

El bienestar en las granjas de vacuno de leche (XI):

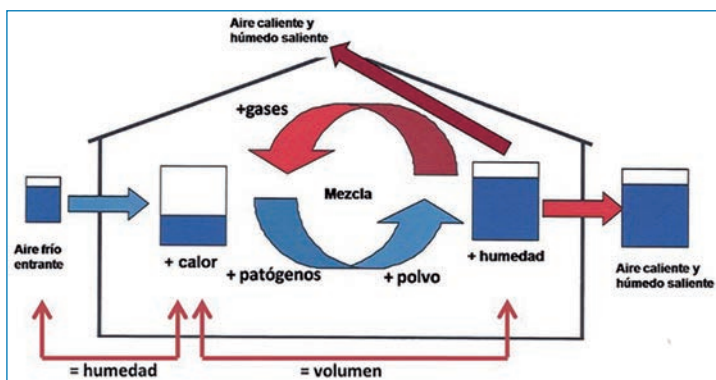
El estrés calórico (5): Métodos para reducirlo (2)

Introducción

En el número anterior (Frisona Española nº 252) abordábamos la reducción del estrés por calor en las vacas lecheras mediante la estrategia de disminuir las ganancias de calor del animal, explicando distintas alternativas para reducir la transmisión de calor del ambiente al animal. Por ejemplo, mediante la utilización de sombras, la adecuada orientación de los edificios que los alojan y la protección del sol de comederos y bebederos.

En el presente trabajo veremos cómo se puede luchar contra las elevadas temperaturas aumentando las pérdidas de calor del animal, aumentando su transmisión de la vaca al ambiente que le rodea.

Figura 1. Esquema que representa el funcionamiento de la ventilación natural



Antonio Callejo Ramos. Dr. Ingeniero Agrónomo.
Dpto. Producción Agraria E.T.S.I. Agronómica, A. y
de B.-U.P.M. - antonio.callejo@upm.es

Inicialmente, trataremos la importante cuestión de la ventilación de los alojamientos para, posteriormente, en una nueva entrega, tratar la refrigeración del aire y la del propio animal (refrigeración evaporativa) como un paso más para luchar contra el estrés calórico. De hecho, para que un sistema de refrigeración sea eficiente y consiga su objetivo es preciso contar con una adecuada ventilación del alojamiento, incluso aunque se trate de simples estructuras sombreadoras.

Teoría de la ventilación

Recordemos que la densidad del aire es la masa de ese aire contenida en una unidad de volumen del mismo. Se expresa habitualmente en kilos por metro cúbico de aire seco. Conforme aumenta la temperatura, el aire se expande y, por tanto, la densidad disminuye. Esta propiedad se conoce como fuerza o empuje térmico o, más coloquialmente, como "efecto chimenea". También es más ligero el aire húmedo que el aire más seco.

El principio de la ventilación es simple (Figura 1). El aire fresco del exterior entra en el alojamiento, se mezcla con el existente en el interior, absorbe calor, humedad¹ y elementos en suspensión y sale del local gracias a las diversas fuerzas que provocan que el aire se mueva y que explicaremos posteriormente. Precisamente son los elementos que producen estas fuerzas los que sirven para diferenciar los dos sistemas principales de ventilación: la ventilación dinámica o forzada y la ventilación estática o natural.

Recordemos, como expusimos en un trabajo anterior (Frisona Española nº 249) que la transmisión

¹ La mayor parte del calor y humedad son producidos por los animales presentes en el alojamiento.

de calor por convección se produce por calentamiento de la capa de aire que rodea al animal. Al calentarse, se eleva y permite que aire más frío ocupe su lugar y se repita el proceso. Las pérdidas por esta vía son proporcionales a la velocidad del aire alrededor del animal y a la diferencia de temperatura entre éste y el aire que le rodea. Esta convección puede ser forzada cuando se usa energía² para mover el aire e incrementar así la transmisión de calor. En ambientes calurosos no supone un porcentaje muy importante del intercambio térmico, salvo que enfriemos el aire que rodea el animal.

