIRE

Los granos, como cualquier otra materia, ofrecen cierta obstrucción al paso del aire, la cual está en función del tamaño de los granos, su forma, compactación del granel y de la presencia de polvillo y cuerpos extraños. Todos estos factores afectan al espacio intergranario. Así, cuanto más pequeños sean los granos y mayor sea la presencia de polvillo y cuerpos extraños, mayor será la resistencia al paso del aire, y por lo tanto, mayor deberá ser la potencia del aireador para lograr el objetivo perseguido.

La presión estática, que es la forma de medir la resistencia al paso del aire que producen los distintos granos, también está muy afectada por la altura o espesor que tiene el granel y se refiere a la pérdida de presión del aire impulsado por el ventilador por cada metro de espesor de grano (mm de columna de agua/m de grano).



DISTRIBUCIÓN DEL AIRE:

Una vez que el aire deja el o los conductos, se dispara radialmente y luego se dispersa en forma perpendicular a la superficie del granel, perdiendo velocidad y presión a medida que avanza.

ELEMENTOS QUE CONFORMAN UN EQUIPO DE AIREACIÓN:

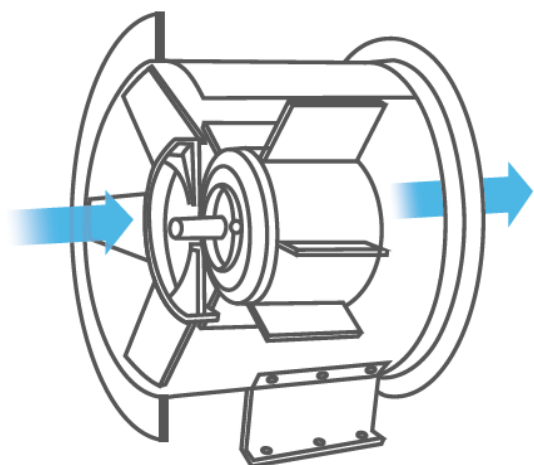
1- VENTILADOR:

La elección del mismo depende del volumen de aire requerido y, de la presión estática, que produce el grano almacenado (por los distintos espacios intergranarios y calidad), así mismo influye también en la elección, el volumen y la altura del silo. Para aquellas plantas de almacenamiento que trabajarán con diferentes granos y de calidad variable, se debe elegir el ventilador según los máximos requerimientos posibles.

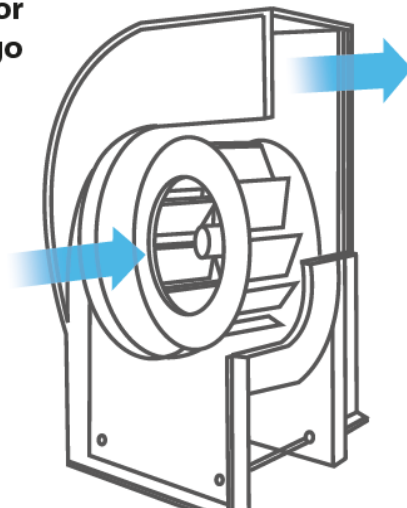
A- Axial o de paletas: En éstos ventiladores el aire ingresa por uno de los extremos del tubo y atraviesa el ventilador en dirección axial, para salir por el otro extremo.

B- Radial o centrífugos: En éstos ventiladores el aire ingresa por uno de los laterales del ventilador; el rotor del ventilador comprime el aire enviándolo hacia la carcasa mediante un movimiento centrífugo y el aire sale del ventilador tangencialmente y a 90° de su dirección de ingreso.

Ventilador axial



Ventilador centrífugo



DIFERENCIAS ENTRE AMBOS:

Característica	Axiales	Centrífugos
Más eficientes (mayor caudal por unidad de potencia)	En sistemas de baja Presión Estática (hasta 4" o 1000 Pa), como silos y celdas de baja altura. Presión Estática máxima: 5" o 1250 Pa	En sistemas de alta Presión Estática (mayor a 4" o 1000 Pa), como silos y celdas de gran altura. -Modelos de Baja velocidad: para sistemas con Presión Estática hasta 1500 Pa (6") -Modelos de Alta velocidad: para sistemas con Presión Estática hasta 3000 Pa (12")
Costo	Menor costo inicial	Mayor costo inicial
Ruido	Más ruidosos	Menos ruidosos, convenientes en caso de instalarlos cerca de oficinas o viviendas

PARA UNA CORRECTA ELECCIÓN DEL VENTILADOR DEBEMOS CONSIDERAR LOS SIGUIENTES PUNTOS:

- Caudal de aire necesario (m^3/min), que está en estrecha relación con el objetivo de la aireación, así por ejemplo, para aireación de mantenimiento (que incluye uniformidad de temperatura, remoción de olores y fumigación) son necesarios caudales entre 0,05 a 0,35 m^3 de aire/minuto x Tn de grano. Mientras que para secado-aireación los caudales requeridos se elevan a 0,5 a 2,0 m^3/min x Tn.

Caudales de aire ($\text{m}^3/\text{min. ton}$) de acuerdo con el propósito de la aplicación.

PRPÓSITO	ENFRIAMIENTO	MANTENIMIENTO TEMPORAL DE GRANOS HÚMEDOS	AMPLIACIÓN DE FUMIGANTES	SECA AIREACIÓN
Caudal de aire.	0,05 - 0,20	0,25 - 0,50	0,025	0,5 - 1,0

- Presión estática a vencer (mm de columna de agua): los factores que influyen sobre ésta ya fueron tratados con anterioridad.

