

## Ahorro y Eficiencia Energética en Instalaciones Ganaderas

F. Monedero Gómez\*

La ganadería intensiva, principalmente porcino y avicultura, está inmersa en una continua evolución motivada, por un lado, por la aplicación de nuevas normativas sanitarias y de protección del medio ambiente, y por otro, por la propia reestructuración del sector para adaptarse a niveles de competencia que les permita participar en el mercado actual.

Además, en estos últimos años ha aparecido un nuevo problema: el mercado laboral disponible. Es un hecho patente, la dificultad que tiene el sector para encontrar personal, con o sin experiencia, que quiera trabajar en las explotaciones ganaderas y que ofrezca continuidad.



explotaciones de mayor dimensión y más automatizadas, es un buen momento para reflexionar y proponer medidas técnicas de diseño, así como recomendaciones prácticas de manejo de las naves, que susciten a la utilización racional de la energía, al ahorro y a la mejora de la eficiencia energética.

En este artículo, primero describimos

en su interior. El control del ambiente mejora el bienestar de los animales y contribuye a alcanzar los objetivos productivos de la explotación.

Los sistemas de calefacción y refrigeración se usan para controlar la temperatura interior en los alojamientos ganaderos. Su objetivo es el de alcanzar, en la medida de lo posible, las temperaturas óptimas de producción.

### Es un buen momento para reflexionar y proponer medidas que susciten a la utilización racional de la energía, al ahorro y a la mejora de la eficiencia energética

Hacer más competitivas las explotaciones, ofertar a la sociedad un trabajo en condiciones laborales equiparables a otros sectores y suplir la carencia de mano de obra disponible, está obligando a las explotaciones a dotarse de mayores niveles de mecanización y automatización.

En este contexto, y teniendo en cuenta que esta reconversión tiene una tendencia a concentrar más la producción en

la situación actual de las necesidades energéticas del sector para posteriormente proponer unas medidas concretas que mejoren el ahorro y la eficiencia energética del mismo.

#### Necesidades energéticas

La demanda energética de una instalación ganadera está íntimamente ligada a mantener unas condiciones ambientales adecuadas para los animales

En la actualidad, en el sector avícola está muy extendido el uso en naves ganaderas, de técnicas constructivas y de climatización eficientes debido a que sus parámetros productivos son muy sensibles a las variaciones ambientales. En la mayoría de las explotaciones avícolas se utilizan desarrolladas tecnologías de aislamiento y climatización.

Debido a las características productivas del sector porcino, las medidas de climatización y aislamiento no están tan

Categoría animal	Temperatura ideal (°C)
Gallinas de puesta	16
Pollo de engorde	24
Gestación - cubrición	15
Cerdas lactantes	17
Lechones	22
Cerdos de cebo	18

\*Dpto. Servicios y Agricultura, IDAE

extendidas. La respuesta de los animales ante variaciones ambientales y de temperatura se caracteriza por una mayor elasticidad. Por este motivo, los aislamientos y sistemas de climatización utilizados en la práctica no son tan sofisticados como los empleados en explotaciones avícolas.

A la hora de determinar las necesidades de calefacción o refrigeración de los animales (Qc) el sistema aislante empleado es muy importante, ya que determina el calor transmitido que se pierde o se gana a través de los elementos constructivos del alojamiento (Qt). Representa un factor determinante en el resultado final, pero su influencia no ha de ser considerada de modo independiente. Es importante recordar, que el equilibrio térmico en el alojamiento depende también de otros factores como son el calor suministrado por los propios animales (Qs) y la necesidad de calentar o enfriar el aire que entra a través de los sistemas de ventilación (Qv).

Categoría animal	Qs (kcal/h.cabeza)
Gallinas de puesta	9
Pollo de engorde	6
Gestación - cubrición (cerdas-verracos)	115
Cerdas lactantes	200
Lechones	45
Cerdos de cebo	97,5

Categoría animal	Ventilación (m <sup>3</sup> /h.cabeza)		
	Invierno	Primavera /Otoño	Verano
Aves	1,4	3,7	6
Gestación-cubrición	50	125	200
Cerdas lactantes	75	212,5	350
Lechones	12	36	60
Cerdos de cebo	29	77	125

Las necesidades de calefacción o refrigeración (Qc) se calculan en base a la siguiente ecuación de equilibrio térmico en un alojamiento ganadero:

$$Q_s + Q_c = Q_v + Q_t$$

Un valor de Qc positivo implica necesidades de calefacción, uno negativo representa necesidad de refrigeración.

