

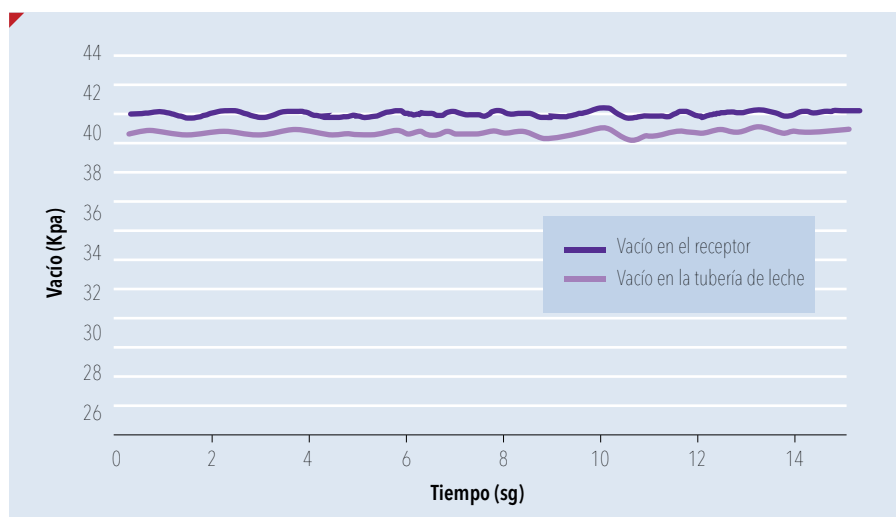


Evaluación del funcionamiento de la máquina en condiciones reales de ordeño

En el presente estudio describo los procedimientos para el control de la máquina en condiciones de ordeño.

José Manuel Pereira. Departamento de Ingeniería Agroforestal
Universidad de Santiago de Compostela (USC)

Figura 1. Estabilidad de vacío en la tubería de leche durante un ordeño normal



Fuente: elaboración propia

INTRODUCCIÓN

La realización de controles durante condiciones normales de ordeño son, a menudo, conocidos como tests o ensayos dinámicos (*dynamic testing/wet testing*). Dentro de este grupo de ensayos, el test de tiempo de ordeño (*milking time test*) es el método de registro más directo para evaluar la adecuada producción de vacío y la capacidad de regulación de un sistema de ordeño. La norma ISO 6690:2007 no requiere pruebas de tiempo de ordeño para la validación de la máquina de ordeño; con todo, el National Mastitis Council (NMC, 2014) propone pruebas de tiempo de ordeño y establece pautas para llevarlo a cabo como método para evaluar la interacción entre el manejo del ordeño, la vaca y la máquina.

ESTABILIDAD DE VACÍO

Las recomendaciones establecen que la caída de vacío de una máquina de ordeño en el receptor o cerca de este no debería exceder el valor de 2 kPa durante un ordeño normal. Se considera ordeño normal el periodo de tiempo en el cual todas las unidades son ajustadas y las vacas ordeñadas, incluyendo todo el proceso de retirada, colocación y reubicación de unidades que resbalan, o las caídas eventuales al suelo. Además, el vacío no debe caer más de 2 kPa por debajo del vacío del receptor en cualquier punto de la línea de leche durante, por lo menos, el 95 % del periodo normal de ordeño (ensayos dinámicos). En la figura 1 se muestra el registro de vacío en el receptor y en la tubería de leche, separadas 1 Kpa para mejorar la claridad.

Estabilidad de vacío en la línea de leche: si no se dispone del instrumental necesario para registrar el vacío durante todo el ordeño, se conectará el registrador durante 3 turnos en salas de ordeño o bien durante 15 minutos en circuitos de ordeño. Si el valor medio de las caídas de vacío no supera los 2 kPa, la estabilidad de vacío en la línea de leche cumple los estándares internacionales (figura 2).

Estabilidad de vacío en el receptor: si la instalación supera con éxito la estabilidad en la línea de leche, no será necesario realizar la prueba en el receptor. Las mediciones en el receptor permiten determinar si las fluctuaciones de vacío que superen los 2 kPa en la línea de leche son causadas por tapones de leche (figura 2) o por una inadecuada regulación o producción de vacío (figura 3). Se conecta el registrador de vacío en el receptor durante 3 turnos en salas de ordeño, o bien durante 15 minutos en circuitos de ordeño.

Las tuberías de leche deberán estar diseñadas de manera que el flujo de leche se produzca de forma laminar. El flujo laminar es lo que observamos cuando la leche fluye por la parte inferior de la tubería y el aire fluye de manera continua por la parte superior. La aparición de turbulencias ocasionales es inevitable en la práctica y no debe ser considerado como evidencia de mal diseño si no pasan en duración del 5 % del tiempo de ordeño.

Si falla la estabilidad de vacío en el receptor indica una inadecuada producción de vacío y/o regulación de este (figura 3). En este caso habrá que realizar una evaluación completa del funcionamiento de la máquina de ordeño.

