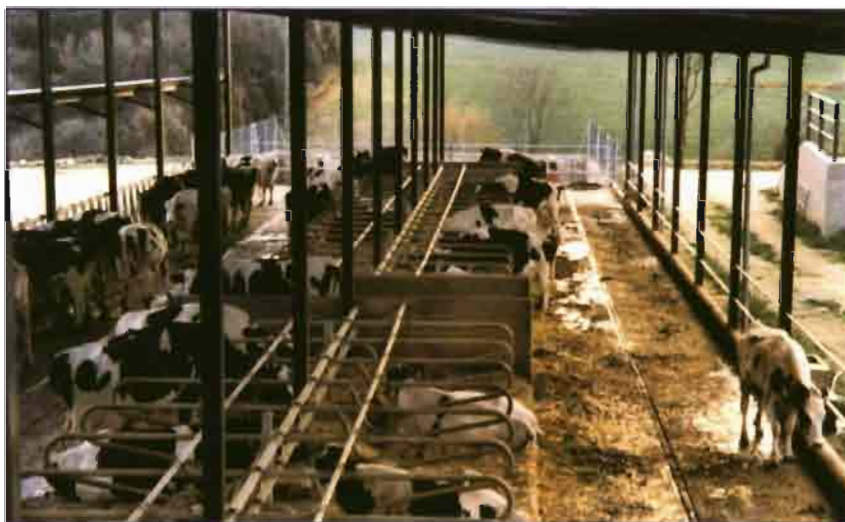


## Los sistemas de limpieza en estabulaciones libres de ganado vacuno

J. M. Pereira González\*

### Introducción

En las antiguas explotaciones, de ganado vacuno, el manejo de las deyecciones consistía en la aportación de diversos tipos de material vegetal que servían de cama para el ganado y que era extraído periódicamente de forma manual. En 1957-58 aparecen en Inglaterra las primeras estabulaciones libres en cubículos y pronto se extienden por los Estados Unidos, Irlanda y Francia. Diversos autores constatan la rapidez con que se extendieron este tipo de estabulaciones (Tillie 1986). En Galicia el 91% de las estabulaciones construidas en el periodo 1997-2000 son libres con cubículos (Pereira 2002). Estas estabulaciones se caracterizan por no existir una diferencia clara entre el patio de ejercicio y los pasillos de limpieza de la zona de reposo, de tal manera que los citados pasillos cumplen los dos cometidos definidos con anterioridad (Carreira 1.996). De forma paralela al proceso de implantación de las estabulaciones libres en cubículos comienzan a desarrollarse diversos sistemas que permitían de una forma más o menos automatizada la limpieza de los "pasillos de limpieza". Para la limpieza de las deyecciones en estabulaciones libres con cubículos tres son los principales sistemas empleados: los emparrillados, las arrobaderas y la limpieza de los excrementos por arrastre con agua o "flujo de agua" (Meyer J.D., 1999; Bewley et al. 2001). Un estudio realizado en Galicia sobre una muestra de 90 explotaciones construidas entre los años 1997-2000 (Pereira, 2003), ha puesto de manifiesto que el 65% de los nuevos establos optaron por sistemas de limpieza mediante arrobaderas, el 28% optan por



los emparrillados y el 7% por sistemas de flujo de agua.

### Emparrillados

Comenzó empleándose en las estabulaciones fijas, pero también desde el primer momento de la implantación de las estabulaciones libres en cubículos. Consiste en un suelo emparrillado con un canal de deyecciones bajo el mismo en

el cual se produce la caída de las deyecciones por gravedad (Figura 1). Existen gran diversidad de parrillas, tanto en lo que respecta a los materiales (hierro, fundición, hormigón, etc...), como a sus dimensiones, modelos de diseño, secciones de evacuación de diferentes medidas y formas geométricas (circulares, rectangulares, etc...). Se trata del sistema de limpieza con menores exigencias en mano de obra pero por el contrario es