Cualquier elemento que dificulte el movimiento del aire (por ejemplo, el pelo del ganado) disminuirá la transferencia de calor por convección. La tasa de transmisión de calor mediante este mecanismo es descrita por ASHRAE (1986) mediante la ecuación siguiente:

$$Q_{cv} = h A_{ev} (T_s - T_a)$$

siendo:

- Q_{cv} : calor transferido por convección (W)
- h^3 : coeficiente de transmisión de calor de convección (W/m² °C)
- A : Superficie del animal (m²)
- $T_s - T_a$: diferencia de temperatura entre la de la superficie del animal (T_s) y la del aire (T_a) (en °C)

Las temperaturas también pueden ser expresadas en grados Kelvin (K) o en °C, pues la diferencia ($T_s - T_a$) tendrá el mismo valor.

Si la temperatura del aire que rodea al animal es menor que la temperatura de la piel de éste, el aire en movimiento alrededor del dicho animal tiene un efecto refrigerador como consecuencia del intercambio de calor por convección. En vacuno lechero, este efecto refrigerador puede conseguirse en presencia de viento o moviendo el aire con ventiladores. Asimismo, si el diseño de la nave potencia el llamado "efecto chimenea" o empuje térmico, del que hablaremos posteriormente.

El valor del coeficiente de transmisión de calor por convección " h " es función de la velocidad del aire, tal y como se muestra en la Figura 1. Según se incrementa la velocidad del aire, también aumenta el coeficiente " h " y, a igualdad de otros factores, también se incrementa la pérdida de calor por convección, resultando en un efecto refrigerador para el animal.

Lo más interesante de la Figura 2, sin embargo, es observar que el incremento de " h " es menor conforme aumenta la velocidad del aire, representado

como el "beneficio de convección" " dh/dU_∞ ". En la práctica, esto significa que el efecto refrigerador del aire como resultado de una mayor velocidad del mismo va disminuyendo en términos relativos, es decir, va siendo menos eficiente. Por encima de 2 m/s la eficiencia de la refrigeración por convección va siendo cada vez menor.

Esto puede demostrarse con un pequeño ejemplo, estableciendo en primer lugar la fórmula que permite calcular el coeficiente " h ".

El coeficiente (h) de transferencia térmica por convección responde a la siguiente ecuación (Holman, 2002):

$$h = 0,37 \times \left(\frac{k_f}{D}\right) \times \left(U_\infty \times D \times \frac{\rho_f}{\mu_f}\right)^{0,6}$$

siendo:

- k_f = Coeficiente de conductividad térmica del aire (W/m °C) = 0,0257
- U_∞ = Velocidad del aire (m/s)
- D = diámetro de una esfera (m)
- ρ_f = densidad del aire (1,21 kg/m³, a 20 °C)
- μ_f = termoviscosidad del aire (kg/m s) = 1,83 x 10⁻⁵

Si consideramos una velocidad del aire de 1 m/s:

$$h = 0,37 \times \left(\frac{0,0257}{0,20}\right) \times \left(\frac{1 \times 0,20 \times 1,21}{1,83 \times 10^{-5}}\right)^{0,6} = 5,6 \text{ (W/m}^2 \text{ °C)}$$

Cuando aumentamos la velocidad al doble (2 m/s), el coeficiente (h) no aumenta también el doble y, por tanto, las pérdidas de calor por convección tampoco se duplican.

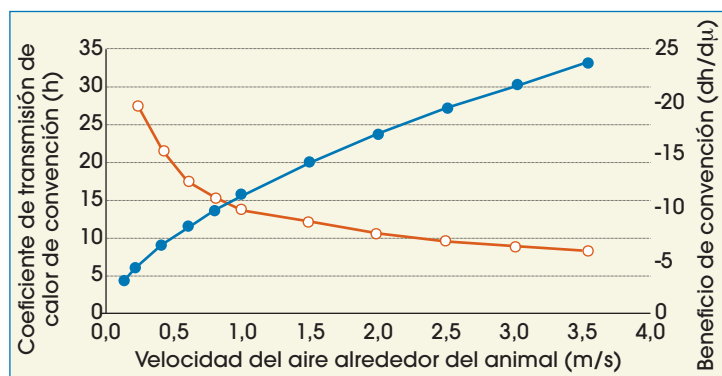
$$h = 0,37 \times \left(\frac{0,0257}{0,20}\right) \times \left(\frac{2 \times 0,20 \times 1,21}{1,83 \times 10^{-5}}\right)^{0,6} = 8,5 \text{ (W/m}^2 \text{ °C)}$$

La línea de círculos huecos de la Figura 2 representa la disminución de la superficie corporal del animal en relación a su peso vivo. En efecto, un animal joven tiene una mayor superficie corporal en relación a su peso que un animal adulto, lo que provoca que los animales jóvenes pierdan calor más rápidamente aunque, por el contrario, también lo ganan con mayor rapidez. Por eso, un animal adulto tiene más problemas de estrés calórico, al disponer de menor superficie corporal (insistimos, en relación a su peso) para disipar calor.

