

Diseño de cubículos en granjas de vacas lecheras en estabulación libre.

F.J.C.M. van Eerdenburg¹, J.C. Dominguez² and L.E. Ruud³

1Dept Farm Animal Health, Fac Veterinary Medicine, Utrecht University, Yalelaan 7, 3584 CL Utrecht, the Netherlands.

2 Dept. Animal Reproduction. Fac. Veterinary Medicine, León University. Campus Vegazana, 24071 León (Spain).

3Department of Agricultural sciences, Inland Norway University of Applied Sciences, Høyvangvegen 40 Blæstad, 2322 Ridabu, Norway.

Email: F.J.C.M.vanEerdenburg@uu.nl

RESUMEN

Descansar es un comportamiento importante en vacuno lechero y tiene una alta importancia comparable al comer y beber. Las vacas pasan más del 50% del día acostadas lo que tiene un gran impacto sobre su nivel de producción y bienestar.

El diseño de los cubículos de descanso, y especialmente las propiedades de la cama (p.e., la suavidad), influye en el tiempo que las vacas pasan tumbadas, así como en los patrones de movimientos al acostarse y levantarse. Es de gran importancia que exista suficiente espacio en el cubículo (especialmente en la parte anterior), lo que permite a las vacas mover su cuerpo hacia adelante (o en segundo lugar hacia los lados) durante los movimientos de acostarse y levantarse. El diseño de los cubículos de descanso, de acceso libre, deberían permitir a las vacas utilizarlos mediante movimientos normales, y permanecer acostadas en posiciones lo más naturales posible. Las vacas deben descansar en una cama limpia, seca y suave; ser capaces de estirar las extremidades anteriores hacia delante; yacer de costado con espacio libre para el cuello y la cabeza; descansar de costado sin obstáculos por parte de las barras separadoras; al tiempo que las extremidades posteriores, la ubre y la cola no sobresalgan de la superficie de la cama, y permanecer de pie o acostadas sin sufrir ningún dolor ni temor hacia las barras del cuello, las divisiones o los soportes. Además, el número de vacas de la granja no debe exceder la cantidad de cubículos disponibles. Los suelos deben proporcionar suficiente agarre, estar limpios y secos, lisos y en buenas condiciones, el caucho mejora notablemente la confortabilidad, debido a que las vacas caminan con facilidad y al acostarse están cómodas, lo que favorece el bienestar y la producción lechera, el confort en la granja proporciona vacas más sanas, con una vida productiva más larga y reduce el porcentaje de desecho anual.

INTRODUCCIÓN

En condiciones naturales, el ganado vacuno es un animal gregario que busca alimentos, agua, seguridad y lugares de descanso cómodos (Albright y Arave, 1997, Jensen et al., 2005). Debido a la domesticación, el hombre ha asumido la responsabilidad de cuidar de los animales y suministrarles un alojamiento adecuado. Las necesidades básicas del ganado vacuno lechero son: alimentación, agua, protección de la intemperie, etc., como se describe en los cinco derechos o libertades de los animales definidos por el Comité Brambell (Brambell, 1965), incluida la necesidad de un lugar de descanso adecuado. Descansar acostadas es un comportamiento importante del ganado vacuno lechero. Por lo tanto, el diseño de cubículos a tal fin es de gran importancia para el bienestar y el comportamiento de los animales. En un ambiente confortable, las vacas descansan de 12 a 17 h y se levantan de 9 a 14 veces al día, aunque hay variaciones individuales, variaciones estacionales, etc. (Nicks, 1998, Tucker et al., 2003b, Tucker et al., 2004b, Jensen et al., 2005, Bewley et al., 2010, Ruud y Bøe, 2011b). No es un objetivo "per se" maximizar el tiempo de descanso por encima de 12-17 h, toda vez que el permanecer durante mucho tiempo acostadas puede ser un síntoma de enfermedad. El descansar es importante también para el bienestar de las vacas y tiene una gran importancia comparable incluso con comer y beber (Jensen et al., 2005, Munksgaard et al., 2005, Von Keyserlingk et al., 2009). Se puede utilizar como indicador del bienestar del ganado vacuno lechero en diferentes tipos de alojamientos y establos (Fregonesi y Leaver, 2001, Phillips, 2002). Teniendo en cuenta que los aumentos de cortisol se asocian comúnmente con el estrés y a un menor nivel de bienestar, fue interesante comprobar como en vacas privadas de un lugar adecuado para acostarse y descansar, tenían unos niveles de cortisol más elevados, en comparación con las vacas control con

posibilidad ilimitada para acostarse a descansar confortablemente (Munksgaard y Simonsen, 1996). Un descanso adecuado es esencial para mantener la salud, el bienestar y la productividad de las vacas lecheras (Tucker et al., 2004b). Este comportamiento se utiliza como un indicador del confort animal, y los comportamientos de acostarse y permanecer en pie se utilizan a menudo como signo de bienestar en el ganado, así como para evaluar la calidad de la estabulación (Jensen et al., 2005, Mattachini et al., 2011). El hecho de que las vacas en pastoreo tengan un tiempo de estabulación más corto podría asociarse con el tiempo que necesitan para pastar, ya que gastan más tiempo en comer que cuando disponen de un puesto de alimentación (Phillips, 2002). Las vacas de mayor rendimiento también tienen menores tiempos de estabulación (Fregonesi y Leaver, 2001). Por lo tanto, no debemos comparar los tiempos de descanso estrictamente para definir un mejor bienestar, sólo cuando se compara dentro de un determinado tipo de explotación, el tiempo de descanso es un buen indicador del bienestar.

En un entorno seminatural, como en Uruguay, donde son comunes los sistemas de pastoreo, muchas vacas tienen vidas productivas de más de 15 años (Van Eerdenburg, datos no publicados). En sistemas basados en estabulación, sin embargo, esta es una excepción. Aunque las razones son diferentes y existen variaciones (Burnside et al., 1984, Barberg et al., 2007, Ruud et al., 2010a, Husfeldt y Endres, 2012), aparentemente las condiciones de estabulación confinada pueden no ser las ideales para todas las vacas lecheras. Por un lado, los ganaderos quieren asegurarse de que sus vacas estén bien cuidadas, pero por otro, se enfrentan a importantes desafíos económicos. El ganadero moderno, sin embargo, se da cuenta de que un aumento en la edad promedio de las vacas en producción también es económicamente beneficioso, toda vez que las novillas de reemplazo cuestan una cantidad sustancial de dinero y mano de obra, y las vacas más viejas producen más leche por año (Clark, 1924). Sin embargo, si las vacas tienen problemas de salud, como mastitis o cojeras, o no quedan preñadas a tiempo, no hay otra opción que eliminar animales a una edad más temprana. Por lo tanto, las condiciones adecuadas de la estabulación son cruciales para un buen resultado económico de las explotaciones.

El sistema de estabulación libre al parecer fue diseñado a finales de la década de 1950 por el

Comandante Bramley (Bramley, 1962). Su idea era hacer uso de colchones de espuma plástica como cama en lugar de paja, principalmente con objeto de reducir la necesidad de paja para las camas. Sin embargo, pronto se dio cuenta de que los animales tenían que estar confinados de alguna manera para no contaminar su lugar de descanso. La solución fue el diseño de cubículos con la idea básica de controlar el comportamiento de defecación de las vacas (Bramley, 1962, Albright, 1963, Ruud y Bøe, 2011a). Para un funcionamiento óptimo, el diseño del cubículo debe atender a las “demandas de los animales”, perfectamente definidas por el propio Bramley (1962); “El tamaño del cubículo debe ser adecuado para permitir que el animal se pare y se recline con comodidad, pero al mismo tiempo su posición debe ser razonablemente precisa, y el margen de movimientos permisible restringido, para que no pueda pararse o moverse hacia los lados, y lo convenientemente largo que permita que las heces y la orina caigan fuera de la colchoneta de la cama”. Es interesante comprobar que el propio inventor del sistema, ya desde un principio, utilizó colchones blandos y se centró en el tamaño del espacio necesario para que las vacas realizaran en los cubículos comportamientos y movimientos naturales.

Los ganaderos avezados apreciaron este sistema de cubículos debido al ahorro de paja (Tillie, 1986) y carga de trabajo, generalizándose muy pronto en las grandes explotaciones de E.E.U.U. y Europa debido a los efectos de racionalización, empleándose en la actualidad en todo el mundo. Al principio, los cubículos se hacían artesanalmente según las propias ideas de los ganaderos (Tillie, 1986). Los primeros cubículos estaban hechos de tablones de madera y separaban las vacas por completo unas de otras. Muy pronto las divisiones se hicieron de tubo de metal y con un diseño más abierto. El desarrollo más importante desde este momento es la introducción de divisores de cubículos en forma de voladizos abiertos, número y posición de los rieles o barras (de cabeza y cuello), así como varios tipos de suelos y camas más o menos blandas. Gran parte del desarrollo de los cubículos a lo largo de los años está impulsado por la industria. Varios estudios sobre diferentes aspectos del diseño de los cubículos se revisan en el presente trabajo.

Fregonesi et al. (2009) constatan que las vacas prefieren una zona de descanso abierta en comparación con los cubículos relativamente

cómodos, sin embargo, las diferencias eran mínimas. En comparación con el alojamiento a campo abierto, la principal diferencia es que el área de descanso en los sistemas de estabulación libre se distribuye en lugares individualmente protegidos para tumbarse, lo que también implica una posición determinada cuando descansan. Las restricciones de espacio en los cubículos se usan principalmente para controlar el comportamiento de defecación (Tucker et al., 2005), y además para ahorrar espacio, mano de obra y material de cama. Las implicaciones de utilizar cubículos es que su construcción conlleva fijar algunas restricciones, por ello el comportamiento normal durante el descanso, acostarse y levantarse, pueden verse influidas o restringidas (Bernardi et al., 2009). Al trabajar en la optimización del diseño de los cubículos, debemos tener en cuenta que los parámetros de diseño y utilización también pueden tener otros efectos, o incluso efectos negativos en otros muchos aspectos (Tucker y Weary, 2001). Un ejemplo puede ser que los cubículos más grandes son positivos para el tiempo de descanso de los animales, pero están asociados a tener mayor suciedad (Tucker et al., 2005). Las consecuencias en los errores de diseño pueden afectar a la salud, la producción, al comportamiento o la higiene. Para evitar problemas, el cubículo debe diseñarse para proporcionar a los animales un lugar de descanso adecuado, seguro e higiénico, que permita un comportamiento normal a la hora de los movimientos de acostarse y levantarse. Los establos y las vacas sucias se asocian con una mayor incidencia de infecciones de la ubre, mayor prevalencia de cojeras y una menor calidad de la leche (Rendos et al., 1975, Dodd et al., 1984, Zehner et al., 1986, Grommers, 1987, Hogan et al., 1987, Hogan et al., 1989, Matos et al., 1991, Schukken et al., 1991, Roberson et al., 1994, Hogan y Smith, 1997, Zdanowicz et al., 2004, Kristula et al., 2005, Van Gastelen et al., 2011, Husfeldt y Endres, 2012). Hay que tener en cuenta también algunas circunstancias relacionadas con condiciones generales, como es el número de vacas por estabulación, el diseño general del establo, la experiencia previa de las vacas con los cubículos (adaptación precoz al sistema), y las interacciones entre los animales y el ganadero.

SOBREUTILIZACIÓN.