Estabilidad de vacío en el colector o en el tubo corto de leche: se puede conectar el registrador de vacío utilizando alguno de los siguientes métodos:

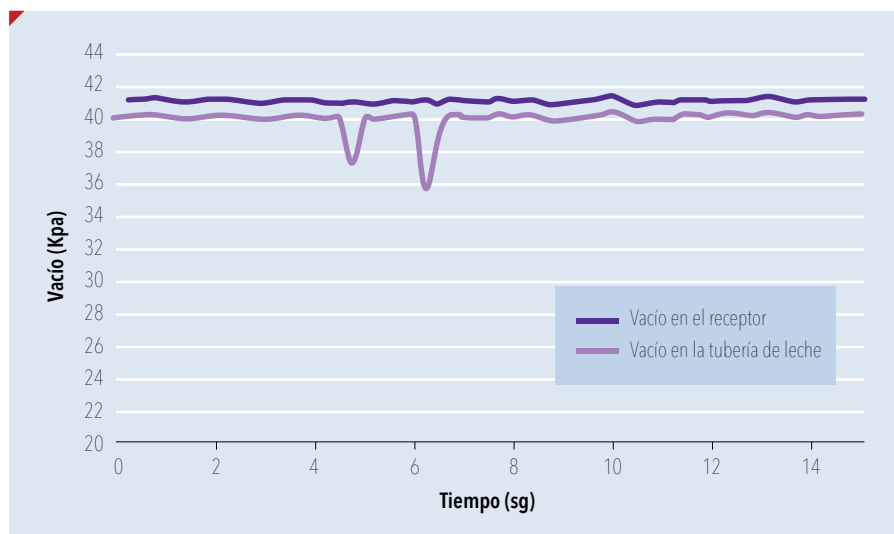
1. Utilizando una "T" para realizar la medición en el tubo largo de leche.
2. Insertando unas agujas de calibre 12-14 o pequeños tubitos de acero inoxidable a través del tubo corto de leche (figura 4).

El vacío en el regulador debería estar ajustado de forma que el vacío medio durante el máximo flujo de leche esté entre 35 y 42 kPa. 40 kPa es el valor de referencia ampliamente aceptado como idóneo, aunque varía en función del flujo de leche y el tipo de pezonera. Vacíos excesivamente bajos pueden dar lugar a un incremento de resbalamientos de las pezoneras, llegando incluso en algunos casos a su caída, lo que provoca como consecuencia fluctuaciones no cíclicas de vacío durante el ordeño.

Tal y como manifestamos previamente (Pereira & Castro, 2017), las fluctuaciones cíclicas de vacío en la punta del pezón ocurren regularmente

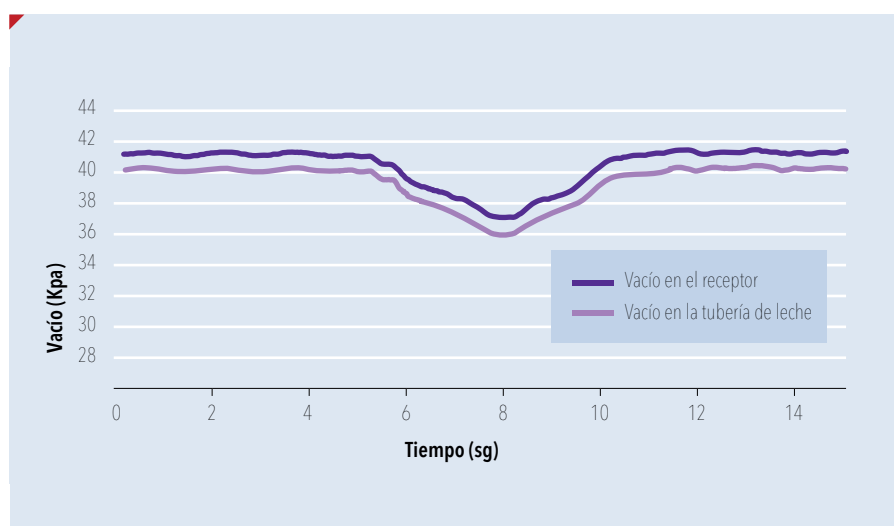
► ES FUNDAMENTAL PROMOVER LA IMPORTANCIA DE INTEGRAR EL CONTROL DE LOS EQUIPOS DE ORDEÑO COMO UNA PRÁCTICA BÁSICA PARA ASEGURAR LA RENTABILIDAD DE NUESTRAS EXPLOTACIONES

Figura 2. Estabilidad de vacío comprometida por turbulencias en la tubería de leche



Fuente: elaboración propia

Figura 3. Estabilidad comprometida por una inadecuada producción o regulación de vacío



Fuente: elaboración propia

te durante el ordeño como resultado de las interacciones que se producen entre el suministro de vacío, el movimiento de la pezonera y el flujo de leche que es transportada, desde el mismo momento que comienza el ordeño, y son inevitables.