2.1. Ventilación dinámica

En este sistema, el aire es introducido o extraído de la nave por ventiladores con un caudal determi-

Figura 2. Coeficiente de transmisión térmica de convección y "beneficio" de convección en función de la velocidad del aire



² Medios mecánicos, como los ventiladores.

³ Este coeficiente depende de factores geométricos del animal como el tamaño y la forma, de la temperatura del aire y de propiedades del mismo como la densidad, la viscosidad o la conductividad térmica.

El estrés calórico (5): Métodos para reducirlo (2)

nado y, la mayor parte de las veces, con un funcionamiento dirigido por sistemas de control más o menos sofisticados.

Este sistema no es habitual en nuestras explotaciones lecheras. Sin embargo, en zonas con inviernos muy fríos se precisa tener naves completamente cerradas y garantizar la ventilación por medios mecánicos, sobre todo porque suelen ser naves muy anchas; y los veranos suficientemente cálidos como para precisar un aumento considerable de la velocidad del aire y mantener la temperatura en unos valores adecuados.

Sin embargo, como veremos posteriormente, es muy frecuente instalar ventiladores de uno u otro tipo con el fin de mover el aire, aumentar la velocidad del mismo junto a los animales y aumentar así sus pérdidas de calor por convección.

2.2. Ventilación natural

En este sistema el movimiento del aire se produce gracias a fenómenos naturales como son:

- Las diferencias de temperatura, de presión⁴, o

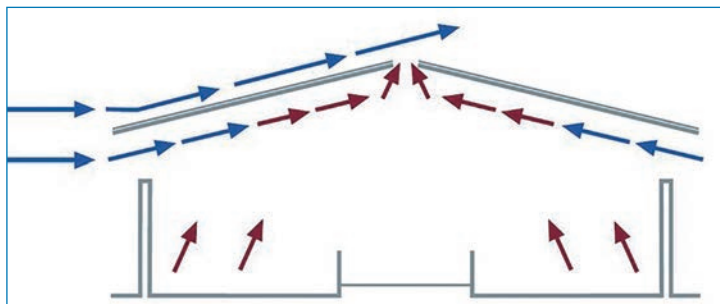
Figura 3.



Figura 4.



Figura 5. Esquema del efecto chimenea en la ventilación natural (Tyson, 2003)



⁴ la presión se debe principalmente a la acción del viento sobre el alojamiento

de ambas, entre uno y otro lado del alojamiento y entre el exterior y el interior del mismo,

- Las condiciones atmosféricas,
- El diseño y orientación del edificio, existencia de obstáculos en las proximidades del mismo, etc.

De lo expuesto podemos deducir que la ventilación natural tiene numerosos condicionantes y limitaciones y sus resultados dependerán, entre otros factores, de:

- La colocación y diseño de las aberturas del edificio por donde entra y sale el aire.
- La diferencia de temperatura entre el interior y el exterior.
- La pendiente de la cubierta.
- La orientación del edificio respecto a los vientos dominantes y la velocidad de éstos.
- La altura del edificio.
- La velocidad del aire en el interior del local y exposición a estas corrientes de aire.

Debido a las variaciones climáticas estacionales se ha desarrollado el concepto de "estaciones de ventilación" para tratar de definir unas necesidades mínimas de ventilación para cada una de ellas (Tabla 1).

Tabla 1. Tasas mínimas de ventilación recomendadas (elaboración propia, a partir de Tyson, 2005)

Estación de ventilación	Tasa de ventilación (m ³ /hora y vaca)
Invierno	85
Primavera-Otoño	340
Verano	850-1.700

Así, con la **ventilación de invierno** se trata fundamentalmente de aportar aire fresco y eliminar exceso de humedad y de gases. Se determina por balance de humedad.

