



## Ventilación natural de las granjas de conejos (1ª parte)

J. Manzano\*, G. Palau, V. Blanes, A. Torres

E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Valencia

\*juamanju@agf.upv.es



### 1.- Consideraciones previas: funciones de la ventilación

En el artículo precedente (Blanes *et al.*, 2004) se trataba sobre los procedimientos de cálculo de los caudales de ventilación para cubrir las necesidades de renovación de aire, y demás objetivos de ésta.

Lógicamente, los caudales necesarios son independientes que la ventilación sea natural o mecánica, pero el conseguir dichos caudales es mucho más difícil en el caso de la ventilación natural que en el de ventilación forzada, por razones obvias.

La ventilación natural depende en gran medida (por no decir totalmente) del **viento**, por lo que es difícil predecir si con ella se alcanzarán completamente los objetivos de la ventilación.

Precisamente por ello, algunos autores recomiendan unos datos prácticos específicos para ventilación natural, independientemente de los obtenidos de los cálculos técnicos o de las recomendaciones empíricas (véase todos ellos en el artículo precedente: Blanes *et al.*, 2004). Así, por ejemplo, Ferré (1996) proporciona otros valores prácticos para favorecer la ventilación natural. En primer lugar

recomienda un volumen estático mínimo de 3,5 m<sup>3</sup> por cada reproductora, 2,75 m<sup>3</sup> por cada macho, 2,25 m<sup>3</sup> por animal de reposición y 0,35 m<sup>3</sup> por gazapo.

La anchura óptima de las naves de 6-7 m si son a un agua y 9-10 m si son de dos vertientes y lucernarios o chimeneas activas, la pendiente en estos casos rondará el 25-30% si no existe alto riesgo de nevadas.

Anchuras de más de 12 m darán problemas, y a esta dimensión habrá que asociarle pendientes del 42% para favorecer el efecto chimenea. Estos valores son similares a otros que se pueden encontrar en la bibliografía, así Amand *et al.* (1998) indica que para ventilación estática vertical las luces deben estar entre 12 y 15 m con 40-45% de pendiente mientras que para ventilación horizontal la nave tendrá un ancho inferior a 11 m y 25-28% de pendiente.

La altura de las ventanas debe estar a 120-130 cm con una superficie neta de 6-8% a cada lado respecto a la superficie total de la nave. Si hay mosquitera, la superficie debe corregirse teniendo en cuenta que la malla ocupa el 43% de la superficie de la ventana. Han de dejarse pasillos transversales de 100 cm al final de cada línea y otro cada 20-25 m si la nave es muy larga. Si hay más de una nave

Tipo de animal		Verano(>30°C)	invierno	Resto
Madres		0.35 m <sup>2</sup>		0.3 m <sup>2</sup>
Cebo	Manejo en bandas (2 kg PV)	20 kg de peso por m <sup>2</sup> de jaula	10 gazapos por m <sup>2</sup> de jaula	11 gaz/m <sup>2</sup>
	Manejo tradicional. Peso medio 1,375 kg		14 gazapos por m <sup>2</sup> de jaula	16 gaz/m <sup>2</sup>
Recría		0.2m <sup>2</sup> por animal		

**Tabla 1**  
Densidad de animales (Ferré, 1996)

debe ser la separación entre ellas de 2,5 veces la anchura de las naves.

Los valores recomendados de densidad de animales, con ventilación natural y naves bien diseñadas, aisladas y con calefacción, se presentan en la Tabla 1.

Igualmente se propone no sobrepasar el valor de 0,8 Kcal/h °C m<sup>2</sup> para el aislamiento térmico.