En primer lugar, es necesario tener presente que las vacas deben tener acceso a un lugar de descanso limpio y cómodo en todo momento. Esto implica que debe haber al menos un número igual de

cubículos y de vacas (Bach et al., 2008), recomendación de sentido común (Anonimus, 2010, Ruud et al., 2015). Sin embargo, también es importante tener en cuenta el tiempo de descanso y la estancia de las vacas en los cubículos. Las vacas sincronizan su comportamiento y, comen, rumian y descansan a la vez. Esto se enfatiza en las granjas con salas de ordeño convencionales, donde las vacas por grupos, esperan, se ordeñan y se alimentan después (Phillips, 2002). El ordeño robotizado puede alterar ligeramente el comportamiento sincronizado. Un exceso de vacas con respecto al número de cubículos, conduce a tiempos de descanso más cortos y mayor tiempo en los pasillos (Huzzey et al., 2006, Fregonesi et al., 2007a, Hill et al., 2009, Winckler et al., 2015). Además, el exceso de vacas produce una mayor competencia entre ellas por encontrar un lugar de descanso (Fregonesi et al., 2007a, Winckler et al., 2015). Un exceso a niveles de 115-120% también puede ocasionar lesiones en las pezuñas, reducir la producción de leche y el bienestar de las vacas (Leonard et al., 1996, Cook et al., 2004, Fulwider et al., 2007, Von Keyserlingk et al., 2009, Von Keyserlingk et al., 2012). Existe poca información en la bibliografía científica acerca del comportamiento conjunto del rebaño cuando los tiempos de descanso aumentan o disminuyen.

COMPONENTES DEL CUBÍCULO (DESCRITOS SEGÚN SU FUNCIÓN)

Los principales componentes del cubículo son la superficie para acostarse (suelo), los componentes que definen el espacio accesible lateralmente (separadores –elipse divisoria o bandera-) y los carriles o barras destinados a limitar el espacio longitudinal (barras de cabeza y cuello, y limitador pectoral -tabla de antepecho-).

Las dimensiones de los cubículos son importantes para los animales, el tiempo de descanso se incrementa cuando aumenta su amplitud (Tucker et al., 2004a, Tucker et al., 2006a). Por lo tanto, el tamaño debe coincidir con el tamaño de las vacas, a fin de proporcionarles un lugar cómodo para acostarse (figura 1). Basar el diseño en el tamaño medio de las vacas, significa que el espacio será demasiado pequeño para las vacas más grandes. Por lo tanto, el tamaño del cubículo debe seleccionarse p.e. de acuerdo con el 20% de las vacas más grandes del conjunto del rebaño. Por lo tanto, está claro que el tamaño también debe depender de la raza. Es obvio que el mismo tamaño de cubículo no funcionará igual para la raza Jersey

que para la Frisona Holandesa. Para determinar si las dimensiones de los cubículos son correctas debemos fijarnos en las vacas (comportamiento, postura, limpieza, aspecto general, magulladuras, manchas y lesiones), y la limpieza y el brillo de los separadores y las barras del cuello, ya que la pareciación de todos estos aspectos pueden confirmar que las dimensiones elegidas son las correctas (Ruud et al., 2010b, Ruud et al., 2011, Hulsen, 2014). Un tamaño uniforme del rebaño será positivo para diseñar un tamaño correcto de los cubículos para todas las vacas. También es conveniente que los cubículos menos atractivos (generalmente en los extremos de las filas), sean un 10% más amplios que el resto, por lo que aquellas vacas “grandes” podrían preferir estos (Anonimus, 2010). La primera parte con la que se encuentra una vaca para entrar en el cubículo son los separadores laterales. Estas elipses en voladera (banderas), están destinadas a definir y separar los cubículos entre sí, y funcionan como una herramienta visual para guiar a las vacas hacia el puesto de descanso. Estos separadores también ayudan a ubicar correctamente al animal cuando está acostado (evitando que se acuesten en diagonal), ofrece un grado de protección con las vacas adyacentes dado que representa una separación física que permite la cercanía de otras vacas sin que exista interacción agresiva (Ruud y Bøe, 2011a), y también evitan que las vacas se den la vuelta en el cubículo (Irish y Merrill, 1986). Esta es, probablemente, la razón de la eficacia del espacio del cubículo, y por lo tanto lo más valorado por los ganaderos. No existe mucha información científica sobre los efectos de los separadores laterales de los cubículos en muchos aspectos, como p.e. su efecto sobre el comportamiento en el descanso, la limpieza, etc. Por ello parece más bien que el diseño de los separadores está impulsado sobre todo por las industrias que lo fabrican. De ninguna manera los separadores laterales deben significar un estorbo o dificultad para las vacas, deben ser firmes, de superficie lisa, sin tornillos ni tuercas que sobresalgan, y su disposición debe ser tal que las vacas no puedan colarse por debajo del voladizo del separador y atascarse, a la vez que deben tener suficiente espacio entre los laterales que permita el movimiento de balanceo adecuado para entrar y salir. La elección de materiales con cierta flexibilidad probablemente es positiva debido a que las presiones de contacto con el cuerpo son menores, y por tanto disminuye la posibilidad de lesiones (Blom et al., 1984).



Figura 1: Cubículo en una granja de Ganado lechero, que es demasiado corto y estrecho. La barra del cuello está brillante, lo que indica una posición incorrecta, y no hay suficiente material de cama.

En un estudio utilizando separaciones verticales de cordones elásticos, Aland et al. (2009), encontraron que influían sobre la limpieza y la posición de descanso. Wandel y Jungbluth (1977) usaron tablas de madera horizontal oscilante como separadores, constatando que eran efectivas y suaves para los animales, no encontrando diferencias en los tiempos de descanso. Gwynn et al. (1991) utilizaron separadores de cuerda, reemplazando a las barras fijas más frecuentes. Aunque las vacas prefieren separadores flexibles, no hay diferencia en los tiempos de descanso (Ruud y Bøe, 2011a). En un experimento con separadores flexibles, Ruud y Bøe (2011a) descubrieron qué si la parte frontal del cubículo estaba “abierta”, permitiendo movimientos de elevación dirigidos hacia adelante, las vacas casi nunca entraban en contacto físico con los separadores. Por lo tanto, existen suficientes razones para pensar que el diseño de la parte frontal del cubículo tiene mayor importancia funcional que el diseño de los separadores. La distancia entre separadores define la anchura de los cubículos, y es de gran importancia para la posibilidad de que la vaca haga uso de la superficie del cubículo en diferentes posiciones de descanso. Errores en el diseño o colocación adecuada de sus elementos son motivo de lesiones traumáticas en el costado y dorso de los animales (Anderson, 2003, Kielland et al., 2009). Las vacas lecheras necesitan movimientos laterales adecuados a su anchura de cadera que oscila entre 60 y 110 cm. (Ceballos et al., 2004).

Cuando entran en los cubículos las vacas deben subir también un escalón. La función de este bordillo

posterior, además de limitar la parte longitudinal posterior del suelo del cubículo, evita la humedad y suciedad del pasillo de circulación y mejora por tanto la limpieza del establo (Magnusson et al., 2008).

Según la experiencia práctica, la altura recomendada del escalón posterior del cubículo desde el pasillo de circulación es de 15 a 30 cm. (Ruud et al., 2015). Sin embargo, los estudios científicos sobre el diseño de este escalón no son abundantes. Si la altura es baja (menor de 10-12 cm.), a las vacas no parece importarles mucho, pero al igual que cuando los cubículos son cortos o sin espacio frontal para el movimiento de avance cuando se acuestan, la vaca ocupará parte del pasillo de circulación que siempre está más sucio.

Las vacas deben disponer de un espacio anterior en el frente del cubículo (por delante de la tabla del antepecho), para lanzarse hacia adelante cuando se acuestan, así como un espacio suficiente entre los separadores para los movimientos laterales.

Las dimensiones y diseño de los cubículos deben proporcionar un espacio accesible para los movimientos de vaivén hacia adelante que ejecutan normalmente (Ceballos et al., 2004). Al acostarse y levantarse, las vacas hacen una serie de movimientos instintivos con una clara dirección hacia adelante. Esto se debe a que el cuerpo de la vaca es pesado y necesita estirar la cabeza hacia delante para actuar de contrapeso cuando eleva la parte posterior del cuerpo

(Albright y Arave, 1997). Este espacio anterior denominado de “balanceo y sacudida” (por delante de la tabla de antepecho, si se usa) es el espacio ocupado por la cabeza mientras avanza para ponerse de pie. El análisis cinemático de los movimientos para levantarse, indican que el ganado vacuno lechero usa entre 2,6 a 3 metros de espacio longitudinal total (desde el hocico hasta la parte más caudal de la vaca) (Cook y Nordlund, 2004). En base al movimiento longitudinal del hocico, el espacio utilizado por la cabeza mientras se balancea para levantarse oscila entre 22 y 72 cm (Ceballos et al., 2004). Vale la pena señalar que la longitud recomendada de los cubículos es generalmente alrededor de 240 cm, en lugar de los 300 cm necesarios. Sin embargo, apenas se han investigado las razones y las consecuencias de esta “escasez de espacio” para un correcto “movimiento de elevación

sin restricciones” y la “longitud del cubículo recomendada”.

En cubículos cortos o de frente cerrado (sin espacio de balanceo y sacudida), Las vacas permanecen de pie durante un periodo prolongado antes de acostarse, con las dos extremidades anteriores encima de la superficie del cubículo, olfateando repetidamente el suelo y moviendo la cabeza de izquierda a derecha (Rushen et al., 2001). Esta es una situación estresante que debe evitarse. También realizan movimientos anormales, como tratar de levantarse en primer lugar sobre las patas delanteras (como los caballos). La posición de las barras de la cabeza (el frente del cubículo) es, por tanto, de especial interés cuando se habla del diseño del cubículo. Dado que no deja de ser un espacio de confinamiento y restrictivo, los movimientos normales de acostarse o levantarse pueden verse obstaculizados debido a la falta de espacio dinámico (Baxter, 1984). Esto es especialmente evidente cuando los cubículos están colocados en fila adosados a las paredes o con barrotes restrictivos para la cabeza. Estos deben posicionarse al menos a 0,7 m por delante de la tabla del antepecho y preferiblemente a 1 m de altura del suelo, con objeto de lograr cubículos limpios (Ruud et al., 2011). Si el espacio es limitado al frente de los cubículos, los animales necesitan más espacio para balancearse lateralmente. Los separadores laterales no deben bloquear este espacio. Los primeros separadores generalmente eran problemáticos a este respecto. Sin embargo, es preferible que la vaca pueda balancearse hacia adelante en lugar que lo haga hacia los lados (Ceballos et al., 2004, Cook y Nordlund, 2004).

Las barras de cabeza y cuello generalmente están fabricadas den tubería de acero (diámetro de 50 a 60 mm.), sin embargo, también se pueden utilizar correas de nylon planas, cadenas o tablonés de madera. Con objeto de aumentar la comodidad, la presión de estos rieles o barrotes sobre la vaca debe ser mínima, por lo que además de elegir una buena ubicación, debemos utilizar perfiles anchos, con bordes redondeados o materiales con propiedades elásticas (Anderson, 2008).

