

[ BOVIS ]

# CONDICIONES AMBIENTALES Y BIENESTAR, LA VENTILACIÓN

**NIEVES NÚÑEZ ROMERO**  
**ANTONIO CALLEJO RAMOS**

*LICENCIADA EN BIOLOGÍA*  
*DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL*

*INGENIERO AGRÓNOMO*  
*DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL*  
*E-MAIL: ANTONIO.CALLEJO@UPM.ES*

*E.U. DE ING. TÉCNICA AGRÍCOLA*  
*CIUDAD UNIVERSITARIA, S/N 28040 MADRID*

## RESUMEN



Probablemente las condiciones ambientales sean una de las principales asignaturas pendientes en los alojamientos de vacuno de leche. La concurrencia en gran parte de nuestro país de inviernos fríos y veranos muy calurosos añaden una dificultad más a la ya compleja tarea de diseñar una ventilación correcta. Los cambios bruscos de tiempo tampoco ayudan. Conscientes de la dificultad de la tarea, hemos querido ofrecer en este capítulo unas sencillas recomendaciones y aportar algunas sugerencias al hilo de lo que se está haciendo en otros países con sistemas de producción similares al nuestro. De esta forma, resaltamos la importancia de evitar las corrientes de aire pero proporcionar una amplia superficie de entrada y de salida de aire. Para que ello pueda ser posible, incluso en invierno, sugerimos la instalación de cortavientos. Finalmente, queremos resaltar la necesidad de que la renovación de aire llegue a todos los rincones de los alojamientos sin que se presenten zonas ciegas, y de evitar una humedad relativa excesiva, motivo de estrés térmico, de patologías respiratorias y de deterioro acelerado de los edificios.

## INTRODUCCIÓN

La ventilación tiene como objetivo fundamental mantener la calidad del aire en el interior de los alojamientos animales. En efecto, determinadas patologías de tipo ambiental (neumonías de terneros, diarreas, mamitis) pueden controlar-

se consiguiendo una calidad adecuada del aire que los animales respiran, así como la higiene de las superficies del alojamiento, aunque esto último se sale de las pretensiones de este capítulo. Qué se entiende por adecuado o suficiente en cuanto a ventilación de alojamientos de vacuno de leche se refiere no siempre se tiene suficientemente claro. Los que son evidentes son los objetivos de la ventilación: conseguir y mantener una atmósfera en la que:

- La salud de los animales sea la correcta y su producción sostenida.
- La mano de obra pueda desarrollar su trabajo en condiciones confortables y sin riesgo para su salud.
- Los edificios y su equipamiento estén protegidos de la corrosión u otros daños.

Por tanto, con una correcta ventilación, se pretende:

- Aportar el oxígeno necesario (aire fresco) para el buen funcionamiento fisiológico de los animales.
- Eliminar los gases nocivos. En el interior de los alojamientos se producen, entre otros, los siguientes gases como consecuencia de la respiración animal y de la descomposición de sus deyecciones,  $CO_2$ ,  $NH_3$ ,  $SH_2$  y  $CH_4$ . Los cuales, debido a su diferente densidad, requieren sistemas capaces de extraerlos del interior de las naves. En la tabla I se señalan los límites de exposición a los gases y al polvo en los edificios ganaderos.
- Eliminar el vapor de agua en exceso producido en la respiración de los animales así como por los sistemas de limpieza, en su caso. Pensemos que

una vaca de 650 kg elimina 12 l de agua al día en forma de vapor, cantidad equivalente a 1 mm de lluvia diaria en el establo.

Esta humedad en exceso debe ser evacuada obligatoriamente debido al riesgo de degradación y envejecimiento acelerado del alojamiento y por los graves problemas sanitarios a los que están expuestos los animales. La humedad favorece el desarrollo microbiano y está en el origen de mamitis, metritis y cojeras.

- Rebajar la temperatura del local. El calor producido por los animales se mitiga o elimina mediante la ventilación. Tengamos en cuenta que el va-

cuno de leche soporta mejor las bajas temperaturas que las altas.

- Eliminar polvo y los olores corporales y de las deyecciones, que hacen desagradable el ambiente. Por otra parte, el polvo es un factor favorable para la aparición o el agravamiento de trastornos respiratorios.
- Disminuir la concentración de microorganismos patógenos que se transmiten por vía aérea.

En la tabla II se resumen las principales necesidades ambientales del vacuno de leche.