2- CONDUCTOS DE CONEXIÓN:

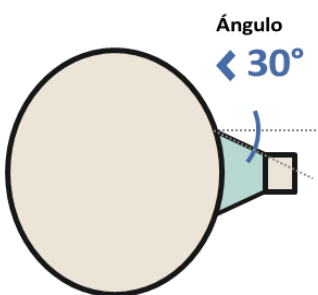
Son aquellos que llevan el aire desde el ventilador hasta los conductos perforados, donde sale hacia el granel. El diseño de los conductos de conexión debe ser desarrollado adecuadamente para evitar pérdidas de carga o flujo de aire a causa del roce hay que evitar, en lo posible, la presencia de recodos y sinuosidades de cualquier tipo tales como estrangulamientos, abolladuras, ensanchamientos, etc.

Los conductos pueden ser rectos o curvos:

Para el caso de conductos rectos a abertura de entrada de la transición debe coincidir en forma y tamaño con la salida del ventilador (generalmente, circular para ventiladores axiales y rectangular para los centrífugos). La forma de la transición debería cambiar gradualmente desde la abertura de entrada hasta la de salida pues las expansiones o constricciones bruscas del área generan turbulencias y fricción (los ángulos de diseño deben ser menores a 30°).

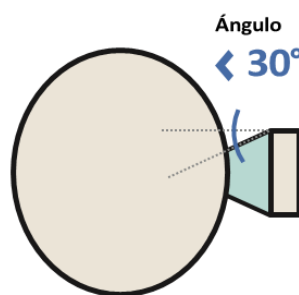
Ángulos de diseño de conductos de conexión

EXPANSIONES



VISTAS EN PLANTA

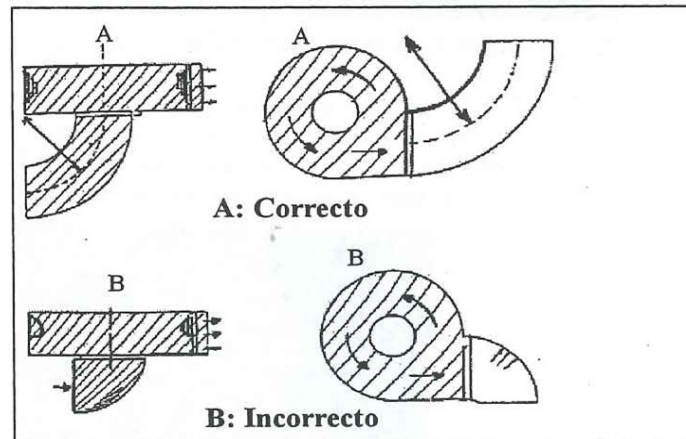
CONSTRICCIONES



Transición

Para evitar turbulencias y fricción, la transición que conecta la salida del ventilador y la boca de entrada del silo debe cambiar de forma gradual.





3- CONDUCTOS DE AIREACIÓN PERFORADOS:

Son aquellos que hacen circular el aire por toda la masa de granos.

Los más comunes son contruidos en chapa lisa con costillas, o bien chapas corrugadas con perforaciones uniformemente espaciadas, pudiendo ser estas perforaciones, circulares o cuadradas.

Para que el aire sea homogéneamente distribuido por todo el granel, deben cumplir con algunos requisitos básicos:

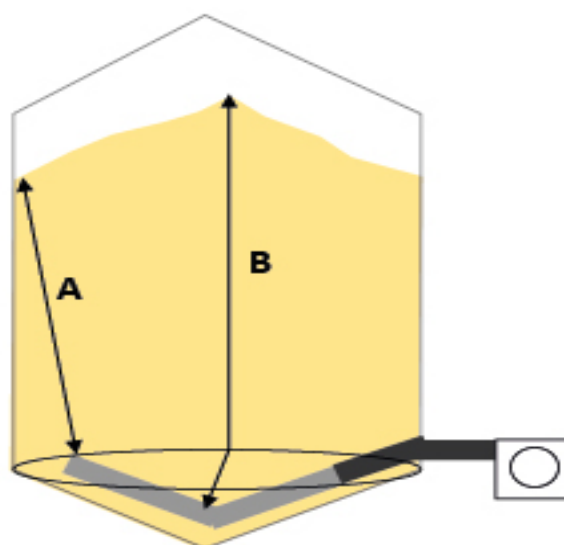
- Las perforaciones no deben ser mayores de 2 mm de diámetro, con bordes irregulares y relieve hacia fuera, para evitar obstrucciones.
- La sumatoria de la superficie perforada, debe ser como mínimo el 10 % de la superficie total del conducto.
- Deben poseer el mismo diámetro que los tubos de conducción y el tubo de salida del ventilador.
- Número de codos mínimo.
- La forma de los caños puede ser: recta, quebrada, seguir el nivel del piso, bifurcados en forma de V o Y o bien formando corona. También existen silos planos con un doble piso totalmente perforado, pero no son muy utilizados en el país por ser de elevado costo.

El diseño de los conductos de aireación debe considerar las propiedades del aire para que su funcionamiento sea el adecuado. El aire es un fluido, por lo que al moverse, busca aquellos caminos que ejerzan menor resistencia a su paso y, como ya lo mencionamos, una variable que modifica



dicha resistencia es la altura del granel. Es por esta razón que el aire se moverá con mayor facilidad por el camino más corto entre la salida del conducto perforado y la parte superior del granel. Para que la distribución del aire sea homogénea, y este no se canalice, la relación entre el camino más largo y el más corto que debe recorrer el aire no debe ser superior a 1,3 veces (ver la siguiente figura). Si la relación es mayor, el aire seguirá sólo por el camino más corto y quedarán sectores del silo sin ser aireados.