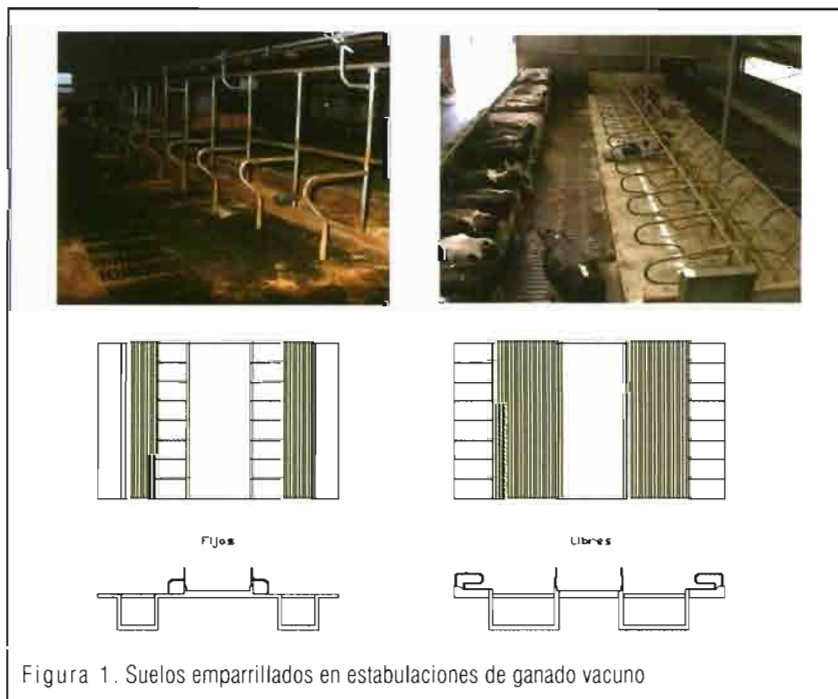


Figura 1. Suelos emparrillados en estabulaciones de ganado vacuno

\* Departamento de Ingeniería Agroforestal. Universidad de Santiago de Compostela.



Figura 2. Pala o arrobadera arrastrada para limpieza de establos con zona de descanso pajeada.

el que requiere de una mayor inversión inicial. Miller (1998) comparó los costes de establos emparrillados con respecto a establos con suelo continuo y sistema de limpieza mediante arrobadera arrastrada y llegó a la conclusión de que las inversiones iniciales eran un 13.6 % superiores, pero después de 10 años el coste por vaca era un 68.3% más bajo. La salud de los animales no fue evaluada en este estudio.

### Arrobaderas arrastradas

Los primeros sistemas utilizados estaban formados por palas o elementos rascadores, montados normalmente sobre tractores agrícolas, que todavía se siguen utilizando, sobre todo, en estabulaciones libres con zona de descanso pajeada (Figura 2). Tienen la ventaja de una menor inversión inicial, pero por el contrario exige mayores necesidades de mano con respecto a otros sistemas.

### Arrobaderas automáticas

En estabulaciones libres en cubículos comenzó a generalizarse el uso de rascadores (arrobaderas) accionadas por un motor eléctrico. Estos sistemas se han caracterizado por una evolución continua en los últimos años, basada en la mejora permanente de las mismas: materiales, diseños, dispositivos y mecanismos de arrastre, etc. La longitud de los pasillos a limpiar no deberá sobrepasar los 80-100 m. de longitud según los modelos de que se trate (Alfa laval 1999). Se pueden clasificar los modelos existentes en el mercado en tres grupos:

1. Arrobaderas accionadas mediante cables o cadenas. Su funcionamiento es sencillo: Un motor tira de un cable o cadena que a su vez tira del cuerpo de la arrobadera, el cual actúa como ele-

mento rascador (Figura 3). Mediante la adecuada colocación de unos rodamientos o codos es posible que un motor actúe simultáneamente sobre uno o varios cuerpos permitiendo la limpieza, por lo tanto, de uno o varios pasillos. Es un sistema sencillo, de funciona-

Es un sistema de funcionamiento discontinuo producido por el desplazamiento de la barra de tracción, colocada en una ranura longitudinal a lo largo del pasillo de limpieza, la cual es desplazada adelante y atrás por el conjunto cilindro.