La magnitud de estas funciones principales que se exigen a un sistema de

**Tabla I. Límites de exposición a gases y polvo en alojamientos ganaderos**

	Límites de exposición para el hombre		Límites de exposición animal (máximo nivel continuo)
	Exp. larga (8 h)	Exp. corta (10 min)	
Gases (ppm)			
NH <sub>3</sub>	25	35	20
CO <sub>2</sub>	5.000	15.000	3.000
CO	50	300	10
HCHO*	20	30	-
SH <sub>2</sub>	10	15	0,5
CH <sub>4</sub>	Asfixiante		-
NO <sub>2</sub>	3	5	-
Polvo (mg/m <sub>3</sub> )			
Fracción total inhalable	10	-	3,4**
Fracción respirable	5	-	1,7**

\* Formaldehído

\*\* 24 horas de exposición

Fuente: Wathes, C.M., 1994

ventilación dependen, en cada caso particular, del clima, época del año, edad de los animales y de otros factores.

### TEORÍA DE LA VENTILACIÓN

Para entender la ventilación de los alojamientos ganaderos es preciso conocer previamente algunas propiedades físicas elementales del aire.

El concepto de “temperatura” no requiere mayores explicaciones. Se mide con un termómetro llamado de bulbo seco y se usa para evaluar y controlar el sistema de ventilación. La zona de confort térmico expresada en la tabla II puede variar en función de las condiciones físicas y de salud del animal, de la alimentación y disponibilidad de agua y de otros factores ambientales. Así, los valores térmicos de confort aumentan cuando el animal está mojado o expuesto a corrientes de aire. Por el contrario, disminuyen cuando la humedad relativa o la radiación solar son elevadas.

La humedad relativa representa, en porcentaje, la cantidad de agua que contiene el aire en relación con la máxima cantidad que podría contener a una temperatura dada, sin que el agua contenida se condensase. Según aumenta la temperatura aumenta la capacidad del aire para contener agua, por lo que la humedad relativa disminuye, a menos que se añada más agua al aire.

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 (kg/m<sup>3</sup>). 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, efecto chimenea.

El principio de la ventilación es simple: el aire fresco del exterior entra en el alojamiento, se mezcla con el existente en el interior, absorbe calor, humedad y elementos en suspensión y sale del local gra-

Tabla II. Resumen de necesidades ambientales de los bovinos

Temperatura	Zona de confort térmico Terneros neonatos: 7-25 °C Terneros 125-30 d: 5-25 °C Adultos: -5-22 °C
Humedad relativa	70-80% (Valor recomendado)
Velocidad del aire en invierno	Adultos: <0,5 m/s Jóvenes 0,2-0,3 m/s
Renovación de aire	Invierno: 0,5 m <sup>3</sup> /kg pv y hora Verano: 1,5 m <sup>3</sup> /kg pv y hora

Fuente: B.T.P., 2001

# [ BOVIS ]

cias a las diversas fuerzas que provocan que el aire se mueva y que explicaremos posteriormente (fig. 1).

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.

## VENTILACIÓN DINÁMICA

En este sistema el aire es introducido o extraído de la nave por ventiladores con un caudal determinado 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 explotaciones lecheras. En ellas el uso de ventiladores (cuando es el caso) se destina a forzar el movimiento y la velocidad del aire para combatir las altas temperaturas

que se dan en algunas épocas en zonas determinadas. En otras palabras, su misión no es renovar el aire sino simplemente moverlo.

## VENTILACIÓN NATURAL

En este sistema el movimiento del aire se produce gracias a fenómenos naturales como son las diferencias de temperatura, de presión o de ambas entre uno y otro lado del alojamiento y entre el exterior y el interior del mismo, dependiendo de las condiciones atmosféricas, el diseño y la orientación del edificio, la existencia de obstáculos en las proximidades del mismo, etc. La presión se debe principalmente a la acción del viento sobre el alojamiento.