Tipo:	En "V"	En "Y"	Corona



A = camino más corto

B = camino más largo

**B/A debe ser
Igual o menor a 1,3**

Aireación de galpones y silos horizontales:

En galpones y silos horizontales (celdas), la constitución de los equipos y los principios básicos de funcionamiento se mantienen; aunque el diseño se complica debido a las mayores dimensiones de éstos con respecto a los silos verticales.

Los conductos se pueden instalar longitudinal o transversalmente, aunque es más recomendable la disposición transversal porque distribuye mejor el aire; principalmente en los caso en que la parte superior del granel forma un “copete”.

El diseño de los sistemas de aireación debe estar a cargo de un profesional especialista en la materia (ingeniero civil especializado), quien debe procurar que la resistencia al pasaje del aire sea igual en todos los puntos, pese a las diferencias de altura.

En encargado de la planta también es responsable por el correcto funcionamiento del sistema, ya que éste será más efectivo cuando se coloque mercadería limpia y sana y cuando se reduzca al mínimo la segregación de los granos, mediante el uso de desparramadores u otras técnicas disponibles.



4- SISTEMA DE PASAJE Y COMPLEMENTARIOS:

Nos referimos a los comúnmente llamados sombreros o extractores. Independientemente del sentido del aire, el deposito debe disponer de ellos, de manera de facilitar el pasaje del aire, ya sea su entrada o su salida.

En función del caudal usado y de las características constructivas del deposito, se debe definir el tamaño y número de sombreros a colocar.



Bocas extractoras de aire.

MANEJO DE LA AIREACIÓN:

Antes de comenzar el proceso de aireación, la persona a cargo debe tener muy claras las respuestas a las siguientes preguntas:

¿Cuándo?

Esta pregunta hace especial referencia a las condiciones ambientales en las cuales es beneficiosa o no la aireación de los granos. Ahora, analizaremos una guía útil para poder tomar esta decisión; estamos hablando del Gráfico de Bebestyan:

Los datos que necesitamos para la utilización de este gráfico son:

- Temperatura del grano dentro del silo, para lo cual es necesario un sistema de medición con termocuplas (fijo o portátil).
- Temperatura del aire exterior, la que podemos conocer mediante el uso de un termómetro común.
- Humedad del grano dentro del silo
- Humedad relativa del aire del ambiente exterior, para lo que necesitamos un higrómetro o un psicrómetro.

Si no contamos con los datos de temperatura y humedad relativa del aire, podemos solicitar los datos en una estación meteorológica cercana (generalmente hay una en cada estación de trenes, colegios aerotécnicos, municipalidad, etc.). Nunca utilizar los datos del Servicio Meteorológico Nacional debido a que proporcionan información de zonas lejanas y son datos globales.

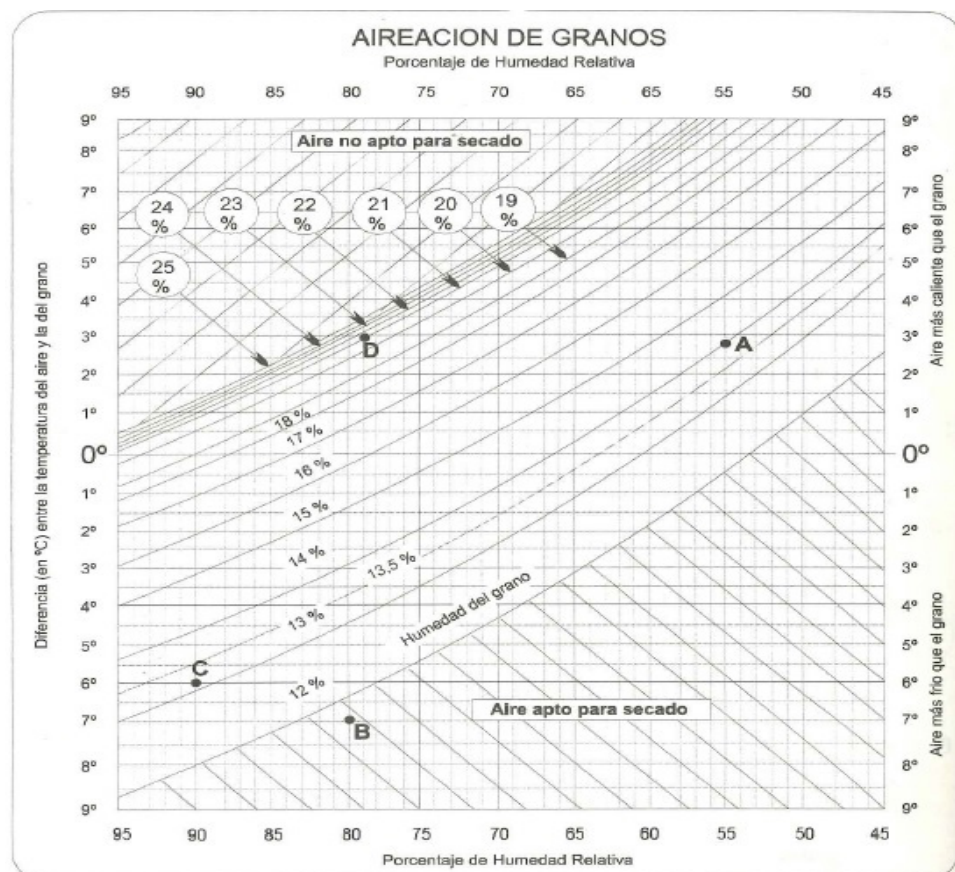
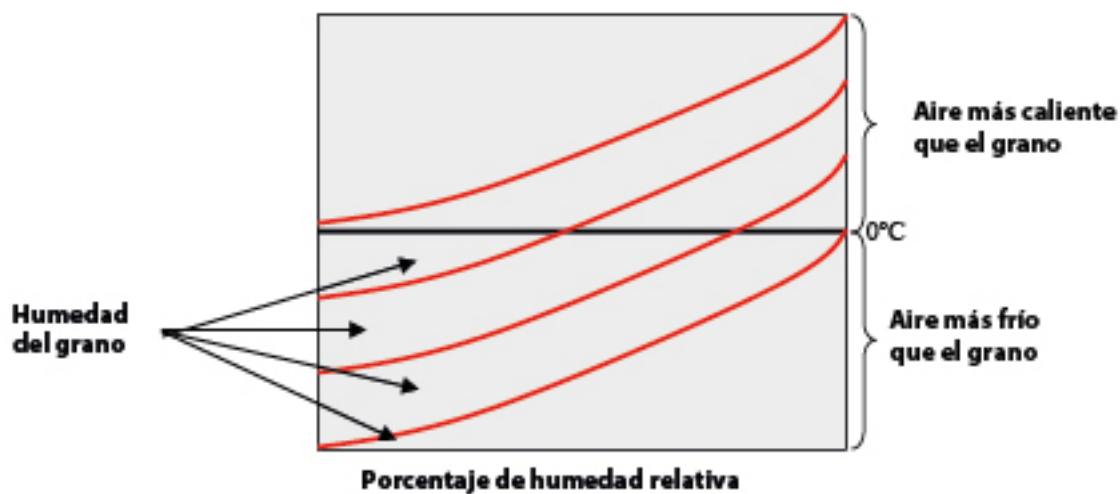
También existen pequeñas estaciones meteorológicas electrónicas de costo no muy elevado, que además, con la ayuda de un programa para PC puede conectarse al equipo de aireación y de esta forma automatizar el sistema.