Las barras del cuello (figuras 2 y 3) deben colocarse de tal manera que no obliguen a la vaca a acostarse demasiado atrás en el cubículo, y que a la vez dispongan de un espacio suficiente delante para los movimientos de balanceo y acometida al levantarse

(Anderson, 2008). De igual manera las vacas no deben defecar y orinar en el suelo del cubículo cuando están de pie, ni las barras del cuello deben estorbar cuando quiere acostarse. Esto implica que la vaca puede permanecer de pie, con las cuatro extremidades en el suelo del cubículo sin tocar la barra del cuello (McFarland y Graves, 1995).

Una recomendación general para las vacas Frisonas Holandesas es colocar la barra del cuello a una distancia superior a 210 cm desde el bordillo posterior (2 en la figura 2), y también >122 cm del nivel del suelo del cubículo. Además, una posición demasiado alejada del bordillo induce a posiciones diagonales cuando están acostadas (Anderson, 2003). El posicionamiento preciso de la barra del cuello es, por lo tanto, una cuestión delicada (Tucker, 2003). El tamaño de las vacas es muy importante en este aspecto. Una gran variación en el tamaño de las vacas complica un posicionamiento adecuado, sin embargo, las vacas nos demuestran si la posición es adecuada. Si los cubículos están limpios y las vacas no presentan heridas o rozaduras en el dorso a la altura de la cruz, probablemente esté bien. Si la barra del cuello está brillante (figura 3) y/o las vacas tienen rozaduras en la cruz, la distancia al bordillo posterior es demasiado corta. Si los cubículos están sucios al mismo tiempo que las barras del cuello no están brillantes, la distancia al borde del bordillo es demasiado grande. Otra forma de determinar la posición óptima fue descrita por Ruud et al. (2010b, 2011), utilizando un enfoque epidemiológico. 3459 cubículos en 232 granjas fueron evaluados por su limpieza, calculándose las medias correspondientes. En el modelo estadístico, se encontró que los cubículos más limpios se encontraban con una medida desde la barra del cuello al bordillo posterior de 1,95 m (medida diagonal). La raza más abundante en este estudio fue la raza lechera Roja Noruega, con un peso corporal de 550-650 Kg., por lo tanto, en los rebaños de Frisonas Holandesas esta distancia debe ser necesariamente más larga. Existe un falso mito de que cuanto más restrictivos sean los cubículos las vacas están más limpias, sin embargo, también es verdad que en este caso las vacas tienden a defecar defequen con mayor frecuencia. Esta aseveración está poco documentada, por lo que podríamos decir que tenemos que llegar a un punto de equilibrio y hablar de “suficientemente restrictivo”, pero no demasiado. (Anderson, 2003, Chapinal et al., 2013).

Una posición demasiado restrictiva de la barra del cuello aumenta la prevalencia de cojeras (Bernardi et al., 2009). Un adecuado diseño y posición del tablón o barra de antepecho puede reducir parte de este problema porque ayuda a posicionar mejor a las vacas pequeñas cuando están acostadas. El tablón de antepecho debe colocar a la vaca, mientras se acuesta, de tal manera que los cubículos permanezcan limpios. La tabla o barra de antepecho bien diseñada permite una colocación más fácil de la barra de cuello. Sin embargo, debería colocarse un poco más adentro del que se usa habitualmente, p.e. >180 cm. desde el borde posterior del cubículo para vacas de tamaño medio (Ruud et al., 2011), y probablemente más cerca de 1,9 m. para vacas Frisonas Holandesas más grandes (Anderson, 2008). La parte superior del tablón del antepecho no debe estar a más de 10 cm. por encima del nivel de la cama y debe ser suave para evitar rozaduras en la piel (Cook y Nordlund, 2004). Además, una excesiva altura puede también obstaculizar que la vaca pueda extender una extremidad hacia adelante como se puede ver en la figura 4. En los cubículos con cama profunda, el tablón puede colorarse incluso por debajo del nivel del lecho, con lo que produce menos restricciones de movimientos para acostarse y levantarse. Es decir, un cubículo puede diseñarse sin el tablón de antepecho y sin embargo proporcionar una buena comodidad y utilización por parte de la vaca (Tucker et al., 2006a).

Con respecto a la anchura, Anderson (2003) hace un resumen con varias recomendaciones. Está claro que existe una gran variación, p.e. las recomendaciones de ancho del cubículo para vacas de 680 Kg. Varían de 109 a 132 cm. Tucker et al. (2004a) constatan que el tamaño o la disposición espacial de los separadores y barras, etc. del cubículo pueden reducir el tiempo de descanso alrededor de 2,5 h al día, o dar como resultado vacas que permanezcan más tiempo en los pasillos de circulación (sucios). También encontraron que las vacas permanecían 42 min/24 h más en los cubículos de 132 cm de ancho en comparación con los de una anchura de solamente 106 cm. La anchura del cubículo también influyó en el tiempo que pasan las vacas paradas con solo las dos extremidades anteriores dentro del cubículo; 58 min / 24 h en cubículos de 126 cm de ancho, y 85 min / 24 h en los más estrechos (106 cm). La cantidad de tiempo que pasan en el cubículo.

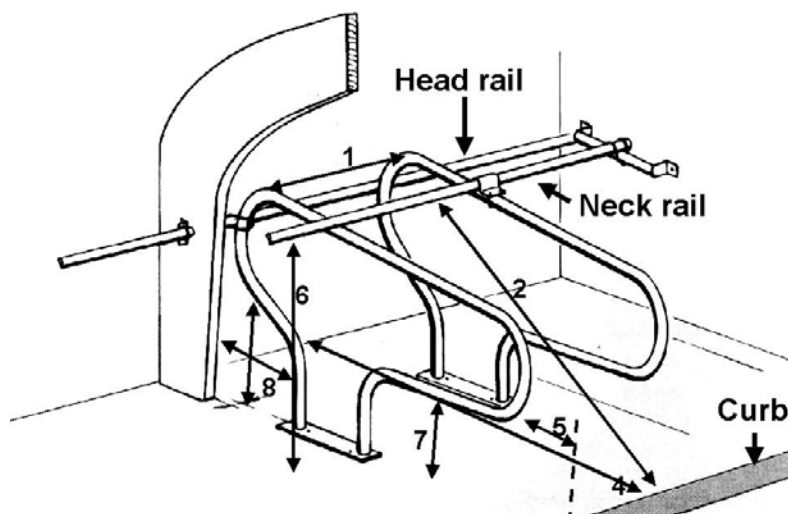


Figura 2: Dibujo esquemático de un cubículo en una granja de ganado vacuno lechero. Las flechas numeradas tienen sus dimensiones en la tabla 1 (Irish y Merrill, 1986).

Tabla 1: Dimensiones del cubículo en relación con el tamaño de la vaca (Irish y Merrill, 1986).

Dimension y emplazamiento	Tamaño de la vaca
1. Ancho (distancia entre el centro de ambos separadores laterales)	Dos veces el ancho de la cadera
2. Distancia entre la barra del cuello y el bordillo posterior	Longitud corporal (del inicio de la cola al pecho) o 210 cm. de media.
3. Distancia del bordillo posterior a la parte frontal abierta.	1 – 1¼ de la longitud corporal
4. Distancia del bordillo posterior a la parte frontal cerrada.	1 – 1 ¹ / ₃ de la longitud corporal
5. Parte libre posterior desde el borde trasero del separador lateral al bordillo posterior.	Altura del suelo al vientre, ½ de la anchura de la cadera o menos.
6. Altura desde el suelo a la barra del cuello.	¾ - 4/5 de la altura a los hombros
7. Espacio libre debajo de los separadores para las extremidades posteriores y control de las caderas.	¾ de la anchura de la cadera.
8. Espacio libre entre la barra del cuello y el frontal para alojamiento de la cabeza y movimientos de acometida.	Anchura de la cadera

Tabla 1: Dimensiones mínimas de los cubículos, según el tamaño corporal de las vacas alojadas en el establo. Según (Irish and Merrill, 1986*). El fundamento de la tabla no está bien documentado, sin embargo, es frecuente su uso, aunque debería actualizarse con nuevos estudios científicos.

Tabla 2. Diseño recomendado para cubículos de vacas lecheras. Todas las medidas en metros.

	NFA ¹ (550 Kg.)	Norv. Rec. ² (570 Kg.)	CIRG ³ (550 Kg.)	Anderson ⁴ 1ª lact (700 Kg.)	McFarland ⁵ (550 Kg.)
Longitud total	2,40	2,40-2,60	2,39	2,74-3,04	2,34-2,49
Longitud libre	2,10	2,30-2,50	2,06	2,43-2,74	2,03-2,19
Ancho	1,14 ⁶	1,14 ⁶	1,12	1,21 ⁶	1,03-1,09
Altura a la barra del cuello	-	1,10-1,15	“No demasiado baja”	1,22	1,07-1,17
Longitud diagonal a la barra del cuello	-	-	-	-	-
Longitud horizontal a la barra del cuello	-	1,60-1,70	-	1,73	1,58-1,63
Altura máxima de la barra de la cabeza	-	0,80-0,90	Min. 0,73	0,86-1,02	-
Altura más baja de la barra de la cabeza	-	0-0,20	-	Ausente	-
Altura de la tabla del antepecho	-	0,07-0,10	-	0,10	0,10-0,15
Longitud de la tabla del antepecho	-	1,70-1,80	1,63	1,78	1,58-1,63
Altura del bordillo posterior	0,15-0,25	0,20-0,30	0,15-0,20	0,20	0,30

¹ De las directrices reguladoras Noruegas sobre el cuidado del ganado vacuno (2005)

² Ruud et al. (2005).

³ GIGR (1994)

⁴ Anderson (2008)

⁵ McFarland (2003)

⁶ Medición de centro a centro convertida a medida interior restando 60 mm del grosor de los tubos.

de pie, con las cuatro extremidades sobre el suelo del cubículo tendió a alargarse en los más anchos (126 cm.), pero también se incrementaba la posibilidad de que se ensuciara con heces. Una forma de determinar las dimensiones correctas es relacionar el tamaño del cubículo con las dimensiones de las vacas (tabla 1 y figura 1) (Irish y Merrill, 1986, Faull et al., 1996). Ceballos et al. (2004) estudiaron el espacio requerido para que la vaca se acueste. Las vacas utilizaron hasta

109 cm de anchura (180% de la anchura de la cadera) cuando estaban acostadas. Esto está claramente dentro de la mayoría de las recomendaciones para cubículos que normalmente dicen entre 1,20 -1,25 m. de ancho. Sin embargo, sospechamos que un diseño frontal del cubículo se asocia con una mayor necesidad de espacio lateral, pero esto no se investiga en ningún trabajo que conozcamos. Las vacas preñadas son más anchas, y un estudio reciente mediante filmación



Figura 3: Barra del cuello brillante de un cubículo debido al contacto frecuente con las vacas.

(Frisonas Holandesas), en un patio con paja mostró la necesidad de 137 cm. de ancho, lo que indica que el ancho de los cubículos para vacas preñadas debe ser más amplio que para otras vacas (van Eerdenburg, resultados no publicados).



Figura 4: Vaca con una extremidad anterior estirada por delante de la tabla del antepecho del cubículo.

