



TESIS DOCTORAL

EFICIENCIA DEL ORDEÑO MECÁNICO EN VACUNO DE LECHE

Antonio Lenza Carballedo

DEPARTAMENTO DE ENXEÑARÍA
AGROFORESTAL

ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR



LUGO

NOVIEMBRE 2015



TESIS DOCTORAL

EFICIENCIA DEL ORDEÑO MECÁNICO EN VACUNO DE LECHE

Fdo.....

Antonio Lenza Carballedo

DEPARTAMENTO DE ENXEÑARÍA
AGROFORESTAL

ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR



LUGO

NOVIEMBRE 2015

AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR DE LA TESIS

D./Dña.....
.....

Profesor/a del Departamento

Como Director/a/es/as de la Tesis Doctoral titulada

«.....»
.....»

Presentada por D.

Alumno del Programa de Doctoramiento.....
.....

Autoriza la presentación de la tesis indicada, considerando que reúne los requisitos exigidos en el artículo 34 del reglamento de Estudios de Doctorado, y como Director de la misma no incurre en las causas de abstención establecidas en la ley 30/1992.

DEDICATORIA

Esta tesis es fruto de una dedicación con interrupciones en el tiempo, pero con un claro y único objetivo que es hacerla bien. Muchas veces he pensado en dejarlo pero por un lado, viendo a mis padres y hermano luchar día a día a pesar del lastre de la enfermedad y por el otro al contar con el ánimo, apoyo y comprensión de mi mujer y mis hijas, he podido llegar al día de hoy, 7 de noviembre y tener el placer de escribir las últimas palabras en mi tesis y poder dedicárselas a mi familia y muy especialmente a mi mujer M^a Jesús y mis hijas Patricia y Alba y que juntos recordemos:

“Nada se acaba sin haber empezado y para acabar hay que perseverar”

AGRADECIMIENTOS

La presente tesis ha requerido de una dedicación larga, de consultas a distancia y de reuniones fuera de horario. Por todo ello cobra más importancia la ayuda y el apoyo prestado por los profesores que me aconsejaron y ayudaron en la consecución de este trabajo. No sólo en el aspecto docente sino también en el aspecto humano.

A nivel académico:

Quiero agradecer el apoyo y el ánimo transmitido por todos los profesores que conforman la Escuela Politecnica de Lugo y especialmente a los que aclararon mis dudas, como son los doctores:

- Don Francisco Sineiro García
- Don Carlos Amiama Ares
- Don Manuel Méndez Lodos

Quiero destacar un especial agradecimiento a dos personas por la ayuda prestada:

- Al tutor y director de mi tesis Dr José Manuel Pereira Gonzalez
- A mi compañero de etapa de tesis y próximo Dr, Don Ángel Castro Ramos.

A nivel de campo:

Quiero agradecer especialmente a tres familias por facilitarme los medios para poder obtener datos y realizar ensayos en su granja.

- Ganadería Quintian de Paramo
- Ganadería Souto Fradé SC de Taboada
- Ganadería Veiga de Benade

EFICIENCIA DEL ORDEÑO MECÁNICO EN VACUNO DE LECHE.

MOTIVACIÓN

En España y muy especialmente en Galicia, en la década de los 90 empezaron a desarrollarse programas de mejora de la calidad de la leche. Entonces había 40.000 ganaderos con una media de 20 vacas y la gran mayoría ya tenía ordeños mecánico a cántara, en circuito y alguna sala. En aquel entonces, lo prioritario era aprender a higienizar el sistema de ordeño, ya que los lavados se hacían sin usar detergentes adecuados, utilizando agua fría y durante un tiempo insuficiente. Por ello el primer paso consistió en formar e informar sobre el significado de la calidad higiénica de la leche. Higienizar en tres procesos, prelavado, lavado y aclarado con su correspondiente temperatura y la cantidad de agua necesaria para crear el efecto mecánico en las tuberías y finalmente dosificando en base a la dureza del agua de lavado y a la cantidad de agua en la pileta. Durante los primeros años para consolidar esta práctica, la administración facilitaba ayudas económicas a los ganaderos para realizar la compra de detergentes, guantes, papel de secado de ubres, productos de sellado y para sustituir piezas gastadas por el uso o el mal mantenimiento de la máquina. El programa incluía una visita anual de personal técnico especializado en testar máquinas de ordeño y tanques de frío para comprobar el estado de uso y detectar posibles desajustes. Con ese diagnóstico el ganadero justificaba las piezas a reponer para dejar su instalación de ordeño y el tanque de refrigeración en perfecto estado de funcionamiento. Este programa llevado a cabo por la Consellería de Medio Rural durante varios años, consiguió grandes logros en la calidad de leche obtenida y en su estado de conservación. Supuso que las explotaciones

gallegas, aun siendo más pequeñas que las del resto del país, estuviesen a la cabeza en cuanto a la calidad higiénica de la leche entregada.

Otro paso muy importante, y que fue como complemento al primer programa de calidad de leche, fue desarrollar otro apartado para mejorar la calidad físico química de la leche y la salud animal. Esta segunda parte del programa empezó siendo voluntario para los ganaderos, a su vez subvencionado, y consistía en que un técnico visitaba las granjas priorizando aquellas que más problemas de calidad de leche tenían. Amparándose en los informes del estado de la máquina de ordeño y del tanque junto con las muestras analizadas por el Laboratorio Interprofesional Gallego de Análisis de la Leche (LIGAL) valoraba la situación actual de esa granja y junto con el ganadero se marcaban pautas de actuación para corregir los desajustes y conseguir mejorar la calidad y por defecto, la cantidad de leche entregada. Este segundo nivel de control en el programa de Mejora de la Calidad de Leche situó a las explotaciones gallegas en primera línea y seguidamente permitía implementar un tercer nivel que consistía en la certificación de granjas lecheras. Como con el paso del tiempo las subvenciones han ido mermando, la certificación ha quedado en manos de empresas certificadoras y lo continúan haciendo de forma privada y/o en colaboración con alguna cooperativa y central lechera.

Mi vinculación y experiencia como técnico en el ámbito de las instalaciones de ordeño, durante los últimos 20 años de mi carrera profesional ha estimulado mi curiosidad por integrar los datos de un grupo de ganaderos, analizarlos en conjunto y sacar conclusiones de la efectividad del programa y de las herramientas que éste proporcionaba a ganaderos y técnicos, para poder tomar decisiones de cómo mejorar en cada ganadería. Así nació mi interés por desarrollar esta tesis, y

completarla con el análisis del mantenimiento que se hace sobre las máquinas de ordeño, concretamente sobre un elemento tan importante como es la pezonera. Además, he creído necesario estudiar la eficiencia del ordeño desde un punto de vista económico, con dependencia al equipo de ordeño utilizado y teniendo en cuenta las variaciones que este puede ocasionar en diferentes aspectos (consumo eléctrico, alimentación, mantenimiento, mano de obra). Para ello se toma como modelo la evolución común que puede sufrir una explotación lechera familiar en el noroeste de España, con sus posibles cambios de manejo y de sistema, pasando desde el ordeño en cántaras, circuitos, salas y hasta los sistemas de ordeño robotizado.

De este modo se busca que el resultado de esta tesis sea un estudio de la eficiencia del ordeño basado en la evolución que sufrieron en el mercado estos equipos, teniendo en cuenta su funcionamiento, sus repercusiones y las alternativas actuales que se le presentan a un ganadero para ser cada vez más competitivos en este sector.

Resumen

Analizamos 23 parámetros de control, en 632 máquinas de ordeño y su relación con la calidad de la leche. Tomando la pezonera como punto de unión entre máquina - vaca se realizaron ensayos sobre dos juegos de pezoneras, se tomaron mediciones del touch point pressure difference (TPPD), pulsación, vacíos de ordeño, muestras bacteriológicas en el interior de las pezoneras así como análisis de microscopía de escáner electrónico. Finalmente tomando como referencia una ganadería “tipo” con 60 vacas en ordeño se estudiaron entre las diferentes posibilidades que nos podemos encontrar en el mercado (sala o robot de ordeño) los principales condicionantes a la hora de decidir; inversión inicial, mano de obra, producción, consumo energético, alimentación o calidad de vida.

Los resultados del estudio muestran que la calidad de la leche guarda relación con el tipo de instalación, coincidiendo la mejor calidad con las instalaciones con mejor puesta a punto, 88% en salas de ordeño, 86% en circuitos y 82% en las cántaras. El deterioro de las pezoneras en sistemas de ordeño robotizado (SOR) y la necesidad de reemplazo están más condicionados por la carga bacteriana que por los desfases o retardos en la respuesta mecánica. Desde el punto de vista de la selección entre diferentes alternativas en explotaciones de carácter familiar y tamaño medio (60 vacas en ordeño) podemos concluir que la inversión inicial más económica es poner una sala de ordeño (2 x 6) equiparable en tecnificación y rendimiento a un SOR. Si imputamos la mano de obra, en SOR se ordeñan 13 y 5,8 veces más de kg/h que en sala con 3 y 2 ordeños respectivamente. El índice de calidad de vida calculado en función de 10 variables fue en SOR 2,5 y 4 veces mayor que ordeñando 2 y 3 veces al día. El coste energético es mayor en SOR con respecto a dos ordeños y la mejor eficiencia de alimentación se consigue en el caso de 2 ordeños, seguido de SOR y de 3 ordeños en sala. La producción anual se maximiza con 3 ordeños en sala pero el beneficio neto máximo se consigue en SOR.



Palabras clave: Alternativas de ordeño, calidad de vida, eficiencia de alimentación, pezoneras, man de obra.

Resumo

Analizamos 23 parámetros de control, en 632 máquinas de muxido e a súa relación coa calidade do leite. Tomando a teteira como punto de unión entre máquina - vaca realizáronse ensaios sobre dous xogos de teteiras, tomáronse medicións do touch point pressure difference (TPPD), pulsación, baleiros de muxido, mostras bacteriolóxicas no interior das teteiras así como análises de microscopía de escáner electrónico. Finalmente tomando como referencia unha gandeiría tipo con 60 vacas en muxido estudáronse entre as diferentes posibilidades que nos podemos atopar no mercado (sala ou robot de muxido) os principais condicionantes á hora de decidir; investimento inicial, man de obra, produción, consumo enerxético, alimentación ou calidade de vida.

Os resultados do estudo mostran que a calidade do leite garda relación co tipo de instalación, coincidindo a mellor calidade coas instalacións con mellor posta a punto, 88% en salas de muxido, 86% en circuítos e 82% nas cántaras. O deterioro das teteiras en sistemas de muxido robotizado (SMR) e a necesidade de reemplazo están máis condicionados pola carga bacteriana que polos fallos ou retardos na resposta mecánica. Desde o punto de vista da selección entre diferentes alternativas en explotacións de carácter familiar e tamaño medio (60 vacas en muxidura) podemos concluír que o investimento inicial máis económico é poñer unha sala de muxido (2 x 6) equiparable en tecnificación e rendemento a un SMR. Se imputamos a man de obra, en SMR múxense 13 e 5,8 veces máis de kg/h que en sala con 3 e 2 muxidos respectivamente. O índice de calidade de vida calculado en función de 10 variables foi en SMR 2,5 e 4 veces maior que muxindo 2 e 3 veces ao día. O custo enerxético é maior en SMR con respecto a dous muxidos, e a mellor eficiencia da alimentación conséguese no caso de 2 muxidos, seguido de SMR e de 3 muxidos en sala. A produción anual maximízase con 3 muxidos en sala pero o beneficio neto máximo conséguese en SOR.



Palabras chave: Alternativas de muxido, calidade de vida, eficiencia da alimentación, teteiras, man de obra.

Abstract

An analysis was carried out using 23 control parameters on 632 milking machines in order to study the relationship with milk quality. Taking the teat cups as the point of union between machine and cow, tests were conducted on two sets of teat cups, taking measurements of the Touch Point Pressure Difference (TPPD), pulsations, working vacuum, bacteriological samples taken from the inside of the teat cup, as well as electronic scanner microscope analysis. Finally, taking a typical milking herd of 60 cows, a study was made of the different possibilities available commercially (for automatic milking or milking parlour) when it comes to making a choice as regards initial investment, labour costs, production, energy consumption, feeding, and quality of life. The results of the study show that there is indeed a relationship between milk quality and the type of installation, the highest milk quality being found in the best-run installations, 88% in milking parlours, 86% in circuits, and 82% in bucket. Deterioration in the teat cups in robotic milking systems and the need for substitution is conditioned more by the bacteriological charge than by faults or delay in the mechanical response. As regards choosing between different alternatives for family-run units of average size (60 milking cows), we conclude that the most economical initial investment is a milking parlour (2x6) comparable both technically and performance-wise to the automatic milking system. If we include labour costs, in the automatic milking system 13 and 5.8 times more kg/h are milked than in a milking parlour with 3 and 2 milkings respectively. The quality of life index calculated over 10 variables was in the automatic milking system 2.5 and 4 times greater than milking 2 and 3 times a day. Energy costs are higher in the automatic milking systems than two milkings in parlour, and the better feeding efficiency is obtained in the case of the two milkings, followed by the automatic milking system and then the 3 milkings. Annual production is maximised with 3 parlour milkings, but the highest net profit is obtained in the automatic milking system.



