



CLIMATIZACIÓN DE EDIFICIOS GANADEROS

Función principal

- El conjunto de elementos que componen la instalación de climatización tienen como función la de conseguir en el interior del edificio un ambiente óptimo, con una atmósfera apropiada para el buen desarrollo de los animales y favorable para su estado sanitario.
- El diseño de la instalación, que permite crear un microclima apropiado en el interior del edificio, está condicionado por el clima regional, las propias características del edificio y los animales que lo ocupan.
- Facilitar el intercambio de la atmósfera del interior de edificio con el exterior, tomando en consideración que los animales desprenden calor y vapor de agua, además de producirse por las deyecciones animales otros gases como amoníaco, sulfuros de hidrógeno y metano. Las emisiones dependen de la especie animal, de su concentración, de su peso, del tipo de alimentación, etc.

Datos base de la climatización. Hay que considerar:

- Los factores físicos, como son la temperatura, la humedad relativa del aire, la luminosidad y la velocidad del aire sobre los animales (especialmente en verano).
- Los factores ligados al animal, considerando su producción de calor, la densidad de población y el contenido de gases nocivos.
- Los factores ligados al medio, como el clima y el aislamiento del edificio.

Descripción general

Recomendaciones prácticas para el diseño de las instalaciones:

Factores físicos:

- **La temperatura ambiente** es la que tiene una incidencia mayor sobre el comportamiento de los animales; tiene acción preponderante sobre el crecimiento y el consumo de alimentos, y está directamente relacionada con el peso de los animales. La acción de la temperatura se acentúa por la turbulencia del aire, especialmente cuando la temperatura es baja. Hay un intervalo de temperaturas más favorable que depende de cada especie animal y cada tipo de producción.
- **La humedad relativa del aire** indica la capacidad del aire para absorber el vapor de agua desprendido por los animales; está ligada a la temperatura y al contenido de agua en el aire. La pérdida de calor de los animales por evaporación y transpiración depende de la capacidad del aire para recibir el agua que el animal libera en forma de vapor; esto dificulta la fijación de niveles óptimos de humedad relativa, y solo se fija un intervalo de valores siempre vinculados a la temperatura ambiente. Para temperaturas entre 10 y 25 °C se admiten valores de humedad relativa entre el 60 y el 80%.
- **La velocidad del aire** recomendada a nivel de los animales no se puede definir de forma precisa; la velocidad del aire y su turbulencia acentúan el efecto de la temperatura, por lo que hay que controlarla especialmente en tiempo frío. Se recomienda que no supere los 0.25 m/s en invierno; en tiempo caluroso, especialmente en terneros en cebo, una mayor velocidad del aire mejora el bienestar animal con buena salud. Se puede aumentar la velocidad del aire de ventilación cuando lo hace el tamaño de los animales.
- **La luminosidad**, salvo en el caso de las aves, no suele ser demasiado importante; se recomienda que las entradas de luz se correspondan con el 1/20 a 1/30 de la superficie cubierta.

Factores relacionados con los animales:

- **La producción de calor** es una consecuencia de la actividad fisiológica del animal y ofrece una influencia considerable sobre el ambiente. Los animales liberan calor (calor sensible) y vapor de agua (calor latente). El calor latente se produce con la respiración, mientras que el calor sensible se produce por toda la superficie del cuerpo, variando ambas magnitudes en sentido inverso. Cuando el animal goza de buena salud, la proporción entre ambos se mantiene bastante constante. La producción de calor sensible aumenta con el crecimiento del animal en función de la temperatura, de la humedad relativa, de la cantidad y de la calidad de los alimentos ingeridos (valor energético) y como consecuencia del aumento diario de peso, que tiene una influencia preponderante.