CAMA

Para la base del cubículo se pueden utilizar diferentes materiales, pero tiene como función principal de ser un lugar cómodo para que las vacas descansen o permanezcan de pie sobre ella. Dependiendo de su construcción, en muchos casos también funciona como base para la fijación de algunas partes del cubículo. Varios experimentos han demostrado que las vacas lecheras tienen una gran preferencia por descansar sobre superficies blandas (Wander, 1974, Natzke y Everett, 1982, Irps, 1983, Gebremedhin et al., 1985, Cermak, 1988, Nilsson, 1988, Colam-Ainsworth et al., 1989, Krohn y Munksgaard, 1993, Herlin, 1997, Rushen et al., 2001, Manninen et al., 2002, Tucker et al., 2003a, Fregonesi et al., 2009), y también parece haber una estrecha relación entre la suavidad y

blandura del suelo del cubículo, incrementando el tiempo que pasan acostadas (Rushen et al., 2001), y una mayor limpieza (Herlin, 1997). Las razones para preferir suelos blandos y suaves se puede encontrar en una mayor comodidad debido a la presión de contacto más reducida con las partes del cuerpo que sobresalen al estar acostadas, la menor fricción al levantarse (Hansen et al., 1999), pero también a la conductividad térmica reducida en los climas fríos (Nilsson, 1988, Hansen et al., 1999). Una base del cubículo cómoda que permita un comportamiento normal de descanso es importante para garantizar que las vacas opten por usar los cubículos para descansar, dormir, rumiar, y también reduce el riesgo de que tengan lesiones u otros daños en el cuerpo (Rousing et al., 2000, Fulwider et al., 2007, Kielland et al., 2009).

Si el suelo de los cubículos es cómodo, las vacas producen más leche (Calamari et al., 2009, Ruud et al., 2010a, Van Eerdenburg et al., 2013) porque el flujo sanguíneo mamario aumenta durante la lactación un 25-50% (Metcalf et al., 1992, Rushen et al., 2001), relacionado claramente con la producción de leche (Prosser et al., 1996). Descansar ahorra energía por lo que es preferible que las vacas estén acostadas que paradas. El tiempo dedicado a rumiar también se maximiza cuando están acostadas (Norgaard et al., 2003). Una superficie de descanso suave y blanda es muy importante para el animal individualmente (Nordlund y Cook, 2003, Fulwider y Palmer, 2004), y por supuesto, también, para el funcionamiento de las construcciones en conjunto. Con suelos suaves (que están asociados con tiempos de descanso más alargados), un mayor porcentaje de animales descansará en los cubículos. Esto significa que menos animales (excepto los que se alimentan, comen, etc.), estarán de pie, caminarán y, por lo tanto, ocuparán espacio en el área de movimiento. De esta forma, los suelos blandos influirán indirectamente también en el bienestar de otros animales, así como en el funcionamiento de los equipos automáticos de ordeño y de alimentación, debido a menores filas de espera, etc. Si comparamos un establo con un tiempo medio de descanso de 9 h, con otro similar de, por ejemplo, 14 horas, habrá aproximadamente un 20% más de animales en el área de actividad moviéndose. Esto, por supuesto, influirá en el funcionamiento de la explotación y el bienestar animal, sin embargo, esta es una cuestión poco estudiada.

Las vacas se acuestan cayendo sobre una de sus rodillas cuando se acuestan (Phillips, 2002). La carga máxima en cada rodilla es de aproximadamente 2 kN durante los movimientos de levantarse y acostarse (Nilsson, 1988, Hansen et al., 1999). Debido a que no

hay mucha grasa subcutánea en la rodilla, no hay amortiguación de esta fuerza, lo que da como resultado que sea una acción bastante dolorosa para la vaca si la superficie es dura. Por lo que las vacas se mostrarán reacias a acostarse, lo que da como resultado tiempos de descanso en el cubículo reducidos. Las propiedades del suelo, incluida la cantidad y material de la cama, son importantes a este respecto (Tucker y Weary, 2004, Tucker et al., 2004b). Podemos comprobar la suavidad de la cama dejándonos caer de repente sobre nuestras rodillas. Esta prueba de las rodillas debe, preferiblemente, ser ejecutada por el ganadero. Si duele para el ganadero, también le dolerá a la vaca. Esta suele ser una buena forma de convencer a los ganaderos para que mejoren el material de la cama. Esta prueba es, sin embargo, subjetiva. Con el fin de proporcionar un método simple y objetivo para medir la suavidad de la superficie de descanso, Nilsson (1988) expresó la suavidad como los mm de impacto de una esfera (diámetro = 100 mm) con una carga de 2 kN, un método adaptado a una esfera con el diámetro aproximado de una rodilla de vaca (diámetro = 120 mm) por ADAS (Dumelow, 1995) y también utilizada en pruebas estandarizadas realizadas por la DLG en Alemania (www.dlg.org/stall.html, 2017). El método está adaptado también para superficies más blandas que la estera (por ejemplo, arena y paja) por Tucker et al. (2009), conocido como el método de la batidora. La suavidad recomendada de la cama del cubículo es un impacto mínimo de 16 mm (Hansen et al., 1999, Ruud et al., 2015), preferiblemente más de 20 mm. Ruud et al. (2010a) encontraron que una mayor suavidad que se asocia con un aumento del rendimiento lechero, una incidencia reducida de mastitis y una reducción del porcentaje de desecho anual involuntario.

Una gran variedad de materiales para el suelo están disponibles y en uso. El concreto de hormigón es muy duro y no recomendable. Incluso está prohibido como único suelo en algunos países, como en Noruega (LMD, 2004). La mayoría de los materiales modernos utilizados en la actualidad para las superficies de los cubículos son blandos (por ejemplo, colchones rellenos de goma, camas de agua y otros tipos de colchones que tienen una estructura que proporciona amortiguación), normalmente con una suavidad de 16 a 30 mm., mientras que otros materiales más antiguos (es decir, colchones de goma compactos), la comodidad del descanso a menudo está en un nivel no aceptable para uso de los cubículos (por ejemplo, con una suavidad de 7-10 mm.).

También se puede lograr una suavidad razonable utilizando materiales de cama sueltos como arena o

serrín, cuando se proporcionan formando una capa gruesa (Drissler et al., 2005). Los materiales para la cama tienen dos propósitos. En primer lugar, suaviza el suelo del piso para mejorar la comodidad y el bienestar de la vaca. En segundo lugar, mantiene limpias las vacas y el área donde se encuentran. La comodidad de un cubículo dependerá en gran medida del tipo, la cantidad y la calidad de la cama del cubículo (Tucker et al., 2004b). Un material óptimo para la cama debe proporcionar un aislamiento térmico y de protección hacia el frío adecuado (según la temperatura), un grado apropiado de suavidad, un grado apropiado de fricción, un bajo riesgo de abrasión y debe ser fácil de mantener y limpiar (Nilsson, 1992, Nordlund y Cook, 2003).

El material utilizado para la cama debe estar seco y limpio para evitar el crecimiento de bacterias. Las vacas muestran una clara preferencia por lechos secos en comparación con los húmedos (Fregonesi et al., 2007b). Por lo tanto, es importante cubrir los colchones suaves con una capa fina de p.e. serrín, paja, arena caliza, etc., sólo para mantenerlo seco y limpio (Tucker y Weary, 2004). Una adecuada ventilación ayuda a mantener este material de la cama seco. Al realizar la prueba de la rodilla para determinar la suavidad, podemos permanecer unos 10 segundos, con todo el peso sobre la rodilla. Si nuestro pantalón permanece seco, la cama puede considerarse suficientemente seca. En general, se requiere. En general se requiere una limpieza regular (mínimo dos veces al día) y una renovación del material de cama. La mayoría de estos materiales usados están hechos de compuestos orgánicos y es, por lo tanto, un factor de riesgo para el crecimiento de bacterias, a menos que esté seco (Hogan et al., 1987). Una alta carga bacteriana en la cama puede ser un factor de riesgo para el desarrollo de mastitis (Rendos et al., 1975, Janzen et al., 1982, Hogan et al., 1989, Hogan y Smith, 1997, Zdanowicz et al., 2004). Sin embargo, la contaminación bacteriana de la cama, aparte de incrementar las cojeras, mastitis y SCC (Zehner et al., 1986, Zdanowicz et al., 2004, Van Gastelen et al., 2011, Devries et al., 2012, Chapinal et al., 2013), es inducir un incremento de la carga bacteriana en el tanque de recogida de leche (Van Gastelen et al., 2011), sobre todo cuando la contaminación del lecho es originada por las heces.

Los materiales utilizados para la cama pueden ser sueltos como la paja, serrín, viruta de madera, residuos vegetales compostados o estiércol, arena, caliza molturada, papel triturado, etc. La arena y la caliza molturada son materiales inorgánicos y comúnmente asociados a baja contaminación

bacteriana de la cama, dado que la cama está suficientemente limpia (Janzen et al., 1982, Hogan et al., 1987, Van Gastelen et al., 2011).

MATERIALES PARA LA CAMA

Paja. La paja es uno de los materiales de cama más antiguos. Solía ser un producto de desecho de la parte agrícola de las explotaciones mixtas, sin embargo, actualmente, la paja puede ser bastante cara en ciertas áreas debido a su uso competitivo. Proporciona un lecho suave y seco para las vacas cuando se aplica y se mantiene adecuadamente. La paja puede usarse de forma alargada o picada. La picada es más fácil de utilizar, pero contiene más polvo y a veces es más abrasiva. Cuando se utiliza como único material de cama, debe aplicarse en capa gruesa de 15 cm. de altura como mínimo. Preferiblemente de 30-40 cm. (Tucker et al., 2003b). La estancia de vacas primíparas en cubículos con paja después del parto redujo significativamente el desarrollo de hemorragias en los cascós, mientras que la sustitución de las esterillas de goma por colchones más gruesos no tuvo un efecto significativo en un estudio de Laven y Livesey (2004). En las granjas orgánicas, la paja es un buen material para el ganado. La paja aporta compuestos orgánicos al suelo, y de esta manera mejora la estructura, cantidad y calidad de los microorganismos vivos en el suelo. Además, debido a los aspectos estructurales de la paja, el estiércol se airea mejor y, por lo tanto, es posible una buena fermentación antes de la aplicación a la tierra.

Serrín. El serrín se emplea como único material de cama en cubículos profundos con arena, o como cubierta higiénica en otros tipos de suelos. Al igual que la paja, el serrín debe aplicarse en una capa gruesa de ≥ 15 cm., para garantizar el acolchado si se utiliza como único material de cama. Su textura debe ser adecuada y no tener mezcla de astillas. Para mantener el serrín en el cubículo, se puede colocar una tubería de metal o plástico, o bien una banda de goma de 10-30 cm. de altura en el bordillo posterior del cubículo. El serrín debe llenar la cama hasta el nivel superior del bordillo posterior, porque de lo contrario las vacas pueden lesionarse con bastante facilidad los corvejones. Dado que el serrín tiene una gran capacidad de absorción, a menudo se utiliza para mantener secos otros materiales de la cama, como los colchones de goma. El serrín es un material orgánico, y para mantener la carga bacteriana bajo control, debe estar seco y limpio. En un ambiente seco y fresco, la velocidad de crecimiento bacteriano es bajo, sin embargo, el número de bacterias alcanza su máximo

en sólo 2 días (Zehner et al., 1986). Por lo tanto, se recomienda cambiar el serrín diariamente.

El estiércol y el goteo de la leche derramada deben eliminarse dos veces al día. El cambio diario de la cama en la parte posterior del cubículo mantendrá bajo control la contaminación bacteriana (Dodd et al., 1984). No es buena costumbre colocar un pequeño “depósito” en la zona anterior al cubículo una vez a la semana, para que se rastrille poco a poco con el resto de la cama todos los días. Las bacterias comenzarán a crecer desde el momento en que se rellene el depósito, y al final de la semana la carga bacteriana será alta, aunque el serrín podría “parecer” limpio (Zehner et al., 1986, Zdanowicz et al., 2004). El cambio completo de la cama debe hacerse al menos una vez a la semana (Hogan et al., 1987).