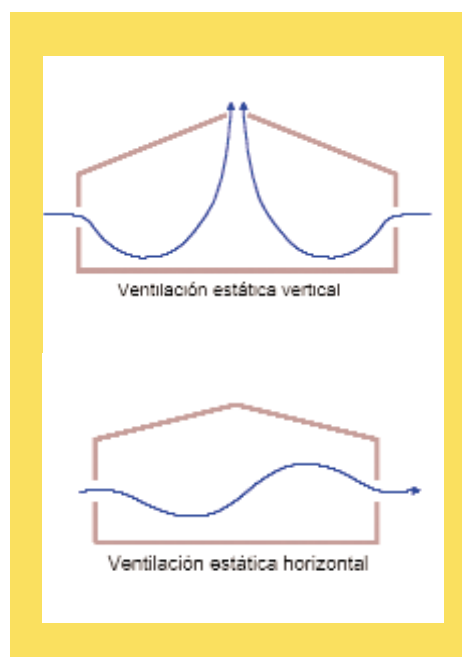
Se dan otros valores para calcular los caudales, así se dice que los conejos son capaces de producir 2,56 litros/hora de gas carbónico y según el INRA, 4 g de vapor de agua por reproductor y 3 g de vapor de agua por animal de engorde.

Además, como ya se indicó en el artículo anterior (Blanes *et al.* 2004) se ha de considerar la presencia de trabajadores en la explotación, para salas pequeñas se deben añadir entre 225 y 675 m<sup>3</sup>/h según sea invierno y verano por cada operario.

## 2.- Fundamentos y tipos de ventilación natural

### 2.1. Principios generales

La ventilación natural o estática se fundamenta en la formación de corrientes naturales de aire produci-



**Figura 1**  
Tipos de ventilación

das por diferencias de presión o de temperaturas dentro de una masa de aire, *sin un aporte exterior de energía*. Según sea por diferencia de temperaturas o de presiones surgen, respectivamente, los tipos de ventilación natural: estática vertical y estática horizontal, esquematizadas en la Figura 1, que a continuación se describen.

## 2.2. Ventilación estática vertical

Cuando el aire del interior del local está a mayor temperatura que el del exterior, tiene una menor densidad, es por tanto más ligero, y se eleva hasta la cubierta, creando una depresión en el interior. Esta depresión fuerza la entrada de aire nuevo del exterior a través de las ventanas laterales, produciéndose así la ventilación del local.

El proceso de cálculo es el siguiente:

En primer lugar, se calcula la **velocidad del aire a la salida** que viene determinada por la diferencia de temperaturas en el local (efecto chimenea) según la expresión:

$$v = 1,77 \cdot \sqrt{\frac{\Delta H \cdot (T_i - T_e)}{T_i}}$$

Donde:

$\Delta H$  = Diferencia de altura entre las entradas y las salidas del aire (m)

$T_i$  = Temperatura absoluta del interior del local (°K)

$T_e$  = Temperatura absoluta del exterior del local (°K)

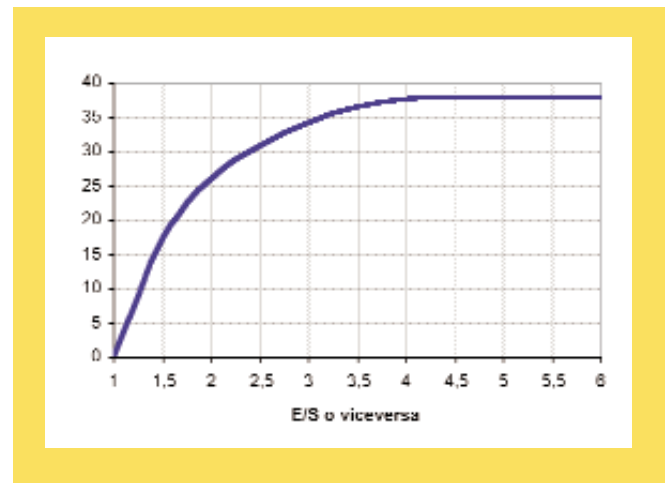
Seguidamente se calculan las **superficies de entradas y salidas de aire** que permiten la circulación del caudal de aire de ventilación necesario (calculado según el epígrafe anterior, o según los cálculos expuestos en Blanes *et al.* 2004), a la velocidad estimada. La superficie necesaria de salida del aire es:

$$S_{\text{salida aire}} = \frac{Q_{\text{necesario ventilacion}} (m^3/s)}{v_{\text{salida}} (m/s)}$$

La fórmula de velocidad del aire a la salida anterior se aplica de forma que la superficie necesaria de entrada del aire (ventanas, trampillas) sea el doble que la correspondiente a la salida, es decir:

$$S_{\text{entrada aire}} = 2 \times S_{\text{salida aire}}$$

Para superficies de entrada y salida diferentes de esa relación doble, la fórmula del caudal se puede adaptar (Albright, 1990). Para ello se usará para la sección A el menor valor de las superficies de entrada o salida, y el caudal se verá incrementado por el valor obtenido en el ábaco de la Figura 2 en función de la relación entre las superficies de entrada y salida.