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

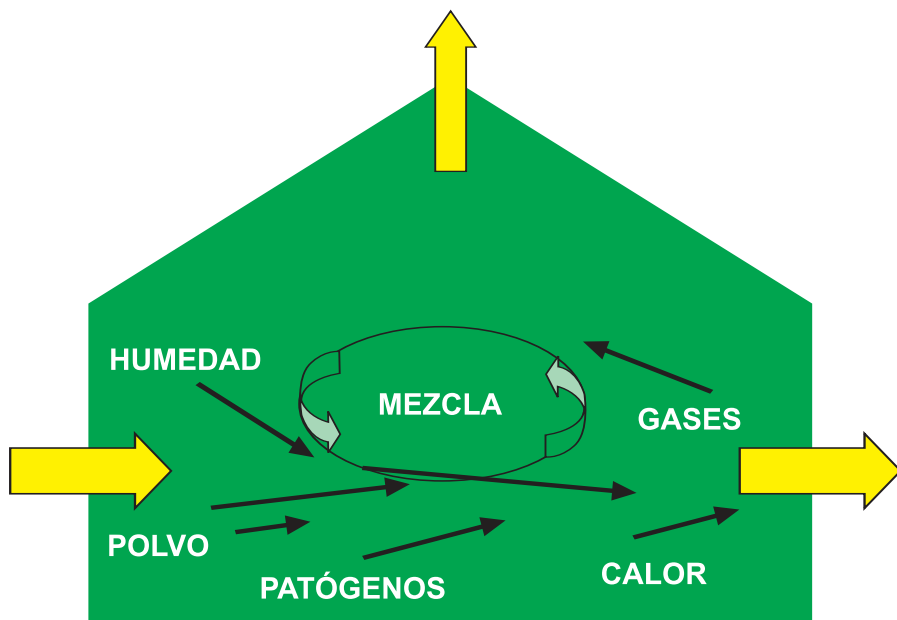


Fig. 1

- La colocación y el 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 con respecto a los vientos dominantes y la velocidad de éstos.
- La altura del edificio.
- La velocidad del aire en el interior del local y la exposición a estas corrientes de aire.

**Efecto chimenea**

Una de las causas del movimiento natural del aire es el conocido como “efecto chimenea” o, por emplear términos más técnicos, el 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 2.

El caudal de aire mediante ventilación natural debido al efecto chimenea puede determinarse a partir de la siguiente ecuación empírica:

$$Q = 2A \sqrt{\frac{g \Delta h (T_i - T_0)}{T_i}} \quad i:$$

**Donde:**

- Q: caudal de aire (m³/s)
- A: sección de entrada o de salida de aire (m²), si ambas son iguales
- G: constante gravitacional (9,8 m/s³)
- Δh: diferencia de altura entre la entrada y la salida del aire (m)
- T<sub>i</sub>: temperatura interior (K)
- T<sub>0</sub>: temperatura exterior (K)

Si las áreas de entrada y salida tienen valores diferentes, el valor de Q se corrige multiplicándolo por el coeficiente obtenido de la figura 3.

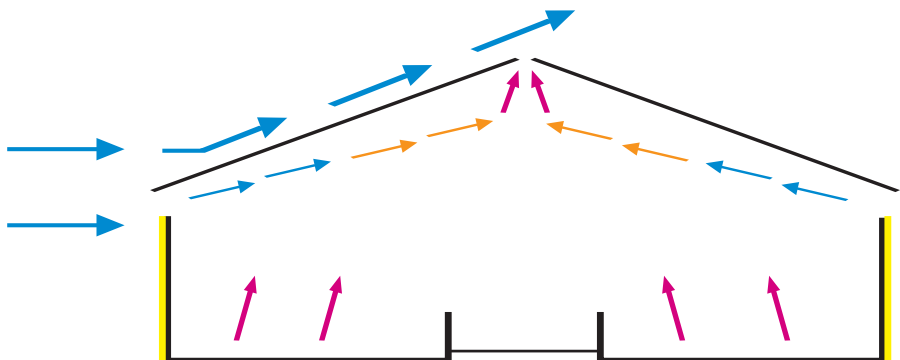


Fig. 2a

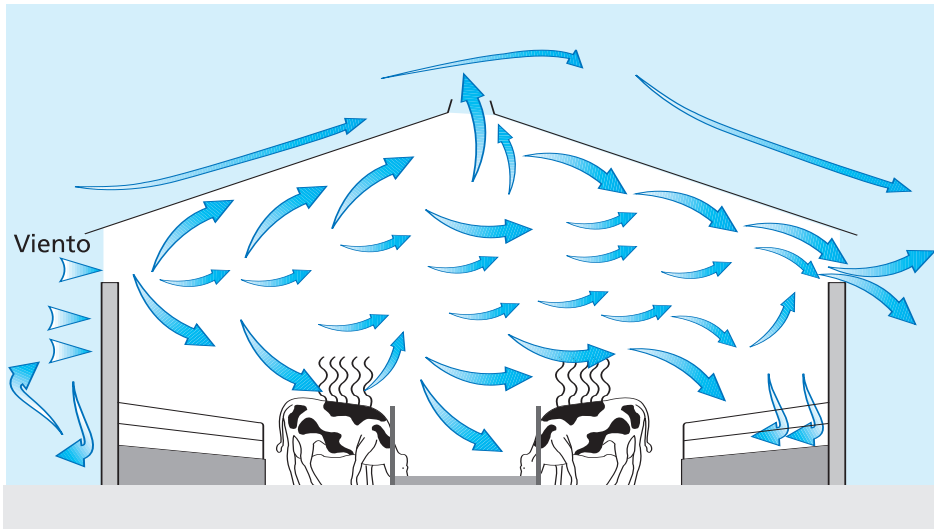


Fig. 2b

De la ecuación se deduce que el efecto chimenea se ve favorecido 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 la diferencia de altura. 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%. En este caso, se puede incrementar la diferencia de altura  $\Delta h$  de forma "artificial", colocando un peto en los laterales de la nave, justo bajo el alero, a lo largo de ella, 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. 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. La figura. 4 muestra una nave de ovejas aparentemente cerrada, pero donde la entrada de aire tiene lugar en los lugares señalados por las flechas, a todo lo largo del edificio.