Sólidos reciclados de estiércol. El líquido del estiércol se puede separar por compresión, y los sólidos restantes se pueden usar como material de cama en los cubículos. Se puede usar después del procesamiento (compostaje en batería) o inmediatamente después de la compresión. El compostaje en tambor reduce el número de bacterias *E. coli*. El secado adicional por aire reduce el contenido en humedad, pero no influye en la cantidad de bacterias (Husfeldt y Endres, 2012, Husfeldt et al., 2012). Este material está ganando popularidad porque es barato y de fácil acceso. Las cargas bacterianas en cama se reflejan en la carga bacteriana de los pezones y en el tanque de la leche (Zdanowicz et al., 2004, Van Gastelen et al., 2011). Por lo tanto, es importante monitorear celosamente el estado higiénico y la ventilación. Hasta ahora, no se han publicado informes que contemplen incrementos de la incidencia de mamitis o del recuento de células somáticas (Husfeldt y Endres, 2012, Husfeldt et al., 2012). Las ventajas son la disponibilidad y, por lo tanto, el uso de capas gruesas en los cubículos, lo que aumenta los tiempos de descanso, la comodidad y el bienestar de las vacas. Las desventajas pueden ser la gran cantidad de bacterias presentes en las camas, por lo que su utilización en climas húmedos o establos mal ventilados, podría conducir a un alto contenido de humedad en las camas (Zdanowicz et al., 2004, Van Gastelen et al., 2011), así como una alta humedad en el aire.

Arena / polvo de piedra caliza. La arena, aplicada en capa profunda (>25 cm), proporciona un buen material de cama para las vacas con una alta comodidad y una buena salud de las ubres, sin embargo, la arena a menudo incrementa problemas al sistema de manejo del estiércol y el consumo de arena es alto (Weary y

Taszkun, 2000). La arena suelta se adapta a la forma del cuerpo y forma un cojín perfecto. También proporciona refrigeración durante los cálidos meses de verano. Debido a que las vacas derraman arena en los pasillos de circulación, también mejora el equilibrio y la seguridad al andar (Drissler et al., 2005). Debido a esto, la arena no debe contener piedras pequeñas. La cantidad de arena que debe añadirse diariamente oscila entre 14 y 20 Kg. por cubículo (Bernard et al., 2003). La arena no debe ser demasiado fina, después de un tiempo se volverá dura como el hormigón (Norell et al., 2004). Por otro lado, los granos grandes son ásperos y pueden causar rozaduras en la piel. En lugar de absorber la humedad, la arena permite que se filtre fácilmente al fondo del cubículo, manteniendo e nivel superior (de contacto con la vaca) seco. Como la arena y la piedra caliza son inorgánicas, proporcionan un entorno deficiente para el crecimiento bacteriano (si están limpias), lo que se refleja en la contaminación encontrada en los pezones de las vacas (Janzen et al., 1982, Zdanowicz et al., 2004). Esta ventaja, combinada con una buena limpieza de las vacas, la convierte en una opción popular para muchos productores de leche, p.e. en los EE.UU. La arena también reduce el número de lesiones de corvejones (Vokey et al., 2001 y 2003, Van Gastelen et al., 2011).

La principal desventaja de usar arena en los cubículos parece ser el manejo del estiércol. La arena puede depositarse en el fondo de los pozos de recolección de estiércol, almacenes y esparcidores, lo que dificulta su retirada (McFarland y Graves, 1995). Por lo tanto, no es una buena opción en combinación de suelos de listones de madera, frecuentes en los Países Bajos y Noruega. La arena también es abrasiva y puede causar un desgaste excesivo de las arrobaderas de estiércol, bombas y separadores. Para mantener más cama en los cubículos se puede instalar una tubería de abastecimiento y eliminación en la parte posterior. También se pueden instalar los llamados protectores o limitadores de arena para que mantengan la arena en el cubículo (Norell et al., 2004). La piedra caliza molida es suave e inorgánica. A menudo se mezcla con serrín o viruta de madera para mejorar la absorción de la humedad. Cuando se usa pura, el pH es relativamente alto (7,91); esto produce una baja velocidad de crecimiento bacteriano según un estudio de Janzen et al. (1982), sin embargo, también pueden dar como resultado pezones con piel seca e irritada. Sin embargo, “rociar” la piedra caliza triturada sobre los cubículos para reducir el crecimiento bacteriano, no da como resultado una distribución adecuada a través del material de la cama y, por lo tanto, no tiene el efecto deseado sobre el crecimiento bacteriano (Janzen et al.,

1982). Las camas de arena también pueden ayudar a minimizar las lesiones de los pezones. Estas lesiones en los pezones también ocurren a menudo en el momento de levantarse las vacas en los cubículos. Drissler et al. (2005) encontraron que por cada centímetro de disminución de la cama de arena, las vacas pasaban 11 minutos menos acostadas. El mantenimiento adecuado es, por lo tanto, esencial para una buena comodidad de las vacas.

Alfombras de goma.

Las alfombras o esterillas de goma han sido ampliamente utilizadas durante décadas. La calidad y la comodidad para las vacas varía de unos fabricantes a otros. En general, las alfombrillas al envejecer tienen a tener fracturas, que pueden convertirse en fuentes de infecciones bacterianas (mamitis ambiental) (Schukken et al., 1991). Se debe tener cuidado de que las alfombrillas no se doblen. La mayoría de los tipos de alfombrillas más antiguas están hechas de caucho sólido bastante firme, sin embargo, cuando se aplican con suficiente serrín en la parte superior (>5 cm), funcionan como una cama más o menos cómoda para las vacas. Sin esta capa superior, la mayoría de las alfombras no pasan la prueba de las rodillas. Las alfombras de goma con protuberancias de goma debajo (alfombrillas de botones) proporcionan una mejor amortiguación en comparación con aquellas de goma compactas, y cada vez se introducen más tipos nuevos y más blandos en el mercado. También las alfombras hechas con una estructura espumosa podrían ser suaves y cómodas para las vacas, sin embargo, tales alfombras tienden a desgastarse rápidamente (Fulwider y Palmer, 2004), y también son un factor de riesgo higiénico. En regiones con acceso restringido a materiales para la cama debido al clima, etc. las alfombras suelen ser la única solución disponible. En la actualidad, existe una amplia gama de productos con una suavidad de 20 a 40 mm de impacto disponibles en el mercado, y no hay razón para instalar alfombras “anticuadas” más duras que eso.

Camas de colchones.

Los colchones para vacas (Chaplin et al., 2000, Manninen et al., 2002) son un buen compromiso entre la comodidad y la carga de trabajo, y el dinero gastado por el ganadero. Los primeros colchones eran bolsas grandes llenas de paja, virutas de madera, tallos de maíz, corcho molido o caucho. Eran cómodos para las vacas cuando eran nuevos, pero después en un corto periodo de tiempo se formaban abolladuras debido a la distribución desigual del contenido. Por lo tanto,

los colchones más modernos tienen una base estructurada mediante un procedimiento de acolchado. La mayoría de los colchones actualmente están hechos de tubos de tela de nylon llenos de caucho triturado (por ejemplo, de neumáticos reciclados de automóvil). Los tubos se colocan paralelos y encima se pone una cubierta de tela en la parte superior. Los colchones y la capa superior están disponibles en muchos tipos, grosores y calidades diferentes. Si se forman abollonaduras después de algunos años de uso, se puede quitar la cubierta y volver a mezclar los tubos. La cubierta se vuelve a colocar de nuevo y las vacas tienen una cama cómoda durante varios años más. Sobre el colchón se necesita una capa delgada de serrín para mantenerlo limpio y seco, una capa gruesa de polvo de aserradero (7,5 Kg por cubierta) mejora la comodidad del descanso (Tucker y Weary, 2004). En general, tanto las colchonetas multicapa como los colchones rellenos de goma proporcionan la comodidad adecuada para acostarse. Sin embargo, los colchones producen más lesiones de corvejón que la arena o el serrín (Weary y Tazskun, 2000).

Cama de agua.

Las camas de agua son bolsas de caucho llenas de agua (salada). Estas camas no están acolchadas. Sin embargo, cuando la vaca se acuesta y se levanta, pone la mayor parte de su peso en una de las rodillas delanteras y la hunde profundamente dentro de la cama (Fulwider y Palmer, 2004). Depende de la base de la cama de agua si esto es doloroso o no. Por esta razón, hay camas de agua de doble cámara (cama de agua dual). Estas tienen una pequeña cámara donde la vaca golpea con sus rodillas cuando se acuesta y actúa como cojín. Cuando la vaca sale del cubículo, el colchón de agua adquiere una forma redondeada y todos los líquidos de la parte superior, así como las pérdidas de leche de los pezones, salen hacia el pasillo de circulación. En cuanto a material de cama, p.e. el serrín se debe utilizar para absorber la humedad restante. De esta forma se evita el crecimiento bacteriano y, por lo tanto, las infecciones mamarias. Normalmente, las vacas necesitan unos días para acostumbrarse a la sensación de la cama de agua cuando entran en los cubículos, y algunas aparentemente también prefieren la arena y alfombras sobre las camas de agua (Sonck et al., 1999, Palmer y Wagner-Storch, 2003).

Las vacas deberían tener un buen agarre en los cubículos

Las vacas deben poder acostarse y levantarse fácilmente de la misma manera que lo hacen en el pasto. No deberían resbalar ni patinar. Los pisos de hormigón son un factor de riesgo para los pisotones de los pezones debido a un agarre insuficiente cuando se usan (Ruud et al., 2010b). El número de lesiones en los pezones disminuyó drásticamente con una suavidad ≥ 8 mm., y también el número de desechos involuntarios con una mayor suavidad.

Un material de cama que sea áspero puede causar fácilmente la abrasión de la piel y heridas en los corvejones (figura 5) (Vokey et al., 2001). Algunos materiales abrasivos, como la arena, no lo son cuando se aplican en una capa gruesa, e incluso el serrín, que puede considerarse suave y no abrasivo, se vuelve abrasivo si solo hay una capa delgada (Kielland et al., 2009). Por lo tanto, es importante proporcionar suficiente material de cama, independientemente del material que se trate (Tucker et al., 2004b, Drissler et al., 2005). Las vacas también permanecen de pie en los cubículos por periodos cortos de tiempo, por lo que las propiedades relacionadas con la “estabilidad al estar de pie” (firme y con buen agarre) son importantes. Tales propiedades no se han investigado con detenimiento en los experimentos científicos.

Inclinación.

Es razonable pensar que cualquier pendiente contribuirá a drenar los líquidos fuera del cubículo. En un estudio realizado por Norgaard et al. (2003), la longitud del área húmeda de la parte posterior de la alfombra de goma se midió durante 3 días seguidos por la mañana antes de limpiar el cubículo. Al acostarse, las vacas tendieron a deslizarse un poco hacia atrás con un 4% y 7% de inclinación del suelo, pero no hubo ningún efecto negativo en los movimientos naturales de levantarse y acostarse. El aumento de inclinación del cubículo condujo a una alfombra de caucho significativamente más seca y limpia con una pendiente del 7%, sin embargo, se concluyó que la inclinación del cubículo no afecta al tiempo total de permanencia de la vaca acostada, el número de periodos en que está acostada o la duración de los periodos de descanso. Las diversas pendientes no causaron ningún efecto sobre los patrones de movimientos en reposo, sin embargo, se mantenía un cubículo más limpio en una pendiente superior al 4%. En base a estos resultados, se podría recomendar una pendiente de hasta + 7%, pero se deben realizar más pruebas en condiciones prácticas.