La **ventilación de primavera y de otoño** debe eliminar exceso de humedad y controlar la temperatura, por lo que se determina mediante balance de calor.

La **ventilación de verano** debe tratar de reducir el incremento de calor y aumentar el movimiento del aire. El objetivo es que la temperatura interior se mantenga, al menos, 3° por debajo de la exterior.

Dadas las condiciones climáticas de nuestro país, nos referiremos preferentemente a alojamientos donde el control de la ventilación se limita, en la práctica, a garantizar las necesidades mínimas en invierno y a mover y refrigerar el aire en verano. Por tanto, naves, en general, muy abiertas (Figuras 3 y 4).

2.2.1. Efecto chimenea

Una de las causas del movimiento natural del aire es el conocido como "efecto chimenea" o, por emplear términos más técnicos, empuje térmico.

Cuando el aire entra en el alojamiento se calienta debido al calor disipado por los animales y la fermentación de las deyecciones, y al perder densidad se eleva y sale al exterior por las aberturas dispuestas al efecto, bien sean chimeneas o, más habitualmente, una abertura continua en la cumbre de la cubierta o caballete.

El aire, al salir, crea una ligera depresión en el interior que provoca la entrada del aire desde el exterior al tener en este punto una presión ligeramente superior a la que existe dentro. Este fenómeno se ilustra en la figura 5.

La velocidad de salida del aire (V_s) por las aberturas de la cubierta debido al efecto chimenea puede determinarse a partir de la ecuación empírica de la siguiente página.

$$V_s = \varnothing \sqrt{\frac{2g \Delta h (T_i - T_o)}{T_i}}$$

donde:

g: constante gravitacional (9,8 m/s²)

Δh: diferencia de altura entre la entrada y la salida del aire (m)

T_i: Temperatura exterior en grados Kelvin

T_o: Temperatura interior, en grados Kelvin

∅: Coeficiente de corrección, variable entre 0,3 y 0,7, según la naturaleza de la superficie interna de las salidas de aire. Convencionalmente, se utiliza un valor de ∅ próximo a 0,6.

Conociendo el valor de V_s se puede calcular el valor del caudal de salida Q(m³/s), debido a la diferencia de temperatura, mediante la fórmula:

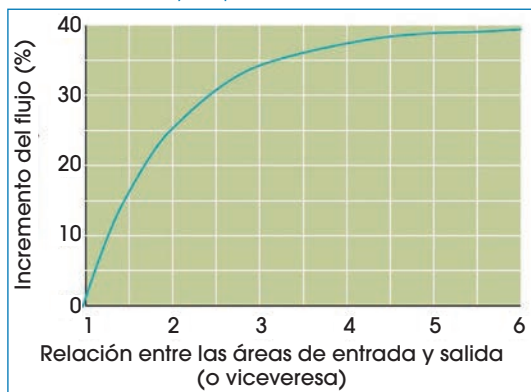
$$Q = A \times V_s$$

donde A es la superficie de salida del aire, en m².

Si la superficie de entrada de aire es distinta a la de salida, se produce un aumento del caudal de salida cuya magnitud puede estimarse según la Figura 6.

De la ecuación se deduce que el efecto chimenea se ve favorecido por la diferencia de temperatura entre el exterior e interior de la nave y por la diferencia de altura entre las entradas y salidas de aire, o lo que es lo mismo, por la pendiente de la cubierta. Cuanto más pronunciada sea ésta, mayor será esa diferencia de altura.

Figura 6. Aumento de la tasa de ventilación debido al efecto chimenea cuando la entrada de aire es mayor que la salida o viceversa.



Sin embargo, salvo en zonas donde la nieve sea un elemento habitual, la tendencia actual es a construir naves con pendientes de cubierta que raramente superan el 20 por 100. En este caso, se puede incrementar la diferencia de altura Δh de forma "artificial", colocando un peto en los laterales de la nave y a lo largo de ella, justo bajo el alero, de forma que el aire deba entrar por debajo de dicho peto, tomando la precaución, como explicaremos posteriormente, de que el aire entre a una altura mínima de 2 m sobre el máximo nivel del suelo sobre el que viven los animales para evitar que les alcancen corrientes de aire frío. Esta circunstancia obliga a que la altura de las fachadas de las naves esté por encima de los 4 m, lo que tiene la ventaja de favorecer el volumen estático de aire que requieren los animales.