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

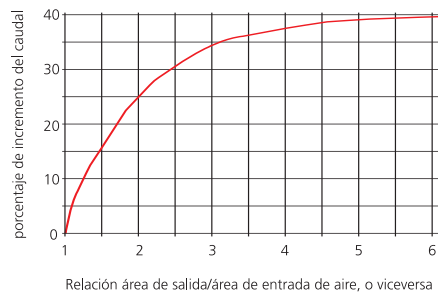


Fig. 3



Fig. 4

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 1 cm de anchura de caballete por cada metro de anchura que tenga la nave, aunque este valor puede quedarse corto en países con veranos calurosos como el nuestro, por lo que recomendamos una anchura mínima de 50 cm de abertura del caballete (fig. 5).

Si esta abertura en la cumbrera está protegida por un tejadillo para evitar la entrada de lluvia o nieve (c) se debe aumentar entre un 25% y un 30%, para compensar la pérdida de eficacia que se produce en la ventilación. La figura 5 muestra diversas posibilidades en el diseño de la cumbrera.

La simple apertura del caballete con unas prolongaciones verticales (b) es la mejor solución. El solapamiento de los faldones de la cubierta (e) es una forma

simple y efectiva de evitar que el agua y la nieve puedan entrar, salvo si el viento sopla en la dirección de la abertura. Esto se puede evitar colocando un deflector vertical (f). En nuestro país, donde los problemas de nieve son muy puntuales y de escasa duración, la solución más habitual es la (c), aceptando que en caso de ventiscas, la nieve entrará en el alojamiento, salvo que se coloque dos deflectores verticales a ambos lados de este tejadillo d). La solución (a) no evita que entre agua y lluvia en el interior, salvo que se coloque un canal para recoger estas precipitaciones (g).

### 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 (fig. 6) y cuanto más similares son las temperaturas externa e interna (como sucede en verano), situación en la que el efecto chimenea tiene escasa importancia.



# [ BOVIS ]

## a) Cumbre abierta



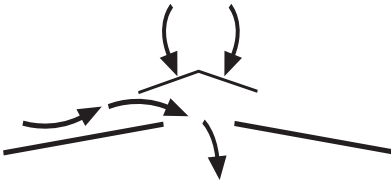
Puede entrar agua y nieve

## b) Deflectores verticales



La lluvia o nieve arrastrada por el viento es desviada por los deflectores, aunque puede caer dentro del establo una pequeña cantidad

## c) Tejadillo



Si no hay viento, las precipitaciones no caen en el interior. Si el viento sopla, puede entrar agua o nieve bajo el tejadillo

## d) Tejadillo con deflectores



Tanto con viento como sin él, el agua o la nieve no penetran en el establo. Deben dimensionarse bien las aberturas para no comprometer la salida de aire

## e) Faldones solapados

Si el viento sopla de este lado, el agua o la nieve se desvían



Si no hay viento, las precipitaciones no entran en el establo

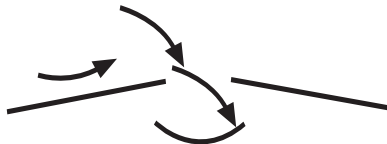
## f) Faldones solapados con deflector

Si el viento sopla de este lado, el agua o la nieve se desvían



Con viento o sin él, las precipitaciones se desvían. Deben dimensionarse bien las aberturas para no comprometer la salida de aire

## g) Canalón interior



El canalón recoge el agua o la nieve que haya podido entrar

Fig. 5a. Distintas disposiciones de la cumbre

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<sup>3</sup>/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 superior a 20° respecto a la perpendicular
- A: superficie de entrada de aire (m<sup>2</sup>).
- V<sub>w</sub>: 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<sub>0</sub>: velocidad del viento a una altura estándar de 10 m (m/s)<sup>1</sup>
- h<sub>x</sub>: altura al centro de la entrada de aire (m)
- h<sub>0</sub>: 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

<sup>1</sup>Consultar la Norma Básica de la edificación NBE-AE-88: Acciones en la Edificación)

De estas dos ecuaciones se deduce cómo la ventilación se ve afectada por factores de construcción y diseño tales como la orientación de los edificios, las superficies de entrada de aire y la altura a la que se disponen, y de 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 cinco a diez veces la altura de dichos “obstáculos”. Por ello, el coeficiente “a” de la última ecuación va aumentando.