3. Arrobaderas autopropulsadas. Son los sistemas de limpieza más novedosos. Se trata de un cuerpo de arrobadera formado por una estructura que aloja un motor eléctrico, normalmente accionado por baterías, el cual permite el desplazamiento continuo y autónomo del dispositivo. Una de las principales ventajas del sistema se basa en los dispositivos de protección. En los sistemas anteriores, arrobaderas accionadas mediante cables, cadenas o hi-

## Los sistemas empleados para la limpieza son: los emparrillados, las arrobaderas y limpieza de los excrementos con "flujo de agua"

miento continuo y con precios muy asequibles.

2. Arrobaderas hidráulicas. Están constituidas por cinco elementos principales: Caja de control, unidad hidráulica (formada por una bomba, depósito de aceite, y un sistema de electroválvulas), el cilindro, la barra de tracción y el cuerpo de la arrobadera.

dráulicas, se basan en regular el nivel de esfuerzo máximo a partir del cual la arrobadera para o retrocede ante un obstáculo. Estos sistemas de protección no son aplicados en la práctica debido a que el esfuerzo necesario para arrastrar las deyecciones es superior al mínimo para no causar daños al ganado, obligando a la presencia per-

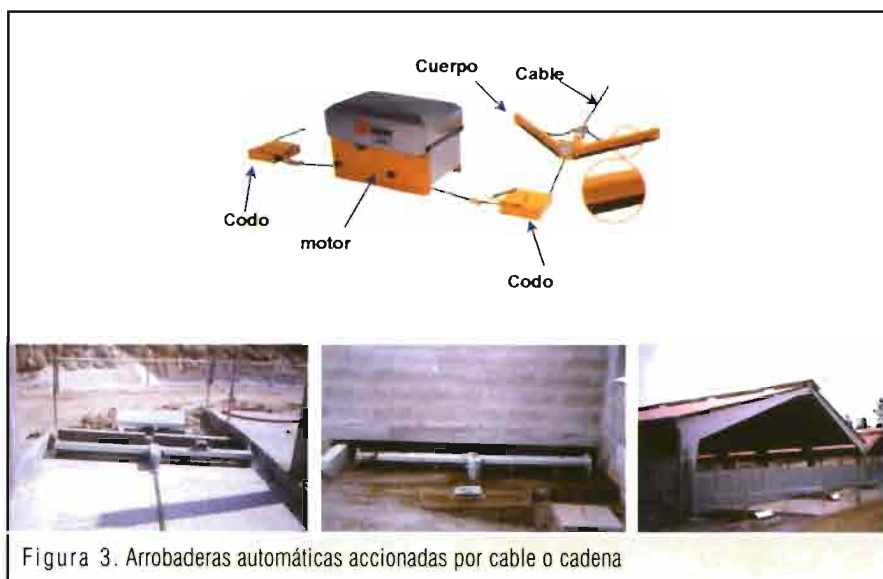


Figura 3. Arrobaderas automáticas accionadas por cable o cadena



Figura 4. Arrobaderas hidráulicas



Figura 5. Arrobaderas autopropulsadas

manente o casi permanente del ganadero durante todo el proceso de limpieza. En las autopropulsadas se puede independizar el dispositivo de parada del nivel de esfuerzo consiguiendo una mayor seguridad en su funcionamiento. Otras ventajas del sistema son la posibilidad de algunos modelos para trabajar en curvas, y la sencillez y rapidez de instalación. Por el contrario tienen en contra que son sistemas no están suficientemente contrastados. Es necesario realizar estudios permitan evaluar la capacidad de empuje y autonomía del sistema con la finalidad de aclarar la competitividad económica con respecto a otros sistemas.

## Flujo de agua

En los años noventa comienza a extenderse por los Estados Unidos un nuevo sistema de limpieza, en el cual el barrido y arrastre de las deyecciones lo realiza una tromba de agua. El agua, normalmente procedente de la separación sólido líquido de las propias deyecciones, se almacena en uno o en varios depósitos ubicados en la cabeza del establo y es conducida desde una o varias salidas inferiores hasta el inicio de los pasillos de limpieza, donde es descargada a ras de solera, normalmente con la ayuda de arquetas o difusores. Las salidas inferiores son conducciones circulares cerradas, instalándose en ellas, sendas llaves de paso al objeto de abrir o cerrar el paso del agua. Los pasillos de limpieza, en solera de hormigón, deben dotarse con una pen-

diente longitudinal comprendida entre un 1 y un 3%.