Como norma general, en alojamientos que dispongan de adecuados sistemas de aislamiento, el calor suministrado por la calefacción o refrigeración, será retenido mejor en su interior debido a que el intercambio de calor con el exterior a través de los cerramientos será mínimo.

### Medidas para la mejora de la eficiencia energética

#### 1. Aislamiento

El aislamiento de los edificios ganaderos es una necesidad que está justificada por las siguientes razones:

- **Ahorro de energía:** Hay que vigilar y regular correctamente los sistemas de control ambientales que tengamos instalados, pero, para que esta práctica sea realmente eficaz, es imprescindible comenzar por aislar correctamente todos los elementos que forman parte de estas naves.

Una nave bien aislada contribuirá a reducir las pérdidas de calor en tiempo frío, las ganancias de calor en época calurosa y a optimizar el rendimiento de las instalaciones de climatización: calefacción, refrigeración y ventilación, reduciéndose el gasto energético y alargando su vida útil.

- **Mejora del confort del ganado:** Los alojamientos deberán favorecer el establecimiento de las condiciones más favorables de confort, que aporten al ganado un nivel de bienestar suficiente para permitir la expresión de su máximo potencial productivo, con el mínimo aporte de energía a través de los sistemas de climatización: calefacción, refrigeración y ventilación.

### Medidas para la mejora de la eficiencia energética

Para contribuir a la mejora de la eficiencia energética, deberán considerarse una serie de factores directamente implicados:

- las condiciones climáticas de la región.
- las particularidades locales de la zona.
- las necesidades de ambiente en el interior de los alojamientos según especie, edad y estado fisiológico del ganado.
- la relación coste-eficacia de las inversiones en los elementos y máquinas que conforman la instalación ganadera.

Las recomendaciones para dicha mejora estarán basadas en una combinación de normas de construcción y equipamiento de las granjas: materiales de construcción, aislamientos, ventilación, calefacción e iluminación principalmente, de tal forma que se pueda garantizar un funcionamiento integrado de los diferentes sistemas sin que el funcionamiento de alguno de ellos suponga un derroche de energía.

Los **aspectos básicos** sobre los que se incide y que se consideran más importantes para contribuir al **ahorro y eficiencia energética**, son los siguientes:

1. Aislamiento adecuado de los edificios.
2. Regulación correcta de los equipos de climatización de las naves.
3. Iluminación eficiente.
4. Estanqueidad de las naves.
5. Revisión y mantenimiento de los equipos.
6. Implantación de barreras vegetales cortavientos.
7. Medidas de ahorro y eficiencia energética específicas del sector lácteo.

- **Mejora de la conservación de los edificios:** Los edificios ganaderos mal aislados y con sistemas de climatización deficientes, favorecen la presencia de altas con-

centraciones de diferentes gases producidos por el ganado y sus deyecciones (amoníaco, vapor de agua, dióxido de carbono, ácido sulfhídrico, etc.), proporcionando un ambiente agresivo para los elementos que forman parte del edificio y un medio de vida nocivo para el ganadero y el ganado.



# ahorro energético

Todos los materiales son más o menos aislantes pero se llaman aislantes térmicos a aquellos que tienen la característica de ofrecer una mayor resistencia al paso de calor entre dos ambientes sometidos a diferentes temperaturas, es decir, aquellos cuya "conductividad térmica" es igual o inferior a 0,15 kcal/m h °C.

En el diseño de una nave ganadera, se deben elegir los materiales que van a intervenir en cada uno de sus cerramientos, considerado en todos ellos: el espesor del material, su coeficiente de con-

sultado del cálculo de la media ponderada de los coeficientes de todos los cerramientos que envuelven el edificio. Este  $K_G$  es el valor que nos aporta la información del nivel de aislamiento efectivo de un edificio, ya que, como ocurre en muchos casos, se hacen esfuerzos importantes en aislar ciertas zonas, quedando otras muy desprotegidas, obteniendo una  $K_G$  del edificio insuficiente.