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<sub>min</sub>: 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

### CORTINAS CORTAVIENTOS

El lado o lados de la nave de donde soplan vientos fríos suelen construirse parcialmente cerrados. No obstante, debe permitirse la entrada de aire para comprometer el caudal de ventilación. Para evitar corrientes de aire frío a la altura de los animales, la entrada de aire no debe situarse a una altura inferior a 2 m respecto del suelo sobre el que viven los animales; se debe considerar el hecho de que en sistemas de

# [ BOVIS ]

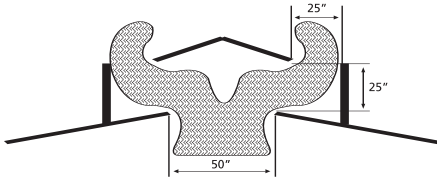


Fig. 5b. Aberturas mínimas del caballete

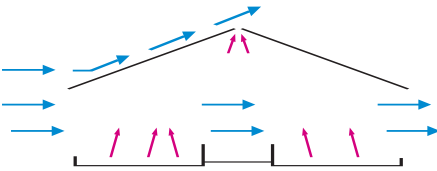


Fig. 6a

cama acumulada el máximo nivel del suelo puede estar entre 0,5 y 1 m sobre el del suelo real de la nave (fig. 7).

Las superficies mínimas de entrada y salida de aire son las que se muestran en la tabla III.

El clima de una gran parte de nuestro país combina inviernos fríos con veranos muy calurosos. En estas circunstancias es preciso encontrar algún sistema que nos proporcione

una gran superficie de entrada de aire en verano y más limitada en invierno, pero respetando los valores mínimos de la (tabla III) y evitando las corrientes de aire frío.

Una buena solución se ha encontrado en la instalación de placas o cortinas cortavientos, sobre todo en los lados de la nave expuestos a vientos fríos. Estos elementos permiten reducir la velocidad del aire que entra (evitando corrientes) sin disminuir la superficie real de entrada de aire y no comprometiendo, así, el caudal mínimo necesario para la ventilación invernal.

Estos cortavientos están fabricados en diversos materiales (plástico, madera, metal) (fig. 8) 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 (tabla III). Por ejemplo, 1 m<sup>2</sup> de superficie libre requiere 2,6 m<sup>2</sup> de cortaviento con un CM de 2,6, o 6 m<sup>2</sup> si CM es igual a 6.

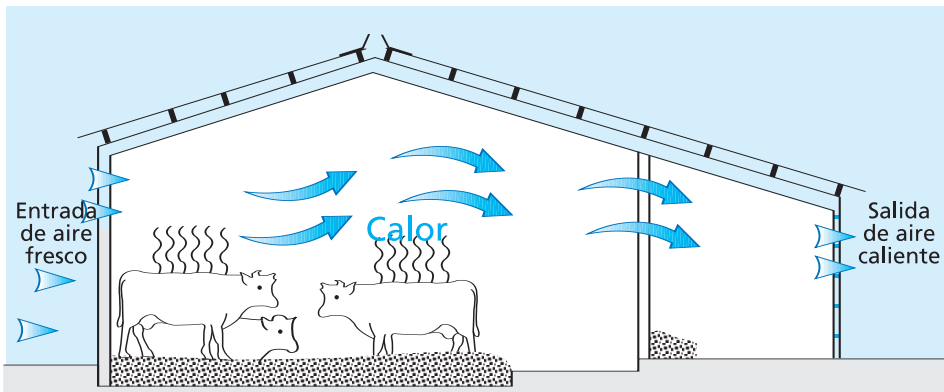


Fig. 6b. Efecto viento



Fig. 7a

En la (fig. 9) se exponen algunos modelos de cortavientos.

Los valores recomendados del coeficiente E figuran en la (tabla IV).

**VOLUMEN DE AIRE ESTÁTICO**

Un detalle importante y a veces ignorado es que para conseguir una adecuada ventilación y para lograr y mantener una



Fig. 7b


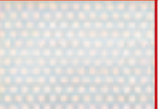


calidad de aire correcta, una nave necesita tener suficiente volumen, lo que se denomina “volumen de aire estático”. La tabla

**Tabla III. Superficies mínimas de entrada y salida de aire**

TIPO DE ANIMAL	Entrada de aire (m <sup>2</sup> /animal)	Salida de aire (m <sup>2</sup> /animal)
Vaca lechera > 7.000 kg	0,3	0,3
Vaca lechera < 7.000 kg	0,24	0,24
Vaca seca		
Novillo < 600 kg		
Novilla 400 kg	0,16	0,16
Novillo joven 350 kg		
Ternera 200 kg	0,04	0,04
Ternero de cría 150 kg		