La observación de fluctuaciones no cíclicas de vacío en la punta del pezón, a veces superiores a los 10 kPa, deben ser evitadas, pues pueden crear presiones positivas que producen sobre el orificio del pezón impactos debido

al movimiento rápido hacia arriba de pequeñas gotas de leche o retroceso de leche durante el ordeño (reflujos), lo que facilita la entrada de patógenos procedentes de otros cuartos o incluso de otros animales. Estas fluctuaciones son a menudo provocadas por la entrada repentina de aire a través de pezoneras que resbalan o caen, por una reducida o bloqueada entrada de aire a través del orificio del colector, por un inadecuado diseño o por inadecuada capacidad de la instalación. ►

CONTROL DE LA PULSACIÓN

El adecuado funcionamiento de la pulsación es un aspecto crítico para conseguir un ordeño eficiente. Tradicionalmente el test se realiza con las unidades conectadas, con los pulsadores funcionando y con la boca de las pezoneras cerradas con tapones. Se ajusta un pulsógrafo a los tubos cortos de pulsación de las unidades de ordeño (figura 5). El objetivo es determinar si el sistema de pulsación y todos los pulsadores se encuentran trabajando de acuerdo con las especificaciones del fabricante y con las recomendaciones de referencia (ISO 5707, ISO 6690: 2007).

Desde un punto de vista estricto, a pesar de que se realiza con la máquina en funcionamiento, no podemos considerar esta metodología de ensayo como un test dinámico. En los ensayos dinámicos la instalación se encuentra trabajando en condiciones reales de flujo de leche y aire cuando los animales están en ordeño.

En el control se obtienen las cuatro fases de las curvas de pulsación (A, B, C, D), la duración del ciclo de pulsación (T), la frecuencia (F), la relación de pulsación (R) y el cojeo (C) en caso de sistemas con pulsación alterna (figura 6). Los principales parámetros que deberán ser comprobados son los siguientes (ISO 5707):

La frecuencia de pulsación (número de ciclos de pulsación por minuto, cpm): se corresponde con el número de veces en las que las pezoneras abren y cierran por minuto. Los valores típicos oscilan entre las 55 y las 65 cpm. Debe mantenerse constante y no deberían encontrarse desviaciones superiores a los 3 ciclos por minuto entre pulsadores de la misma instalación.

La relación de pulsación (R): es la relación entre el tiempo en el que la pezonera está en la fase de apertura y abierta (fases A+B) con respecto al tiempo total del ciclo (A+B+C+D). Se expresa en porcentaje respecto al ciclo de pulsación. Su valor no debe variar en más de ± 5 unidades de porcentaje de los valores dados por el instalador.

► LAS RECOMENDACIONES ESTABLECEN QUE LA CAÍDA DE VACÍO DE UNA MÁQUINA DE ORDEÑO EN EL RECEPTOR O CERCA DE ESTE NO DEBERÍA EXCEDER EL VALOR DE 2 KPA DURANTE UN ORDEÑO NORMAL



Figura 4. Registro de vacío en los tubos cortos de leche, vacío en la punta del pezón

El cojeo: número, expresado como porcentaje, que indica la diferencia involuntaria existente entre las dos relaciones de pulsación de un pulsador con pulsación alterna. En un juego de ordeño no puede existir una variación en la relación de pulsación entre cada dos pezoneras superior al 5 %, excepto cuando el juego de ordeño esté diseñado para funcionar con relaciones diferentes entre los cuartos delanteros y traseros.

La duración de la fase B (fase de ordeño con la pezonera abierta): debe ser superior al 30 % del ciclo de pulsación.

La duración de la fase D (fase de masaje, pezonera cerrada): no debe ser menor del 15 % del ciclo de pulsación ni inferior a 150 ms.

La caída de vacío durante la fase B no debe ser superior a 4 kPa por debajo del vacío máximo de la cámara de pulsación. El vacío en la fase D no debe exceder los 4 kPa.

Los fabricantes deberían suministrar en cada instalación las especificaciones técnicas detalladas

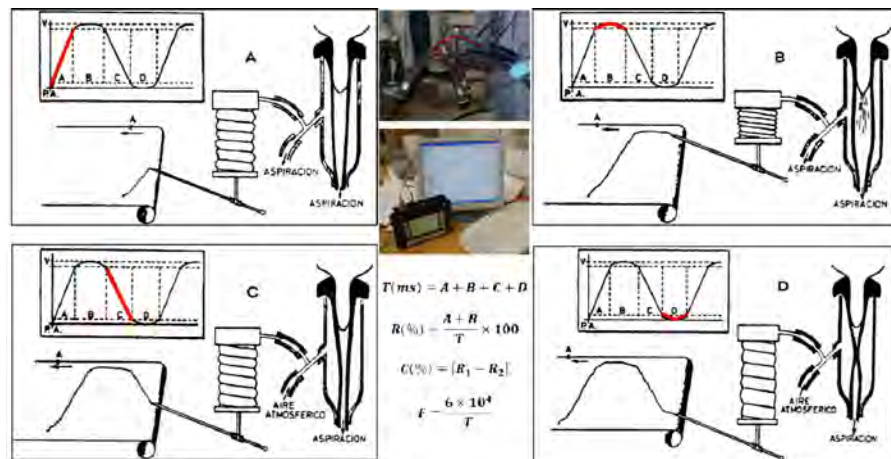


Figura 5. Preparación de la unidad de ordeño para realizar un control de pulsación

para cada tipo de pulsador. En caso de que se detecte que el sistema de pulsación no cumple con las características técnicas facilitadas, es recomendable que el fabricante realice un reconocimiento del sistema de pulsación y lo corrija.