**Figura 2**  
Corrección del caudal en ventilación vertical

La fórmula de cálculo de la **velocidad del aire a la salida** para aplicar esa corrección y las medidas de las salidas, queda así:

$$v = \frac{Q}{A} = 0,65 \times Km \times \sqrt{\frac{2 \times 9,81 \times \Delta H \times (T_i - T_e)}{T_i}}$$

Siendo  $Km = 1 + I$  (incremento del caudal, de la Figura 2) expresado en proporción o tanto por uno).

Podrían realizarse cálculos más complejos, estableciendo un balance energético entre las entra-

# Uniendo tecnologías

Proyectos llave en mano



# EXAFAN®

Nave Túnel



CUNICULTURA



Extracción de aire



Regulación ambiental total



Refrigeración / Calefacción



EXAFAN, S.A.

50940 San Mallo de Gallego

Polígono Industrial Rio Gallego, code 01, núm. 111

Gallego, Spain


teléfono (+34) 976 69 45 00

Fax (+34) 976 69 09 66

E-mail: [exafan@exafan.com](mailto:exafan@exafan.com)

Premio a la Explotación 1998 - Concurso de Comercio

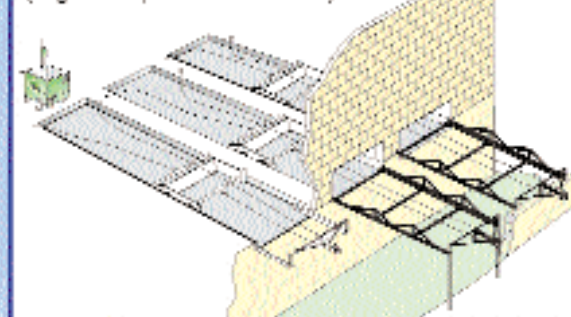
## Mecanismos automáticos para la limpieza de granjas

Sistema patentado y homologado 

# Cuni equip

Voladizo de vaciado

(según adaptación necesaria)



### SISTEMA INNOVADOR

Dejando los cables pasados en cada foto.

Usted sólo tendrá que unir los cables a los de la máquina manualmente y sin necesidad de utillaje alguno.

Filo de la forma más fácil, rápida y segura.

La automatización de nuestros equipos junto con la utilización de este sistema INNOVADOR, permite un gran ahorro de tiempo en el trabajo más engorroso de la limpieza de la granja, ello con la mínima inversión que representa el dejar cables pasados en cada foto.

Este sistema, igual que los accesorios que pudieran precisar, están especialmente diseñados y fabricados con piezas de fácil adaptación y transporte, pudiendo efectuar el montaje y puesta en funcionamiento el propio usuario.

NUEVA GENERACIÓN  
EN EQUIPOS DE LIMPIEZA



MANEJO A DISTANCIA

Programa y antena  
monitorea desde  
cualquier punto



Fabricado por Especialinox, S.L., C/ Reyes, 20 Pol. de actividades económicas UB500 VIC (Barcelona)