Key words: Milking alternatives, quality of life, feeding efficiency, teat cup, labour costs.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1	Evolución de los equipos de ordeño	1
1.2	Alternativas de ordeño actuales	10
1.3	Equipos de ordeño instalados actualmente en el mundo, en España y en Galicia.	17
1.4	Interacción de la máquina de ordeño con la calidad de leche y con la salud animal.	18
1.5	Actualización y alternativas para una ganadería tipo	21
1.6	Objetivo general.....	22
1.7	Referencias	23
2.	PARÁMETROS DE CONTROL Y FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS DE ORDEÑO Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DE LECHE ...	27
2.1	Introducción.....	27
2.1.1	Salud de la ubre.....	30
2.1.2	Calidad de leche	34
2.2	Material y métodos.....	35
2.2.1	Análisis estadístico	42
2.3	Resultados y discusión	42
2.3.1	Características de los equipos de ordeño y cumplimiento de cada elemento o parámetro de control.....	42
2.3.2	Relación entre diferentes elementos de una instalación de ordeño	72
2.3.3	Comparación de la calidad de leche obtenida en los diferentes sistemas de ordeño	75

2.4	Conclusiones.....	81
2.5	Referencias bibliográficas	82
3.	EVOLUCIÓN DEL ESTADO DE LA PEZONERA EN ORDEÑO ROBOTIZADO DESDE LOS PUNTOS DE VISTA MECÁNICOS Y BIOLÓGICOS Y SU REPERCUSIÓN EN EL ORDEÑO.	85
3.1	Introducción	85
3.2	Material y métodos	95
3.2.1	Localización y descripción de la granja	95
3.2.2	Documentación para la toma de datos	96
3.2.3	Material para la recogida de muestras y datos.....	97
3.2.4	Proceso de recogida de datos y muestras.....	98
3.2.5	Envío de muestras al laboratorio.	101
3.2.6	Tratamiento de datos y de muestras	103
3.2.7	Comparación microscópica	103
3.3	Resultados y discusión	103
3.3.1	Fuerzas en las pezoneras	104
3.3.2	Bacterias en la superficie interna de la pezonera	106
3.3.3	Evaluación microscópica	110
3.3.4	Repercusiones del uso de la pezonera sobre las fases del ordeño	114
3.4	Conclusiones.....	120
3.5	Referencias bibliográficas	121
4.	EVALUACIÓN ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS ACTUALES EN LA INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE ORDEÑO.	129
4.1	Introducción	129
4.2	Material y métodos	139

4.2.1	Procedencia de los datos para el estudio de las alternativas:	139
4.2.2	Diseño del establo y tráfico de vacas	140
4.2.3	Mano de obra en el ordeño y calidad de vida	144
4.2.4	Consumos y mantenimiento	147
4.2.4.1	Localización y descripción de las granjas.....	147
4.2.5	Equipo de medida y recogida de datos	149
4.2.6	Costes de alimentación	152
4.3	Resultados y discusión	158
4.3.1	Diseño del establo y tráfico de vacas.	158
4.3.2	Mano de obra en ordeño y calidad de vida.....	164
4.3.3	Consumos y mantenimiento	170
4.3.3.1	Consumo de los motores en sala de ordeño.	170
4.3.3.2	Consumo de los motores en SOR	174
4.3.3.3	Estudio de armónicos	180
4.3.4	Costes de alimentación	183
4.3.5	Resumen económico de las alternativas.....	189
4.4	Conclusiones	192
4.5	Referencias bibliográficas.....	194
5.	CONCLUSIONES GENERALES.....	201

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fragmento del relieve de un friso en AL-Ubaid (3.100 A.C.) Museo Iraquí, Bagdad (Alfa Laval Agri, 1996).	1
Figura 2. Grafico explicativo de un aparato de tubos de leche, Friz, 1941, (Alfa Laval Agri, 1996).	2
Figura 3. La leche se extrae del pezón por presión. (Alfa Laval Agri, 1996).	3
Figura 4. Conjunto copa- pezonera con dos cámaras (Struthers y Weir, 1892) (Alfa Laval Agri, 1996).	4
Figura 5. Pine Tree Pulsator de 1921 y Pine Tree Milk Machine (www.surgemilker.com).	5
Figura 6. Pine Tree Milk Machine de Surge (www.surgemilker.com).....	6
Figura 7. Surge Milker 1954.	8
Figura 8. Alpha DeLaval Milking Machine.	9
Figura 9. Sistema de ordeño Alpha DeLaval para ordeñar y al mismo tiempo separar nata, calentar agua y producir luz.....	10
Figura 10. Sistema de ordeño a cántaro acoplado a una motocicleta.....	11
Figura 11. Sistema de ordeño en circuito.	11
Figura 12. Sistema de ordeño en sala de línea media.	13
Figura 13. Sala de ordeño en línea baja (LB) con sala de espera.	13
Figura 14. Sala de ordeño en paralelo.	14
Figura 15. Dos salas de ordeño rotativas, ordeño interior y exterior.	15
Figura 16. Dos modelos de SOR comercializados en la actualidad.	16
Figura 17. Las dos marcas de salas de ordeño totalmente robotizadas.	17
Figura 18. La calidad de leche siempre hay que evitar que se reduzca en cada uno de los procesos por los que pasa, desde el ordeño al consumidor.	21
Figura 19. Instalación de ordeño a balde (DeLaval New Zealand, 1998).	27
Figura 20. Sección de una instalación de ordeño completa (Manus, 1997).	28
Figura 21. Componentes del sistema de vacío de una instalación de ordeño (Manus, 1997). .	29
Figura 22. Células en leche en ubres sanas e inflamadas (DeLaval, 2006).	32
Figura 23. Estructura muy simplificada del pezón (DeLaval, 2006).	32
Figura 24. Canal del pezón, sección transversal, Schallibaum, 1995, (DeLaval, 2006).	33
Figura 25. Primera fase del proceso en la producción de leche (DeLaval Equipos, 2008).	34
Figura 26. Protocolo de control de máquinas de ordeño.	36

Figura 27. Registro de vacío en la cámara de pulsación (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010).....	37
Figura 28. Distribución en % de los tipos de instalaciones estudiadas.....	38
Figura 29. Equipo de control de instalaciones de ordeño (pulsógrafo, caudalímetro, vacuómetro).	38
Figura 30. Esquema de una máquina de ordeño con cubo o directo a cantara.	39
Figura 31. Esquema de una máquina de ordeño con conducción.	40
Figura 32. Esquema de una máquina de ordeño con depósitos medidores de leche.	41
Figura 33. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto al vacuómetro.....	44
Figura 34. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a tensado de correas.	45
Figura 35. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a caídas de vacío.....	46
Figura 36. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a la sensibilidad del regulador.....	47
Figura 37. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a las revoluciones (RPM) adecuadas de la bomba.....	48
Figura 38. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto al regulador bien situado.	49
Figura 39. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto al vacuómetro bien situado.	50
Figura 40. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a purgadores.	51
Figura 41. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto al caudal nominal de la bomba.	52
Figura 42. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto al vacío de ordeño.	53
Figura 43. Efecto del vacío sobre el flujo máximo y la leche de apurado según Mein, 1992 (DeLaval, 1998).	54
Figura 44. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a suficiente diámetro en la conducción de vacío.	55

Figura 45. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a las fugas en la conducción de vacío.	56
Figura 46. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a fugas de vacío en los grifos.	57
Figura 47. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a las fugas en la conducción de leche.	58
Figura 48. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a las fugas en medidores.	59
Figura 49. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto al cierre del colector.	60
Figura 50. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto al diámetro de la conducción de leche.	61
Figura 51. Secciones transversal de diferentes tuberías de leche (DeLaval, 2005)	62
Figura 52. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a las unidades de ordeño.	63
Figura 53. Vacíos durante el ordeño (Pol, 2006).....	64
Figura 54. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a los grifos de leche.....	65
Figura 55. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a adecuada pendiente en las conducciones.....	66
Figura 56. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a la reserva real.	67
Figura 57. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a las fugas en el regulador.....	68
Figura 58. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a las gomas en buen estado de funcionamiento.....	69
Figura 59. Cambios en la rugosidad de la superficie del cuerpo de la pezonera y número de bacterias supervivientes al lavado y desinfección de la máquina de ordeño (Alfa Laval, 1996).	70
Figura 60. Estado de pezoneras e incidencia de mastitis según Rabold, 1993 (Alfa Laval, 1996).	71
Figura 61. Comparación entre número y tipo de bacterias de la leche en el tanque según Hogan et al., 1988 (Alfa Laval, 1996).	71

Figura 62. Relación entre Nº de puntos y tipo de instalación para el cumplimiento o no de la Reserva Real.	73
Figura 63. Recuento anual de bacterias en instalaciones de cántara.....	76
Figura 64. Recuento anual de bacterias en instalaciones de circuito.....	77
Figura 65. Recuento anual de bacterias en instalaciones de sala.....	77
Figura 66. Recuento anual de células somáticas en instalaciones de cántara.	78
Figura 67. Recuento anual de células somáticas en instalaciones de circuito.....	78
Figura 68. Recuento anual de células somáticas en instalaciones de sala.	79
Figura 69. Comparativa de medias anuales de bacteriología.	79
Figura 70. Comparativa de medias anuales de células somáticas.	80
Figura 71. Componentes típicos de una pezonera de caucho.	85
Figura 72. Vocabulario de las partes de una pezonera (UNE 68048. 1998); 1) diámetro embocadura; 2) entrada embocadura; 3) cámara embocadura; 4) garganta pezonera; 5) cámara pulsación; 6) diámetro interno a 75 mm del plano superior embocadura; 7) grosor paredes cuerpo.	86
Figura 73. Agentes que afectan a las pezoneras.....	88
Figura 74. Representación gráfica de la evolución de bacterias en la superficie de la pezonera según en Nº de ordeños (Thum, 1.975).	89
Figura 75. Representación grafica de la pérdida de elasticidad de la goma (Delaval).....	89
Figura 76. Cambio de color del pezón según se produce el envejecimiento de la pezonera, (Boast 2003).....	90
Figura 77. Hiperqueratosis.....	92
Figura 78. Fases de pulsación.	92
Figura 79. Localización de la explotación con SOR.	95
Figura 80. Material implementado: paleta, Led e hisopos de algodón.	98
Figura 81. Equipamiento para medir los movimientos de la pezonera.	98
Figura 82. Esquema de las dos formas de medición de los movimientos de la pezonera (Pcp y Vtcl).....	100
Figura 83. Zona de estrés donde se efectuó el barrido para la toma de muestras.	100
Figura 84. Proceso de toma de muestras.	101
Figura 85. Pasos realizados en el laboratorio para el análisis bacteriológico.	102
Figura 86. Resultados del primer ensayo. Fuerzas en el primer punto de contacto, medido en Vtcl, en las 4 pezoneras del SOR (— 1º TD,—2ºTI,—3ºDD,—4ºDI).	104

Figura 87. Resultados del segundo ensayo. Fuerzas en el primer punto de contacto, medido en Vtcl, en las 4 pezoneras del SOR (— 1º TD,—2ºTI,—3ºDD,—4ºDI).	104
Figura 88. Resultados del primer ensayo. Fuerzas en el primer punto de contacto, medido en Pcp, en las 4 pezoneras del SOR. (— trasera derecha (TD), —Trasera izquierda (TI), —delantera derecha (DD),—delantera izquierda (DI)).	105
Figura 89. Resultados del segundo ensayo. Fuerzas en el primer punto de contacto, medido en Pcp, en las 4 pezoneras del SOR. (— trasera derecha (TD), —Trasera izquierda (TI), —delantera derecha (DD), —delantera izquierda (DI)).	105
Figura 90. Resultados bacteriológicos del primer ensayo en las 4 pezoneras del SOR. (— trasera derecha (TD), —Trasera izquierda (TI), —delantera derecha (DD), —delantera izquierda (DI)).	107
Figura 91. Resultados bacteriológicos del segundo ensayo en las 4 pezoneras del SOR. (— trasera derecha (TD), —Trasera izquierda (TI), —delantera derecha (DD),—delantera izquierda (DI)).	109
Figura 92. Microscopía de escáner electrónico a diferentes aumentos de una pezonera sin uso (control).	112
Figura 93. Microscopía de escáner electrónico a diferentes aumentos de una pezonera usada, primer ensayo (3.926 ordeños) y zona de no estrés.	112
Figura 94. Microscopía de escáner electrónico a diferentes aumentos de una pezonera usada, primer ensayo (3.926 ordeños) y zona de estrés.	113
Figura 95. Microscopía de escáner electrónico a diferentes aumentos de una pezonera usada, segundo ensayo (4.830 ordeños) y zona de estrés.	113
Figura 96. Gráficos de pulsación.	115
Figura 97. Gráficos de pulsación en pezoneras nuevas (—) y pezoneras usadas (—) después de 23 días y 3.385 ordeños.	115
Figura 98. Flujos medios del rebaño en función del uso de las pezoneras (1º ensayo).	118
Figura 99. Flujos medios del rebaño en función del uso de las pezoneras (2º ensayo).	118
Figura 100. Flujos medios del rebaño en función del uso de las pezoneras.	120
Figura 101. Distribución en planta del establo de partida. Sala 2x4.	143
Figura 102. Localización de las explotaciones estudiadas SOR y Sala 2x4.	147
Figura 103. Analizador de redes AR5-L CIRCUTOR.	149
Figura 104. Lavadora automática y su placa de características.	151