Con sistemas de registro actuales, como los que permiten realizar el ensayo de tiempo de ordeño, es posible también hacer la comprobación de la pulsación en condiciones reales de trabajo con flujo de leche y aire. En la figura 7 se puede observar como la curva de pulsación (en azul) sufre repentinas oscilaciones tanto en el nivel de vacío como en la duración de las fases. Se acotó el gráfico a 1 minuto de análisis para mejorar la visualización, en el resto de la sesión se observaron patrones similares a intervalos irregulares de tiempo e incluso en algún ordeño en el cual no se producía ningún funcionamiento ►

Figura 6. Análisis de la curva de pulsación de una unidad de ordeño



A, B, C, D son las fases de la curva. T: duración del ciclo de pulsación en milisegundos; R: relación de pulsación; C: cojeo en unidades con pulsación alterna, siendo R1 y R2 las dos relaciones de pulsación de la unidad; F: frecuencia de pulsación (ciclos por minuto) [figuras adaptadas de García *et al.*, 1992; fotos: J. M. Pereira]

DÍA 90

**INCLUSO HOY
SIN ANTIBIÓTICO**



THE
**VITAL
90**

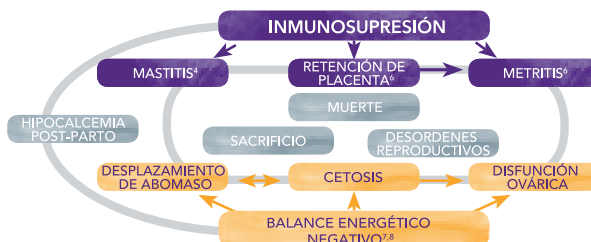
The Vital 90™ Days

Final de la lactación | Secado | Preparto | Parto | Postparto | Pico de lactación |
DÍAS -60 -20 0 20 30

Nuestra estrategia es clara: las vacas sanas requieren menos tratamientos y producen más leche¹.

Restaurar el sistema inmunológico² y combatir el balance energético negativo³ ¡un enfoque complementario para obtener vacas sanas durante los ¡90 Días Vitales!

Pregunte a su veterinario sobre la estrategia para obtener vacas sanas y un arranque óptimo en el post-parto: su ganado será capaz de expresar su verdadero potencial.



RESTAURA

INMUNIDAD

RECARGA

ENERGÍA

Para más información visita www.vital90days.es

1. Raboisson D, Barbier M, Maigne E (2016) How metabolic diseases impact the use of antimicrobials: a formal demonstration in the field of veterinary medicine PLoS One 11(10), 2. Kimura K, Goff JP, Canning P, Wang C, Roth JA (2014) Effect of recombinant bovine granulocyte colony-stimulating factor covalently bound to polyethylene glycol injection on neutrophil number and function in periparturient dairy cows. J Dairy Sci 97(8):4842-51, 3. CVMP assessment report of an application for the granting of a community marketing authorization (EMA/V/C/002235), 4. Sordillo L.M., (2005). Factors affecting mammary gland immunity and mastitis susceptibility. Livestock Production Science, 98, 89-99, 5. Kimura K., Goff J.P., Kehrl M.E., (2002). Decreased neutrophil function as a cause of retained placenta in dairy cattle. Journal of Dairy Science, 85 (3), 544-550, 6. Hammon D.S. et al.(2006). Neutrophil function and energy status in Holstein cows with uterine health disorders. Veterinary Immunology and Immunopathology, 113, 21-29, 7. Duffield T., Impact of hyperketonemia in early lactation dairy cows on health and production. Journal Dairy Science 2009; 92 (2): 571-580, 8. Butler W.R., Smith R.D., Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. Journal Dairy Science 1989; 72: 767-783.

anómalo. La medición en condiciones dinámicas permite detectar este tipo de problemas que en ocasiones pasan desapercibidos en los controles estáticos, en los cuales el análisis y la comprobación del sistema de pulsación se circunscriben a periodos más cortos de tiempo.