El gráfico está dividido por una línea central a la que le corresponde el 0°C; este valor no representa la temperatura ambiente, sino la diferencia entre la temperatura del aire con la del granel. Por encima del 0°C se encuentran las diferencias cuando el aire es más caliente que el grano. En la mitad inferior se encuentran las mismas diferencias pero cuando el aire es más frío que el grano. Si observamos el gráfico en detalle, vemos que también existen unas curvas que lo cruzan en diagonal, ascendiendo de izquierda a derecha, éstas curvas corresponden a los valores de humedad del grano.

Estructura del gráfico de Bebestyan:

Estructura del gráfico de Bebestyan:



Para poder comprender su utilización, lo analizaremos con algunos ejemplos:

Ejemplo 1:

- **Temperatura del grano: 15,5°C.**
- **Temperatura del aire: 18,2°C.**
- **Humedad del grano: 15%.**
- **Humedad relativa del aire: 55%.**

La diferencia de temperatura entre el aire y grano es de 2,7°C, más caliente el aire que el grano, por lo que debemos utilizar la parte superior del gráfico. En la intersección de los valores de diferencia de temperatura y la humedad relativa ambiente, situamos al punto A, el que queda sobre la curva de humedad del grano del 14%. Este valor indica la humedad que contendrá el grano luego de una aireación prolongada con las características citadas en el ejemplo.

Es decir que, en este caso, la aireación va a disminuir la humedad del grano (de 15% a 14%) pero no va a enfriarlo ya que el aire es más caliente que los granos; por lo que el responsable deberá evaluar si es importante o no el incremento de la temperatura.

Ejemplo 2:

- **Temperatura del grano: 25°C.**
- **Temperatura del aire: 18°C.**
- **Humedad del grano: 14%.**
- **Humedad relativa (HR): 80%.**

En este caso la temperatura del aire es 7°C menor que la de los granos por lo que corresponde observar la mitad inferior del gráfico.

Primeramente buscamos el punto donde se cruzan las líneas de T° y HR al que llamaremos "B"; vemos que éste punto está dentro de una zona llamada de "aire apto para secado" y que dicha área está limitada por la curva de humedad del grano que corresponde al valor de 12%. Esto quiere decir que si se aplica aireación en forma continua, se puede llegar a secar un grano a algo menos de 12% de humedad y, lo es que igualmente importante, se va a enfriar el granel. En este caso se debe tener mucho cuidado con no sobresecar el grano.

Ejemplo 3:

- **Temperatura del grano: 23°C.**
- **Temperatura del aire: 17°C.**
- **Humedad del grano: 13,5%.**
- **Humedad relativa: 90%.**



Repetimos los pasos de los ejemplos anteriores: la diferencia entre temperaturas es de 6°C (más frío el aire que el grano). Buscamos el punto "C" en la intersección del valor de diferencia de T° con la HR. Como el punto C está ubicado cerca de la curva de 13,5% de humedad, el contenido de humedad del grano variará muy poco. El efecto que se logrará en este caso es el enfriamiento de los granos.

Este ejemplo demuestra que es posible airear con HR elevada, siempre que el aire posea una temperatura por lo menos 6°C más frío que la temperatura del granel.

¿Para qué?