Figura 105. Esquema de cálculos de consumos de Energía en una explotación lechera (Institut de L'élevage, 2009).....	151
Figura 106. Registro de consumos de materia seca y leche producida llevado a cabo por el ganadero.....	155
Figura 107. Distribución en planta de la alternativa A. Sala 2x6.....	160
Figura 108. Distribución en planta de la alternativa B. SOR en tráfico libre.....	161
Figura 109. Distribución en planta de la alternativa B. SOR en tráfico semilibre.	162
Figura 110. Distribución en planta de la alternativa B. SOR en tráfico guiado.	163
Figura 111. Eficiencia del trabajo de ordeño según nº de ordeños/día y sistema de ordeño.	165
Figura 112. Coste de la mano de obra según nº de ordeños/día y sistema de ordeño.	166
Figura 113. Coste de mano de obra sobre kg de leche producido y sistema de ordeño.	167
Figura 114. Puntuación de los tres sistemas de ordeño en base a calidad de vida.	168
Figura 115 Grafica del consumo semanal en sala 2x4.	172
Figura 116 Grafica del consumo diario en sala 2x4.	174
Figura 117 Grafica del consumo semanal en SOR.	178
Figura 118 Grafica del consumo diario en SOR.....	179
Figura 119. Tasa de distorsión armónica en sala 2x4	181
Figura 120. Tasa de distorsión armónica en SOR.....	182
Figura 121. Evolución de parámetros de calidad de leche de la explotación estudiada.	183
Figura 122. Producción media y materia seca ingerida (MSI) diaria según sistema de ordeño.	184
Figura 123. Eficiencia de la alimentación según nº de ordeños y sistema de ordeño.	185
Figura 124. Coste de la alimentación según nº de ordeños y sistema de ordeño.	187
Figura 125. Eficiencia de la alimentación (EA-4%) en función del sistema de ordeño para un coste de 0,25 €/kg MS.	188
Figura 126. Estimación del coste de alimentación en función de la eficiencia de alimentación (EA-4%) y coste de materia seca ingerida (MSI).	189

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cumplimiento de cada elemento o parámetro de control.	43
Tabla 2. Dependencia entre el tipo de máquina y el elemento o parámetro analizado.	44
Tabla 3. Relación entre: Nº de puntos, Tipo de instalación y cumplimiento o no de la Reserva real.	72
Tabla 4. Tabla de contingencia condicionada de tres variables (reserva real, caudal nominal de la bomba y fugas con vacío).	73
Tabla 5. Tabla de contingencia condicionada a caudal nominal bomba, vacío de ordeño y diámetro conducciones de vacío.	74
Tabla 6. Diferencias estadísticas para las medias del primer ensayo. Fuerzas medias en el primer punto de contacto, medidas en Pcp y Vtcl.	106
Tabla 7. Diferencias estadísticas para las medias del 2º ensayo. Fuerzas medias en el 1º punto de contacto, medidas en Pcp y Vtcl.	106
Tabla 8. Diferencias estadísticas para las medias de datos bacteriológicos del primer ensayo.	109
Tabla 9. Diferencias estadísticas para las medias de datos bacteriológicos del segundo ensayo.	109
Tabla 10. Duración de las fases de pulsación en el 1º ensayo (3.926 ordeños).	116
Tabla 11. Duración de las fases de pulsación en el 2º ensayo (4.830 ordeños).	117
Tabla 12. Resumen de los cambios de pezoneras y los ordeños de cada juego.	119
Tabla 13 Hoja toma de datos del 1º ensayo con Pcp.	125
Tabla 14 Hoja toma de datos del 1º ensayo con Vtcl.	126
Tabla 15 Hoja toma de datos del 2º ensayo con Pcp.	127
Tabla 16 Hoja toma de datos del 2º ensayo con Vtcl.	128
Tabla 17. Resumen del origen de los datos para cada capítulo desarrollado.	140
Tabla 18. Características diferenciales de cada una de las máquinas.	144
Tabla 19. Plantilla cuestionario para la entrevista personal con el ganadero	146
Tabla 20. Resumen de motorización en cada una de las ganaderías.	150
Tabla 21. Datos descriptivos de la explotación estudiada.	153
Tabla 22. Comparación de alternativas entre dos posibles sistemas de ordeño (sala 2x6 y SOR)	159
Tabla 23. Horas consumidas según nº de ordeños y sistema de ordeño	164

Tabla 24. Coste de oportunidad en base a SOR.....	167
Tabla 25. Análisis multicriterio para la evaluación de la calidad de vida con dependencia del sistema de ordeño.	169
Tabla 26. Consumos eléctricos en sala 2x4.....	171
Tabla 27. Consumos eléctricos en SOR.....	176
Tabla 28. Resumen económico de las alternativas de ordeño	191
Tabla 29. Beneficio neto con cada sistema de ordeño	192

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1 EVOLUCIÓN DE LOS EQUIPOS DE ORDEÑO

En un primer momento las vacas se ordeñaban a mano, de ello da constancia el friso de la diosa Nin –Khursag, protectora de los rebaños (Figura 1).



Figura 1. Fragmento del relieve de un friso en AL-Ubaid (3.100 A.C.) Museo Iraquí, Bagdad (Alfa Laval Agri, 1996).

En esos tiempos, los ordeñadores profesionales tenían que ordeñar unas 20 vacas dos veces al día, lo cual suponía que el ordeñador tenía que abrir y cerrar ambas manos de 10.000 a 12.000 veces. Con frecuencia, los ordeñadores profesionales quedaban incapacitados tras 20 años de trabajo. No es, pues, una sorpresa la búsqueda de métodos que dieran solución a este problema (Alfa Laval Agri, 1996).

La leche en un momento dado fluye del pezón por gravedad. Así, se llegaron a introducir tubos de leche en el canal del pezón para vencer su mecanismo de cierre (Figura 2). Este mecanismo ya fuera usado por los egipcios introduciendo un trozo de paja por el canal del pezón. Pero como cabía esperar esto provocaba muchas infecciones.

Con la revolución industrial la producción agrícola se incrementó considerablemente, los productores de leche comenzaron a ordeñar más vacas en rebaños más grandes, con lo que la necesidad de contar con instrumentos que facilitaran la tarea del ordeño se hizo más acuciante. Intentando satisfacer la demanda de los ganaderos fueron apareciendo a lo largo del siglo XIX diversos inventos. En 1851 Hodges y Brockedon aseguraron una patente inglesa para una máquina de ordeño que funcionaba a vacío. En este mismo año Ana Baldwin patentaba el mismo sistema en EEUU usando una bamba manual y un cubo.

En 1859 S.W. Lowe de Filadelfia patentó una taza con un diafragma de cuatro orificios para los pezones succionando la leche de estos al mismo tiempo. Esta succión continua dañaba el tejido mamario.

En 1860 se patenta el primer sistema con pezoneras individuales por parte de Colvin en EEUU, sin embargo este sistema también dañaba los pezones. En 1863 Louis Grasset en Francia inventa una máquina de ordeño a vacío cuyos elementos principales están contruidos en caucho, aparentemente más higiénicos.

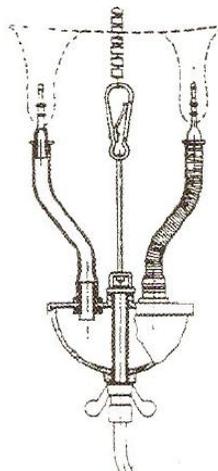


Figura 2. Grafico explicativo de un aparato de tubos de leche, Friz, 1941, (Alfa Laval Agri, 1996).

A partir de la década de los 70 los diferentes investigadores empiezan a sustituir el vacío por una presión sobre los pezones. Un ejemplo de ello es la máquina de ordeño de Dalén (Figura 3).

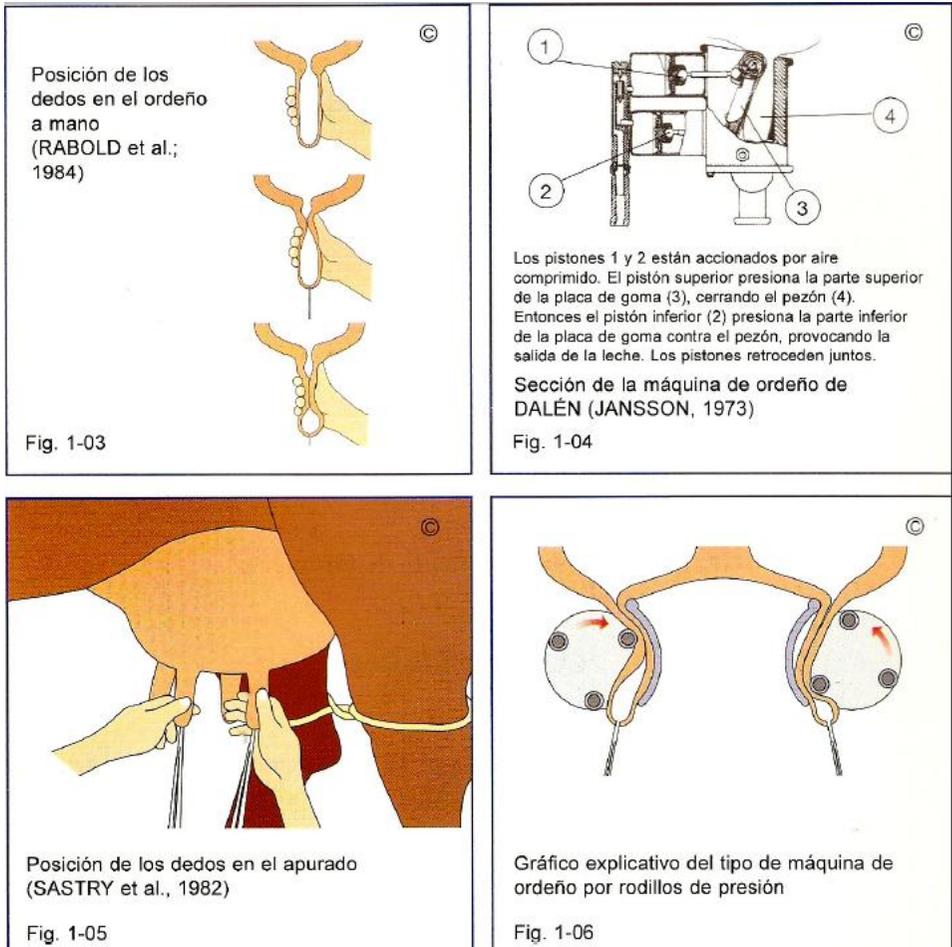


Figura 3. La leche se extrae del pezón por presión. (Alfa Laval Agri, 1996).

Continuando con la idea de Colvin se comienza a perfeccionar las primeras copas de ordeño individuales. En un primer momento la copa era de una sola cámara sin pulsador, pero aumentaba las enfermedades de la ubre, por lo que tuvo una mala aceptación en el mercado. El avance triunfal de las máquinas de ordeño por succión empezó con la invención de la copa de dos cámaras. La primera la patentó Struthers y Weir de Escocia en 1892 (Figura 4). Se trata de la aparición de la pezonera.

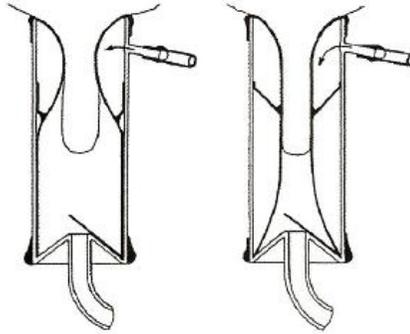


Figura 4. Conjunto copa- pezonera con dos cámaras (Struthers y Weir, 1892) (Alfa Laval Agri, 1996).

También en el año 1892, S.M. Babcock, un reputado inventor en el sector, escribió que las máquinas de ordeño ocasionaría una menor calidad de la leche y en una reducción en la producción lechera por vaca. Así por el año 1900, se habían concedido cientos de patentes para las máquinas de ordeño, aunque ninguna consiguió asentarse en el mercado, incluso se creó una mala reputación por ocasionar graves problemas sanitarios en los animales. Hasta tal punto llegó la desconfianza y el temor hacia las máquinas de ordeño que el propio secretario de la Asociación de Productores de Leche de Estados Unidos, escribió sobre el gran valor del ordeño manual en el cuidado de la ubre bovina, y advirtió en contra de recurrir a la máquina de ordeño (Figura 5) (www.surgemilker.com).

En el 1895 se introdujo por primera vez un pulsador a vacío para la máquina de ordeño Thistle, inventado por Shields, y aunque la máquina hacía un ordeño eficaz, pronto llegaron los problemas de higiene por la dificultad para ser lavada (Alfa Laval Agri, 1996).