Al abrir la llave de paso y producirse la descarga el agua provoca una tromba que va discurriendo a lo largo del pasillo de limpieza, arrancando y arrastrando las deyecciones producidas por el ganado, para conducir las a la fosa de almacenamiento ubicado en la cola del establo y dotada de un compartimento suplementario con el propósito de realizar un separación sólido-líquido, de forma que el líquido obtenido sea bombeado hasta el depósito acumulador y reutilizado en lavados posteriores (Figura 6). También es posible limpiar la sala de espera del centro de ordeño mediante la instalación de las conducciones y válvulas apropiadas.

Las principales ventajas del sistema

son las siguientes: Reducción de mano de obra, puede ser fácilmente automatizado, el coste de la operación de limpieza es bajo, buena adaptación a diferentes diseños de establos y número de vacas, el suelo se seca más rápidamente al quedar totalmente libre de excrementos después de la tromba.

Desventajas: Los establos deben ser cuidadosamente diseñados con las pendientes, canales y sistemas de conducción apropiados. Se requiere mucha cantidad de agua y un depósito de volumen suficiente para almacenarla. No es un sistema adecuado para climas fríos con temperaturas permanentemente inferiores de  $-4^{\circ}\text{C}$  a  $-6^{\circ}\text{C}$ . Las instalaciones dotadas con sistemas eficientes de separación sólido-líquido tienen costes de inversión elevados.

Para que el sistema funcione eficientemente se deberán tener en cuenta principalmente los siguientes factores:

Para que el sistema funcione eficientemente se deberán tener en cuenta principalmente los siguientes factores:

- El volumen de agua.
- El caudal.
- La duración de la descarga,
- La velocidad del flujo de agua y la profundidad del flujo en el canal.

Experiencias realizadas en los Estados Unidos han mostrado que la ecuación de Manning para flujo en canales abiertos es adecuada para estimar estos parámetros y conseguir una adecuada limpieza, siempre y cuando las condiciones del flujo se mantengan un mínimo de 10 segun-

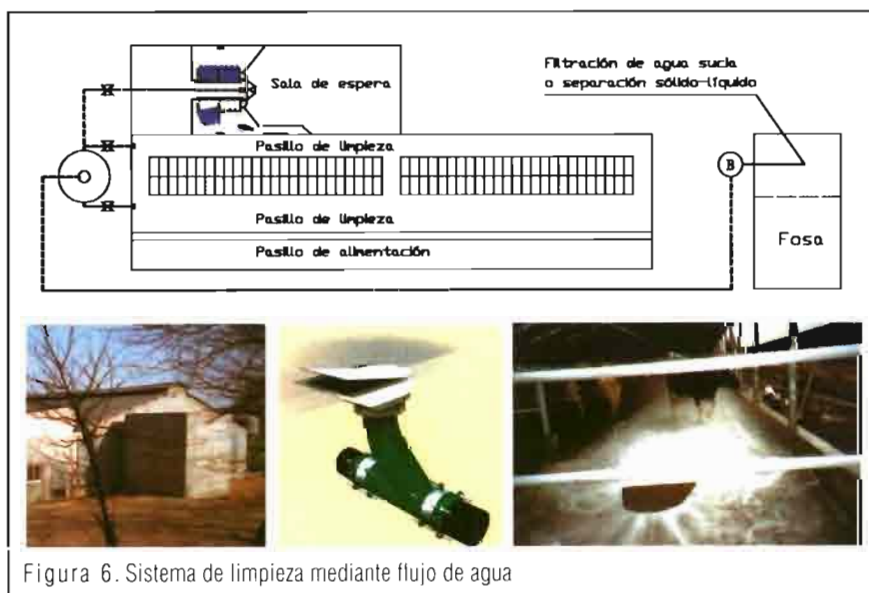


Figura 6. Sistema de limpieza mediante flujo de agua

dos (Fulhage and Pfost, 1993). La forma de esta ecuación es:  
siendo:

$$V = (2.214 \cdot n) \cdot \left[ \frac{(A \cdot p)}{(A + 2 \cdot p)} \right]^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