Fuente: Callejo, 2005

# [ BOVIS ]

Elementos de comparación	Madera	Chapa		Perforado o enrejillado de plástico
		Perforada 	Ranurada 	
Coste sin instalación (€/m <sup>2</sup> )	8 a 11 €	9 a 12 €	13 a 14 €	2 a 11 €
Coefficiente multiplicador CM	4,1 a 9	1,4 a 7,3	7	1,3 a 8,7
Duración	25-30 años	Más de 15 años		10-15 años
Protección contra la lluvia	+á++	--	++	- (variable)
Luminosidad	+	+++	-	++
Ventilación en verano (desmontable)	-	--	--	++ (excepto enrejillado)
Resistencia a factores medioambientales	++	-	+	- (perforado) + (enrejillado)
Facilidad de colocación	+	++	++	-
Integración en el paisaje	++	=	=	=

Puede elegirse el color y material que mejor se integre en el paisaje

Fig. 8

5 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. Como las superficies mínimas por animal son las que son (se hablará de ellas en un próximo capítulo, 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 ve favorecido el efecto chimenea.

La figura 10 muestra un diseño especialmente concebido para una zona muy caluro-

sa (Israel), donde las lamas que forman la cubierta son móviles. Se expone aquí a título de curiosidad, ya que su coste es muy elevado.

## DETECCIÓN DE PROBLEMAS DE VENTILACIÓN

Son diversas las evidencias de que la ventilación de un edificio ganadero no se realiza correctamente. Las sintetizamos así:

- Olor a amoníaco.
- Desarrollo fúngico.
- Camas húmedas.
- Señales de oxidación.
- Condensaciones.

- Animales mojados.
- Distribución heterogénea de los mismos.

La condensación se produce en superficies cuya temperatura es inferior al punto de rocío o punto de condensación para unos valores dados de humedad relativa y temperatura. La única solución es reducir la humedad dentro del edificio aumentando el caudal de ventilación (si se puede) o incrementar la temperatura de la superficie donde se produce la condensación. Para hacerlo, se debe incorporar a esa superficie un aislamiento térmico.

La distribución heterogénea de los animales cuando la mayor parte de éstos no están en el comedero es también un signo muy evidente de que la ventilación presenta deficiencias. Ello conduce a una densidad de ocupación baja en las zonas donde el

ambiente es menos confortable y a acumulación de animales allí donde, en principio, hay un mejor ambiente. En el primer caso, al haber pocos animales, habrá una producción insuficiente de calor y un insuficiente movimiento del aire. El ambiente será frío y húmedo y la sensación de disconfort aumenta. En el segundo, se producirá una excesiva cantidad de vapor de agua y de gases y una mayor densidad microbiana y de riesgos patológicos al ser insuficiente el caudal de ventilación al no estar prevista esta densidad de animales superior. La (fig. 11) es suficientemente elocuente.

### SISTEMA DE VENTILACIÓN “TIPO TÚNEL”

En no pocas ocasiones, los establos de vacas lecheras presentan problemas estructu-