ENSAYO DE TIEMPO DE ORDEÑO (MILKING TIME TEST)

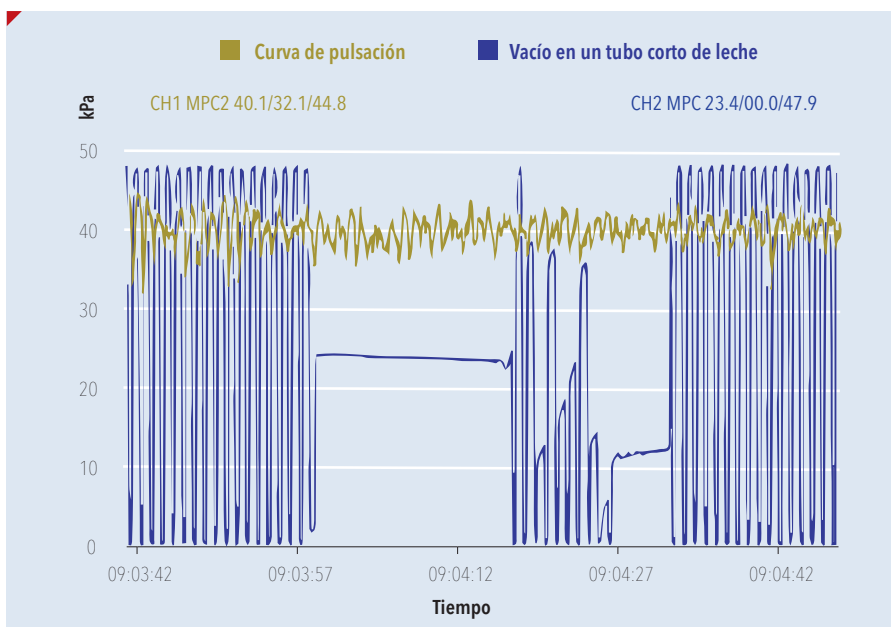
Las pruebas de tiempo de ordeño representan el método más directo para validar el vacío de la instalación, tanto en la producción de vacío como en su regulación. Consiste en registrar el vacío y comprobar su estabilidad a lo largo de la totalidad del proceso. Los registradores de vacío de varios canales facilitan el proceso de medición al poder registrar simultáneamente en diferentes puntos de la instalación, normalmente en la línea de leche, en el receptor o cerca de él y también en el colector o en el tubo corto de leche. Los registros deberán realizarse en condiciones de máximo flujo de leche y aire, es decir, cuando todas las unidades están en ordeño, mientras las unidades son colocadas y mientras son retiradas.

Las mediciones en la unidad de ordeño se realizan registrando valores de vacío en tres o cuatro puntos del juego de ordeño de forma simultánea y durante la duración total del ordeño (figura 8): tubo corto de leche (TCL), tubo corto de pulsación (TCP) y en la cámara de la embocadura, de una o dos pezoneras (CEP1 y CEP2).

Los resultados pueden ser visualizados de forma gráfica y numérica en diferentes formatos en función del tipo de análisis que se desee realizar. Analizando el vacío de manera individual, se puede dividir el ordeño en cuatro fases diferenciadas (figura 9): bajada de la leche, flujo alto de leche, sobreordeño y retirada.

► VACÍOS EXCESIVAMENTE BAJOS PUEDEN DAR LUGAR A UN INCREMENTO DE RESBALAMIENTOS DE LAS PEZONERAS, LLEGANDO INCLUSO EN ALGUNOS CASOS A SU CAÍDA

Figura 7. Los controles dinámicos de la curva de pulsación permiten detectar anomalías en el funcionamiento de los pulsadores que pueden pasar inadvertidas en los controles estáticos



Inicio del ordeño: es el momento inmediatamente después de colocar las pezoneras en el que se alcanzan 25 kPa en el tubo corto de leche (TCL).

Bajada de la leche: desde el inicio de ordeño el flujo de leche tiende a incrementarse hasta que se alcanza el flujo alto de leche (flujo pico). El flujo pico se alcanza normalmente entre los 30 y los 60 segundos después de que la unidad de ordeño fue colocada. Si el reflejo de bajada de la leche no fue adecuadamente activado, el flujo de leche desde la ubre hasta la cisterna del pezón es menor que el caudal de salida de este. En estas circunstancias se mantendrá el “flujo bajo” un periodo de tiempo más

largo, incluso puede quedar puesto de manifiesto por la aparición de una curva de flujo bimodal. En ocasiones es posible observar un descenso claramente marcado de la presión en la cámara de la embocadura de la pezonera (CEP) relacionada con el volumen reducido de leche en la glándula, seguida del reposicionamiento (arrastre) de la pezonera hacia arriba; estaríamos entonces en una situación de sobreordeño al inicio (figura 11). ►►

Figura 9. Fases en las que puede ser dividido cada ordeño individual

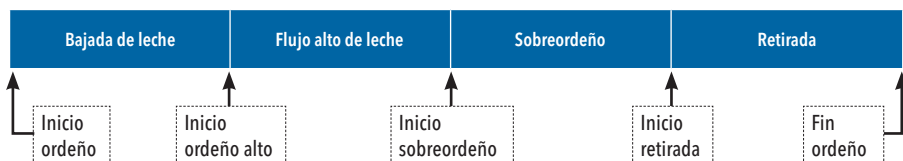


Figura 8. Realización del test de tiempo de ordeño con un sensor de cuatro canales colocado en la unidad

Herd Navigator™

Un nivel de Control Superior en la Gestión del Rebaño

Herd Navigator™ es un avanzado sistema de análisis de leche en línea que identifica qué vacas necesitan atención y propone las acciones a tomar sobre ellas.