Las recomendaciones comunes son las pendientes entre 3% y el 5% (Ruud et al., 2015).

Comodidad de la vaca (cow comfort).

Una manera fácil de evaluar la comodidad de la vaca es utilizar el índice de comodidad de la vaca. Se define como el número de vacas que se encuentran correctamente en sus cubículos dividido por el número total de vacas presentes en los cubículos, multiplicado por 100 (Cook et al., 2005). Las observaciones deben realizarse de 1 a 2 horas antes del ordeño. No más del 15% de las vacas deben permanecer de pie en sus cubículos en este momento. Este índice de comodidad de la vaca es una manera fácil de determinar si las vacas están experimentando problemas o no (por ejemplo, con los cubículos), sin embargo, no proporciona información específica sobre las causas del problema. Dado que el descanso adecuado es fundamental para el bienestar de las vacas, los protocolos de bienestar comúnmente contienen preguntas sobre el cubículo o el lugar de descanso. Ejemplo de dichos protocolos puede ser la Puntuación del Confort de la Vaca (Cow Comfort Score) de Van Eerdenburg et al. (2013), que incluye un capítulo para determinar el nivel de comodidad de los cubículos, o el protocolo de calidad del Bienestar (Welfare-Quality-Consortium, 2009) centrado en indicadores tomados de los animales.



Figura 5: Lesión del corvejón de una vaca lechera debido a material de cama malo o insuficiente en el cubículo.

Además, los sensores y el Internet son cosas que también han llegado hoy a los establos del ganado lechero. Existen soluciones para la identificación de los animales al utilizar los cubículos, p.e. para registrar el tiempo de descanso. Dichos sistemas podrán proporcionar al ganadero o al investigador

información directa e individual sobre el bienestar y las características de la salud como es el tiempo de descanso, el número y la duración de cada periodo del mismo, etc. Esta información forma parte de los indicadores más importantes que tenemos, y nos darán la posibilidad de tener alarmas precoces, por ejemplo, sobre la salud, el comienzo de los celos y el bienestar.

Aspectos económicos.

La rentabilidad después de mejorar las condiciones de un establo, por supuesto depende del precio de la leche, la alimentación, el trabajo, etc., pero en lugar de centrarse solo en la durabilidad del precio del producto, debemos centrarnos más en la rentabilidad total. Al hacer esto, las inversiones en bienestar suelen ser muy rentables. Un ejemplo lo encontramos en Ruud et al. (2010^a) que muestran como los cubículos de superficie suave contribuyó significativamente al aumento de la producción de leche y a una disminución de la incidencia de mamitis clínica, menos lesiones en los pezones y un menor porcentaje anual de desecho involuntario de vacas en producción. En base a este estudio, las estimaciones precisas muestran que las alfombras, colchonetas y los colchones blandos se amortizan en 2 o 3 años y con un mayor bienestar de los animales. La correlación entre una combinación de parámetros relacionados con la comodidad del cubículo (como se utiliza en el Cow Comfort Score de Van Eerdenburg y otros (2013)), y la producción de leche se calcula y se presenta en la figura 6.

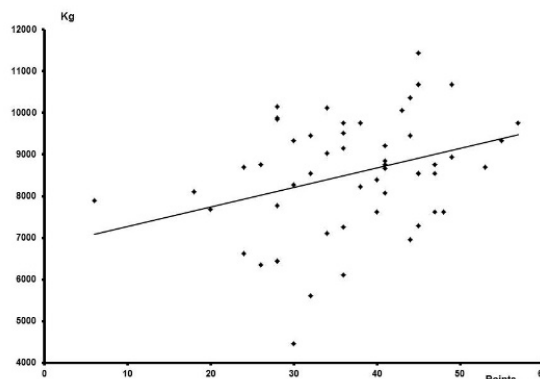


Figura 6. Correlación entre el confort del cubículo y el promedio de la producción lechera en rebaños de 55 granjas grandes de vacuno lechero en México (500 – 3000 vacas) ($r = 0.33$; $p < 0.02$). Los puntos son el resultado del sistema de valoración de Van Eerdenburg et al. (2013).

EL CUBÍCULO PERFECTO

Está claro que un mejor ambiente produce un incremento de la producción de leche, una mejor salud de las ubres, una mayor calidad de la leche y un mejor bienestar animal de las vacas, y también como resultado mayores ingresos para el ganadero. Los cubículos cómodos, adaptados al tamaño y al comportamiento normal de la vaca, conducen a un descanso normal de las vacas, nuevamente correlacionado con mayores rendimientos de leche. Además, las vacas que viven en un ambiente confortable se mantendrán saludables y tendrán una vida productiva más larga. El cubículo óptimo debe tener ante todo un suelo limpio, seco y suave, adecuado para descansar. Una inclinación entre 3-7% puede ayudar a mantenerlo limpio. Debe proporcionar a la vaca una buena resistencia para no resbalar y suficiente espacio para un comportamiento normal, p.e. espacio suficiente para estirar las extremidades anteriores hacia adelante, espacio suficiente para estar de pie o tumbarse de costado, con espacio libre para el cuello y la cabeza, espacio suficiente en la plataforma para el descanso de las extremidades posteriores, la ubre y la cola, etc. Sin embargo, lo más importante es tener espacio para mover el cuerpo hacia adelante (y en segundo lugar hacia los lados) durante los movimientos de acostarse y levantarse.

SUELO.

Comprobar el suelo es especialmente importante con respecto a dos problemas importantes de las granjas de ganado lechero: cojeras y detección del celo. El modelo y la calidad del suelo de la granja tienen una gran influencia en la incidencia de cojeras, que es un problema en la mayoría de las explotaciones lecheras actualmente (Wells et al., 1993, Logue et al., 1995, Vokey et al., 2001, Nordlund et al., 2004). Una incidencia del 25% (casos de cojeras por año) es considerado “normal”, pero tienen un costo económico muy elevado. Cuando las vacas están en el pasto, la prevalencia es sustancialmente menor.

La superficie del suelo debe ser suave, limpia y seca

Un suelo suave y limpio es un prerrequisito para un suelo con agarre adecuado y no resbaladizo, que permita a las vacas caminar cómodamente, sin más restricciones. Si el suelo no es suave, pueden producirse lesiones debido a la presión local sobre la suela de las pezuñas, lo que daría origen a lesiones y cojeras (Hubert y Distl, 1995, van der Tol et al., 2002). Además, si hay una capa de estiércol presente las

pezuñas permanecerán húmedas y blandas. Este es un factor de riesgo para el desarrollo de enfermedades (inter) digitales (Borderas et al., 2004). Vokey et al. (2003) investigaron el efecto de una ligera pendiente en comparación con un suelo plano. Concluyeron que una pendiente mantiene el suelo más seco para las pezuñas, una propiedad importante que parecía prevenir la presencia de lesiones en las patas traseras, incluso cuando los animales permanecen en estos suelos hasta 4.5 horas al día.

Los pisos en las áreas para deambular y pasillos de circulación deben mantenerse lo más secos y limpios posible. Toda vez que la suciedad acumulada en las pezuñas acabará ensuciando los cubículos y las cojeras severas se incrementan en los cubículos que contienen contaminación fecal (Norgaard et al., 2003, Chapinal et al., 2013).

Propiedades del agarre del suelo

El suelo debe proporcionar un adecuado agarre para permitir que las vacas caminen sin restricciones ni miedo a resbalar. A menudo (en suelos de concreto de hormigón), las vacas caminan como temerosamente “caminar sobre huevos”. Esto está causado por el estrés y reduce la motivación para caminar hacia los puestos de alimentación. Lo cual trae como consecuencia un menor rendimiento en la producción de leche. Los suelos de cemento se pueden ranurar para mejorar la fuerza de agarre. Esto es mejor hacerlo cuando se construyen (Albright, 1995), pero los pisos acanalados también pueden volverse a ranurarse después de 10 años de utilización cuando se vuelven resbaladizos (figura 7). El aumento de rugosidad y compresibilidad en el suelo, sin embargo, no superará los efectos de las cantidades de estiércol líquido sobre el suelo (Rushen y de Passille, 2006).

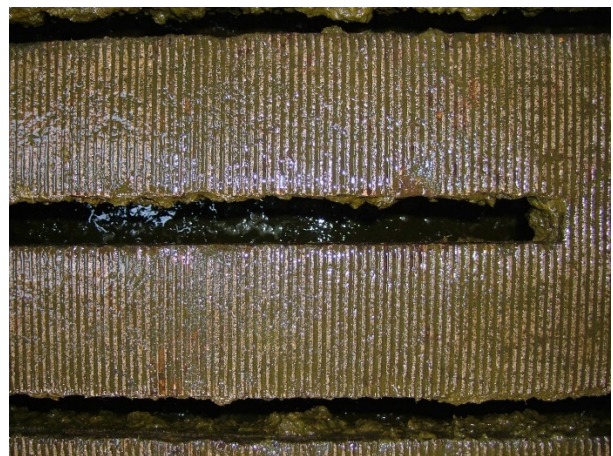


Figura 7. Suelo acanalado. El hormigón está ranurado en 2 mm de ancho y de profundo. De esta manera, las vacas tendrán un buen agarre al andar.

Goma

Una capa de goma en el suelo de hormigón mejora la longitud de la zancada y la facilidad para caminar (Rushen y de Passille, 2006, Haufe et al., 2009). Además, las vacas prefieren estar sobre suelos más blandos, y están más dispuestas a moverse y pasar más tiempo de pie frente al puesto de alimentación cuando disponen de pisos más blandos (Fregonesi et al., 2004, Tucker et al., 2006b, Boyle et al., 2007). La presencia de suelos de goma en los pasillos hacia la sala de ordeño redujo la prevalencia de cojeras clínicas en un estudio reciente de Chapinal et al. (2013).