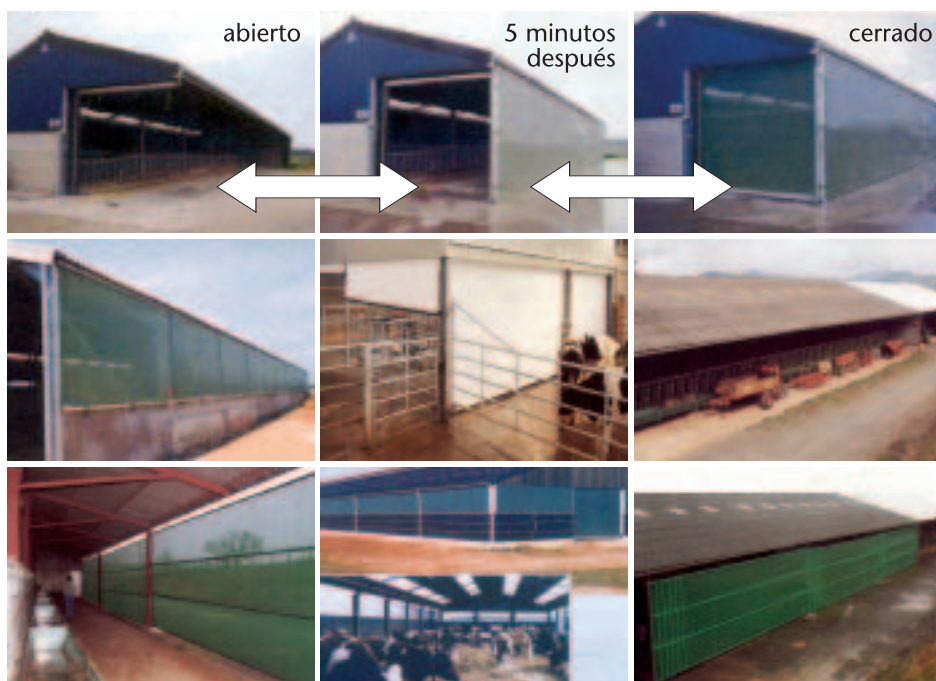


Fig. 9

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

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

1. Por ejemplo, área de reposo a lo largo de la pared
2. Por ejemplo, pasillo de alimentación junto a la pared

Fuente: Callejo, 2005

**Tabla V. Recomendaciones sobre volumen de aire estático**

TIPO DE ANIMAL	Volumen de aire estático mínimo (m <sup>3</sup> )	Volumen de aire estático óptimo (m <sup>3</sup> )
Vaca lechera > 7.000 kg	25	35-40
Vaca lechera < 7.000 kg	20	30-35
Vaca seca		
Novillo < 600 kg		
Novilla 400 kg	12	20-25
Novillo joven 350 kg	9	15-20
Ternera 200 kg		
Ternero de cría 150 kg		

Fuente: Callejo, 1998

rales para lograr, mediante ventilación natural, un adecuado caudal de aire y, por tanto, una correcta renovación del mismo. Estos problemas pueden ser una orientación incorrecta del edificio, la proximidad de otros

alojamientos, accidentes de terreno o masas arbóreas densas, una insuficiente entrada de aire o, simplemente, que la granja se sitúa en una zona donde hay un elevado número de días sin viento en la época calurosa.



Fig. 10

En estas circunstancias no queda otro remedio que contribuir al movimiento del aire mediante la instalación de medios mecánicos que aseguren un caudal suficiente para evitar los problemas derivados de una ventilación deficiente.

El llamado “efecto túnel” es un buen sistema de ventilación para la época de calor, siendo utilizado también en cebaderos de pollos o naves de gallinas ponedoras; en estos casos, normalmente va acompañado de dispositivos adicionales de refrigeración. En este sistema de túnel

se instalan ventiladores en uno de los extremos del edificio, los cuales, al extraer aire, crean en el interior una presión negativa que da lugar a que entre aire por el otro extremo del establo (fig. 12).

En teoría, para aprovechar todo el potencial del sistema sólo podría entrar aire por el lugar citado, estando cerrados el resto de paramentos (fachadas y techo). Sin embargo, el sistema tiene ciertas limitaciones:

- No es un sistema adecuado para periodos no calurosos dada la velocidad del aire que se logra. La reducción del caudal por un menor régimen de giro de los ventiladores o el funcionamiento de un menor número de ellos tampoco supone una solución válida, pues podría comprometerse la renovación del aire necesario. Al fin y al cabo, lo que logra el efecto túnel es, manteniendo el caudal de aire necesario, aumentar su velocidad gracias a que circula por una sección del edificio que es más pequeña\*.
- La longitud del establo. Según el aire se va desplazando a lo largo de la nave su nivel de polución va aumentando. Por ello, podría ponerse en duda la calidad del aire que rodea a los animales situados



Fig. 11



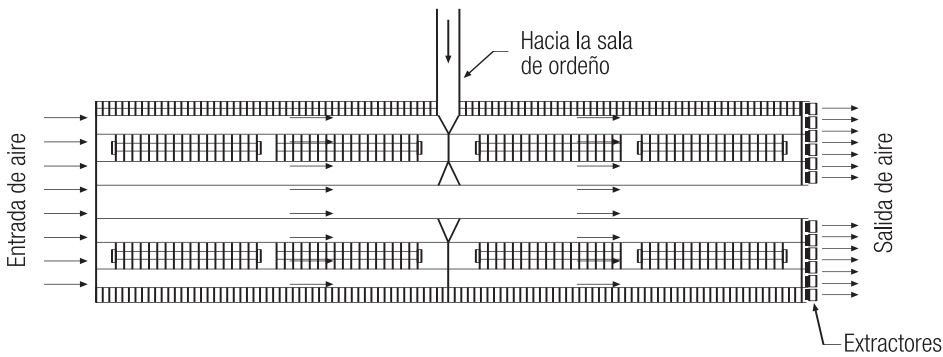


Fig. 12

en el extremo opuesto a la entrada de aire fresco. No obstante, no hay datos ni suficientes ni concluyentes al respecto. Algunos de ellos muestran que el gradiente de temperatura y de humedad relativa entre la entrada y la salida de aire en un establo de 180 m de longitud son insignificantes.