Los valores de **aislamiento recomendado** en su diseño y construcción son:

K (kcal/m <sup>2</sup> h °C) en instalaciones de GANADO PORCINO					
Tipo de suelo	Local	Cubierta		Paredes	
		Clima templado	Clima frío	Clima templado	Clima frío
		5 °C	-15 °C	5 °C	-15 °C
Cama de paja	Paritorios				
	Transición				
	Engorde	0,85	0,55	1,00/1,30	0,70
Reproductoras	Paritorios				
	Transición	0,45	0,30	0,65	0,55
	Engorde	0,70	0,45	0,85	0,60
Emparrillado parcial	Paritorios				
	Transición	0,35	0,30	0,50	0,40
	Engorde	0,50	0,35	0,65	0,50
Emparrillado total	Paritorios				
	Transición				
	Engorde				
	Reproductoras				

**Por la pérdida de 1 kcal en la nave "Bien aislada" se pierden 2,3 kcal en la nave "Mal aislada"**

ductividad térmica "λ" y la resistencia térmica superficial de las capas de aire en contacto con el material: 1/h. Con estos parámetros, se calcula el coeficiente "K" (kcal/m<sup>2</sup> h °C) o coeficiente de transmisión térmica de cada uno de los diferentes cerramientos.

El nivel de aislamiento global de un edificio definido por su coeficiente de transmisión térmica global ( $K_G$ ), es el re-

## K (kcal/m<sup>2</sup> h °C) en NAVES AVÍCOLAS

SUELO	0,52
CUBIERTA	0,52
PAREDES	0,30

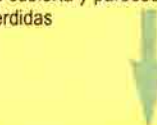
## Ejemplo de las pérdidas energéticas con diferentes aislamientos:

Para realizar este ejemplo tomamos una nave tipo de 14 x 15 metros de planta y 2,50 m de altura y realizamos el cálculo de su coeficiente de transmisión térmica global ( $K_G$ ) con dos tipos diferentes de aislamiento que llamaremos: Nave I "Mal aislada" y Nave II "Bien aislada".

Calculamos el coeficiente de transmisión térmica de cada uno de los diferentes cerramientos:

K (kcal/m <sup>2</sup> h °C) de cada cerramiento				
Cerramiento*	Nave I "Mal aislada"		Nave II "Bien aislada"	
	Material	K	Material	K
Cubierta	Fibrocemento Granonda + 2,5 cm aislante	0,69	Fibrocemento Granonda + 5 cm aislante	0,37
	Bloque hueco hormigón 20 cm	1,65	Bloque hueco hormigón 20 cm	0,52
Ventanas	Placa poliester de 5 mm	4,44	PVC con vidrio doble 4-8-4	2,8

\* Sólo se consideran las pérdidas por transmisión a través de la cubierta y paredes, que suponen más del 80% de las pérdidas



K (kcal/m <sup>2</sup> h °C) de cada nave tipo			
Ejemplo	m <sup>2</sup>	Nave I "Mal aislada" K <sub>G</sub>	Nave II "Bien aislada" K <sub>G</sub>
Cubierta	730		
Paredes	335	1,04	0,45
Ventanas	15		



Con un salto térmico de 17°C

Pérdidas Energéticas de cada nave tipo			
Nave I "Mal aislada"		Nave II "Bien aislada"	
kcal/hora	kcal/día	kcal/hora	kcal/día
19.095	458.280	8.260	198.240
Ahorro= 260.040 kcal/día			

## Recomendaciones para un buen aislamiento

- Para mejorar la eficiencia energética de las naves ganaderas es importante no escatimar en la dotación de un buen nivel de aislamiento general.
- Atender a las normas de aislamiento determinadas para cada tipo de especie ganadera y en función de las diferentes edades o estados fisiológicos.
- En las naves donde es necesario el empleo de calefacción o refrigeración para atender las necesidades de confort de los animales, se debe poner una especial atención en el aislamiento de la nave. Con ello, se mejora el rendimiento de los equipos y se ahorra energía.
- Cuidar sobre todo el aislamiento de la cubierta, ya que, en una nave dotada de un buen nivel de aislamiento general, el 70 % de las pérdidas de energía se produce a través de la misma (espesor mínimo del aislante 5 cm).
- Una nave bien aislada permitirá con más facilidad, conseguir los parámetros de confort recomendados: temperatura, humedad, ..., y por lo tanto, mejorar el rendimiento de los equipos de climatización para alcanzar dichos parámetros.
- Emplear buenos aislamientos: impermeables al vapor de agua, que no retengan la humedad, resistentes a los golpes y con protección hacia los rayos ultravioleta.
- Aislar bien las naves ganaderas proporciona mejores resultados y una mejor relación costo/beneficio que sobredimensionar la ventilación y la refrigeración para intentar disminuir los efectos del calor.