Es decir, cuál es el objetivo para el cual se desea airear ya que el manejo y las circunstancias a aplicar no son las mismas para todos los casos:

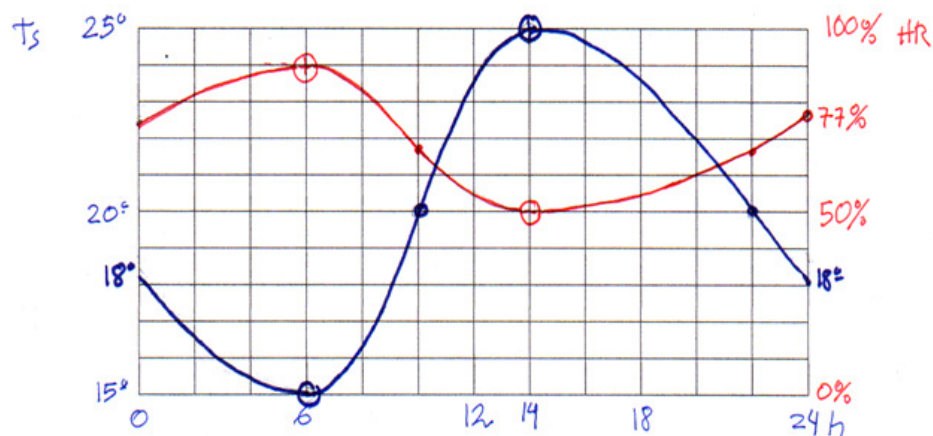
Enfriamiento de la masa de granos:

El enfriamiento del granel se produce por capas y, es por esto que hay que utilizar aire más frío que el grano, por lo que resulta fundamental conocer la temperatura del granel y, la del aire con el cual se trabaja. Si las condiciones del aire son las indicadas, este enfría una primera capa, cuando la ha atravesado, el aire se ha calentado, pues ha tomado la temperatura del grano y, no cumple ya su cometido de enfriar, pero mientras tanto sigue entrando aire que enfría otra capa y, así sucesivamente.

El enfriamiento traerá beneficios para la conservación del grano almacenado. Al disminuir la temperatura de los granos, disminuye la disponibilidad de agua para actividades biológicas tanto de los granos como de la microflora presente.

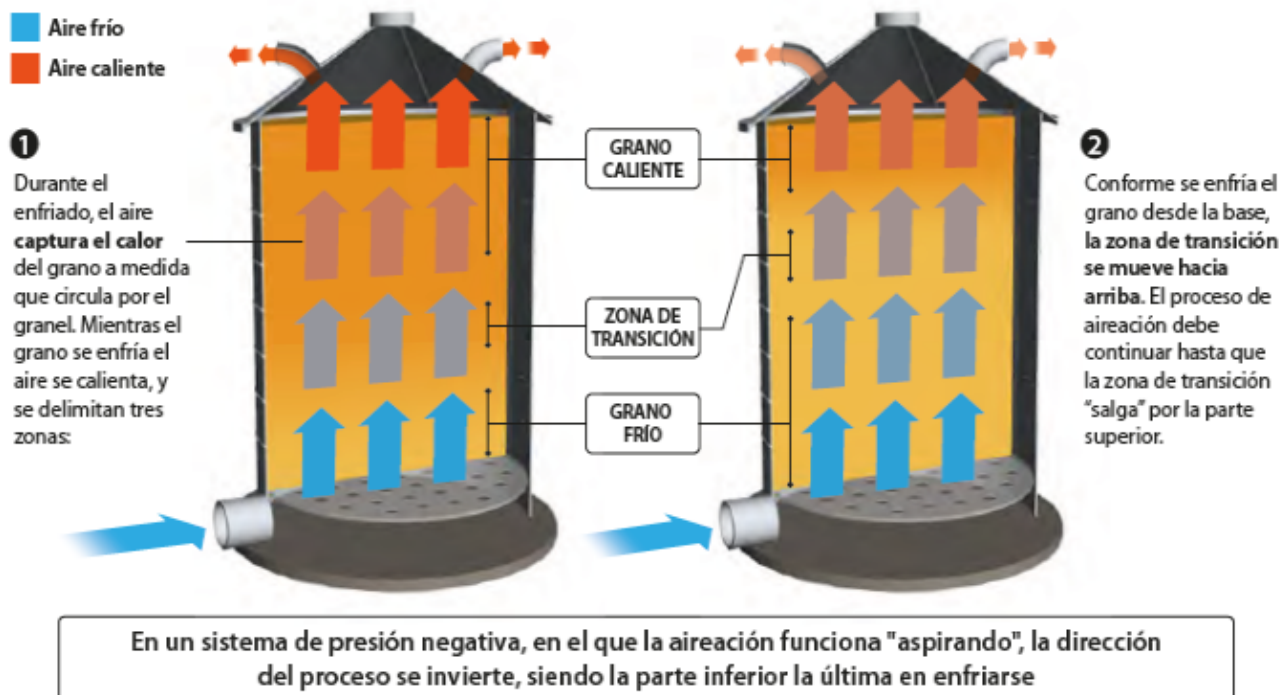
Con las bajas temperaturas se puede, por lo tanto, inhibir la actividad biológica o, si eso no es posible, se puede limitar la velocidad de los procesos de deterioro. El establecimiento de un programa mensual de aireación preventiva, para mantener la masa de granos a una temperatura baja, hará que los daños del grano sean mínimos.

Para cumplir con este objetivo requerimos de aire con bajas temperaturas, lo que es más común durante la noche, aunque más húmedo (ver figura siguiente); por lo que el operador deberá evaluar en forma periódica las condiciones del aire y del granel para decidir el momento oportuno de aireación sin provocar humedecimientos, sobresecado, o calentamiento de los granos.