Figura 5. Pine Tree Pulsator de 1921 y Pine Tree Milk Machine (www.surgemilker.com).

Una de las primeras máquinas de ordeño fue construida por Pine Tree Maching Milking Company, un proyecto de comercialización de los hermanos Babson. Henry, Fred, y Gus Babson, formaron Babson Brothers Company en Chicago. En 1916 Babson Brothers comenzó la fabricación y venta de la máquina de ordeño Pine Tree, un cubo vertical apoyado en el suelo. Si bien el diseño general de la máquina de ordeño fue similar a otros, el pulsador Pine superó cualquier otro hecho hasta el momento por su simplicidad y ligereza, siendo patentado el 3 de mayo de 1921. Por otro lado, en el otoño de 1922, Herbert Mc Cornack inventó el ordeño de cántaro Surge. Esta ordeñadora tenía movimientos cíclicos hacia delante y hacia atrás durante el ordeño y ello fue lo que le dio su nombre “El ordeñador Surge” (Figura 6). Este sistema de ordeño revolucionario colgaba bajo la vaca suspendido en una barra de muelle de acero que

estaba conectado a una correa de cincha de cuero que envolvía el lomo de la vaca.



Figura 6. Pine Tree Milk Machine de Surge (www.surgemilker.com).

Herbert Mc Cornack fue galardonado por las más de 50 patentes en los EE UU. En esos años 20 se reunió con Henry Babson, como resultado, los Hnos Babson compraron los derechos para fabricar y distribuir la máquina de ordeño Surge. En 1923 se comprometieron a que cualquier ganadero que comprase una ordeñadora Surge tendría un distribuidor cercano y este le visitaría al menos una vez al año para darle servicio y proveerle de repuestos. De esta forma Surge se convirtió en la marca líder de máquinas de ordeño en EEUU. En 1930 ya tenían a 10 distribuidores entre los EE.UU y Canadá para dar el servicio prometido. Fue también el 1930 cuando dejaron de comercializar el cubo de ordeño con la marca de la Compañía Surge- Pino, para comercializarla como Surge-Babson Bro Co Chicago y continuaron así durante 70 años. En esta época ya tenían dos líneas de fabricación, una la fabricaban a base de cuatro metales, 67% de níquel, 28% de cobre y pequeñas cantidades de otros metales como acero, hierro y aluminio. La otra línea la fabricaban toda en níquel, la que iba destinada a los ganaderos que ordeñaban leche para los bebés y para los hospitales.

Fred Babson en el año 1930 hizo un folleto con las mejoras conseguidas después de probar la máquina en su granja con vacas Guernsey en Four Pine Farm, cerca de Hinsdale Illinois. En este folleto se informaba a los potenciales ganaderos que sus máquinas tenían una garantía de tres años sobre todas sus piezas y que además no se oxidarían. Esta nueva ordeñadora superó todas las expectativas. Su mayor ventaja era su facilidad de limpieza, sólo tenía cuatro piezas de caucho para limpiar y cuatro pulgadas desde la copa al cubo, lo que hacía que el vacío en la punta de los pezones fuese muy adecuado; además, incorporaba otro dispositivo que hacía parar la máquina cuando una de las pezoneras se caía del pezón evitando que esta succionara del suelo.

En el 1930 Mellote introdujo el cubo de ordeño Surge en Europa. Desde abril del 1936 los cubos de ordeño Surge-Babson se fabricaban como 18/8 referente a la proporción de cromo y de níquel (18% de cromo, 8% de níquel y 74% de acero), también conocidos como modelo 304. Durante la 2ª Guerra Mundial también se fabricaron algunos de plástico destinados a los vendedores para exponer en ferias y hacer demostraciones, pero no fueron lo suficiente avanzados para soportar sobrepresiones (vacío)

En el 1940 Fran Hendron dejó el periódico donde trabajaba el “Kansas City Star” y se unió a los hermanos Babson para ocuparse del departamento de marketing. Hizo muchas divulgaciones con dibujos animados eléctricos y una revista con las fotos de los clientes de referencia. Desde el 1940 al 1955 el cubo de ordeño Surge pasó de tener el 40 % del mercado Americano a tener el 76%.

El sistema de ordeño a cubo Surge-Babson número 1.000.000 fue fabricado en la década de los 50, fue bañado todo en oro y se encuentra

expuesto en la sede de Westfalia Surge Norteamericana en Naperville Illinois (Figura 7).

En 1950 Babson Bros introdujo un nuevo cubo de ordeño fabricado en acero inoxidable sin soldaduras, con tecnología desarrollada en Bélgica. Durante el año 1955 caducó la patente del cubo de ordeño Surge y todos los fabricantes de máquinas de ordeño estaban pendientes del asunto como: David Bradley, Farm Master, Salas de Montgomery, Delaval, Universal y Conde.



Figura 7. Surge Milker 1954.

La compañía matriz de Westfalia compró Babson Brothers Company y fusionó las dos marcas para dar lugar a GEA Farm Technologies que continuó vendiendo los cubos de ordeño Surge hasta el año 1999 en que dejaron de fabricarse.

Otros desarrollos en cuanto a máquinas de ordeño fueron llevados a cabo por la compañía De Laval. Desde 1894 hasta 1918 se desarrollaron 19 tipos diferentes de máquinas de ordeño por De Laval, lo que dio lugar a una profunda experiencia sobre el ordeño mecánico.

En 1896 se aplicaron las patentes desarrolladas dando lugar a una ordeñadora mecánica que operaba a vacío constante, lo cual no era comercialmente práctico. En el año 1904 la Compañía continúa con los experimentos iniciados por Hulbert y Park sobre una máquina de ordeño

que operaba por medio de cojinetes de aire comprimido y vacío. Sin embargo no fueron consideradas lo suficientemente buenas para ser comercializadas.

Dos patentes desarrolladas en el año 1904 y 1910 llamadas Ljungstrom y Dalen respectivamente hacían un trabajo correcto, pero fueron desechadas con el tiempo por ser demasiado complicadas. Los experimentos continuaron en 1914 con el ordeñador Lisndstrom. Esta máquina, cuya patente fue adquirida por De Laval operaba por medio de vacío y se suspendía de la vaca cerca de la ubre.. En 1918 De Laval saca al mercado una máquina de ordeño que mejora la uniformidad de las pulsaciones mediante una segunda línea de vacío a la cual se conectan los pulsadores y que consigue dar más estabilidad de vacío. Este principio de pulsaciones controladas y uniformes desarrolladas en la máquina de De Laval es reconocido por muchos como uno de los sistemas de ordeño más fiable jamás desarrollado.

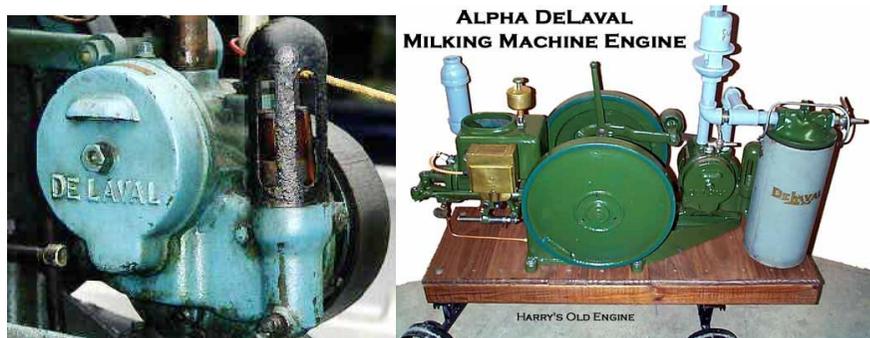


Figura 8. Alpha De Laval Milking Machine.

En torno a 1925, surgieron las Alpha Dairy Power Plant, que partían de un motor de combustión al que se podían conectar entre una y seis máquinas de ordeño, un generador de corriente alterna y un separador de nata. Con esta combinación el ganadero aparte de ordeñar y desnatar la leche, obtenía luz eléctrica para su establo, así como agua caliente para higienizar los utensilios y la máquina de ordeño (Figura 8) y (Figura 9).

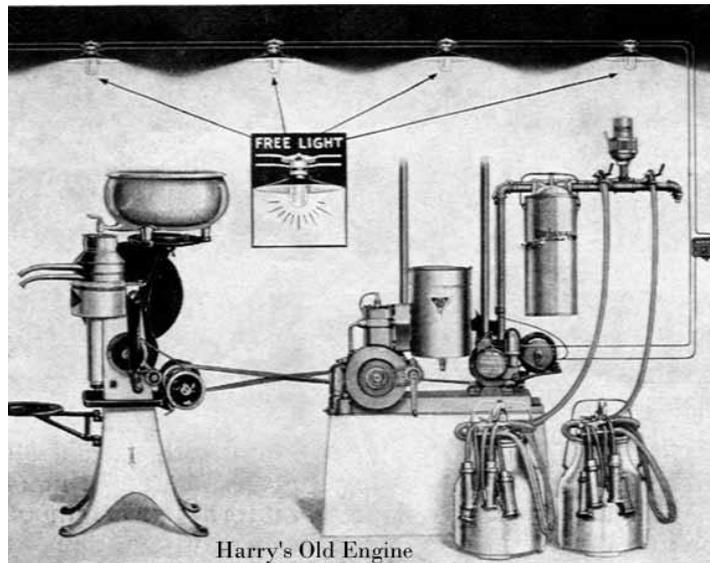


Figura 9. Sistema de ordeño Alpha DeLaval para ordeñar y al mismo tiempo separar nata, calentar agua y producir luz.

1.2 ALTERNATIVAS DE ORDEÑO ACTUALES

La evolución de las máquinas de ordeño a lo largo del tiempo tenía como principales objetivos mejorar el trabajo del ganadero evitando causar daños a los animales, y permitir a su vez obtener la máxima cantidad de leche en el menor tiempo posible cumpliendo las máximas exigencias en cuanto a calidad de leche.

El primer sistema de ordeño mecánico que se desarrolló, fue el ordeño en cubo o cántara, y que, mejorado, todavía se sigue utilizando en la actualidad para rebaños pequeños. Esta instalación de ordeño es la que tiene menor coste de inversión, pues no necesita la construcción de ningún local especial y solo requiere la habilitación de una parte del establo como lechería (Callejo, 2015). El sistema es muy sencillo, lo que permite que con pequeñas adaptaciones y acoples ingeniosos se utilice en las más variadas circunstancias en regiones poco desarrolladas (Figura 10).



Figura 10. Sistema de ordeño a cántaro acoplado a una motocicleta.

En la actualidad, sobre todo en los países más industrializados, la producción de leche se centraliza en un relativamente bajo número de explotaciones pero con un tamaño difícilmente imaginable hasta hace un par de décadas. Los equipos de ordeño se han ido adaptando y evolucionando para satisfacer una demanda, que exige ordeñar más vacas en menos tiempo, condicionada por el incremento del tamaño de las explotaciones. Así en 1960 comenzaron a fabricarse los ordeños con conducción (Figura 11).



Figura 11. Sistema de ordeño en circuito.



Estos sistemas continúan vigentes en la actualidad e incluso en países desarrollados como Canadá, es uno de los sistemas más utilizados.

Sus principales ventajas respecto al ordeño en cántara son que la leche

fluye en condiciones higiénicas desde la ubre hasta el tanque refrigerante y que el ordeño se realiza más cómodamente, ya que el operario solo tiene que transportar la unidad de ordeño (que lleva el pulsador incorporado), en vez de toda la leche (Callejo, 2015). En la actualidad pueden ser automatizados al más alto nivel, con retirada, medición y gestión del rebaño.

En los años 70 comienza a expandirse una nueva forma de entender el ordeño consistente en hacer que la vaca se desplace al lugar de ordeño, denominado sala de ordeño; y no a la inversa, que el ordeñador se desplazara hasta la vaca con parte del equipo tal y como se venía haciendo hasta entonces, con ello conseguía un mayor grado de confort a la hora de efectuar el ordeño. En la sala de ordeño la vaca se coloca en un nivel más alto que el ordeñador. Las primeras salas de ordeño fueron del tipo paralelo con un peldaño alto al que se subían las vacas y normalmente con de 2 a 6 plazas en ordeño (parte izquierda de Figura 12). Este desarrollo fue rápidamente sustituido por el ordeño en foso con una diferencia de cota de +/-80cm y la disposición de las vacas en espina de pescado a ambos lados del foso. En un principio y en ciertos países como Irlanda, Inglaterra, Dinamarca y España se instalaban los ordeños en una línea central con la mitad de puntos que plazas de vacas teníamos para economizar y conseguir la mayor eficiencia posible de la máquina. Mientras se ordeñaban las vacas de un lateral se preparaban y limpiaban las vacas del lado opuesto y al terminar las primeras y retirar las unidades de ordeño, se les colocaban a las ya preparadas, de esta manera las unidades de ordeño siempre estaban trabajando (Figura 12 parte derecha). Este tipo de salas son mayoritarias en pises como Irlanda, llamadas actualmente swingover (Edwards et al., 2013).