Comercializado en España por Cuni equip, S.L. Tel. 93 846 67 88

Distribución y servicio técnico: Tel. 659 70 12 75 93 857 04 80

# Dalmarelin

Lecirelina

*La más reciente alternativa  
sintética a las GnRH naturales*

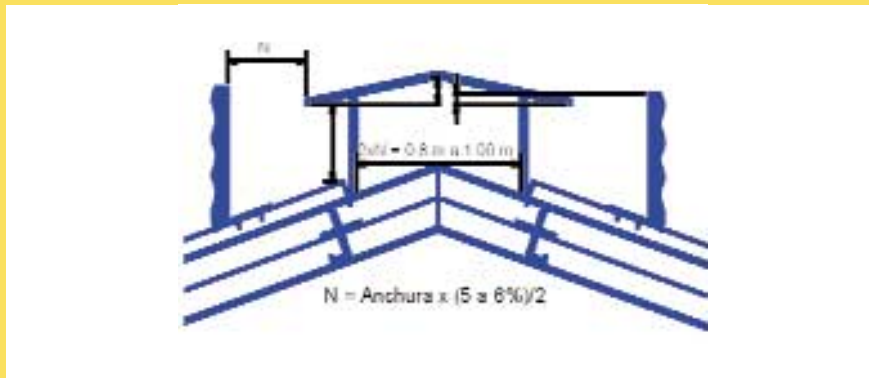
**Conejas 0,2 ml**



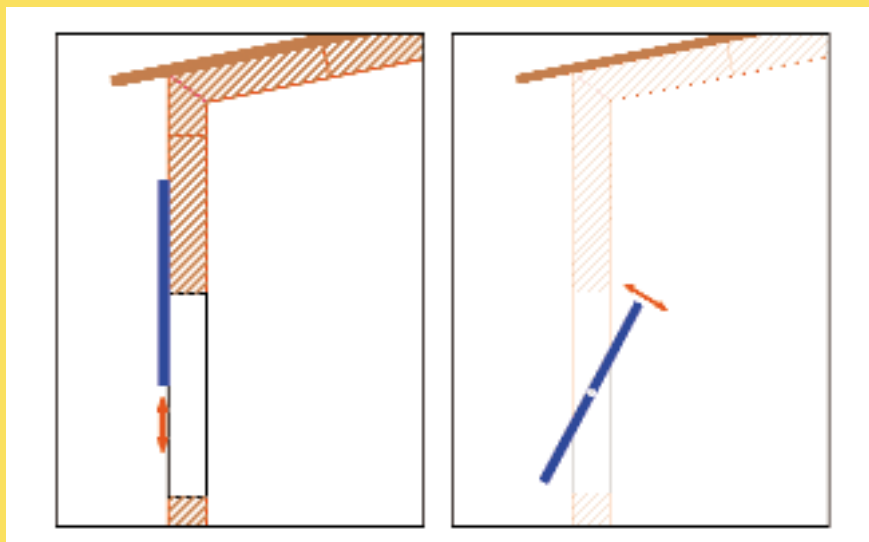
Fatro Uriach Veterinaria

**La solución más adecuada en manos del veterinario**

**Dalmarelin**, solución inyectable. **Composición por ml:** lechilina acetato equivalente a lechilina 25 µg, Alcohol bencílico 20 mg. **Precauciones especiales para la utilización:** Ninguna. **Utilización durante la gestación y la lactancia:** No se recomienda utilizar en animales gestantes. Puede utilizarse durante la lactación. **Posología y modo de administración:** IM. Vacas: Gustos ováricos folículos, 4 ml; Inducción a la ovulación en el momento de la inseminación en casos de ciclos cortos, silentes o prolongados, 2 ml. Conejas: Inducción de la ovulación, 0,2 ml. Incremento de la tasa de concepción, 0,3 ml. **Tiempo de espera:** Leche, 0 horas; Carne y vísceras, 0 días. **Presentación:** Frotaje con 5 viales de 10 ml. USO VETERINARIO. Prescripción veterinaria. Reg. n.º 1.533 ESP. FATRO S.p.A., Via Emilia 285, 40064 Ozzano Emilia, Bologna, Italia.



**Figura 3**  
Modelo de caballete



**Figura 4**  
Modelo de ventanas

das y salidas, o introduciendo el concepto del plano de presión neutra, sin embargo el método propuesto es de validez suficiente para un diseño correcto.

La tipología de las aperturas en el techo para la ventilación vertical se puede concretar en tres tipos: chimeneas, lucernarios y caballete corrido. De estos, el caballete corrido, con distintas geometrías, es la opción que más corrientemente se encuentra en

granjas de conejos con ventilación estática. En la Figura 3 se proponen unas dimensiones, basadas en la experiencia de diseño de granjas avícolas (Amand *et al.* 1998), para este elemento situado en la cumbre de la nave.