Del mismo modo, de la ecuación anterior se deduce que el caudal de ventilación depende directamente de la superficie de entrada y salida de aire. Como hemos comentado, lo más habitual es

dejar la cumbrera del tejado abierta para permitir la salida de aire, más caliente que el que entra. Esta superficie generalmente es fija, no puede modificarse, por lo que hay que establecer un valor mínimo que permita asegurar la salida de un adecuado caudal. El valor mínimo recomendable es de 3 cm de anchura de caballete por cada metro de anchura que tenga la nave (Figura 7), aunque este valor puede ser excesivo en países con veranos menos calurosos que el nuestro.

Figura 7. Aberturas mínimas del caballete



Ejemplo:

Consideremos una nave de vacas de leche, en invierno, con la fachada expuesta a los vientos dominantes parcialmente cerradas mediante cortinas para evitar corrientes de aire frío. Las características de esta nave y de la situación para la que se calcula el caudal de ventilación natural es la siguiente:

- 100 m de longitud, 32 m de anchura y 4,5 m de altura en alero
- Las cortinas están cerradas hasta dejar una abertura de 80 cm
- Anchura del caballete: 1 m
- Altura en el caballete: 7,7 m (20% de pendiente del tejado)
- Temperatura exterior: 0 °C
- Velocidad del viento: 5 m/s a una altura estándar de 10 m
- Efectividad de entrada de aire debida a la orientación del edificio: 0,5
- Altura punto medio de entrada de aire: (4,5-0,8/2) = 4,1 m
- Grado de exposición: 0,20 (terrenos llanos en campo abierto)

Superficie de entrada de aire: A = 0,8 m x 100 m = 80 m²

- Δh = 8,8 - 4,5 = 4,3 m
- T_i = 5°C + 273 = 278 K
- T_o = 0°C + 273 = 273-K

$$V_s = 0,6 \sqrt{\frac{2 \times 9,81 \times 4,3 \times (278 - 273)}{278}} = 0,739 \text{ m/s}$$

Como la superficie (A) de salida es de 1,00 x 100 m = 100 m², entonces:

$$Q = 0,739 \text{ m/s} \times 100 \text{ m}^2 = 73,9 \text{ m}^3/\text{s}$$

Como la superficie de salida de aire a través del caballete es distinta (1 x 100 = 100 m²) es distinta a la superficie de entrada, es preciso aplicar un coeficiente de corrección obtenido de la Figura 6. En este caso, la relación exceso de superficie de salida respecto a la superficie de entrada de aire es de 100/80=1,25, a lo que corresponde un coeficiente de corrección de, a proximadamente, 1,1. Por tanto, el caudal de ventilación natural debido al efecto chimenea en este ejemplo es de

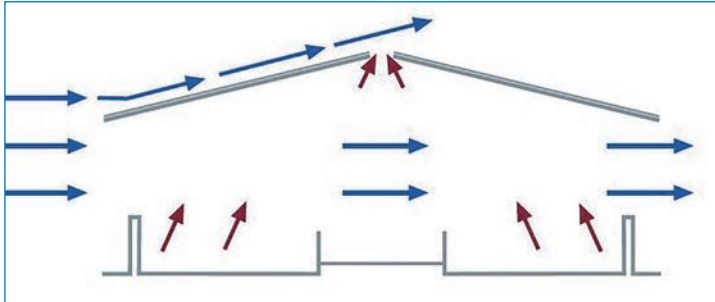
$$Q = 73,9 \times 1,1 = 81,30 \text{ m}^3/\text{s}$$

El estrés calórico (5): Métodos para reducirlo (2)

2.2.2. Efecto viento

Es la segunda de las fuerzas que actúa en la ventilación natural, de forma que su efecto es mayor que el efecto chimenea cuanto mayor es su velocidad (Figura 8), y cuanto más similares son las temperaturas externa e interna (como sucede en verano), situación en la que el efecto chimenea tiene escasa importancia, ya que el término $(T_i - T_o)$ de la ecuación descrita se aproxima a 0.