## 2. Regulación correcta de los equipos de climatización

La ventilación tiene por objeto: aportar oxígeno al interior de la nave, eliminar CO<sub>2</sub>, polvo y otros gases, eliminar vapor de agua producido por la respiración y las heces y controlar la temperatura del alojamiento.

Para ello, además de la ventilación natural, se emplea la ventilación dinámica, con la ayuda de ventiladores que mueven el aire necesario en cada fase de la producción. Para lograr un buen control



de la ventilación dinámica en las diferentes salas de una explotación y atendiendo a las necesidades de los animales a lo largo de su crecimiento, es necesario instalar buenas cajas electrónicas de programación, o comúnmente llamadas "reguladores", y conocer su funcionamiento.

El valor de los caudales de ventilación disminuye con la tensión aplicada sobre los bornes del ventilador. Evitar el derroche de energía a través de la ventilación pasa obligatoriamente por ajustar correctamente los caudales mínimos de renovación. La tensión correspondiente a los caudales mínimos de los reguladores debe ajustarse a valores superio-

res a 70 voltios. De esta forma se evita el recalentamiento del motor y se mejora la eficiencia de la energía consumida.

En la producción intensiva porcina y avícola, se aplican sistemas de calefacción en ciertas fases de la producción:

- Porcino: en naves de maternidad y posdestete.
- Avicultura: en naves de pollos de engorde.

En porcino, se recomienda instalar una potencia de calefacción de 40-50 W/lechón en posdestete. En maternidad, es suficiente la instalación de una placa de calefacción de suelo de 120 W con una lámpara de infrarrojos de 180W.

Se recomienda **emplear sistemas de regulación de la calefacción**, con sondas ambiente o en placa, así como respetar las consignas de temperatura.

En avicultura el empleo de calefacción es necesario en naves cría y engorde de pollos (broilers), siendo los sistemas más frecuentes la calefacción localizada o por radiación ó la calefacción ambiental o por convección.

## Recomendaciones para una buena regulación de la climatización

- Un buen sistema de regulación debe ser capaz de atender las necesidades ambientales de los animales en cada uno de sus estadios.
- Con el fin de asegurar el buen funcionamiento del ventilador, ajustar en los reguladores el caudal mínimo a 75 voltios.
- En general, a 75 voltios el ventilador da aproximadamente una quinta parte de su caudal máximo (220 voltios). Por ejemplo: ventilador de Q<sub>máx.</sub> = 3.000 m<sup>3</sup>/h, Q<sub>mín.</sub> = 600 m<sup>3</sup>/h.
- Para limitar las pérdidas térmicas en invierno a través de la ventilación y mejorar el rendimiento de la calefacción, es muy importante a la hora de comprar los ventiladores respetar los caudales de instalación recomendados por los técnicos.
- Si es posible, emplear ventiladores trifásicos de gran caudal: consumen menos energía que los monofásicos y la energía consumida es proporcional a los caudales extraídos. Además es conveniente utilizar variadores de frecuencia para reducir el consumo.
- Los sistemas de calefacción localizados, tipo pantallas empleados en naves de pollos, tienen un menor consumo y son sistemas de producción de calor más eficientes.
- Las pantallas infrarrojas de gas, con termostato independiente, producen un importante ahorro de energía.
- Siempre que sea posible, equipar las naves con sistemas automáticos de regulación, reguladores y sistemas informáticos (ordenadores). Facilitan la consecución de los parámetros de ambiente deseados y contribuyen a una gestión más eficaz de la energía.




## 3. Iluminación

Las condiciones de instalación y manejo de las explotaciones, acordes con las normas mínimas para la protección de los animales, establecen, en lo referente a la iluminación, los niveles de intensidad lumínica y los periodos mínimos diarios de exposición a la luz.