Respecto a las ventanas en los laterales existen básicamente dos sistemas representados en la Figura 4, los paneles verticales deslizantes (de apertura de abajo hacia arriba y viceversa) y las ven-

tanás basculantes. Ambos modelos proporcionan buenos resultados y son utilizados ampliamente en el diseño de granjas. Suelen recorrer ambos lados de la nave en toda su longitud y su movimiento se puede automatizar perfectamente.

Estos tipos de aperturas laterales son las únicas aberturas que existen en ventilación estática horizontal.

### 2.3. Ventilación estática horizontal

La ventilación natural por diferencia de presiones consiste en el desplazamiento de la masa de aire del interior, **provocada por la presión y la depresión que crea el viento al incidir sobre la edificación**. La depresión en el interior conviene que sea constante entre 10 y 30 Pa, lo que es difícil de conseguir, ya que depende del viento, que rara vez es de fuerza y orientación constante.

Los valores de la presión estática en torno a los edificios varían según la geometría de la nave, la dirección y la velocidad, la rugosidad de los cerramientos y las aperturas existentes. Al incidir el viento sobre una superficie se generan presiones positivas donde el viento se ve frenado y presiones negativas allí donde el flujo se separa o se acelera.

En una sección transversal tipo de una nave convencional a dos aguas, como la de la Figura 5,

en las zonas A y C se tendrán valores positivos de presión, en D y E negativas; en B el valor dependerá de la pendiente aunque suele ser positivo.

Por otro lado el viento en condiciones normales suele ser un fenómeno bastante cambiante tanto en dirección como en intensidad; esto hará cambiar los patrones del flujo de ventilación en la granja correspondiente. En la Figura 6 se muestra como evoluciona el viento en torno a una nave, creando zonas de sobrepresión y depresión con sus circulaciones interiores asociadas.

El valor de la presión en cada zona puede calcularse y aplicando las ecuaciones de continuidad y de Bernouilli determinar el caudal de ventilación, aunque se utiliza un método empírico más sencillo y directo. El caudal se puede calcular mediante la expresión (Albright, 1990):

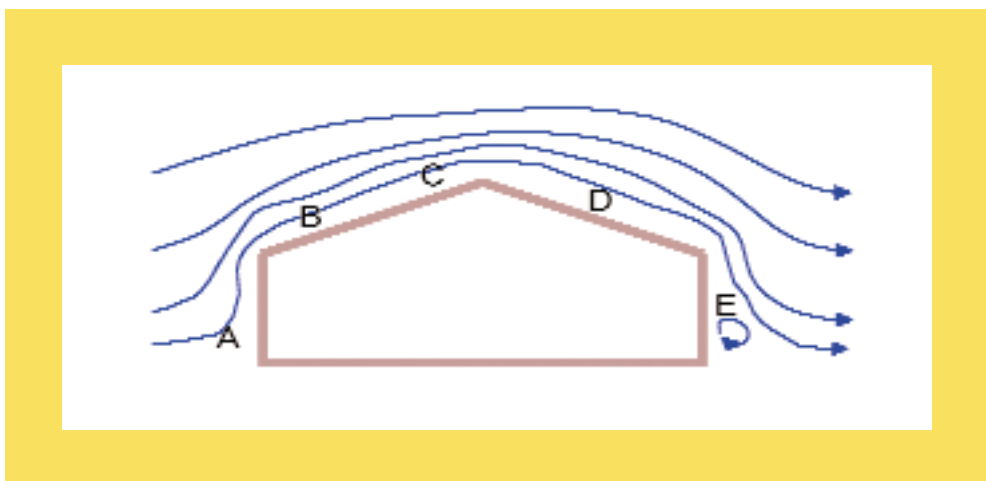
$$Q_{\text{ventilación}} (m^3/s) = A \cdot V \cdot E$$

Donde:

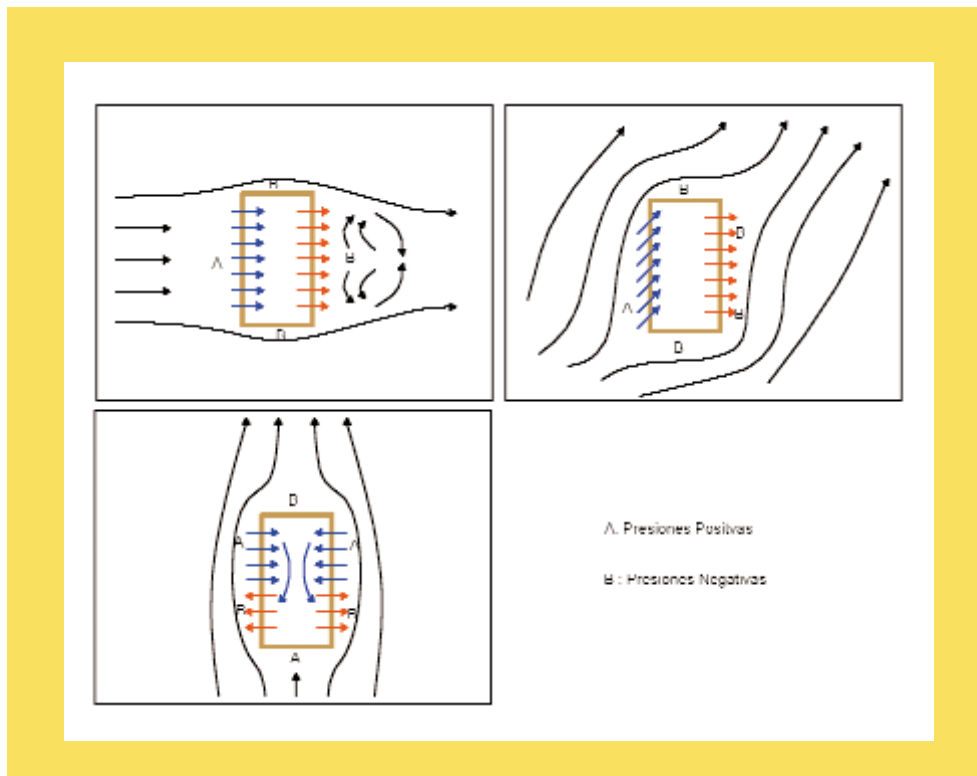
A = Superficie de entrada del aire (m<sup>2</sup>)

V = Velocidad del viento (m/s)

E = Efectividad de la apertura. Se suelen tomar valores de 0,5 a 0,6 si el viento incide perpendicularmente y de 0,25 a 0,35 para vientos diagonales; se recomienda el valor de **0,35** para edificios agrícolas.



**Figura 5**  
Viento sobre sección transversal



**Figura 6**  
Viento sobre sección en planta

Las recomendaciones prácticas apuntan que la superficie total de las ventanas debe ser entre el 10 y el 15% de la superficie en planta del local.

Si se opta por ventilación natural ha de buscarse una orientación adecuada para el edificio. En efecto, la orientación elegida se

suele basar en la dirección del viento dominante en verano, aunque utilizar éste como único criterio puede ser demasiado simplista, tal como se comentó anteriormente. También han de tenerse en cuenta las velocidades del viento para cada dirección y la frecuencia y duración de los periodos de baja velocidad, cuando



**Instalaciones Cunicolas realizadas en todo el mundo con la tecnología más vanguardista**



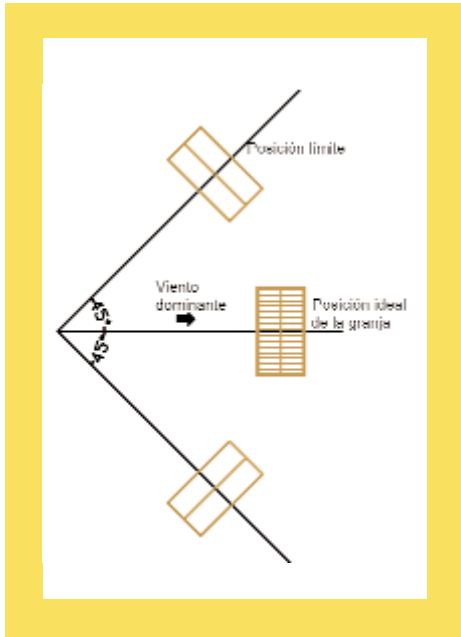
**Ignacio Buforn Santonja**  
Avenida Benidorm 40 - 03570 Villajoyosa (Alicante)  
Tel. y Fax 96 589 01 97 - Móvil 609 65 78 93  
nasio@lavila.net - www.meneghin.it





las tasas de ventilación se encuentran en sus mínimos. La orientación ideal para cada nave debe estar basada en el clima del lugar, disponer de una rosa de los vientos del lugar, donde aparece la frecuencia, la fuerza y la orientación de los vientos de la zona puede ayudar en esta decisión.