BIBLIOGRAFÍA

- Albright JL 1963. Recent developments in dairy cattle management. *Journal of Dairy Science* 46, 586-589.
- Albright JL 1995. Flooring in dairy facilities. In *Animal Behavior and the Design of Livestock and Poultry systems.*, Indianapolis, Indiana, USA, pp. 168-182.
- Albright JL and Arave CW 1997. *The behaviour of cattle.* University Press, Cambridge, UK.
- Anderson NG 2003. Observations on dairy cow comfort: diagonal lunging, resting, standing and perching in free stalls. In *Fifth International Dairy Housing Conference*, Fort Worth, Texas, USA, pp. 26-35.
- Anderson NG 2008. Cow behaviour to judge free-stall and tie-stall barns. In, pp. 1-10. OMAFRA, Ontario.
- Anonimus 2010. *Indretning af stalde til kvaeg - Danske anbefalinger (Cattle housing - Danish recommendations).* Danish extension service.
- Bach A, Valls N, Solans A and Torrent T 2008. Associations between nondietary factors and dairy herd performance. *Journal of Dairy Science* 91, 3259-3267.
- Barberg AE, Endres MI, Salfer JA and Reneau JK 2007. Performance and welfare of dairy cows in an alternative housing system in Minnesota *Journal of Dairy Science* 90, 1575-1583.
- Baxter S 1984. *Intensive pig production: environmental management and design.* Granada publishing Ltd., London, U.K.
- Bernard JK, Bray DR and West JW 2003. Bacterial concentrations and sand usage in free stalls with fresh or recycled sand. In *Fifth International Dairy Housing Conference*, Fort Worth, Texas, USA, pp. 1-8.
- Bernardi F, Fregonesi J, Winckler C, Veira DM, von Keyserlingk MAG and Weary DM 2009. The stall-design paradox: Neck rails increase lameness but improve udder and stall hygiene. *Journal of Dairy Science* 92, 3074-3080.
- Bewley JM, Boyce RE, Hockin J, Munksgaard L, Eicher SD, Einstein ME and Schutz MM 2010. Influence of milk yield, stage of lactation, and body condition on dairy cattle lying behaviour measured using an automated activity monitoring sensor. *J Dairy Res* 77, 1-6.
- Blom JY, Konggaard SP, Larsson JG, Nielsen K, Northeved A and Solfjeld P 1984. Electronic recording of pressure exerted by cows against structures in free-stall housing. *Applied Animal Behaviour Science* 13, 41-46.
- Borderas TF, Pawluczuk B, De Passille AMB and Rushen J 2004. Claw hardness of dairy cows: relationship to watercontent and claw lesions. *J. Dairy Sci.* 87, 2085-2093.
- Boyle LA, Mee JF and Kiernan PF 2007. The effect of rubber versus concrete passageways in cubicle housing on claw health and reproduction of pluriparous dairy cows. *Appl Anim Beh Sci* 106, 1-12.
- Brambell FWR 1965. Report of the technical committee to inquire into the welfare of animals kept under intensive livestock husbandry systems. In HMSO, Norwich.
- Bramley M 1962. *Kow kubicles.* In *Farm Buildings Association*, pp. 69-73, Stowmarket, Suffolk, UK.
- Burnside EB, McClintock AE and Hammond K 1984. Type, production and longevity in dairy cattle: a review. *animal breeding abstracts* 52, 711-719.
- Calamari L, Calegari F and Stefanini L 2009. Effect of different free stall surfaces on behavioural, productive and metabolic parameters in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 120, 9-17.
- Ceballos A, Sanderson D, Rushen J and Weary DM 2004. Improving stall design: use of 3-D kinematics to measure space use by dairy cows when lying down. *Journal of Dairy Science* 87, 2042-2050.
- Cermak J 1988. Cow comfort and lameness. *Bovine Practice* 23, 79-83.
- Chapinal N, Barrientos AK, von Keyserlingk MA, Galo E and Weary DM 2013. Herd-level risk factors for lameness in freestall farms in the northeastern United States and California. *Journal of Dairy Science* 96, 318-328.
- Chaplin SJ, Tierney G, Stockwell C, Logue DN and Kelly M 2000. An evaluation of mattresses and mats in two dairy units. *Applied Animal Behaviour Science* 66, 263-272.
- Clark RS 1924. The correlation between changes in age and milk production of dairy cows under other than official testing conditions. *Journal of Dairy Science* 7, 547-554.

- Colam-Ainsworth P, Lunn GA, Thomas RC and Eddy RG 1989. Behaviour of cows in cubicles and its possible relationship with laminitis in replacement dairy heifers. *Veterinary Record* 125, 573-575.
- Cook NB and Nordlund K 2004. An update on dairy cow freestall design. In 37th Annual Conference of the American Association of Bovine Practitioners, Fort Worth, Texas, USA.
- Cook NB, Nordlund KV and Oetzel GR 2004. Environmental influences on claw horn lesions associated with laminitis and subacute ruminal acidosis in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 87 E.suppl., E36-E46.
- Cook NB, Bennett TB and Nordlund KV 2005. Monitoring indices of cow comfort in free-stall-housed dairy herds. *Journal of Dairy Science* 88, 3876-3885.
- Devries TJ, Aarnoudse MG, Barkema HW, Leslie KE and von Keyserlingk MA 2012. Associations of dairy cow behavior, barn hygiene, cow hygiene, and risk of elevated somatic cell count. *Journal of Dairy Science* 95, 5730-5739.
- Dodd FH, Higgs TM and Bramley AJ 1984. Cubicle management and coliform mastitis. *Veterinary Record* 114, 522-523.
- Drissler M, Gaworski M, Tucker CB and Weary DM 2005. Freestall maintenance: effects on lying behavior of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 88, 2381-2387.
- Dumelow J 1995. Testing cubicle mats for dairy cows. *Agricultural Engineer* 50, 17-21.
- Faull WB, Hughes JW, Clarkson MJ, Downham DY, Manson FJ, Merritt JB, Murray RD, Russell WB, Sutherst JE and Ward WR 1996. Epidemiology of lameness in dairy cattle: the influence of cubicles and indoor and outdoor walking surfaces. *Veterinary Record* 139, 130-136.
- Fregonesi JA and Leaver JD 2001. Behaviour, performance and health indicators of welfare for dairy cows housed in strawyard or cubicle systems. *Livestock Prod Sci* 68, 205-216.
- Fregonesi JA, Tucker CB and Weary DM 2007a. Overstocking reduces lying time in dairy cows. *J Dairy Sci* 90, 3349-3354.
- Fregonesi JA, von Keyserlingk MAG and Weary D 2009. Cow preferences and usage of free stalls compared with an open pack area. *Journal of Dairy Science* 92, 5479-5502.
- Fregonesi JA, Veira DM, von Keyserlingk MAG and Weary DM 2007b. Effects of bedding quality on lying behavior of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 91, 5468-5472.
- Fregonesi JA, Tucker CB, Weary DM, Flower FC and Vittie T 2004. Effect of rubber flooring in front of the feed bunk on the time budgets of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 87, 1203-1207.
- Fulwider WK and Palmer RW 2004. Use of impact testing to predict softness, cow preference, and hardening over time of stall bases. *Journal of Dairy Science* 87, 3080-3088.
- Fulwider WK, Grandin T, Garrick DJ, Engle TE, Lamm WD, Dalsted NL and Rollin BE 2007. Influence of free-stall base on tarsal joint lesions and hygiene in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 90, 3559-3566.
- Gebremedhin KG, Cramer CO and Larsen HJ 1985. Preference of dairy cattle for stall options in free stall housing. *Transactions of the ASABE* 28, 1637-1640.
- Grommers FJ 1987. Mastitis in dairy cows with special reference to direct and indirect effects of climatological factors. In *Energy metabolism in farm animals* (eds. MWA Verstegen and AM Henken), pp. 337-351, M. Nijhoff, Dordrecht the Netherlands.
- Gwynn PEJ, Wilkinson R and Thomas TP 1991. Modifying timber cow cubicle divisions to improve cow acceptability. *Applied Animal Behaviour Science* 28, 311-319.
- Hansen K, Strøm JS and Sigurdson S 1999. Lejebelægninger i sengebåse til køer (cubicle mats for dairy cows). . Danish ministry of food, agriculture and fishery.
- Haufe HC, Gyga L, Steiner B, Friedli K, Stauffacher M and Wechsler B 2009. Influence of floor type in the walking area of cubicle housing systems on the behaviour of dairy cows. *Appl Anim Beh Sci* 116, 21-27.
- Herlin A 1997. Comparison of lying area surfaces for dairy cows by preference, hygiene and lying down behaviour. *Swedish Journal of Agricultural Research* 27, 189-196.
- Hill CT, Krawczel PD, Dann HM, Ballard CS, Hovey RC, Falls WA and Grant RJ 2009. Effect of stocking density on the short-term behavioural responses of dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 117, 144-149.
- Hogan JS and Smith KL 1997. Bacteria counts in sawdust bedding. *Journal of Dairy Science* 80, 1600-1605.
- Hogan JS, Smith KL, Schoenberger PS and Todhunter DA 1987. Bacteriological counts in organic and inorganic beddings. *Journal of Dairy Science* 70 (Suppl. 1), 129.
- Hogan JS, Smith KL, Hoblet KH, Todhunter DA, Schoenberger PS, Hueston WD, Pritchard DE, Bowman GL, Heider LE, Brockett BL and Conrad HR 1989. Bacterial counts in bedding materials used on nine commercial dairies. *Journal of Dairy Science* 72, 250-258.
- Hubert C and Distl O 1995. Effect of breed, housing system and claw trimming on pressure distribution underneath claws of dairy cattle. 46th EAAP meeting, Prague.

- Hulsen J 2014. Cow Signals. Roodbont, agricultural publishers, Zutphen, the Netherlands.
- Husfeldt AW and Endres MI 2012. Association between stall surface and some animal welfare measurements in freestall dairy herds using recycled manure solids for bedding. *Journal of Dairy Science* 95, 5626-5634.
- Husfeldt AW, Endres MI, Salfer JA and Janni KA 2012. Management and characteristics of recycled manure solids used for bedding in Midwest freestall dairy herds. *Journal of Dairy Science* 95, 2195-2203.
- Huzzey JM, DeVries TJ, Valois P and von Keyserlingk MAG 2006. Stocking density and feed barrier design affect the feeding and social behavior of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 89, 126-133.
- Irish WW and Merrill WG 1986. Design parameters for freestalls. In *Dairy Freestall Housing Symposium*, Harrisburg, Pennsylvania, USA, pp. 45-52.
- Irps H 1983. Results of research projects into flooring preferences of dairy cattle. In *Farm animal housing and welfare* (eds. G Baxter and JAC Mac Cormack), pp. 200-215, Martinus Nijhof, The Hague, the Netherlands.
- Janzen JJ, Bishop JR, Bodine AB, Caldwell CA and Johnson DW 1982. Composted dairy waste solids and crushed limestone as bedding in free stalls. *Journal of Dairy Science* 65, 1025-1028.
- Jensen MB, Pedersen LJ and Munksgaard L 2005. The effect of reward duration on demand functions for rest in dairy heifers and lying requirements as measured by demand functions. *Applied Animal Behaviour Science* 90, 207-217.
- Kielland C, Ruud LE, Zanella AJ and Østerås O 2009. Prevalence and risk factors for skin lesions on legs of dairy cattle housed in freestalls in Norway. *Journal of Dairy Science* 92, 5487-5496.
- Kristula MA, Rogers W, Hogan JS and Sabo M 2005. Comparison of bacteria populations in clean and recycled sand used for bedding in dairy facilities. *Journal of Dairy Science* 88, 4317-4325.
- Krohn CC and Munksgaard L 1993. Behaviour of dairy cows kept in extensive (loose housing pasture) or intensive (tie stall) environments .2. lying and lying-down behaviour. *Applied Animal Behaviour Science* 37, 1-16.
- Laven RA and Livesey CT 2004. The effect of housing and methionine intake on hoof horn hemorrhages in primiparous lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 87, 1015-1023.
- Leonard FC, O'Connell JM and O'Farrell KJ 1996. Effect of overcrowding on claw health in first-calved Friesian heifers. *British Veterinary Journal* 152, 459-472.
- LMD 2004. Forskrift om hold av storfe (Regulations on keeping cattle). . In Norwegian Ministry of Agriculture and food, <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-04-22-665>.
- Logue DN, Offer JE, Chaplin SJ, Knight CH, Hendry KAK, Leach KA, Kempson SA and Randall JM 1995. Lameness in dairy cattle. 46th EAAP meeting, Prague.
- Magnusson M, Herlin AH and Ventorp M 2008. Short communication: Effect of alley floor cleanliness on free-stall and udder hygiene. *Journal of Dairy Science* 91, 3927-3930.
- Manninen E, Passille AM, Rushen J, Norring M and Saloniemi H 2002. Preferences of dairy cows kept in unheated buildings for different kind of cubicle flooring. *Applied Animal Behaviour Science* 75, 281-292.
- Matos JS, White DG, Harmon RJ and Langlois BE 1991. Isolation of *Staphylococcus aureus* from sites other than the mammary gland. *J Dairy Sci* 74, 1544-1549.
- Mattachini G, Riva E and Provolo G 2011. The lying and standing activity indices of dairy cows in free-stall housing. *Applied Animal Behaviour Science* 129, 18-27.
- McFarland DF and Graves RE 1995. A case study with dairy cattle: freestalls. In *Animal Behavior and the Design of Livestock and Poultry systems.*, Indianapolis, Indiana, USA, pp. 277-293.
- Metcalf JA, Roberts SJ and Sutton JD 1992. Variations in blood flow to and from the bovine mammary gland measured using transit time ultrasound and dye dilution. *Research in Veterinary Science* 53, 59-63.
- Munksgaard L and Simonsen HB 1996. Behavioural and pituitary adrenal-axis responses of dairy cows to social isolation and deprivation of lying down. *Journal of Animal Science* 74, 769-778.
- Munksgaard L, Jensen MB, Pedersen LA, Hansen SW and Matthews L 2005. Quantifying behavioural priorities—effects of time constraints on behaviour of dairy cows, *Bos taurus*. *Applied Animal Behaviour Science* 92, 3-14.
- Natzke RP and Everett RW 1982. Cow preference for free stall surface material. *Journal of Dairy Science* 65.
- Nicks B 1998. Le logement des vaches laitières. *Ann. Med. Vet.* 142, 413-416.
- Nilsson C 1988. Floors in animal houses. University of Agricultural Sciences.
- Nilsson C 1992. Walking and lying surfaces in livestock houses. In *Farm Animals and the Environment* (ed. CPD Phillips), pp. 93-110, CABI, Wallingford, UK.
- Nordlund K and Cook NB 2003. A flowchart for evaluating dairy cow freestalls. *Bovine Practitioner* 37, 89-96.
- Nordlund KV, Cook NB and Oetzel GR 2004. Investigation Strategies for Laminitis Problem Herds. *J. Dairy Sci.* 87 (E suppl), E27 - E35.
- Norell RJ, Deaton PC, Packham JH and Parkinson SC 2004. Cow preference between conventional sand