La regulación lumínica establecida según la normativa actual es:

Especie	Fotoperiodo (horas/día)	Nivel de iluminación (Lux)
<b>Porcino</b>	8 h/día	40 lux
<b>Avicultura</b>	<b>Puesta</b> Sin regular (Recomendado 16 h/día)	Sin regular
	<b>Pollos</b> Sin regular (Recomendado 16 a 23 h/día)	Sin regular (Recomendado de 5 a 6 lux)
<b>Cunicultura Conejas</b>	Sin regular (Recomendado 16 h/día)	Sin regular (Recomendado de 30 a 40 lux)

La aplicación de la normativa en las explotaciones supondrá una revisión de los sistemas de iluminación, que serán susceptibles de acometer inversiones en luminarias, automatismos y progra-

Tipo de Lámpara	Flujo Luminoso (lum)	Potencia (W)	Eficacia (lum/W)
<b>Bombilla incandescente</b>	715	60	11,9
	1.350	100	13,5
<b>Tubo fluorescente</b>	1.150	18	63,9
	2.850	36	79,1
<b>Lámpara fluorescente</b>	4.600	58	79,3
	575	11	52
	855	15	57
	1.140	20	57
	1.450	23	63

madores. Éste debiera ser el momento apropiado para estudiar la aplicación de sistemas de iluminación que permitan cubrir las necesidades, en tiempo y en nivel de iluminación, y aumentar la eficiencia de la instalación.

Dado que es necesario instalar una importante potencia luminosa en las instalaciones ganaderas, los sistemas de iluminación de alta eficacia energética permiten reducir considerablemente el consumo de energía.

Las lámparas fluorescentes compactas son elementos de iluminación de bajo consumo y una mayor eficacia que las lámparas incandescentes, ofrecen un ahorro de electricidad de hasta un 80 % respecto de las incandescentes convencionales. Además, tienen una vida media útil seis veces superior.

*Es posible ahorrar en la factura eléctrica si, aprovechando que se van a realizar reformas o se construye una nueva nave, se instalan "lámparas fluorescentes compactas".*

Los tipos de lámparas y sus características se pueden resumir en el cuadro aquí expuesto.

Un sistema de iluminación bien diseñado y gestionado permitirá reducir el consumo de electricidad, manteniendo el nivel de iluminación actual e incluso mejorándolo.

*Para mejorar la gestión de la iluminación se ha examinado y evaluado el sistema de iluminación actual y modificar su concepción y automatismos, si es necesario. Así se han de instalar reguladores de luz, grupos de luminarias con interruptores diferenciados, relojes y programadores de la iluminación e incluso detectores de movimiento para iluminar accesos a las naves y lugares que no requieran una iluminación permanente.*

### Recomendaciones para una iluminación eficiente

- Sustituir las lámparas incandescentes (bombillas) por fluorescentes.
- En los alojamientos que requieren un mayor nivel de iluminación y donde los periodos con la luz encendida son más largos, es aconsejable instalar lámparas de bajo consumo: fluorescentes compactas.
- Utilizar pinturas blancas o en tonos claros, así como mantener las superficies limpias, aumentan el rendimiento de los sistemas de iluminación.
- Revisar periódicamente la instalación, sin olvidar la limpieza de lámparas y luminarias.

## 4. Estanqueidad de la nave ganadera

Para obtener una correcta estanqueidad se recomienda:

- Utilizar juntas elásticas en las uniones
- Sellar con látex o espumas las juntas de ventanas, puertas y elementos de la ventilación: entradas de aire, rejillas, conductos,...
- Instalar persianas aisladas para proteger los ventiladores parados.
- Seguimiento minucioso de la colocación de los materiales de construcción.
- Supervisar especialmente las uniones entre cerramientos verticales y soleiras, entre las piezas de las paredes verticales y entre las placas que impermeabilizan la cubierta.

### Atención a las entradas de aire parásitas porque:

- Aumentan el consumo en calefacción, produciendo un importante derroche de energía.
- Afectan a la ventilación, producen distorsión en los circuitos de aire proyectados y crean zonas mal ventiladas, que se corrigen generalmente aumentando los caudales. Esto produce mayores pérdidas energéticas.