Plataforma de conocimiento para el medio rural y pesquero

© Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino 2010

- **La densidad de población** intensifica la influencia del animal. El criterio utilizado para establecer la concentración máxima admisible es el movimiento de los animales fuera del periodo de la comida.
- **El contenido de gases nocivos**, especialmente el exceso de anhídrido carbónico (CO₂), amoníaco (NH₃) y sulfuro de hidrógeno (H₂S), tiene repercusión en el comportamiento de los animales. El exceso de CO₂ obliga al animal a acelerar su ritmo respiratorio; el amoníaco, en una concentración superior al 0.4%, produce la excitación de las mucosas respiratorias; el H₂S es perceptible por su olor en concentración en el aire por encima del 0.002%. La concentración de gases nocivos no debe constituir un problema si la ventilación está bien calculada, ya que la renovación del aire que se necesita es muy inferior a la que se exige para controlar la temperatura y el vapor de agua.
- **La contaminación de aire** por partículas pulverulentas es importante en los edificios ganaderos intensivos; el tipo de alimento, el sistema de alimentación, el sistema de ventilación, el tipo cama y las características del edificio influyen en los niveles de contaminación por partículas pulverulentas. El contenido de polvo y la dimensión de las partículas está relacionado con las características de las partículas sobre la superficie y especialmente en el suelo. El movimiento de estas partículas depende del movimiento de los animales y de la turbulencia del aire de ventilación. Pueden constituir un riesgo para la salud del hombre y de los animales irritando su aparato respiratorio. Las instalaciones de ganadería intensiva resultan afectadas por la presencia en el polvo de microorganismos patógenos. La virulencia de estos organismos se puede reducir por la exposición al oxígeno, a la luz solar y modificando la temperatura y la humedad del aire. La humedad relativa y las temperaturas elevadas son condiciones favorables, pero están limitadas por el bienestar animal. La ventilación no debe producir un efecto que eleve el polvo a la altura de las cabezas de los animales.

Factores relacionados con el medio:

- **El edificio** debe ayudar a mantener un ambiente adecuado para los animales, facilitando la distribución de alimentos y la retirada de deyecciones con bajas necesidades de mano de obra. Durante mucho tiempo el diseño de estas instalaciones se ha basado en el empirismo considerando las condiciones climáticas de la región, utilizando materiales aislantes y diferentes niveles de ventilación, con aportes eventuales de calor en invierno y refrigeración en verano.
- **Aislamiento del edificio** atenúa los efectos de variación de la temperatura entre el exterior y el interior, ayudando a economizar energía si se necesita calentamiento o refrigeración. El grado de aislamiento se define por dos coeficientes, el de conductividad térmica, que es la cantidad de calor transmitido en una hora a través del material con 1 m de espesor y con 1 °C de diferencia de temperatura entre interior y exterior, y el coeficiente de transmisión térmica, que es la cantidad de calor transmitida en condiciones similares, cuando además actúan la convección y la radiación sobre las paredes. En el cálculo de las pérdidas de calor se deben considerar la superficie de las paredes y del techo. La forma y orientación de los edificios modifican el balance de calor entre el interior y el exterior.

Tipologías

Técnicas de climatización:

La climatización de los edificios ganaderos se realiza esencialmente por ventilación, que puede ser natural o artificial.

- **La ventilación natural o estática** se basa en las leyes naturales (diferencia de temperaturas, corrientes de convección, velocidad y dirección del viento, utilizando entradas y salidas de aire en las paredes y en el techo). Cuando se basa en condiciones naturales es irregular y depende de las condiciones climáticas. Cuando la diferencia de temperaturas entre el aire interior y el exterior es baja (2 a 3 °C) se crea una circulación de aire reducida; cuando la diferencia de temperaturas es alta (10 a 15 °C) el movimiento del aire es intenso y hay que controlarlo con compuertas. El sistema de ventilación natural no se utiliza en instalaciones para manejo intensivo por su comportamiento aleatorio; es adecuado para instalaciones con grandes volúmenes de aire por cabeza. Resulta esencial situar las chimeneas y ventanas para aprovechar la orientación del edificio y los vientos dominantes y de acuerdo con el microclima de la región.



Plataforma de conocimiento para el medio rural y pesquero

© Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino 2010

- **La ventilación artificial o dinámica** permite ajustar las condiciones interiores con independencia de las condiciones climáticas. Se realiza utilizando ventiladores de baja presión del tipo helicoidal y calefacción de apoyo en invierno. Permite realizar una regulación completamente automática, pero requiere mayores inversiones, que deben amortizarse con las mejoras en la producción ganadera. Para el verano la ventilación artificial debe mantener una temperatura y humedad relativa interior en el intervalo de valores recomendados; se puede utilizar la evaporación y condensación de agua para modificar la temperatura del aire renovado. Utilizando la bomba de calor se puede optimizar la temperatura, pero esto implica unos costes de funcionamiento que no suelen ser compensados.

Ventiladores:

- Permiten modificar el caudal de aire variando su velocidad de rotación, modificando el régimen de giro del motor que lo acciona. Cada tipo de ventilador dispone de sus curvas características en función del régimen de giro, que se puede modificar con variadores de la tensión que alimenta el motor que lo acciona. Pueden actuar según dos principios: la depresión (extractores) o la sobre-presión de aire, con o sin reciclado del aire. Cualquiera de los sistemas da buenos resultados, siempre que la instalación esté bien calculada y construida; el ganadero debe ajustarlos en función de las condiciones ambientales.