- bedded free stalls and free stalls with sand savers. *Journal of Dairy Science* 87, 388.
- Norgaard P, Rorbech N and Christensen PM 2003. Effect of slope of cubicle floor on lying and ruminating behavior in cattle tied in experimental box stalls. In Fifth International Dairy Housing Conference, Fort Worth, Texas, USA, pp. 282-287.
- Palmer RW and Wagner-Storch AM 2003. Cow preference for different freestall bases in pens with different stocking rates. In Fifth International Dairy Housing Conference, Fort Worth, Texas, USA,
- Phillips C 2002. *Cattle behaviour and Welfare* Blackwell Science, Oxford, U.K.
- Prosser CG, Davis SR, Farr VC and Lacasse P 1996. Regulation of blood flow in the mammary microvasculature. *Journal of Dairy Science* 79, 1184-1197.
- Rendos JJ, Eberhart RJ and Kesler EM 1975. Microbial populations of teat ends of dairy cows, and bedding materials. *Journal of Dairy Science* 58, 1492-1500.
- Roberson JR, Fox LK, Hancock DD, Gay JM and Besser TE 1994. Ecology of *Staphylococcus aureus* isolated from various sites on the farm. *J Dairy Sci* 77, 3354-3364.
- Rousing T, Bonde M and Sørensen JT 2000. Indicators for the assessment of animal welfare in a dairy cattle herd with a cubicle housing system. In *Improving health and welfare in animal production*. (eds. HJ Blokhuis, ED Ekkel and B Wechsler), pp. 37-44, EAAP publication.
- Rushen J and de Passille AM 2006. Effects of roughness and compressibility of flooring on cow locomotion. *J Dairy Sci* 89, 2965-2972.
- Rushen J, De Passille AMB, Haley DB, Manninen E and Saloniemi H 2001. Using behavioural indicators and injury scores to assess the effect of stall flooring on cow comfort. In 6th International Symposium of Livestock Environment, Louisville Kentucky USA, pp. 716-723.
- Ruud LE and Bøe KE 2011a. Flexible and fixed partitions in freestalls - Effects on lying behavior and cow preference. *Journal of Dairy Science* 94, 4856-4862.
- Ruud LE and Bøe KE 2011b. Flexible and fixed partitions in freestalls-Effects on lying behavior and cow preference. *Journal of Dairy Science* 94, 4856-4862.
- Ruud LE, Bøe KE and Østerås O 2010a. Associations of soft flooring materials in free stalls with milk yield, clinical mastitis, teat lesions, and removal of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 93, 1578-1586.
- Ruud LE, Bøe KE and Østerås O 2010b. Risk factors for dirty dairy cows in Norwegian freestall systems. *Journal of Dairy Science* 93, 5216-5224.
- Ruud LE, Kielland C, Østerås O and Bøe KE 2011. Free-stall cleanliness is affected by stall design. *Livestock Sci* 135 265-273.
- Ruud LE, Stokke T, Boe KE, Hettasch T and Skjolberg PO 2015. Hus for storfe - Norske anbefalinger (Cattle housing - Norwegian recommendations). Norwegian cattle health services.
- Schukken YH, Grommers FJ, van de Geer D, Erb HN and Brand A 1991. Risk factors for clinical mastitis in herds with a low bulk milk somatic cell count. 2. Risk factors for *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Journal of Dairy Science* 74, 826-832.
- Sonck B, Daelemans J and Langenakens J 1999. Preference test for free stall surface material for dairy cows. In ASAE-CSAE-SCGR Annual International Meeting, Toronto, Ontario, Canada, p. 10.
- Tillie M 1986. Design of free stall partitions and the welfare of animals. In *Dairy Freestall Housing Symposium*, pp. 67-79.
- Tucker CB 2003. The effects of free stall surfaces and geometry on dairy cattle behavior. The University of British Columbia.
- Tucker CB and Weary DM 2001. Stall design: enhancing cow comfort. *Advances in Dairy Technology* 13, 155-167.
- Tucker CB and Weary DM 2004. Bedding on geotextile mattresses: how much is needed to improve cow comfort? *Journal of Dairy Science* 87, 2889-2895.
- Tucker CB, Weary DM and Fraser D 2003a. Effects of three types of free-stall surfaces on preferences and stall usage by dairy cows. *Journal of Dairy Science* 86, 521-529.
- Tucker CB, Weary DM and Fraser D 2003b. Effects of three types of free-stall surfaces on preferences and stall usage by dairy cows. *J Dairy Sci* 86, 521-529.
- Tucker CB, Weary DM and Fraser D 2004a. Free-stall dimensions: effects on preference and stall usage. *Journal of Dairy Science* 87, 1208-1216.
- Tucker CB, Weary DM and Fraser D 2005. Influence of neck-rail placement on free-stall preference, use, and cleanliness. *J Dairy Sci* 88, 2730-2737.
- Tucker CB, Zdanowicz M and Weary D 2006a. Brisket boards reduce freestall use. *Journal of Dairy Science* 89, 2603-2607.
- Tucker CB, Weary D, Rushen J and De Passille AM 2004b. Designing better environments for dairy cattle to rest. *Advances in Dairy Technology* 16, 39-53.
- Tucker CB, Weary DM, von Keyserlingk MAG and Beauchemin KA 2009. Cow comfort in tie stalls: increased depth of shavings or straw bedding increases lying time. *Journal of Dairy Science* 92, 2684-2690.
- Tucker CB, Weary DM, de Passille AM, Campbell B and Rushen J 2006b. Flooring in front of the feed bunk affects feeding behavior and use of freestalls by dairy cows. *J Dairy Sci* 89, 2065-2071.

- van der Tol PPJ, Metz JHM, Noordhuizen-Stassen EN, Back W, Braam CR and Weijs WA 2002. The pressure distribution under the bovine claw during square standing on a flat substrate. *J Dairy Sci* 85, 1476-1481.
- Van Eerdenburg FJCM, Vázquez-Flores S, Saltijeral-Oaxaca J and Sossidou EN 2013. A cow comfort monitoring scheme to increase the milk yield of a dairy farm. In *Livestock Housing* (eds. A Aland and T Banhazi), pp. 55-74, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands.
- Van Gastelen S, Westerlaan B, Houwers DJ and van Eerdenburg FJCM 2011. A study on cow comfort and risk for lameness and mastitis in relation to different types of bedding materials. *Journal of Dairy Science* 94, 4878-4888.
- Vokey FJ, Guard CL, Erb HN and Galton DM 2001. Effects of alley and stall surfaces on indices of claw and leg health in dairy cattle housed in a free-stall barn. *Journal of Dairy Science* 84, 2686-2699.
- Vokey FJ, Guard CL, Erb HN and Galton DM 2003. Observations on flooring and stall surfaces for dairy cattle housed in a free-stall barn. In *Fifth International Dairy Housing Conference*, Fort Worth, Texas, USA, pp. 165-170.
- Von Keyserlingk MA, Barrientos A, Ito K, Galo E and Weary DM 2012. Benchmarking cow comfort on North American freestall dairies: lameness, leg injuries, lying time, facility design, and management for high-producing Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science* 95, 7399-7408.
- Von Keyserlingk MAG, Rushen J, de Passillé AM and Weary DM 2009. Invited review: The welfare of dairy cattle—Key concepts and the role of science. *Journal of Dairy Science* 92, 4101-4111.
- Wandel H and Jungbluth T 1977. Bewertung neuer Liegeboxenkonstruktionen (Evaluation of a new free-stall design). *Landtechnik* 5, 266-267.
- Wander JFW 1974. Zur Einrichtung von Liegeboxenställen für Milchkühe (Freestalls for dairy cows). *Bauen auf dem Lande* 5, 138-141.
- Weary DM and Tazskun I 2000. Hock lesions and free-stall design. *Journal of Dairy Science* 83, 697-702.
- Welfare-Quality-Consortium 2009. Welfare Quality® assessment protocol for cattle. . Welfare Quality® Consortium Lelystad, the Netherlands.
- Wells SJ, Trent AM, Marsh WE, McGovern PG and Robinson RA 1993. Individual cow risk factors for clinical lameness in lactating dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine* 17, 95 - 109.
- Winckler C, Tucker CB and Weary DM 2015. Effects of under- and overstocking freestalls on dairy cattle behaviour. *Appl Anim Beh Sci* 170, 14-19. www.dlg.org/stall.html.
- DDLG 2017. Test reports for prefabricated mats and mattresses. In.
- Zdanowicz M, Shelford JA, Tucker CB, Weary DM and Von Keyserlingk MAG 2004. Bacterial populations on teat ends of dairy cows housed in free stalls and bedded with either sand or sawdust. *Journal of Dairy Science* 87, 1694-1701.
- Zehner MM, Farnsworth RJ, Appleman RD, Larntz K and Springer JA 1986. Growth of environmental mastitis pathogens in various bedding materials. *Journal of Dairy Science* 69, 1932-1941.