La Figura 7 ilustra la situación idónea de una granja según el viento dominante.



**Figura 7**  
**Emplazamiento preferente**

Igualmente han de evitarse los obstáculos, al menos han de existir 20 metros a setos o árboles próximos y se recomienda que otras granjas o construcciones estén separadas una longitud mínima (Tabla 2). Las hondonadas o la existencia de colinas próximas también han de rechazarse al buscar una zona donde situar la granja, para permitir que el viento incida limpiamente sobre nuestra construcción.

Otro aspecto a considerar es el comportamiento diferente de la ventilación si en la granja existen distintas salas, y si existen aperturas en las paredes extremas. Que existan ventanas en las paredes de los extremos es recomendable, se evitara de esa forma zonas de mala circulación o estancamiento en los extremos. En edificios de múltiples salas, la sala en la parte expuesta al viento tendrá una mayor tasa de ventilación. Esto puede ayudarnos a la hora de ubicar a los animales, situando si es posible, aquellos con más necesidades de ventilación en los extremos.

En la Figura 8 se expone un ejemplo teórico en el que pueden observarse visualmente los aspectos comentados.

#### 2.4. Ventilación estática mixta.

Diferenciar entre ventilación estática horizontal y estática vertical no es

TABLA 2.- DISTANCIAS A MANTENER POR VIENTO A EDIFICACIÓN EXISTENTE DEL EDIFICIO NUEVO SITUADO A BARLOVENTO

Altura (m)	Longitud del edificio					
	15,2	22,9	30,5	45,7	61,0	76,2
2,4	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,5
3,0	15,2	15,2	15,2	15,2	17,4	19,2
3,7	15,2	15,2	15,2	18,0	20,7	23,2
4,3	15,2	15,2	17,1	21,0	24,1	27,1
4,9	15,2	16,8	19,5	23,8	27,7	30,8
5,5	15,5	18,9	21,9	26,8	31,1	34,7
6,1	17,4	21,0	24,4	29,9	34,4	38,4
6,7	18,9	23,2	26,8	32,9	37,8	42,4
7,3	20,7	25,3	29,3	36,0	41,5	46,3
7,9	22,6	27,4	31,7	38,7	44,8	50,0
8,5	24,1	29,6	34,1	41,8	48,2	53,9
9,1	25,9	31,7	36,6	44,8	51,8	57,9

Fuente: MWPS (1990)

“Seguridad apsamix”

## Bacipremix 50®

El producto de elección para prevención y tratamiento de la Enterocolitis epizoótica de los conejos.

*Tiempo de espera  
0 días*

### BACITRACINA DE ZINC 5%

#### Características:

- Mínima emisión de polvo.
- Adecuado tamaño de partícula.
- Óptima miscibilidad.
- Fácil aplicación en el pienso.
- Buena estabilidad a temperaturas de granulación.
- Producto registrado: 1269- ESP
- Dosis: 2kg de BACIPREMIX 50 por Tm de pienso.