- Detección de celos superior al 95 % a través de medida de progesterona en leche.
- Detección de mastitis de forma precisa hasta tres días antes de que los síntomas físicos aparezcan, gracias a la medida de lactato deshidrogenasa en leche.
- Detección de un 50% más de los casos normalmente detectados mediante la medida de betahidroxibutirato en leche.

También para salas. No solo para VMS (*)



“Herd Navigator™ es una gran ayuda para nuestra granja, nos ayuda a ser más eficientes, a ahorrar tiempo y a lograr nuestros objetivos en lo referente a reproducción, diagnóstico de estado de salud y alimentación.”

Herd Navigator™ le permite ir más allá en la Gestión de su Rebaño.

DeLaval Equipos S.A.
C/ Anabel Segura, 7
28108 Alcobendas
(Madrid)
Tel 91 490 44 73 / 62 / 63

* Consulte con su distribuidor si Herd Navigator™ puede instalarse en su sala

Flujo alto de leche: desde el momento en el que las pezoneras adoptan una posición fija en el pezón y a medida que el flujo de leche se va incrementando, el vacío tiende a bajar. En la figura 10 (en dorado) puede observarse de manera gráfica cómo después de un periodo de unos 30 segundos el vacío descende (07:38:35); en ese momento comienza el

flujo alto de leche, que se mantiene alto hasta que comienza el sobreordeño 1 (04:41:45) y termina cuando comienza el sobreordeño 2.

Inicio del sobreordeño: cuando los pezones quedan sin leche, normalmente se produce un cambio de vacío en la boca de la pezonera, un incremento

en las fluctuaciones de vacío o ambas circunstancias. Lo más frecuente es observar un brusco y repentino incremento de vacío en la cámara de la embocadura de la pezonera (ver inicio del sobreordeño 1 y 2, figura 10). La fase de sobreordeño, en los casos en los que no son tan claras las variaciones de vacío en la embocadura de la pezonera, también queda puesta de manifiesto por las menores fluctuaciones de vacío en el tubo corto de leche ante la ausencia de flujo de leche al final del ordeño. El sobreordeño no es deseable, ya que tiene implicaciones negativas en la condición del pezón y disminuye la capacidad de la sala de ordeño.

Inicio de la retirada: es identificado como el momento (al final del ordeño), en el que el vacío en el TCL descende 5 kPa respecto al máximo vacío del periodo de flujo alto de leche.

Fin del ordeño: cuando el vacío (TCL) descende por debajo de los 5 kPa. La mayor parte de las vacas deberían ser ordeñadas entre 5 y 7 min.

Del análisis y de la interpretación de los datos observados se pueden sacar conclusiones sobre la rutina de ordeño, el funcionamiento de la máquina, el rendimiento de la instalación y los tiempos de ordeño (tabla 1).

El vacío en el regulador debería ser ajustado de forma que el vacío medio en el colector durante el flujo máximo de leche se situase en valores entre los 35 y los 42 kPa (ideal 40 kPa, aunque varía en función del flujo de leche). Este rango permite un adecuado movimiento de las pezoneras, una presión suficiente durante el masaje, salva el resbalamiento de las pezoneras con vacíos excesivamente bajos y evita daños en la punta del pezón que podrían ser causados con vacíos superiores a los 42 KPa en los periodos de bajo flujo de leche (Besier *et al.*, 2016).

El vacío en la embocadura de la pezonera (EP) es, según Borkhus & Rønningen (2003), el resultado de un equilibrio entre el volumen de aire que se filtra a través del borde de la pezonera y el vacío que pasa desde el tubo corto de leche entre el pezón y el manguito de ordeño. Pezoneras de calibre