Figura 12. Sistema de ordeño en sala de línea media.

En los años 80 comenzaron a instalarse salas de ordeño en las que la leche fluye por gravedad desde la ubre a la unidad final, situada en una cota inferior, denominadas salas en línea baja (LB), y desde allí es impulsada por una bomba hasta el tanque de frío. Las salas en línea baja permitieron reducir los tiempos de ordeño, al mismo tiempo que trabajando con niveles de vacío inferiores se consigue reducir las oscilaciones de vacío y la cantidad de leche retenida en la ubre. Este tipo de salas se instalan ya con puntos de ordeño a los dos lados del foso (doble) y el mismo número de puntos de ordeño que vacas entraran en la sala. Esta configuración si es acompañada de una sala de espera y una estructura con salida rápida permite incrementar considerablemente el rendimiento de la instalación (Figura 13).



Figura 13. Sala de ordeño en línea baja (LB) con sala de espera.

En los años 90 y con un afán de crecimiento y asociacionismo por parte de los ganaderos españoles, se crean las primeras Sociedades Agrarias de Transformación (SAT) que supuso una mayor concentración de animales en un mismo establo. Para estos casos, se necesitan máquinas de ordeño con más rendimiento. Las máquinas más vendidas fueron las salas en paralelo, desde una 2x6 hasta una 2x40 según el rebaño. La diferencia principal de estas máquinas es que las vacas se colocan en paralelo ocupando entre ejes 71 cm, lo que da lugar a fosos de ordeño más cortos comparados con las plazas de 115 cm de las espigas de pescado. Estas salas son más anchas ya que necesitan de salidas rápidas para un mayor nº de vacas al mismo tiempo. El ancho mínimo de obra civil suele ser de 12 metros. Otra característica es que estas salas casi todas llevan automatización, desde la retirada de unidades de ordeño a la identificación del animal y la actividad para el control reproductivo (Figura 14).



Figura 14. Sala de ordeño en paralelo.

Para rebaños aún más grandes se emplean las salas rotativas, llegaron a la par que las salas en paralelo y su característica más importante es su estructura. Esta va montada sobre rodillos de nailon o de acero según la marca y gira durante el ordeño. La plataforma puede ser

toda de acero o de hormigón armado y va mandada por dos motores situados de forma opuesta entre ellos llevando también unos sistemas de seguridad que evitan que las vacas queden atrapadas a la entrada o salida de la plataforma. Los elementos propios de ordeño son los mismos que en otra sala como pueden ser las paralelos. En las rotativas hay dos modelos, las de ordeño interior y las de ordeño exterior. En las primeras, las vacas se disponen en espina de pescado con la ubre orientada hacia el interior de la circunferencia y los ordeñadores operan desde el interior. Sin embargo en las de ordeño exterior las vacas se disponen en paralelo con la cabeza hacia el centro de la circunferencia. Estas últimas se emplean para rebaños con más de 30 puntos de ordeño (Figura 15).



Figura 15. Dos salas de ordeño rotativas, ordeño interior y exterior.

Un hito histórico en el mundo del ordeño fue la introducción del robot de ordeño. Los primeros prototipos venían desarrollándose desde los años 80 gracias a los avances en la electrónica, visión artificial y robótica. A partir de la primera instalación comercialmente exitosa en 1992 en una granja holandesa el crecimiento ha sido continuo, y en el año 2008 ya había 8.000 unidades instaladas en todo el mundo (Svennersten-Sjaunja and Pettersson, 2007). En España el primer SOR se instaló en Cataluña en el año 2000 (Caja et al., 2002), a finales del 2004 ya había 100 unidades instaladas (Pereira and Bueno, 2004), en la actualidad la cifra se aproxima a los 300. En cuanto a Galicia el primer robot de ordeño se instaló en el año 2004, un poco tarde respecto a otras regiones europeas, pero su

crecimiento ha sido continuo, a finales del 2009 había 48 SOR en 38 explotaciones diferentes (Castro and Pereira, 2012) y en el 2014 ya se superaron las 70 unidades.



Figura 16. Dos modelos de SOR comercializados en la actualidad.

Finalmente los últimos avances derivan de la extensión de la robótica a las propias salas de ordeño. La primera sala rotativa totalmente automatizada instalada en Europa fue en Alemania en el 2013 conocida como AMR (Automatic Milking Rotary), de la empresa sueca DeLaval, Esta instalación es de 24 puntos de ordeño y ordeña 90 vacas cada hora, lo que se traduce en un rebaño de 540 vacas ordeñándolas 3 veces al día o bien un rebaño de 800 vacas ordeñándolas dos veces al día. (www.delaval.es). GEA Farm Technologies ha sacado al mercado un sistema totalmente automatizado con el nombre de DairyProQ (hasta el momento no se le conoce ninguna máquina instalada). La diferencia que se observa entre estas dos salas de ordeño totalmente automatizadas es que la primera, la de Delaval, el sistema robotizado opera desde el interior del foso como si de ordeñadores se tratase trabajando en ordeño interior y la de GEA lo hace al revés, los sistemas salen de los laterales de cada unidad de plaza y la disposición de los animales es de ordeño exterior (Figura 17), (www.gea.com).



Figura 17. Las dos marcas de salas de ordeño totalmente robotizadas.

1.3 EQUIPOS DE ORDEÑO INSTALADOS ACTUALMENTE EN EL MUNDO, EN ESPAÑA Y EN GALICIA.

Hoy en día aún existen instalaciones de todos los equipos anteriormente citados. Pero oficialmente no hay registros del tipo de máquina de ordeño vendida ni tan siquiera del número de ellas. De lo que existen algunos datos es del ordeño robotizado ya que es un equipo de reciente salida al mercado y suman pocas unidades a nivel mundial. Actualmente se barajan sobre 30.000 unidades en el mundo y que están presentes en 40 países diferentes (DeLaval, 2014). Las marcas que actualmente venden estos equipos de ordeño son; DeLaval (VMS), Lely (Astronaut A4), Fullwood (Merlin), SAC (Futureline RDS), Boumatic (MRS_1), Insentec (Starline), GEA (Mione), System Happel (Aktivpuls Robot 2020), Milkomax (Roboleo). Por otro lado los principales países en los que se venden estos sistemas SOR son: Alemania, Holanda, Francia, Noruega, Canadá, USA y en los que hay menor número de ventas son: Croacia, Israel, Turquía o Méjico.

Equipos de ordeño para grandes rebaños como son las salas rotativas son vendidos sobre todo en Nueva Zelanda, China, Alemania, Francia, USA y Canadá (DeLaval 2013).

En España en el año 2005 había 31.100 ganaderos de leche de los cuales el 53% eran Gallegos (Jimeno and Castro, 2009).

En el año 2013 a nivel de España los ganaderos de leche totales eran 25.088. En estos se estiman que el 48% tienen sala de ordeño, el 28% tienen circuito de ordeño y el resto cantara de ordeño. A parte de estos sistemas de ordeño había instalados sobre 300 SOR.

A nivel de Galicia en el año 2005 había 16.483 ganaderos de leche de los cuales el 29% tenía sala de ordeño, el 37% tenía circuito de ordeño, el 34% tenía cántara de ordeño y había 4 SOR instalados (datos propios no publicados). Para el mismo año 2013, y según estimaciones propias, a nivel de Galicia las instalaciones con sala representarían el 33,7%, los ordeños a circuito el 40% y los ordeños a cántaro se mantendrían en el 24,4% y las explotaciones con SOR eran 36.

Por otra parte los criterios de elección de los equipos de ordeño pueden ser muy variados. Pero los más considerados antes de tomar la decisión de instalar uno u otro equipo, eran los de la inversión inicial y el rendimiento esperado, además de otros criterios menos ortodoxos como moda, marketing y publicidad, y no menos importante de comodidad (Callejo, 2015). Con el presente estudio esperemos aportar algún dato más.

1.4 INTERACCIÓN DE LA MÁQUINA DE ORDEÑO CON LA CALIDAD DE LECHE Y CON LA SALUD DEL ANIMAL.

El correcto funcionamiento de la máquina de ordeño es imprescindible para que el rebaño tenga buena salud y esté en condiciones óptimas de producción. La máquina de ordeño tiene influencia directa sobre la salud de los animales, la calidad de la leche, la producción del rebaño, los beneficios económicos de las explotaciones y por lo tanto sobre su rentabilidad y viabilidad (Rasmussen and Madsen, 2000; Petrovski and

Eden, 2006, Bar et al, 2008). Fouz et al., (2004), destaca que durante el ordeño, o relacionado con eventos que se producen durante la extracción de leche, se pueden producir un 85-95% de las infecciones del ubre, aunque debido a la íntima relación que existe entre el funcionamiento de la máquina y el uso que de ella hace el ordeñador, en muchas ocasiones resulta difícil diferenciar entre problemas debidos a la máquina o al manejo que se hace de la misma. El correcto funcionamiento de la instalación de ordeño depende de muchos factores, como el vacío de trabajo, las fluctuaciones de vacío durante el ordeño, la relación de pulsación, etc. Todos estos factores influyen en la salud del animal y por consiguiente en la producción y calidad de la leche. Una alta frecuencia de caídas de vacío en la instalación durante el ordeño se asocia con un alto nivel de mastitis y con una proporción alta de nuevas infecciones en el rebaño (Rønningen, 2002). La punta del pezón defiende el animal de la penetración de las bacterias y de la infección de la glándula mamaria (Neijenhuis et al, 2001), y la queratina que envuelve el pezón es muy importante en esta resistencia (Capucco et al, 2000). Numerosos autores han estudiado los efectos de la instalación de ordeño sobre los pezones y la salud del ganado bovino lechero (Bade et al, 2009; Mein et al, 2003, Mein and Reinemann, 2009; Rasmussen and Madsen, 2000). Hamann et al (1993) sugiere que el uso inapropiado de la instalación de ordeño causa una congestión de la punta del pezón que puede llevar a microlesiones en el epitelio de la cisterna del pezón y así predisponerla a la colonización bacteriana. Las condiciones climáticas y ambientales, el manejo del ordeño, del rebaño y las características genéticas de los animales tienen una influencia muy marcada sobre las lesiones del pezón y la manifestación de hiperqueratosis (Mein et al, 2003). Hillerton et al (2000) afirma que los principales factores a tener en cuenta en el estado de los pezones del ganado vacuno son el peso de la unidad de ordeño, el vacío

aplicado durante el sobreordeño y el diseño de las pezoneras. Cualquier máquina de ordeño por simple o sofisticada que esta sea, tiene un elemento que interacciona con la vaca, como es la pezonera, que está muy relacionada con la salud de los animales. Por ello, cada vez cobra más importancia y obliga a los fabricantes a estar en constante desarrollo para poder dar respuesta a las exigencias de comportamiento mecánico sin descuidar los aspectos higiénicos y de durabilidad. Las pezoneras actúan sobre el pezón y por lo tanto influyen en su estado y en las características de la producción lechera tanto como cualquier otro factor de la instalación de ordeño (Bade et al., 2009).

La mayoría de las pezoneras son de caucho, aunque se han hecho desarrollos con otros componentes como la silicona. Estas últimas aguantan más número de ordeños pero el comportamiento con el pezón es peor, debido a diferencias en la elasticidad de sus componentes. Este comportamiento es bien conocido en el sector en el que nos movemos. Los movimientos que debe de hacer una pezonera durante el ordeño son ordenados por el pulsador y es aquí donde radica la importancia de la composición de la pezonera para transmitir al pezón las órdenes que manda el pulsador en cada milisegundo y realizar así un correcto ordeño.

Otro aspecto a tener en cuenta es la ubicación de la zona limpia del establo, donde debe de estar ubicada la sala de ordeño y la lechería. Las vacas deben de permanecer en lugares con suelos fáciles de limpiar y bien ventilados mientras permanecen en la sala de espera y durante el ordeño. De lo contrario, llegarían al ordeño con suciedad y haría falta un trabajo extra para eliminar de los pezones la materia orgánica antes de hacer la desinfección propia de cada pezón.



Todos estos aspectos y muchos otros relacionados con las prácticas correctas que se deben de llevar a cabo en la producción lechera están

recogidos en la Guía de Prácticas Correctas para ganaderías de vacuno de leche (INLAC, 2007). Con la finalidad de entregar al consumidor un producto con la máxima garantía de calidad (Figura 18). Además esta guía incluye también medidas para asegurar el bienestar y la salud animal.