- La velocidad del aire es máxima en la zona más cercana a los extractores. Cabe preguntarse si, en edificios muy largos, la “pérdida de carga” que experimenta todo fluido a lo largo de una conducción puede dar lugar a una velocidad inadecuada, por exceso o defecto, en determinadas zonas del establo.

### Diseño del sistema “túnel de refrigeración”

Consta de dos etapas:

#### *Determinar la capacidad de los extractores*

Un sistema túnel de ventilación bien diseñado debe lograr dos objetivos fundamentales: una adecuada velocidad del aire en la época de calor y una renovación del aire suficiente. La experiencia muestra que satisfaciendo el primero de ellos se

logra el segundo, por lo que será el criterio que guíe el diseño del sistema.

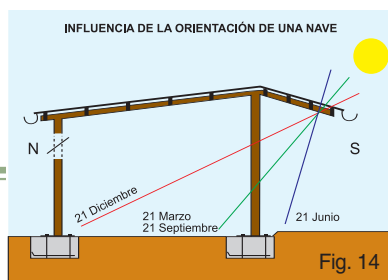
La capacidad total de extracción de aire debe dimensionarse para alcanzar el objetivo de una velocidad de 2-3 m/s en el interior del establo. Estos valores han mostrado su efecto beneficioso en condiciones de estrés por calor. Si se multiplica este valor (m/s) por la sección transversal del edificio ( $m^2$ ) obtendremos el caudal ( $m^3/s$ ) de aire que deben mover los extractores.

#### *Determinar la superficie de entrada de aire*

La superficie total de las entradas de aire debe garantizar que pueda entrar en el establo la cantidad de aire que es extraída por los ventiladores situados en el otro extremo y sin obstáculos o resistencias derivadas de fricciones o turbulencias. Éstas crearían una mayor presión estática y disminuiría la capacidad efectiva de los extractores. Se debe prever  $1 m^2$  de superficie de entrada por cada  $120 m^3/h$  de aire, tratando de no sobrepasar la cifra de  $200 m^3/h$ . En la práctica, ésta se suele alcanzar dejando completamente abierto el hastial opuesto al que se colocan los ventiladores.

## RESUMEN

En la tabla resumimos los datos más importantes referentes a la ventilación:



### Adecuada orientación del edificio

- Construir el edificio perpendicularmente ( $\pm 20^\circ$ ) respecto a los vientos dominantes.
- La orientación Este-Oeste favorece el sombreado del edificio en verano.
- Mínima entrada de sol en el interior (fig. 14).

### Separación adecuada

- 15 m como mínimo de obstáculos que puedan bloquear el movimiento del aire edificios, árboles, silos, etc.
- 25 m es preferible para permitir la maniobras de vehículos.
- La formación de cortavientos naturales puede incrementar la distancia necesaria.

### Altura del edificio: mínimo de 4 m en alero

- Proporciona volumen.
- Aleja la cumbre (zona más caliente) del animal.
- Permite una mayor superficie de entrada de aire.
- Altura de las entradas de aire: 2 m.

### Posibilidad de abrir las fachadas y los hastiales

- Instalación de cortavientos en invierno.
- Desmontaje de los mismos en verano.
- Permitir en verano la entrada de aire a la altura de los animales.
- Apertura de cumbre: 50 cm como mínimo.

Fuente: Callejo, 1998

## BIBLIOGRAFÍA

1. Bureau Technique du Production Laitière. *Le logement du troupeau laitier*. Ed. France Agricole, 2001.
2. Callejo, A. *Valoración de explotaciones ganaderas. Buenas prácticas*. Curso para Peritos Tasadores de Agroseguro, S.A. (multicopiado), 2005.
3. Gooch, C.A. *Providing a cow-confortable environmental*. Proceedings of "Building Freestall Barns and Milking

# [ BOVIS ]

- Centers: Methods and Materials”. 2003.p. Camp Hill, Pennsylvania. EE.UU. 319-30.
4. Hellickson MA. *Natural ventilation*. En: “Ventilation of agricultural structures”. 1983.p. ASAE. 81-100.
  5. Hellickson MA. *Ventilation of agricultural structures: Introduction*. 1983.p. ASAE. 372.
  6. Janni K.A. *Environmental quality in dairy housing*. Proceedings of Minnesota Dairy Health Conference, 1997.
  7. López J. *Manual de ventilación*. Documentación técnica de Trouw Ibérica, s.a. (multicopiado), 1993.
  8. McFarland DF. *Nutritional interactions related to dairy shelter design*.
  9. Western Canadian Dairy Seminar, 2003.
  10. Tyson JT. *Natural ventilation construction considerations*