Figura 8. Esquema del efecto viento en la ventilación natural (Tyson, 2003)



El caudal de ventilación debido a la acción del viento puede expresarse mediante la siguiente ecuación empírica:

$$Q = E A V_w$$

donde:

Q: caudal de aire (m^3/s)

E: efectividad de entrada de aire debida a la orientación del edificio

0,5-0,6 cuando el viento sopla perpendicularmente

0,25-0,35 cuando lo hace con una inclinación a 20° respecto a la perpendicular

A: superficie de entrada de aire (m^2)

V_w : velocidad efectiva del viento según la altura de entrada de aire y la exposición del edificio (m/s):

$$V_w = V_0 (h_x/h_0)^a$$

donde:

V_0 : velocidad del viento a una altura estándar de 10 m (m/s)⁵

h_x : altura al centro de la entrada de aire (m)

h_0 : altura estándar (10 m)

a: coeficiente según la exposición del edificio en función del terreno circundante:

0,14 para terrenos muy llanos (superficies de lago)

0,20 para terrenos llanos en campo abierto

0,28 para árboles dispersos y edificios bajos

0,40 para terrenos ondulados con árboles o edificios altos

De estas dos últimas ecuaciones se deduce que la ventilación se ve afectada por factores de construcción y diseño tales como:

- la orientación de los edificios,
- las superficies de entrada de aire,
- la altura a la que se disponen éstas, y
- la ubicación de los edificios en el terreno circundante.

En efecto, la existencia de árboles, edificios o accidentes del terreno en las proximidades de un establo provoca que el movimiento del aire se vea entorpecido a una distancia de 5 a 10 veces la altura de dichos "obstáculos". Por ello, el coeficiente "a" de la última ecuación va aumentando.

⁵ Consultar la Norma Básica de la edificación NBE-AE-88: Acciones en la Edificación

La siguiente ecuación puede utilizarse para determinar la distancia mínima de separación de un edificio dado:

$$D_{min} = 0,4 H \sqrt{L}$$

donde:

D_{min} : distancia de separación (mínimo, 15 m)

H: altura máxima del edificio o árboles próximos (m)

L: longitud de dicho edificio o de la masa arbórea

Ejemplo:

Consideremos la misma nave que en el ejemplo anterior. En este caso, el caudal debido al efecto viento será:

$$V_w = 5 (4,1/10)^{0,20} = 4,18 \text{ m/s}$$

$$Q = 0,5 \times (0,8 \text{ m} \times 100 \text{ m}) \times 4,18 \text{ m/s} = 167,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

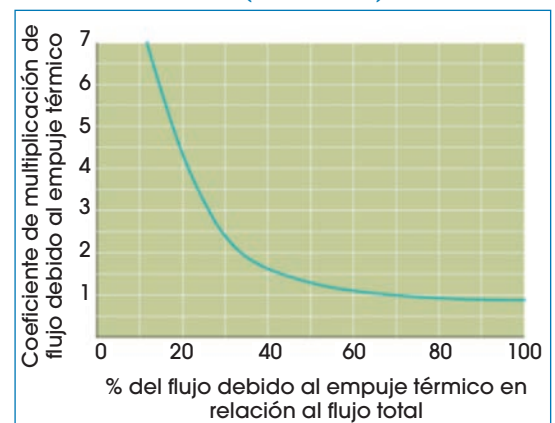
2.2.3. Efectos viento y chimenea combinados

En la práctica, el empuje térmico y la presión debida al viento suelen actuar conjuntamente, salvo en ausencia total de viento. Como la velocidad y dirección de éste, la temperatura exterior y la ventilación interior no pueden ser predichas con precisión, no se justifican cálculos muy sofisticados.

Este cálculo simplificado supone:

1. Calcular por separado cada uno de los flujos debidos a ambas fuerzas.
2. Sumar ambos flujos
3. Calcular la proporción del flujo de aire producido por el efecto chimenea en relación a la suma de los dos, calculada en 2.
4. Introducir este dato en el eje X de la Figura 9 y hallar en el eje Y el valor que intersecciona con la curva.
5. Multiplicando este valor por el del flujo debido al empuje térmico se obtiene el valor del flujo debido a la acción combinada de ambos efectos.