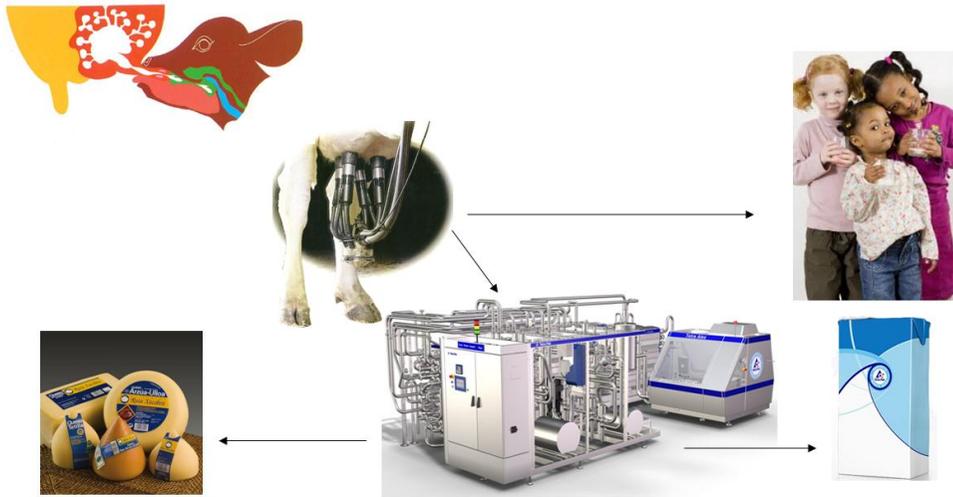


Figura 18. La calidad de leche siempre hay que evitar que se reduzca en cada uno de los procesos por los que pasa, desde el ordeño al consumidor.

1.5 ACTUALIZACIÓN Y ALTERNATIVAS PARA UNA GANADERÍA TIPO

En cualquier ganadería gallega el proceso evolutivo ha dejado huella y se observa en los establos, en la forma de manejar los animales y muy claramente en el número de animales por explotación. Antes era posible vivir con un rebaño de vacas de leche de entre 20 y 30 animales y en cada casa había suficiente mano de obra para atenderlas. Más que un negocio era una forma de vida que se heredaba de padres a hijos. Las cosas han cambiado mucho, primero llegaron las cuotas a la producción, luego la apertura de los mercados y en definitiva llegó a ser un medio de producción tan competitivo como cualquier otro sector. Debido a ello, un ganadero hoy tiene que tener consideración sobre aspectos variables en el tiempo y en el entorno que rodea a su explotación para poder tomar

decisiones acertadas. Como por ejemplo, la disponibilidad de maquinaria específica para sus tareas de campo, volumen de purines y base territorial para echarlos, centros de recría de novillas próximos, centrales lecheras para recogida de leche próximas, etc.

Otros aspectos que tienen mucho más peso a largo plazo por ser inamovibles o difíciles de costear y que marcan la eficiencia productiva año tras año son:

- Forma y tipo de establo
- Sistema y tipo de ordeño
- Sistema de alimentación
- Manejo y mano de obra

Todos estos aspectos tienen mucha importancia en la eficiencia productiva y finalmente influyen en la mayor o menor calidad de vida de la familia. Lo que en esta tesis nos preocupa es la elección de sistema de ordeño, ya que escoger el más adecuado para una explotación es un problema complejo, pues hay muchos factores involucrados (Callejo, 2015). Y no hay que olvidar que la elección del equipo de ordeño tiene a su vez influencia sobre todos los demás aspectos mencionados (tipo de estabulación, alimentación, mano de obra, mantenimiento).

1.6 OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de este trabajo es evaluar los equipos de ordeño en vacuno lechero desde los puntos de vista técnico, sanitario, económico y social, ofreciendo una visión actual de su funcionamiento, de las repercusiones e interacción con el animal y de los criterios que condicionan la elección del sistema.

La consecución de este objetivo general nos ha llevado a analizar el funcionamiento de equipos de ordeño convencionales (cántara, circuito y salas de ordeño) y su efecto en la calidad de la leche, además analizamos en un SOR el comportamiento de la pezonera durante su vida útil, como el elemento diferenciador, que está en contacto directo con la vaca. También evaluamos los factores que más condicionan la selección desde una óptica comparativa técnico-económica de dos alternativas de ordeño actuales, la sala de ordeño vs el robot de ordeño, tomando en consideración:

- Inversión inicial
- El mantenimiento
- La eficiencia energética
- La eficiencia de la alimentación
- La eficiencia en la mano de obra y calidad de vida

1.7 REFERENCIAS

Alfa Laval Agri AB Tumba-Suecia. 1996. Ordeño Profesional. Febrero de 2010.

Bade, R.D., Reinemann, D.J., Zucali, M., Ruegg, P.L. and P.D. Thompson. 2009. Interactions of vacuum, b-phase duration, and liner compression on milk flow rates in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92: 913-921.

Bar, D., Tauer, L.W., Bennett, G., González, R.N., Hertl, J.A., Schukken, Y.H., Schulte, H.F., Welcome, F.L. and Y.T. Gröhn. 2008. The cost of generic clinical mastitis in dairy cows as estimated by using dynamic programming. *J. Dairy Sci.* 91:2205-2214.

Caja, G., Ayadi, M., Carré, X. y Xifra, M. 2002. Los robots de ordeño en España: Situación actual y perspectivas. In G. Caja, y J. López (Eds.) Ordeño Robotizado. Ponencias del Simposio Internacional Celebrado en Lelystad, Países Bajos, en Agosto de 2000. (pp. 11-16). Editorial Agrícola Española.

Callejo, A. 2015. [Online]. Available: http://ocw.upm.es/produccion-animal/ordeno-mecanico/Tema_3._Salas_de_Ordeno/TEXTOS_Y_FIGURAS/tema_03-_tipos_de_instalaciones_de_ordeno_para_ganado_vacuno.pdf [2015 Mar. 01]

Capucco, A.V., Wood, D.L. and J.W. Quast. 2000. Effects of teatcup liner tension on teat canal keratin and teat condition in cows. *Journal of Dairy Research* 67: 319-327.

Castro, A., J. M., Pereira. 2012. Implantación del ordeño robotizado en Galicia. *Spanish J. Rural Development*. Vol. III (Specila 3): 2012.

DeLaval. 2015. Available: www.DeLaval.es [2015 Mar]

DeLaval. 2013. La evolución del ordeño. DeLaval Presentaciones.

DeLaval. 2014. Automatic milking system. DeLaval Presentaciones

Edwards, J. P., O'Brien, B., Lopez-Villalobos N., and Jago, J. G. 2013. Milking efficiency of swingover herringbone parlours in pasture-based dairy systems. *J. Dairy Research* 80: 467–474.

Fouz, R., Corrales, J.C., Fernández, G. and E. Yus. 2004. Programa de mellora da calidade do leite. Unidad de epidemiología y sanidad animal. Instituto de investigación e análises alimentarias. Lugo.

Gea Farm Technologies. 2015. Available: www.gea.com [2015 Mar]

Hamann, J., Mein, G.A. and S. Wetzel. 1993. Teat Tissue Reactions to Milking: Effects of Vacuum Level. *J. Dairy Sci.* 76: 1040-1046.

Hillerton, J.E, Onhstad, I., Baines, J.R. and K.A. Leach. 2000. Changes in cow teat tissue created by two types of milking cluster. *Journal of Dairy Research* 67: 309-317.

INLAC (Organización Interprofesional Láctea). 2007. Guía de prácticas correctas para ganaderías de vacuno de leche. [Online]. Available: http://www.magrama.gob.es/es/ganadería/legislacion/guia_pch_vacuno_leche_tc_m7-5893.pdf. [2014 Mar. 07]

Jimeno, V., y Castro, T. 2009. El sector vacuno de leche y el seguro agrario en España. [Online]. Available: http://aplicaciones.magrama.es/documentos_pwe/seminarios/vacuno_leche_upm_ucm.pdf.

Matthews, H. 2008. Harrys old engine. [Online]. Available: <http://www.old-engine.com/delaval.htm>. [2015 Jan. 07]

Mein G.A., Williams, D.M.D. and D. J. Reinemann. 2003. Effects of milking on teat-end hyperkeratosis: 1. Mechanical forces applied by the teatcup liner and responses of the teat. Paper Presented at the 42nd annual meeting of the National Mastitis Council, Fort Worth Texas, USA. January 26-29.

Mein, G.A. and D.J. Reinemann. 2009. Biomechanics of Milking: Teat - Liner Interactions. Paper presented at the ASABE Annual International Meeting Sponsored by ASABE Grand Sierra Resort and Casino Reno, Nevada. June 21 – June 24.

Pereira, J. M. y Bueno, J. 2004. Los sistemas de ordeño robotizado. Revista Terralia. 46: 48-57. Ediciones Agrotécnicas.

Petrovski, K.R. and M.T. Eden. 2006. The role of the milking machine in the aetiology and epidemiology of bovine mastitis. Available on line in: http://www.milkproduction.com/Library/Articles/THE_ROLE_OF_THE_MILKING_MACHINE.htm.

Rasmussen, M.D. and N.P. Madsen. 2000. Effects of. Milkline Vacuum, pulsator airline vacuum, and cluster weight on milk yield, teat condition, and udder health. J. Dairy Sci. 83:77-84.

Rønningen O. 2002. Milk line vacuum stability in milking machine installations. Journal of Dairy Research 69:501-509. Svennersten-Sjaunja, K. M. and G. Pettersson. 2007. Pros and cons of automatic milking in Europe. J. Anim. Sci. 86:37-46.



Neijenhuis, F., Mein, G.A., Britt, J.S., Reinemann, D.J., Hillerton, J.E., Farnsworth, R., Baines, J.R., Hemling, T., Ohnstad, I., Cook, N.B. and W.F.

Morgan. 2001. Relationship between teat-end callosity or hyperkeratosis and mastitis. Paper Presented at the Proceedings, AABP-NMC International Symposium on Mastitis and Milk Quality, Vancouver, BC, Canada. September.

2. PARÁMETROS DE CONTROL Y FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS DE ORDEÑO Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DE LECHE

2.1 INTRODUCCIÓN

Las máquinas de ordeño actuales han ido incorporando un mayor número de componentes para satisfacer un mayor grado de confort a la hora de extraer la leche de la ubre, aliviando el trabajo del usuario, sin comprometer la calidad de la leche ni la salud del ganado.

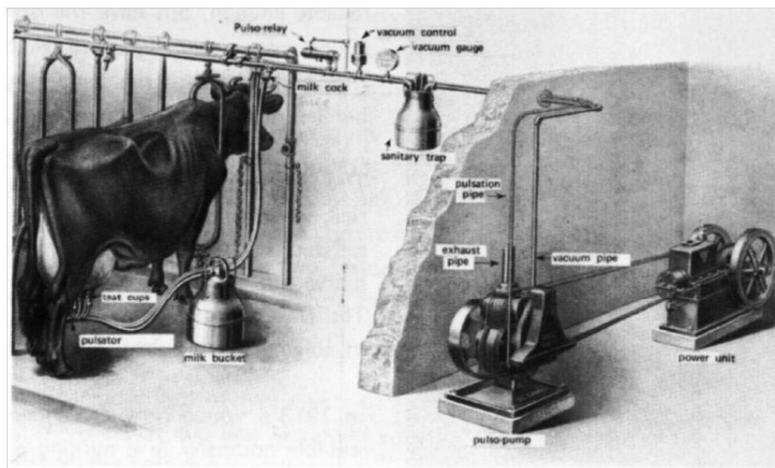


Figura 19. Instalación de ordeño a balde (Delaval New Zealand, 1998).

Los componentes principales siguiendo un orden desde la bomba de vacío hasta el tanque de leche son: Bomba de vacío, silenciador bomba, interceptor, regulador, sensor de vacío, vacuómetro, tubería de vacío, lavadora, pileta de lavado, tubería de descarga de leche al tanque, bomba de impulsión, unidad final, presostato de nivel, tubería de leche, unidad de ordeño, plataforma de lavado, tubería de lavado, pulsadores y retiradores (opcional).

Estos componentes forman parte de los diferentes sistemas de conducción. En la Figura 20 se pueden observar los diferentes sistemas de conducción pintados con diferentes colores. En verde se corresponde con el sistema de vacío, en amarillo la conducción de leche y el azul la conducción de lavado.

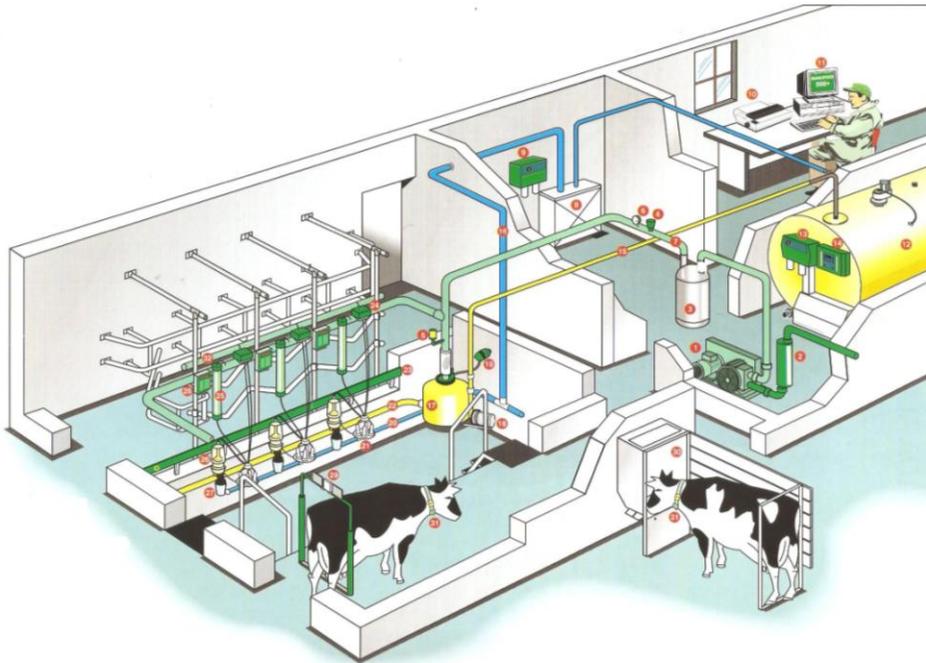


Figura 20. Sección de una instalación de ordeño completa (Manus, 1997).