Figura 10. Información gráfica de un ensayo de tiempo de ordeño

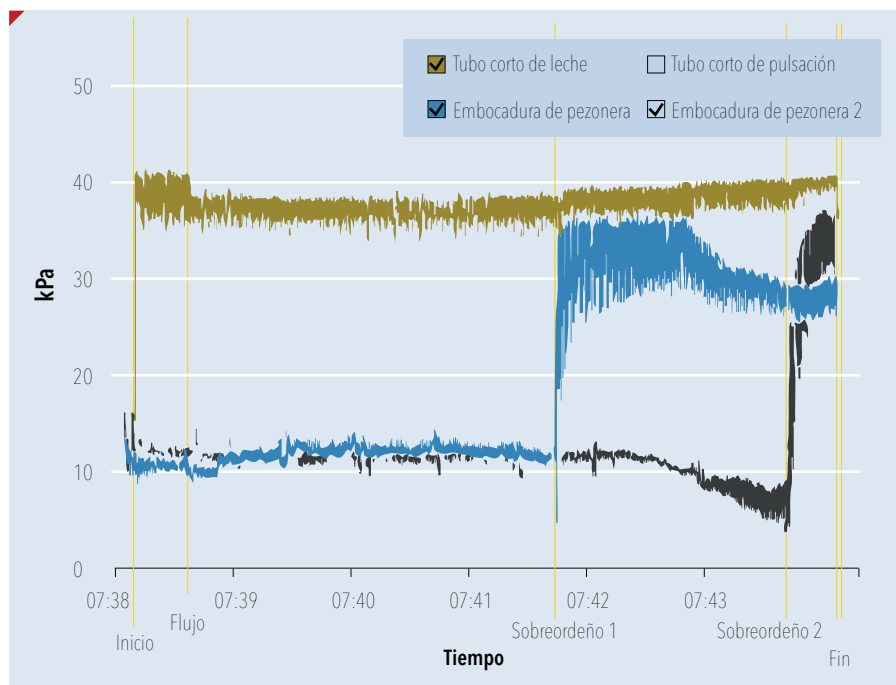
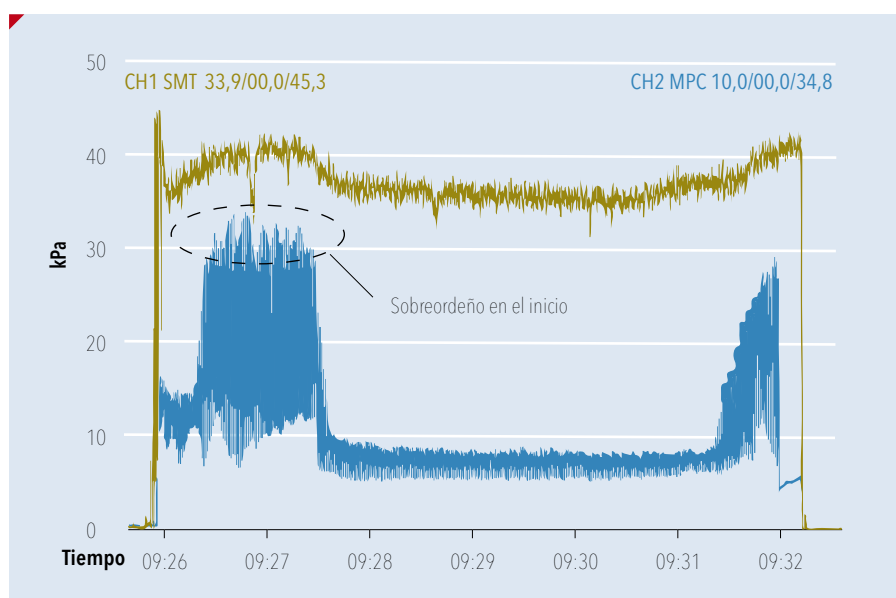


Figura 11. Sobreordeño inicial puesto de manifiesto por una curva bimodal de vacío en la cámara de la embocadura de la pezonera (en azul)



► LAS MEDICIONES DEBERÁN REALIZARSE EN CONDICIONES DE MÁXIMO FLUJO DE LECHE Y AIRE

Tabla 1. Resultados que pueden ser analizados tras realizar un test de tiempo de ordeño

Tiempo de preparación
Duración del ordeño
Duración de la colocación al inicio de flujo alto de leche (bajada de leche/sobreordeño inicial)
Duración del periodo en flujo alto de leche
Duración del sobreordeño
Duración de la retirada
Vacío medio (TCL) obtenido a partir de todo el ordeño
Vacío medio (TCL) obtenido en el periodo de flujo alto de leche
Vacío medio (TCL) obtenido durante el sobreordeño
Vacío medio en la boca de la pezonera (CEP1, CEP2) en flujo máximo de leche
Tanto por ciento del tiempo, en flujo alto de leche, durante el cual el vacío en la embocadura (EP1 y EP2) se mantiene entre 10 y 30 kPa
Fluctuaciones cíclicas de vacío (TCL)
Gradiente de presión negativo: se produce cuando el vacío desciende en el TCL y se mantiene elevado en CEP; llega a ser el vacío en CEP>TCL
Fluctuaciones irregulares tipo 1: rápida fluctuación de vacío (TCL) de más de 100 kPa/s y 21 kPa de magnitud
Fluctuaciones irregulares tipo 2: rápida fluctuación de vacío (TCL) de más de 56kPa/s y 14 kPa de magnitud

más reducido, con una abertura de boca superior y caudales de leche más altos dan como resultado un CEP más bajo. Igualmente, pezones largos y anchos conducen a valores en CEP más bajos, pero la profundidad de penetración de los pezones, en el lugar de sus dimensiones, condiciona en mayor medida el vacío en CEP. Rønningen & Rasmussen (2008) encontraron que el CEP es muy variable en un rebaño y que valores medios durante el periodo de flujo alto de leche, de 10-30 kPa, están de forma muy clara correlacionados negativamente con mastitis. Por tanto, es deseable que el porcentaje de vacas que mantienen valores de vacío de entre 10-30 kPa en CEP en flujo alto de leche sea elevado.