Figura 9. Cálculo del flujo resultante de la combinación del empuje térmico y del efecto viento (ASABE, 1983)



Ejemplo:

Siguiendo con el ejemplo anterior, tendríamos:

- Suma de ambos flujos: $81,3 + 167,2 = 248,5$
- Proporción del caudal debido al efecto chimenea: $81,3/248,5 = 32,7\%$
- Corrección (Figura 9) = 2,2

Por tanto, el caudal de ventilación natural resultante de la acción combinada del efecto chimenea y del efecto viento será de:

$$Q = 81,3 \times 2,2 = 178,9 \text{ m}^3/\text{s}$$

2.2.4. Volumen de aire estático

Un detalle importante, y frecuentemente ignorado, es que para lograr una adecuada ventilación y mantener una calidad de aire correcta, una nave necesita tener suficiente volumen, lo que se denomina volumen estático de aire. El aire que circunda al animal debe cumplir la función de aporte del oxígeno preciso para la respiración. Ello se consigue por medio del diseño equilibrado de un volumen de aire almacenado y un mínimo de aire renovado. En las condiciones normales de edificación y con las formas típicas de las granjas de vacas, el volumen de aire almacenado por metro cuadrado oscilará entre 25 y 50 m³. El volumen de aire circundante o volumen de aire estático aconsejado se señala en la tabla 2, que expresa el volumen mínimo y óptimo de aire estático que requieren los distintos tipos de animales que encontramos en una granja de vacas de leche. Si garantizamos la superficie mínima aconsejada por animal el volumen se logra dando altura a las naves. De ahí que los alojamientos de vacas lecheras que se construyen en los últimos años sean altos, voluminosos. Ello permite que el aire caliente y enrarecido esté más alejado de los animales, al ir ascendiendo. Al ser más altos, también se favorece el efecto chimenea.

2.2.5. Cortinas cortavientos

Normalmente, los cortavientos se utilizan en invierno para evitar las corrientes de aire frío a la altura de los animales a la vez que permiten la entrada del caudal de aire necesario. En situaciones de EC pueden ser útiles en algún momento del día para evitar la entrada de los rayos solares.

Estos cortavientos están fabricados en diversos materiales (plástico, madera, metal) y deben ser desmontables o enrollables cuando las temperaturas no hagan necesario su uso. Están definidos por dos coeficientes:

E: Eficacia, coeficiente de reducción de la velocidad del viento

CM: Coeficiente multiplicador. Permite calcular la superficie de cortaviento que corresponde a la entrada necesaria de aire libre. Por ejemplo, 1 m² de superficie libre requiere 2,6 m² de cortaviento con un CM de 2,6, o 6 m² si CM es igual a 6. Este coeficiente figura en las características comerciales del producto elegido.

Los valores recomendados del coeficiente E figuran en la Tabla 3.

En las figuras 10 y 11 se exponen algunos modelos de cortavientos.

2.2.6. Evaluación de la ventilación

Finalmente, deberíamos poder evaluar la calidad de la ventilación de una nave a partir de unos pocos parámetros y fáciles de medir. Hemos adap-

Tabla 2. Volumen de aire estático recomendados para el vacuno (Institut de l'Élevage, 1995)

Tipo de animal	Volumen mínimo (m ³ /cabeza)	Volumen óptimo (m ³ /cabeza)
Vaca lechera alta producción (> 7.000 kg)	25	35-40
Vaca lechera media producción (< 7.000 kg)	20	30-35
Vaca seca		
Novillo ≥ 600 kg		
Novilla 400 kg	12	20-25
Novillo joven 350 kg		
Ternera de 200 kg	9	15-20
Ternero de cría de 150 kg		
Ternero recién nacido	5	6-10

Tabla 3. Valores recomendados del coeficiente E para la instalación de cortinas cortavientos

Ubicación del cortavientos	Animales adultos	Animales jóvenes
Pared próxima a los animales ¹	E ≥ 0,80	E ≥ 0,85
Pared alejada de los animales ²	E ≥ 0,60	E ≥ 0,70
A una distancia de 4-10 m	E ≥ 0,50	

P.ej., área de reposo a lo largo de la pared; 2. P.ej. pasillo de alimentación junto a la pared

tado la propuesta de Graves y McFarland elaborando una sencilla tabla (Tabla 4) de fácil lectura e interpretación, que permite determinar el Factor de Ventilación Natural (FVN). Son cuatro los criterios que se consideran para evaluar la calidad de la ventilación natural en verano:

1. Efectividad de las entradas laterales de aire (Ac), y abertura de la cumbre o caballete (Rw)
2. Orientación del edificio respecto a vientos dominantes, y
3. Exposición al viento.