Como ejemplo, en la Figura 21 se ve alguno de los componentes reales del sistema de vacío. De arriba abajo y de izquierda a derecha tenemos el vacuómetro, el sensor y regulador de vacío y equipo motor bomba de vacío con recirculación de aceite de engrase.

En las máquinas de ordeño al ser estas estáticas y tener que trabajar al menos en dos veces al día, la única forma de asegurar su correcto funcionamiento es hacer revisiones periódicas en situ. De esta manera se consigue un análisis en situación real y particular de cada explotación (intensidad de corriente eléctrica y polución ambiental).



Figura 21. Componentes del sistema de vacío de una instalación de ordeño (Manus, 1997).

Diversos autores han puesto de manifiesto la importancia del correcto funcionamiento de la máquina de ordeño y su repercusión en salud de la ubre y calidad de leche (Figura 19) (Garcés, R. Et. Al. 2006; Bijl, R. 2007; Calderón, A. 2005; Fouz, R. 2004; Helgren, J.M. 2006; Rasmussen, M.D. 1999; Kamphuis, C. 2008; Quintana, A.E 2006). Es fundamental promover la importancia de integrar el control de los equipos de ordeño como una práctica básica dentro de un programa de control de mamitis. Un técnico en máquinas de ordeño debería de realizar una evaluación completa de la instalación cada 500-1000 horas de funcionamiento (Reinemann et al., 2001).

Además el funcionamiento de la máquina de ordeño debería ser analizado tanto en condiciones estáticas como dinámicas. Los ensayos dinámicos han puesto de manifiesto que explotaciones con mayor inestabilidad en el nivel de vacío durante el ordeño presentan tasas superiores de animales con recuentos celulares elevados (Cundins et al., 2010). Un mal funcionamiento del sistema de pulsación puede conducir a

un mal ordeño, lo que provoca daños en la parte final del pezón causando mamitis y reducción de la producción. Fouz et al, (2004) destaca que durante el ordeño o relacionado con eventos que se producen durante la extracción de leche, se pueden producir un 85-95% de las infecciones de la ubre, aunque debido a la íntima relación que existe entre el funcionamiento de la máquina y el uso que de ella hace el ordeñador, en muchas ocasiones resulta difícil diferenciar entre problemas debidos a la máquina o al manejo que se hace de la misma.

2.1.1 Salud de la ubre

Se denomina mamitis a la inflamación de la glándula mamaria. La mamitis se puede considerar como una enfermedad profesional en las explotaciones ganaderas modernas. No obstante, la mamitis nunca se produce hasta que los patógenos son capaces de llegar al tejido glandular y reproducirse allí.

La labor más importante en el control de mamitis es prevenir las enfermedades de la ubre eliminando daños y estrés y reduciendo la exposición y transmisión de patógenos. La acumulación de muchos factores debilita las defensas de la ubre antes de que la mamitis se desarrolle.

Hay dos mecanismos de defensa en la ubre que actúan en contra de las infecciones e invasiones:

Defensa inmunológica contra los patógenos que han penetrado en la ubre.

Defensa físico-química de la piel de la ubre/pezón, y del cierre del canal del pezón.

La defensa inmunológica se activa cuando las bacterias han alcanzado la parte glandular de la ubre. Se produce una afluencia masiva

de leucocitos polimorfos nucleares (tipo de células blancas de la sangre) que llegan desde los capilares de sangre, situados en la pared de la ubre y del pezón hasta las cisternas y conductos de la leche. El aumento en el número de células en la leche como respuesta a la infección puede ser enorme. Si se toma como base el nivel de menos de 100.000 células/ml. de leche, puede aumentar hasta 100.000.000 células/ml en unas pocas horas (Figura 22).

Con todo lo expuesto anteriormente se pone de manifiesto la importancia del correcto funcionamiento de la máquina de ordeño y las repercusiones que la misma puede llegar a tener sobre la salud de los animales, la calidad de la leche y las producciones y por lo tanto en la viabilidad económica de las explotaciones. Calderón, (2005) cita las mamitis como la principal causa de pérdida económica, no solo a nivel de explotación sino también a nivel de industria transformadora. Bar et al., (2008) cuantificó el coste medio por causas de mamitis clínica en 179\$, de los cuales 115\$ son debidos a pérdidas de producción, 14\$ al incremento de las tasas de mortalidad y 50\$ asociados a los costes de tratamiento. Perez-Cabal et al., (2008) obtuvieron pérdidas de 73€ por cada caso de mamitis teniendo en cuenta el coste de tratamiento y el coste de la leche desechada. Cifras más elevadas mostró Mintelburg (2007) de hasta 278€ por caso, indicando que el 44% de esta cifra se deben a las pérdidas de producción.

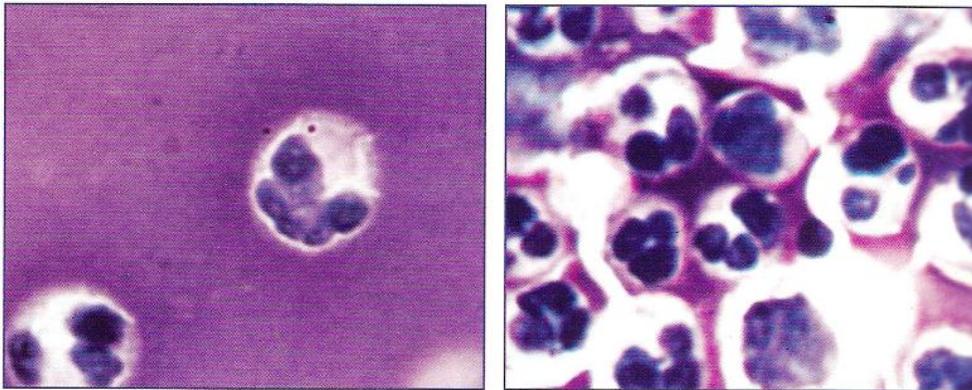
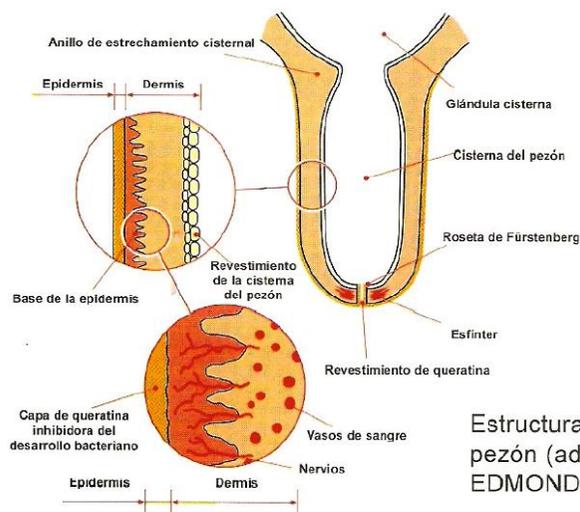


Figura 22. Células en leche en ubres sanas e inflamadas (DeLaval, 2006).

La defensa físico - química tiene como misión prevenir la invasión de patógenos. La defensa físico-química está formada por: La piel del pezón y el canal del pezón.

Una piel del pezón intacta supone un medio hostil para las bacterias. La superficie de la piel, normalmente intacta, se puede hacer vulnerable a las infecciones por cortes, grietas, contusiones, verrugas, u otras lesiones. Por tanto es muy importante mantener la piel del pezón sana e intacta (Figura 23).



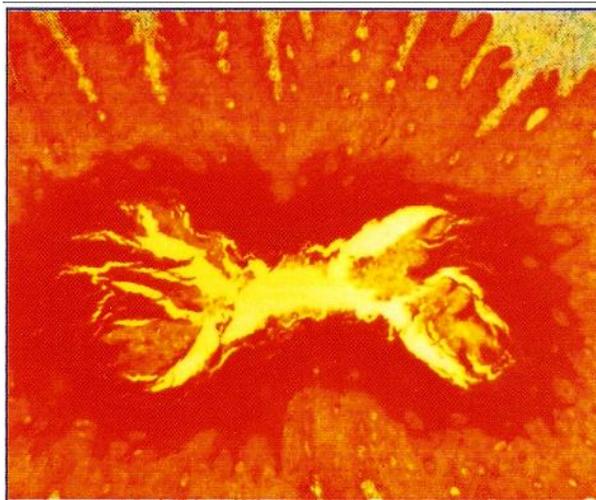
Estructura muy simplificada del pezón (adaptación BLOWEY y EDMONDSON, 1995)

Figura 23. Estructura muy simplificada del pezón (DeLaval, 2006).

Por otro lado el canal del pezón está envuelto en su perímetro circular y longitudinalmente por capas de músculo liso. Su función es cerrar el canal del pezón por contracción.

El epitelio inferior que rodea el canal del pezón produce rápidamente una capa queratinizada que tiene propiedades antibacterianas. Estas son mucho más efectivas cuando el canal del pezón está cerrado. La punta del pezón defiende al animal de la penetración de las bacterias y de la infección en la glándula mamaria (Neijenhuis et al., 2001; Zucali et al., 2008), siendo la queratina que envuelve el pezón muy importante en esta resistencia (Capucco et al., 2000). Hillerton et al., (2000) afirman que los principales factores a tener en cuenta en el estado de los pezones del ganado vacuno son: el peso de la unidad de ordeño, el vacío aplicado y el diseño de las pezoneras.

Por otro lado, al tapón de queratina que se genera después de cada ordeño, se le adhieren los microorganismos. Esta es expulsada al exterior cuando se sacan los primeros chorros, para limpiar el canal del pezón como buena praxis, previa al ordeño (Figura 24).



2.1.2 Calidad de leche

El aspecto de calidad es de gran importancia para todas las entidades involucradas en el manejo y tratamiento de la leche y los productos lácteos. La palabra “calidad” cubre los aspectos de higiene, de su composición química, incluyendo el valor nutritivo, y las propiedades físicas y organolépticas del producto. Por esta razón, no es sorprendente encontrar un gran número de referencias en la literatura sobre este tema. En términos prácticos, se puede decir que “es la calidad que ha de tener la leche y sus derivados para satisfacer las expectativas del consumidor”.

El objetivo de este trabajo es centrarse en la primera fase del proceso, el productor - ganadero y ver las interacciones que hay entre cada tipo de máquina de ordeño, en cuanto a su montaje y funcionamiento y la calidad de la leche que éste envía a la industria, basándonos en los resultados analíticos del recuento de bacterias y de células somáticas (Figura 25).



Figura 25. Primera fase del proceso en la producción de leche (DeLaval Equipos, 2008).

2.2 MATERIAL Y MÉTODOS

Sobre un conjunto de 632 explotaciones lecheras distribuidas por toda Galicia, de las cuales 62 son máquinas de ordeño directo a cántara, 328 son circuitos y 242 son salas de ordeño (Figura 28), todas ellas controladas según las directrices marcadas por el programa de “Mellora da Calidade do Leite”, promovido por la Xunta de Galicia, según la Orden del 29 de marzo del 2005, DOGA del 30/03/2005, se ha realizado una recopilación de los resultados obtenidos por los técnicos competentes autorizados por la Xunta de Galicia, mediante la realización de test estáticos (Figura 26), que han sido realizados siguiendo la norma UNE 68048, 1998 (instalaciones de ordeño, vocabulario) UNE 68050, 1998 (instalaciones de ordeño, construcción y funcionamiento) y la UNE 68061, 1998 (instalaciones de ordeño, ensayos mecánicos). Estas normas equivalen a las normas internacionales ISO 3918, ISO 5707 y a la ISO 6690 del 2007 respectivamente.

Como se observa en la (Figura 26) uno de los apartados importante es ver si en la instalación hay algún pulsador que no funcione correctamente, pero en el estudio que nos ocupa no hemos podido contar con este dato ya que estos ganaderos, al llevar varios años en un programa de calidad de leche siguen el consejo de algún fabricante de cómo proceder a la puesta a punto de los pulsadores. Esta puesta a punto consiste en llevarlos a un banco de ensayo con garantía de estabilidad de vacío y de buen funcionamiento del sistema de regulación para que los pulsadores queden perfectamente a punto según la norma correspondiente. Estos elementos son los responsables de dar alternancia entre vacío y presión atmosférica para la extracción de la leche. Cada pulsador tiene de fábrica unas características de funcionamiento en cuanto a frecuencia, relación de pulsación y cojeo, todo ello dentro de un rango de temperaturas

establecido y con los correspondientes consumos de aire para su correcto funcionamiento. Los parámetros de funcionamiento vienen dados por la Norma UNE 68048 de octubre de 1998, y sus valores deben de medirse según la Norma UNE 68061. 1998, apartado 5.11.