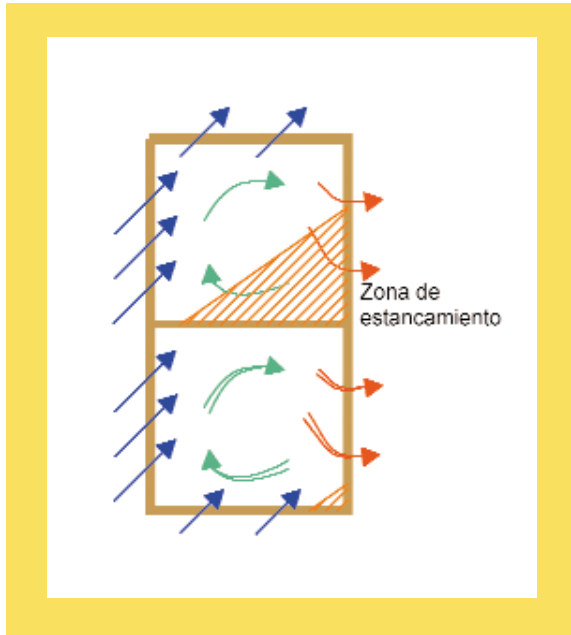
 **andrés pintaluba, s.a.**

Tel. 902 317 111  
www.pintaluba.com

Polígono Industrial Agro-Reus  
C. Prudenci Bertrana, 5  
Apartado 1002  
43206 REUS (Spain)

apintaluba@pintaluba.com  
Fax 977 323 188





**Figura 8**  
Viento en salas extremas

más que una simplificación de la realidad a efectos de cálculo. En granjas dotadas de ventanas laterales y aperturas en el techo, y con condiciones ambientales normales, donde confluye la presencia de viento y diferentes temperaturas exteriores e interiores, el mecanismo es mixto. Tanto las diferentes temperaturas como el viento incidente en las ventanas van a ser responsables del movimiento del aire en el interior de la nave. Ahora bien, es necesario que concurren

simultáneamente viento y gradiente térmico adecuados para que se pueda admitir este flujo conjunto.

Se podría obtener un valor del caudal combinado, de una forma muy simplificada, realizando la suma cuadrática (Albright, 1990):

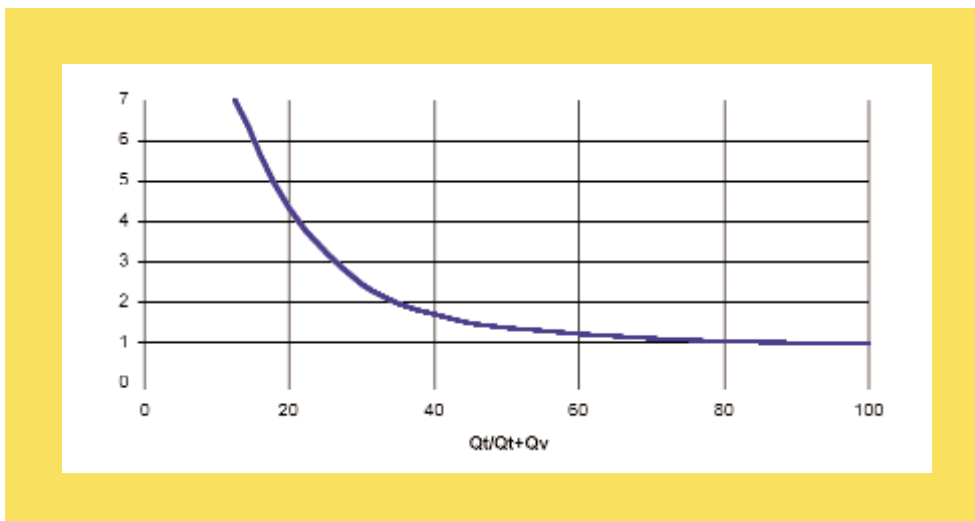
$$Q_{\text{total}} = \sqrt{Q_{\text{térmico}}^2 + Q_{\text{viento}}^2}$$

Otra forma de obtener el valor total del caudal pasaría por obtener la suma de las dos cantidades. A partir de ese total se obtiene el porcentaje que le corresponde al flujo debido a la diferencia de temperatura. Finalmente, por medio del gráfico de la Figura 9, se obtiene un coeficiente ( $C_q$ ) que multiplicado sobre el caudal debido a la diferencia de temperaturas daría un valor total (Hellickson y Walcker, 1983).

La expresión queda así:

$$\frac{Q_{\text{térmico}}}{Q_{\text{térmico}} + Q_{\text{viento}}} = C_q$$

$$Q_{\text{total}} = C_q \cdot Q_{\text{térmico}}$$



**Figura 9**  
Corrección de caudales totales