El cálculo de A_c se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$A_c = H_c L_c / S_n$$

donde:

A_c = Superficie lateral efectiva de entrada de aire por animal alojado

H_c = Altura efectiva de la pared de la nave (altura de la nave descontando los obstáculos como la base de los cubículos, el soporte de las cortinas, etc.)

L_c = Longitud efectiva (longitud de la nave descontando los postes, soportes de cortinas, cubículos, puertas, otros edificios, etc.)

S_n = número de cubículos o de vacas en la nave

Figura 10. Cortavientos en el pasillo de alimentación



Figura 11. Cortavientos en el extremo de la nave



El estrés calórico (5): Métodos para reducirlo (2)

Tabla 4. Factor de Ventilación Natural (FVN) (adaptado de Graves y McFarland, 2011)

Criterio	Factor de riesgo		
	Mejor (1)	Medio (2)	Peor (3)
Entradas de aire	Ac > 1 m ² /vaca Rw > 3 cm/m	Ac = 0,65- 1 m ² /vaca Rw = 2-3 cm/m	Ac < 0,65 m ² /vaca Rw < 2 cm/m
Orientación respecto a vientos dominantes	Perpendicular	Diagonal	Paralela
Exposición al viento	Amplia, terreno llano, sin obstáculos	Árboles aislados y pequeños edificios	Terreno ondulado, con árboles altos, edificios y/o terraplenes

Ac: Superficie lateral Rw: abertura cenital; NVF ≤ 4: Buena ventilación natural; NVF = 5 a 7: Ventilación natural comprometida; NVF ≥ 8: Ventilación natural muy comprometida

Debemos determinar, para cada uno de los tres criterios citados, cuál es la situación que se aproxima más a la de la nave cuya ventilación estamos evaluando, de las que se señalan en cada columna. Por último, debemos sumar el número que figura entre paréntesis en la segunda fila de la tabla y comparar esta suma con el valor que nos marca la última fila y que determina la valoración de la ventilación de la nave.

Ejemplo:

Imaginemos un alojamiento de vacas lecheras en el que:

- Las entradas laterales de aire tienen una superficie efectiva comprendida entre 0,65 y 1 m²/vaca alojada en él, por lo que para este factor estaríamos en una situación media. VALOR: 2.
- La orientación del edificio respecto a los vientos dominantes es paralela, por lo que la situación es mala. VALOR: 3
- Alrededor de esta nave hay unos pocos árboles y pequeños edificios. La situación es media. VALOR: 2.

La suma sería 2 + 3 + 2 = 7, es decir, la ventilación estaría comprometida

Consideraciones finales

En este trabajo hemos querido poner de manifiesto la importancia de la ventilación y de la velocidad del aire en el control de la temperatura de los animales. Es cierto que la ventilación ayuda a eliminar calor del interior de los alojamientos (calor generado, principalmente, por los animales alojados), pero no debe pensarse que la ventilación reduce *per se* la temperatura del aire. Lo que permite es aumentar las pérdidas de calor por convección por parte del animal.

En un próximo trabajo expondremos los criterios para seleccionar un sistema de refrigeración u otro, tanto los basados únicamente en aumentar las pérdidas de calor por convección como los que utilizan la evaporación de agua para refrigerar, bien el aire, bien el animal. También veremos los distintos tipos de ventiladores, sus ventajas e inconvenientes.

SINBAD
Servicio de Información de
La Base de Datos
CONAFE

SINBAD SOCIOS

- consulta de ganaderías y animales
- Servicios de elaboración de informes, cálculo de consanguinidad, acoplamiento, salud podal y calidad de leche
- estadísticas de lactaciones, índices genéticos, calificaciones y RCS

SINBAD FREE
 Consulta de animales por su nº genealógico, cib o nombre completo