Sistemas pasivos de calefacción y refrigeración de edificios:

- Diseñar los edificios de forma que permitan rechazar la radiación solar en verano y aprovecharla en invierno.
- Utilizar los muros del edificio como masas para el almacenamiento de calor.
- Aprovechar los cambios de temperatura entre el día y la noche, utilizando en verano el efecto de radiación nocturna como fuente de refrigeración.

Condiciones de utilización y prestaciones

Condiciones ambientales:

Temperaturas y humedades recomendadas en el interior

	Temperatura (°C)		Humedad relativa (%)	
	Crítica inf.	Recomendadas (*)	Límite	Favorable
Vacas lecheras	1	16 -- 10	80	70 - 80
Bueyes engorde	-5		80	70 - 80
Becerras				
hasta 3 semanas	13	27 -- 20	75	65 - 75
más de 3 semanas	-10	20 -- 13	80	70 - 80
Cochinillos				
antes de destete	21	27 -- 23	75	60 - 70
después del destete	18	24 -- 21	80	65 - 75
Cerdas en lactación	10	15	80	70 - 75
Cerdos en cebo	12	21 -- 16	80	70 - 80
Corderos	10	13 -- 12	70	60 - 65
Polluelos				
de un día	30	35	90	70 - 80
1-2 semanas	27	31	85	65 - 75
2-3 semanas	24	27	85	65 - 75
3-4 semanas	20	22	85	65 - 75
4-7 semanas	14	22 -- 18	80	65 - 75
>7 semanas	13	19 -- 15	75	60 - 70
Gallinas ponedoras	7	16 -- 10	70	60 - 65

(*) Principio y fin del ciclo



Calor sensible y agua liberados por diferentes especies animales

Becerras (kg)	50	80	100	120	150	180	220
kcal/hora	85	100	115	140	150	170	190
g/hora	90	120	125	150	180	200	230
Cerdos en cebo (kg)	15	30	60	90	110		
kcal/hora	30	55	85	105	140		
g/hora	40	70	110	145	185		
Polluelos (kg)	4.5	14	23	35			
kcal/hora	9	32	47	58			
g/hora	22	43	60	77			

Contenido admisible en gases nocivos

	en volumen (%)
Anhídrido carbónico (CO₂)	0.35
Amoniaco (NH₃)	0.01
Sulfuro de hidrógeno (H₂S)	0.002

Datos técnicos de la ventilación-calefacción:

- **El caudal de ventilación** se calcula a partir de la cantidad de agua que se debe eliminar para mantener la humedad relativa recomendada. El contenido de humedad del aire en forma de vapor de agua es variable y limitado en función de la temperatura. El animal libera una cierta cantidad de agua en forma de vapor, por lo que el vapor que sale del edificio será igual a la suma del contenido en el aire que entra y el producido por los animales. Para calcular las cantidades de agua que contiene el aire en función de la temperatura se puede utilizar el diagrama de Mollier para el aire húmedo, que se expresan en g por kg de aire seco; en las regiones templadas y a baja altitud, 1 m³ de aire pesa 1.2 kg. El caudal de aire que llega del exterior en función del tipo de animal deberá ser D (m³/h y cabeza), por lo que la entrada de agua en forma de vapor será 1.2 x D x We, siendo We el contenido de agua del aire en el aire que entra (diagrama de Mollier) que vendrá expresado en g/kg. Designado con W la cantidad de vapor de agua (g) que produce el animal y Wi la cantidad de vapor de agua contenida en el aire que sale del edificio, en las condiciones fijadas de temperatura y humedad relativa (según el tipo de animal), se debe cumplir la relación: $1.2 \times D \times We + W = 1.2 \times D \times Wi$, por lo que el caudal de entrada para conseguir un equilibrio hídrico será: **$D [m^3/h \text{ y animal}] = W / (1.2 \times (Wi - We))$**
- **El intercambio de calor** hay que tomarlo en consideración para corregir el caudal de ventilación anteriormente calculado. El aire procedente del exterior (te) se calienta para alcanzar una determinada temperatura (ti), y el animal aporta una cantidad de calor (Qa). Se necesitan 0.29 kcal para aumentar un grado la temperatura de 1 m³ de aire; por otra parte, el edificio pierde calor, con lo que la ecuación de equilibrio toma la forma de: $Qc = (0.29 \times D + Ga) \times (ti - te) - Qa$, en la que Qc es la cantidad de calor aportado (kcal/h y animal), Ga es el coeficiente global de pérdida de calor en el edificio, Qa la cantidad de calor producida por el animal (kcal/h y animal), y ti y te las temperaturas del aire interior y exterior respectivamente. Si no hay aporte de calor (Qc = 0) la expresión matemática se simplifica, y el caudal de aire necesario será: $D = Qa - Ga \times (ti - te) / (0.29 \times (ti - te))$. En ventilación dinámica simple (sin aporte de calor) la elección entre el caudal de equilibrio hidráulico y el equilibrio térmico va a favor de este último, al menos en el límite de las posibilidades de los ventiladores; cuando la temperatura exterior se aproxima a la interior D tendería a infinito, por lo que nunca se podría suministrar este caudal.
- **Valores prácticos:** el máximo caudal recomendado pueden limitarse a 350 m³/h por animal, siendo el valor mínimo de arranque de los ventiladores el que permita asegurar un caudal de 5 m³/h. Como referencia se pueden utilizar los valores de la siguiente tabla:

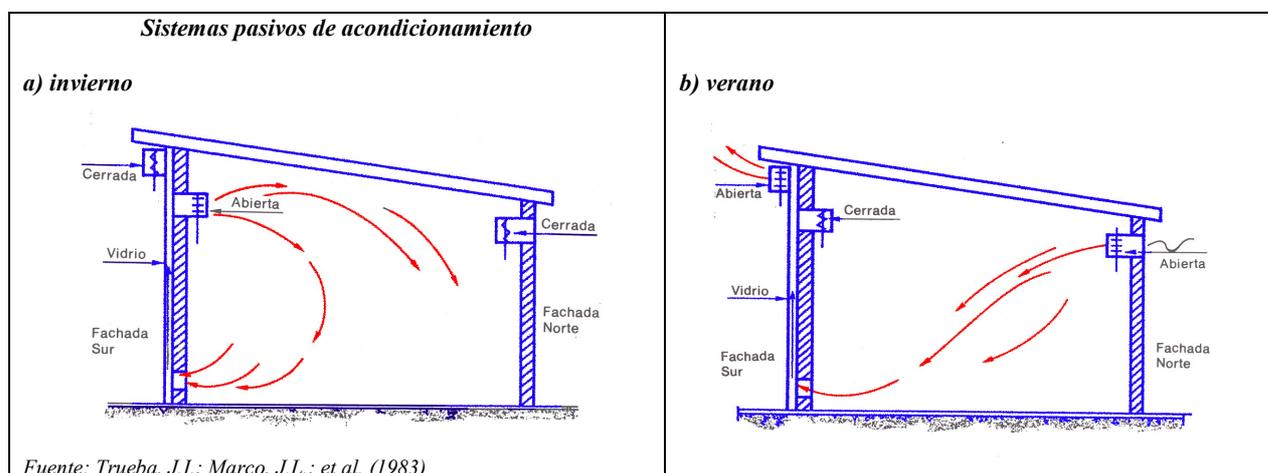


Plataforma de conocimiento para el medio rural y pesquero

© Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino 2010

	Caudal (m ³ /h y animal)
Cerdos	
engorde	100 a 150
reproductor adulto	150 a 200
cerdas	150 a 200
Bovinos	
terneros	60 a 80
adultos	250 a 350
vacas lecheras	200 a 250
Ovino	80
Aves	
gallinas ponedoras	14 a 20

Figuras y esquemas



Saber más

[García-Vaquero Vaquero, E., Refrigeración evaporativa en alojamientos ganaderos. Mundo ganadero, 1996, 78:60-62](#)

[Arnó, J.; Babot Gaspa, D.; Puigdomènech Franquesa, L.; Rosell, J.R.; Sanz, R. Ventilación forzada en alojamientos ganaderos.](#)

[Collel, M.; Marco, E. ventilación forzada en porcino \(I\): problema multifactorial. Mundo ganadero, 2007, 196:108-112](#)

[Babot Gaspa, D.; Puigdomènech Franquesa, L. Acondicionamiento de alojamientos ganaderos. Mundo ganadero, 2000, 120:60-62](#)

[Collel, M.; Marco, E. Ventilación forzada en porcino \(y II\). Mundo ganadero, 2007, 197:54-56](#)