A = Ancho del pasillo o canal, metros  
S = pendiente del pasillo, metro/metro  
V = Velocidad del flujo, metros/segundo.  
La experiencia ha mostrado limpiezas aceptables con velocidades de 1.5 metros/segundo.  
p = Profundidad del flujo, metros. La experiencia ha mostrado limpiezas aceptables con profundidades de 3 pulgadas (0.0768 metros).  
n = Rugosidad del canal, adimensional. 0.02 en condiciones normales.

El flujo requerido de 1,5 m/sg durante 10 sg significa una ola teórica de 15 metros. Para pasillos de más de 45 m (15 x 3 = 45), el volumen del flujo se debe calcular de forma que la ola cubra 1/3 de la longitud del pasillo. Para pasillos de menos de 45 m el volumen de flujo debe basarse en el criterio de 10 sg de duración.

Las pendientes del 3% son ideales desde el punto de vista de la limpieza con flujo de agua por que se necesita menor volu-

men de agua para mantener las condiciones de velocidad (1,5 m/sg), que con pendientes más suaves.

Teniendo en cuenta los criterios comentados, las expresiones que siguen permiten calcular los parámetros necesarios para dimensionar un sistema de limpieza por flujo de agua en pasillos con pendientes menores o iguales al 3%.

donde:

$$Vol = 61.03 \cdot L \cdot A \cdot S^{-0.8}$$

$$Q = A \cdot 277.41 \cdot S^{-0.8}$$

$$T = L \cdot 0,22$$

Vol = volumen de agua, litros  
L = Longitud del pasillo, metros (mínimo 45 metros)  
A = Ancho del pasillo, metros  
S = Pendiente, porcentaje  
Q = Caudal, litros por segundo  
T = Tiempo de descarga, segundos

#### Bibliografía

Alfa Laval Agri. Catálogos técnicos 1999.  
Bewley, J., R.W. Palmer and D.B. Jackson-Smith. 2001. A comparison of free-stall barns used by modernized Wisconsin dairies. J. Dairy Sci.84:528-541.  
Carreira, X.C. 1996. Alojamentos para gando

vacún de leite. Consellería de Agricultura Ganadería e Montes. Xunta de Galicia.

Fulhage, C.D. and D.L. Pfost. 1993. Basic Requirements for flushing dairies. Department of Agricultural Engineering, University of Missouri-Columbia.

Meyer, J. D. 1999. In-Barn Manure Management Options. In: Positioning for the Future: Expanding Dairy Profitability through Strategic Growth (MWPS-4SD4), MidWest Plan Service, Ames, Iowa (pp 45-49).

Miller, P. 1998. Cost comparison of slatted floor and scrape manure systems. Pages 363-369 in Proc. 4th Int. Dairy Housing Conf., St. Louis, MO. Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, MI.

Pereira González, J.M. 2002. Alojamentos para Ganado Vacuno de Leche: Influencia del Diseño y Sistemas de Limpieza en los Costes de Inversión. Editorial Agrícola. Ganadería nº 18, pp 58-63.

Pereira, J.M., M. Barrasa, I.V. Escrivá. 2003. Modernización de las Explotaciones Lecheras en Galicia. Fundación para la Promoción de la Ingeniería agronómica. Revista Agrónomos nº 27, pp 63-72.

Tillie, M. 1986. European Freestall Housing-Historical Development & Present Systems. Proceeding from the Dairy Free Stall Housing symposium. Northeast Regional Agricultural Engineering Service. Harrisburg, Pennsylvania.

## OPTIMICE LOS RESULTADOS DE SU GANADERÍA

Para veterinarios y ganaderos  
Para porcino, vacuno, ovino y caprino



- > Control reproductivo
- > Sanidad y trazabilidad
- > Costes de producción
- > Libro Registro

"Visítenos en Expoaviga  
Pabellón 1, stand D401"

 **ISAGRI**