Zonas de temperatura en el granel

Durante el proceso de aireación, el grano se enfría por capas, desde donde ingresa el aire hacia el extremo opuesto.



Es muy importante tener en cuenta que NUNCA se debe abandonar la aireación hasta enfriar toda la masa de granos, de lo contrario, crearemos sectores con diferentes temperaturas que favorecerán la migración de humedad. Tenemos que aclarar que SÍ es posible trabajar por etapas, con el objetivo de aguardar mejores condiciones atmosféricas.

Sabremos el momento de finalización del proceso cuando la temperatura de la parte del granel mas alejada de la entrada de aire sea, a lo sumo, 2°C mayor a la temperatura del aire de entrada.

Eliminación de "focos de calentamiento" de la masa:

El calentamiento de los granos en una determinada parte del silo puede deberse al ataque de insectos o al crecimiento de hongos debido a que el secado fue insuficiente. Como ya fue mencionado en temas anteriores, la masa de granos tiene un bajo coeficiente de conducción de calor por lo que las pequeñas cantidades de calor, que se generan por el desarrollo de insectos o el crecimiento de hongos en los granos, no se disipan rápidamente y permanecen en la masa como "foco de calentamiento".

La aireación, aplicada de manera preventiva dentro de un programa establecido para cierto número de horas mensuales, evitará problemas de ese tipo. Muchas veces esa foco de calor no es detectado al inicio por la termometría, porque puede estar en el punto central del espacio que queda entre los cables de termometría, por lo que si hemos detectado el aumento de la temperatura en forma tardía, posiblemente la aireación por sí sola no será suficiente para solucionar el problema y tendremos que recurrir a otra técnica complementaria, como por ejemplo una fumigación para eliminar las plagas.

Control de olores:

Para el control de olores, las características del aire no son esenciales, pero debemos tener mucho cuidado de no alterar las condiciones de humedad y temperatura dentro del silo, es decir no humedecer o sobresecar los granos ni calentarlos.

¿Cómo?

Una vez instalados los equipos de aireación, y teniendo claros los objetivos y momento oportunos, podemos elegir entre dos variantes para hacer circular el aire a través de los granos. Nos referimos al sentido del flujo de aire, el cual es consecuencia de utilizar un ventilador ubicado a nivel de piso, que trabaja impulsando el aire dentro del silo, o bien extrayéndolo del mismo, el sentido del flujo de aire puede ser ascendente o descendente, cada uno con sus correspondientes ventajas y desventajas.

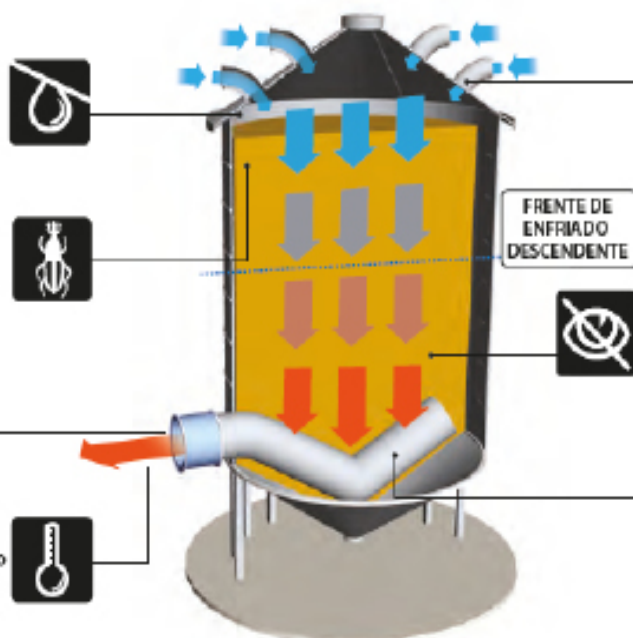
FLUJO DESCENDENTE O PRESIÓN NEGATIVA (ASPIRANDO):

En éste sistemas el aire entra por las aberturas del techo, atraviesa el granel de forma descendente y sale por el ventilador hacia el exterior del silo. Se debe monitorear especialmente la zona del centro más cercana a la base del silo, que es la última zona en enfriarse y por lo tanto la más propensa al deterioro.

Sistema de presión negativa

PRINCIPALES VENTAJAS

- Menos problemas de condensación en el techo.
- Mayor prevención del ataque de insectos al enfriar primero la capa superficial, más susceptible a la infestación.
- No se calienta el aire por la compresión del ventilador.
- Monitoreo sencillo del avance del frente de enfriado midiendo temperatura del aire de salida.



■ Aire frío ■ Aire caliente

PRINCIPALES DESVENTAJAS

- Aberturas en el techo. Más entradas de aire y de mayor diámetro.
- Si es necesario agregar grano caliente al silo el calor es impulsado hacia el grano ya enfriado, recalentándolo.
- Difícil monitoreo y manejo de problemas de descomposición porque suelen ocurrir cerca de la base del silo que es la última parte del granel en enfriarse.
- Más obstrucciones en pisos perforados y ductos al succionar el material fino.
- Distribución de aire menos homogénea, sobre todo en silos y celdas de poca altura.

Las ventajas de estos sistemas son:

- Presentan menores problemas de condensación en el techo del recinto.
- Es sencillo monitorear el avance del frente de enfriado, midiendo la temperatura del aire que sale del ventilador en la base del silo.

- Puede ser más efectivo en la prevención de los insectos, ya que la capa más susceptible a la infestación (la superficie) es la primera en enfriarse.
- No se calienta el aire por la compresión del ventilador.