## 5. Revisión y mantenimiento de los equipos

La planificación de los trabajos de mantenimiento en las naves permite tener los aparatos siempre a punto, lo que garantizará un rendimiento óptimo en el plan de seguridad y el consumo energético: fiabilidad y eficiencia.

## Un programa de mantenimiento de los equipos requiere:

- Seguimiento del calendario de inspección recomendado por el fabricante.
- Leer el modo de empleo y las recomendaciones de uso
- Calendario de lubricación y sustitución de piezas.
- Limpieza de polvo y pelos que se acumulan en los elementos: motor, hélices, etc.
- Proteger los motores cuando no se emplean durante largos periodos.

PROGRAMAR la revisión y mantenimiento de los equipos de la explotación como un trabajo más, integrado en la planificación del manejo general de los animales. De ello dependerá el buen funcionamiento de las máquinas, el ajuste de los consumos de energía y la prevención de averías importantes.

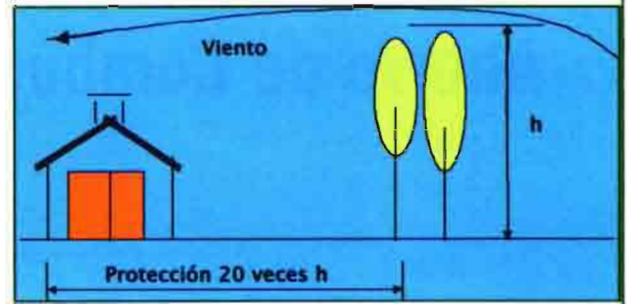
### 6. Implantación de barreras vegetales cortavientos

En la elección de la ubicación de una explotación ganadera se buscan terrenos sanos, protegidos de los vientos fuertes, pero aireados, secos y bien drenados, que permitan de partida la instalación de la granja sin problemas añadidos.

Resulta interesante contar con barreras cortavientos naturales que o bien existen de antemano o conviene implantar. Además de ser un elemento ornamental y de mimetización, facilitan la gestión de la ventilación en naves con ventilación natural y reducen las pérdidas energéticas por ventilación y los posibles daños por la propia acción del viento sobre las superficies exteriores.

Hay dos tipos de barrera cortavientos: las creadas con especies perennes y con especies caducas.

Para la protección de naves con sistemas de ventilación natural, la recomendación es la siguiente: una plantación vegetal donde la permeabilidad al aire estimada sea del 50%, ofrece una protección a los vientos en una distancia aproximadamente igual a 20 veces su altura.



### 7. Medidas de ahorro y eficiencia energética específicas del sector lácteo

En el sector lácteo, además de las consideraciones ya realizadas anteriormente, el principal consumo energético se realiza durante el ordeño y en el proceso de enfriamiento y posterior mantenimiento a bajas temperaturas de la leche ordeñada, hasta su retirada para su procesamiento.

#### A. Sistema de ordeño

Hay que evitar un sobredimensionamiento de las instalaciones, a la hora de diseñar y operar estos sistemas, para que el rendimiento del ordeño mejore, reduciendo el tiempo de funcionamiento de todos los equipos y de los motores de la bomba de vacío.

#### B. Motores de la bomba de vacío

Se pueden conseguir ahorros de energía utilizando bombas de vacío lobulares con variador de velocidad, locales independientes para los motores, bien ventilados y orientados hacia el Norte y con el empleo de acumuladores eléctricos para el arranque.

#### C. Lechería

Un local bien aislado del exterior, bien ventilado y con una orientación Norte contribuirá eficazmente a disipar el calor que desprenden los diferentes equipamientos del local de la lechería.

El condensador debe estar situado en el exterior del local, con una regular limpieza y mantenimiento.

El tanque ha de estar bien dimensionado y ser del tipo adecuado.

También existen en el mercado sistemas de preenfriamiento muy eficaces como son los enfriadores por placas con agua fría y los sistemas de enfriamiento con agua helada.

#### D. Recuperadores de calor

Los recuperadores de calor aplicados a los refrigeradores de la leche para conseguir agua caliente pueden contribuir también a un ahorro energético.



Barrera cortavientos con especies perennes de coníferas



Barrera cortavientos con especies caducas