Según Rasmussen (1997), el vacío en CEP durante el ordeño puede tomarse como referencia para determinar si el sistema puede ser la causa de anillos en la base de los pezoneras, o de pezones descoloridos e hinchados después del ordeño. El vacío máximo debería ser, por lo menos, 10 kPa menor que el vacío medio en el colector o en el tubo corto de leche; además, la congestión en los pezones y las marcas en forma de anillos en la base de los pezones se ven reducidas cuando el vacío medio no excede los 20 kPa (Rasmussen, 1997).

TEST COMPLETO DE CONTROL Y FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA DE ORDEÑO (ENSAYO ESTÁTICO)

La realización de este tipo de controles requiere de la utilización de un registrador de vacío, un caudalímetro, un tacómetro, un rotámetro y diversos utensilios y ajustes (tapones, tés, adaptadores, gomas de diferentes diámetros, etc.). Una evaluación completa, llevada a cabo por personal técnico especializado, siguiendo las recomendaciones establecidas en la norma ISO 5707-690, debería ser realizada entre las 500-1.000 horas de funcionamiento de todas las máquinas de ordeño. Las pruebas que se han de realizar deberían, como mínimo, incluir las siguientes comprobaciones:

- capacidad de la bomba
- error del vacuómetro de la instalación
- vacío de trabajo en el receptor; diferencia de vacío entre la bomba, el receptor, el regulador y la línea de vacío de los pulsadores
- reserva real, reserva manual, fugas del regulador, sensibilidad del regulador
- *fall off test*: regulación para rápidos cambios en la entrada de aire
- control de la curva de pulsación, relación y frecuencia de pulsación de todos los pulsadores, cojeo
- fugas de la instalación

CONCLUSIONES

Numerosos investigadores han puesto de manifiesto la relevancia que un adecuado funcionamiento de la máquina de ordeño puede tener sobre la salud del animal, el desarrollo de mastitis o la calidad de la leche y, como consecuencia, en las pérdidas económicas que de eso se derivan. A pesar de que la máquina no es el único condicionante, parece probado el efecto catalizador de la interacción entre el manejo del ordeño, la vaca y la máquina. Así pues, es fundamental promover la importancia de integrar el control de los equipos de ordeño como una práctica básica de manejo para asegurar la rentabilidad de las explotaciones. ■

REFERENCIAS

- AENOR (1998). Instalaciones de ordeño: construcción y funcionamiento, ensayos mecánicos, vocabulario. Norma española UNE 68050 - 68061 - 68048 = ISO 5707 - 6690 - 3918.
- Baxter, J.D., G.W. Rogers, S.B. y R.J. Eberhart, 1992. The effect of milking machine liner slip on new intramammary infections. *J. Dairy Sci.* 75:1015-1018.
- Besier, J., Lind, O., Bruckmaier, R.M. 2016. Dynamics of teat-end vacuum during machine milking: types, causes and impacts on teat condition and udder health. *Journal of Applied Animal Research*. Vol. 44, No. 1, 263-272.
- Borkhus, M. and Rønningen, O., 2003. Factors affecting mouthpiece chamber vacuum in machine milking. *Journal of dairy research*, 70(03), 283-288.
- BRITISH STANDARD ISO (2007). International Standard of milking machine installations. ISO 5707 - 6690 - 3918 - 20966. BSI. UK.
- García, J., Ponce De Leon, J.L., Lucini, J., 1992. Manual de control de instalaciones de ordeño mecánico. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, ediciones Mundi Prensa.
- National mastitis council (NMC), 2014. Procedures for Evaluating Vacuum Levels and Air Flow in Milking Systems. National Mastitis Council, Madison, Wisconsin.
- Pereira, J.M.; Castro, A., 2017. "Funcionamiento y mantenimiento de la máquina de ordeño", *Afriga* 130, 60-66.
- Pereira, J.M.; Castro, A., 2017. "Evaluación del funcionamiento de máquinas de ordeño II", *Afriga* 131, 48-57.
- Rasmussen, M.D., 1997 The relationship between mouthpiece vacuum, teat condition and udder health. *Proceedings 36th Annual Meeting, National Mastitis Council, Wisconsin*. 91-96
- Rønningen, O. and Rasmussen, M. D., 2008. Assessment of teatcup cluster vacuum records in milking-time tests. In *Agricultural and biosystems engineering for a sustainable world*. International Conference on Agricultural Engineering, Hersonissos, Crete, Greece, 23-25 June, 2008 (pp. OP-485). European Society of Agricultural Engineers (AgEng).