Las desventajas, por el contrario, son:

- Los problemas de descomposición del grano son más difíciles de manejar dado que suelen ocurrir cerca de la base del silo, que es la última capa en enfriarse. A esto se suma una mayor dificultad para monitorear la condición del grano en dicha zona.
- Requieren mayores superficies abiertas en el techo y mayores diámetros de conductos respecto de sistemas de presión positiva para limitar pérdidas de presión excesivas.
- Presentan mayor riesgo de daño en el techo debido al vacío cuando las entradas de aire están obstruidas o congeladas.
- No es recomendable agregar grano caliente en la superficie, ya que el calor es impulsado hacia abajo a través del grano que ya está frío.

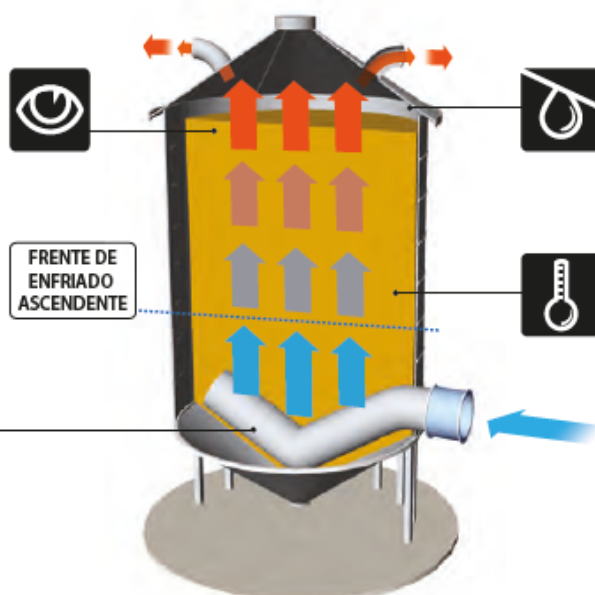
FLUJO ASCENDENTE O PRESIÓN POSITIVA (SOPLANDO):

En éste sistemas el ventilador insufla aire hacia el interior del silo; el aire asciende a través de la masa de granos y sale por las aberturas del techo. Se debe monitorear especialmente la zona central de la capa superior, que es la última zona en enfriarse y por lo tanto la más propensa al deterioro.

Sistema de presión positiva

PRINCIPALES VENTAJAS

- ◆ **Inspección visual**
Fácil detección y manejo de problemas de **descomposición** por presentarse en la capa superior del granel, ya que es la última en enfriarse.
- ◆ Se puede **agregar nuevas capas de grano caliente** sin que afecte la temperatura del grano ya enfriado.
- ◆ Menos obstrucciones en **pisos perforados y ductos** al impulsar el material fino hacia fuera del ducto.
- ◆ Distribución de aire más homogénea.



■ Aire frío ■ Aire caliente

PRINCIPALES DESVENTAJAS

- ◆ Puede haber **condensación** en el techo del silo.
- ◆ Sin un sistema de **termometría** es complejo monitorear el avance del frente de enfriado.
- ◆ El ventilador **aumenta la temperatura del aire** debido a la compresión. Este efecto es de importancia en silos de gran altura

Las ventajas de estos sistemas son:

- Permite un mejor control de la mercadería en caso de problemas de descomposición, pues éstos



suelen ocurrir en la parte superior del silo. Generalmente, estos problemas pueden detectarse de forma temprana mediante inspección visual de la superficie del granel y en caso necesario, resulta más sencillo descargar la zona afectada.

- Permite la adición de nuevas capas de grano caliente sin que el calor sea impulsado a través del grano que ha sido previamente enfriado.
- La distribución del aire en silos y celdas de baja altura de granos resulta más uniforme.
- Se producen menos obstrucciones de los pisos perforados y conductos de aireación gracias a que el material fino es expulsado hacia afuera por el aire.
- Se requiere menor superficie abierta en el techo y menor diámetro de conductos de aireación.

Las desventajas, por el contrario, son:

- Suele presentar problemas de condensación en el techo del silo, que pueden solucionarse con una adecuada cantidad de bocas de venteo en el techo y/o colocando extractores de aire.
- Si no se cuenta con un sistema de termometría, es complejo monitorear el avance del frente de enfriado pues se debe medir la temperatura del grano en la superficie del granel.
- Al insuflar el aire, el ventilador lo calienta debido a la compresión. En silos pequeños, el aumento de temperatura del aire puede ser de 1 a 2°C; en silos de gran altura, entre 3 y 5°C. El aumento de temperatura del aire posee un doble efecto: por un lado, retrasa el enfriamiento de los granos; por otro lado, provoca una disminución de la humedad relativa del aire que ingresa al sistema que resulta en un mayor riesgo de sobresecar la mercadería. En sistemas de Presión Estática superior a 2000 pascales (silos muy altos) se recomienda trabajar con presión negativa por este motivo.

No es conveniente cambiar el sentido de circulación del aire cuando hemos comenzado a trabajar ya que, al invertir el proceso, perderemos lo logrado hasta ese momento, con los consiguientes costos de energía.

Sellado del silo:

Cuando el grano se encuentre en las condiciones adecuadas para un almacenaje prolongado (seco y frío) se recomienda tapar y sellar toda apertura del silo (bocas de salida, boca del ventilador, etc.). Esto no sólo evita la entrada de insectos y roedores, sino que también minimiza el calentamiento del grano por la entrada de aire caliente proveniente del exterior (efecto chimenea). Por el mismo motivo, es conveniente realizar el sellado del silo también entre Ciclos de Aireación sucesivos si se debe esperar a que cambie la condición climática para comenzar el nuevo ciclo.

Consideraciones finales sobre la aireación:

La aireación como técnica de conservación, debe utilizarse de manera preventiva. La mayoría de los usuarios la utilizan sólo cuando hay corregir situaciones de deterioro de la masa de granos. Se debe tener en cuenta que durante el almacenamiento se puede a lo sumo conservar las calidades iniciales del grano; por lo tanto, todas las técnicas de conservación del grano deben ser aplicadas

de manera preventiva. Para un correcto manejo de la aireación es fundamental que el operador tenga claro el fin que persigue con esta técnica, al igual que las condiciones ambientales y del almacenaje en el momento de realizar la aireación; en este sentido, lo ideal es apoyar nuestras decisiones en un método de medición de temperatura y humedad dentro y fuera del granel.

Para culminar, recuerde que el correcto diseño es la base de un buen sistema de aireación y que...

UN BUEN SISTEMA DE AIREACIÓN SE REPAGA EN MENOS DE UN AÑO. UNO MALO, USTED LO PAGA TODA LA VIDA.

REFRIGERACIÓN ARTIFICIAL DE GRANOS

En regiones geográficas o estaciones del año excesivamente calurosas, puede resultar muy difícil e incluso imposible enfriar los granos a una temperatura inferior a 17°C por medio de aireación con aire ambiente. En estos casos, se debe recurrir a la refrigeración artificial de los granos para enfriarlos.

La refrigeración artificial de granos es una práctica capaz de introducir al granel aire frío y seco, independientemente de las condiciones ambientales:

Mediante ésta práctica:

- La Temperatura y la Humedad se pueden fijar a voluntad siendo el funcionamiento posterior totalmente automático.
- El equipo consta de un compresor frigorífico que disminuye la temperatura del aire.
- Como el aire frío posee menor capacidad para llevar vapor de agua, puede llegar a saturarse y aun a condensar gran parte de su humedad. Para evitar suministrar al grano aire con 100% de humedad relativa, se somete a un calentamiento de 2-3°C en un dispositivo llamado higrótermo.
- El enfriamiento se va dando en capas, así en un momento determinado tendremos una capa fría, otra enfriándose y otra aun no afectada.
- Para evitar la condensación en la parte superior y techos se recomienda la ubicación de un extractor de aire de gran caudal.
- Para enfriar se sugieren las siguientes temperaturas:

EJEMPLO:

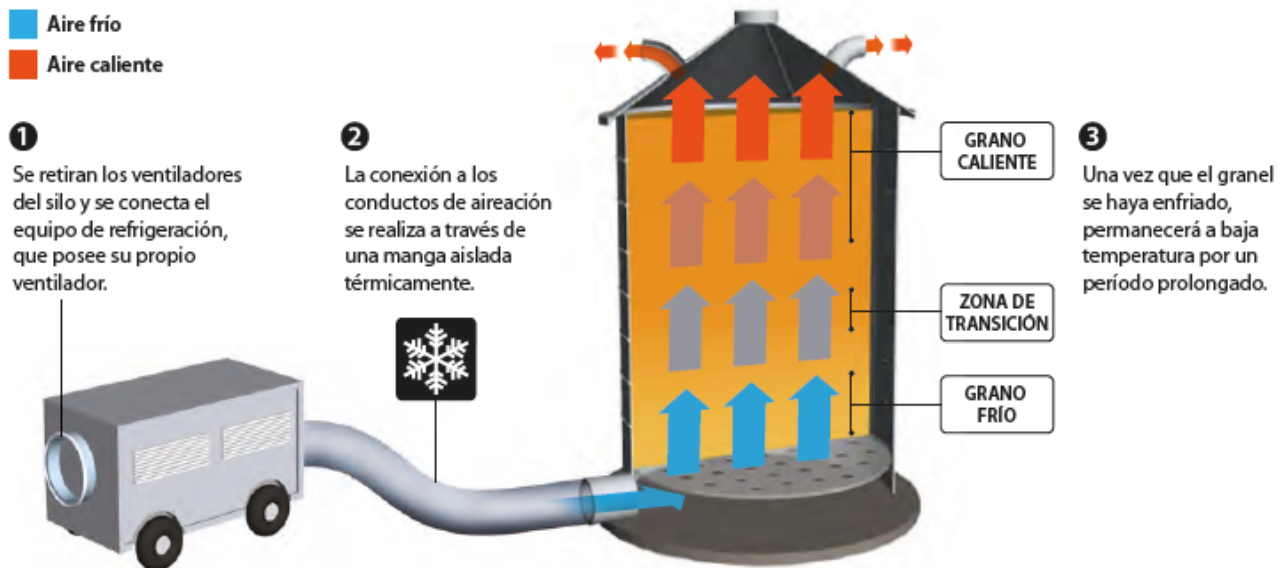
- Grano seco, cereal con 15% de humedad: 10-12°C.
- Grano húmedo, cereal con 18-19% de humedad: 9-10°C.
- Grano muy húmedo, cereal con 20% de humedad: 4-5 °C.

Cuanto menor sea la temperatura, a igualdad de condiciones, mejor será la conservación. Es conveniente la refrigeración inmediatamente después de la cosecha, sobre todo si el grano está húmedo.



Refrigeración artificial de granos

Esta tecnología permite enfriar los granos por medio de equipos frigoríficos a expensas de un consumo eléctrico.



Sistema de refrigeración para granos