**ANEXO III
CONTROL DE INSTALACIONES DE MUXIDO**

Agrupación Club Ag. Loroza Loroza Apellido Loroza Loroza Nombre Blanca Tel. 982 124370
 Lugar Remiér n.º 17 Parroquia San Carlos Concello Barreiros Provincia Lugo
 CEA 2700500392 Data 12/3/07 Altitude T/C Nº vacas 50 Nº Tanq. 1 Cap. T1 17000 Cap. T2 _____
 Controlador autorizado Constantino Garcia Garcia Nº _____

CARACTERÍSTICAS DA INSTALACIÓN

Data instalación _____ Data último testaxe _____
 Marca Alfa Laval Casa instal. T. Público Barreiros
 T. instalac. Sala T. Sala Eipón T. línea Barreiros Nº p. 8

Grupo baleiro { Marca Alfa Laval Modelo VP-17
 C. B. 50kpa 1300-1600 R. P. M. 800-1000

Regulador { Nº 1 Marca Alfa Laval Mod. VRH Caud. 1500

Conducción Baleiro { Ala o regulador 3 m. Diámetro interior 75
 Desde o regulador 15 m. Diámetro interior 75 50

Conducción de leite { Material Inox Lonxitude 14 m.
 Altura _____ m. Diámetro interior 50 mm.
 Tipo de conduc.: Nº de simples _____ Anel 51

Medidores de leite { Tipo Electronico Capacidade _____ Estado _____

Receptor { Material Inox Capacidade 50 L.

Extractor { Tipo Electrosc Marca Alfa Laval Consumo _____

Pulsadores { 1ª Marca Alfa Laval Nº 8 Tipo EP-100-B
 Frecuencia 60 o/min. Relación 65 / 35 A+B+C+D
 2ª Marca _____ Nº _____ Tipo _____
 Frecuencia _____ o/min. Relación _____ / _____ A+B+C+D

Medicións (pon unha cruz no que este mal)		R. REAL		R. MANUAL		R. REAL		FUGA REG.	
VACUOMETRO	MANOMETRO	V.F. CONDUCC.	SENS. MED.	C.B. - 80	RPM - 50	RECHIE COL.	XODO MUX.	EXCUSA	Pulsadores
44	437	437	06	1410	796	1250	1245		5
1580	1560	1550	1520		1470	1380			1210

RECOMENDACIÓNES Substituír Gama leite e tubos Conter Pulverización
en Xuntas Medidoras y gama Solida Leche

En Remiér a 12 de Marzo de 2007

SIGNATURA DO GANDEIRO SIGNATURA DO TÉCNICO



[Handwritten signature of Constantino Garcia Garcia]

[Handwritten signature of Blanca]

Figura 26. Protocolo de control de máquinas de ordeño.

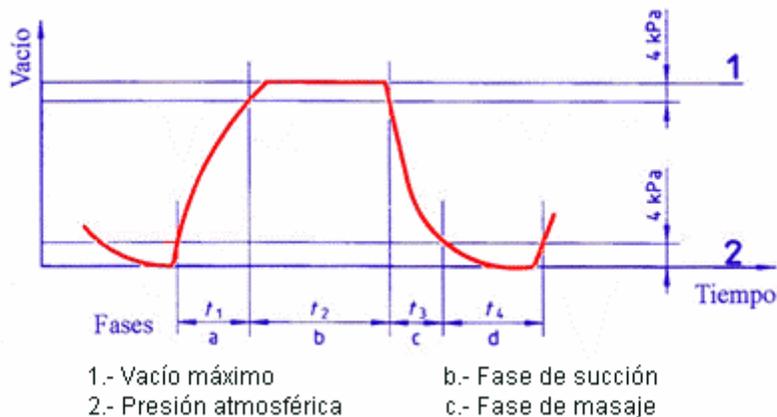


Figura 27. Registro de vacío en la cámara de pulsación (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010).

En la (Figura 27) se muestra un ciclo completo procedente de uno de los canales de cada pulsador, a la cual obedecerán dos pezoneras y las otras dos estarán mandadas por la otra gráfica opuesta procedente del otro canal. En cada ciclo hay cuatro fases, la primera conocida como “fase a” y dura un tiempo t_1 y se corresponde con la apertura de la pezonera, va desde presión atmosférica al vacío máximo. La segunda fase es la “fase b”, que ocupa un tiempo t_2 y representa la apertura total de la pezonera a vacío máximo, también conocida como “fase de ordeño”. La tercera fase es la “fase c” y ocupa un tiempo t_3 de colapso, va desde vacío máximo a presión atmosférica y por último la “fase d” también conocida como “fase de masaje” y ocupa un tiempo t_4 durante el cual la pezonera está permanentemente colapsada. La suma de las cuatro fases se corresponde a un ciclo completo de pulsación de 60 segundos. Para más detalle ver Norma UNE 68050 de construcción y funcionamiento.

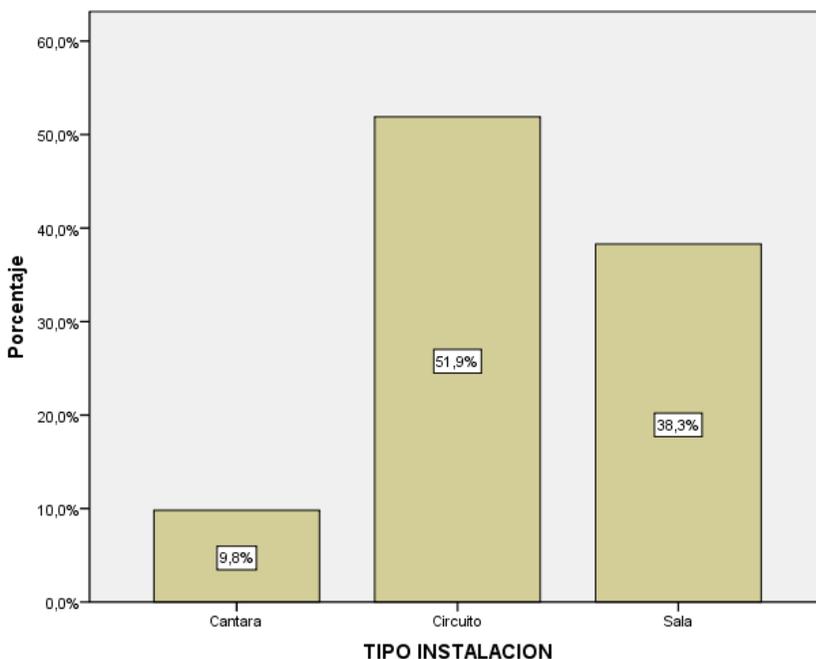
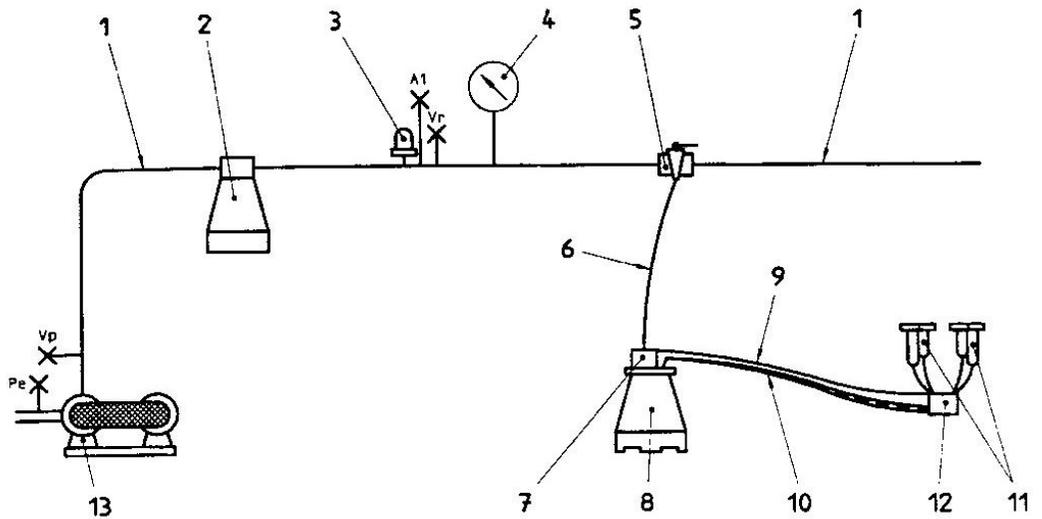


Figura 28. Distribución en % de los tipos de instalaciones estudiadas.

El equipo básico utilizado para realizar los test estáticos estaba constituido por pulsógrafo, caudalímetro, vacuómetro de control y accesorios diversos, todo ello homologado por el fabricante en base al cumplimiento de la norma UNE 68050 y contrastado cada año por la Xunta de Galicia en la estación mecánica de Sergude.

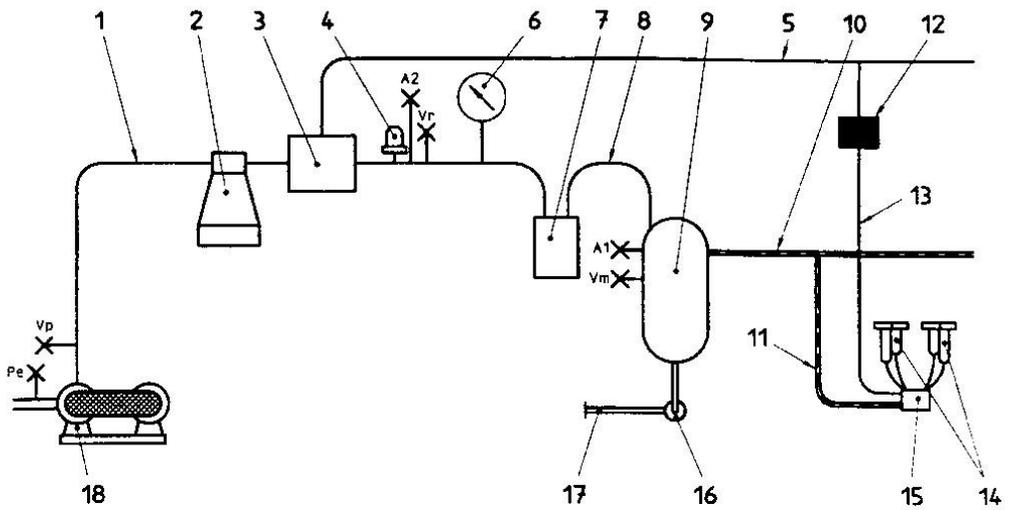


Figura 29. Equipo de control de instalaciones de ordeño (pulsógrafo, caudalímetro, vacuómetro).



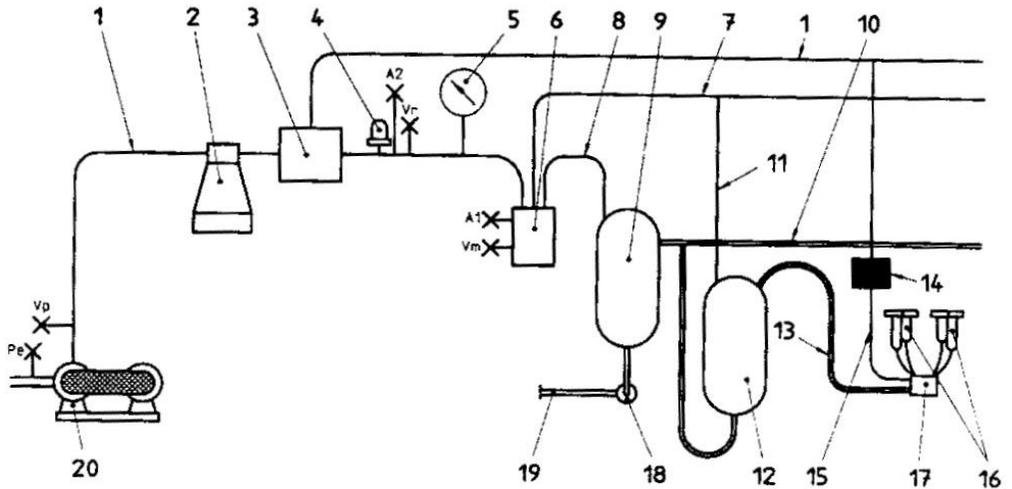
- 1 Conducción de aire
- 2 Interceptor
- 3 Regulador
- 4 Vacuómetro
- 5 Grifo de vacío
- 6 Tubo de vacío
- 7 Pulsador
- 8 Cubo (o cántara)
- 9 Tubo largo de pulsación
- 10 Tubo largo de leche
- 11 Pezoneras
- 12 Colector
- 13 Bomba de vacío
- 14 A1 Puntos de conexión para un medidor de caudal de aire
- 15 Vr, Vp: Punto de conexión para medir el nivel de vacío
- 16 Pe: Punto de conexión para medir la presión de aire en el escape

Figura 30. Esquema de una máquina de ordeño con cubo o directo a cantara.



- 1 Conducción principal de aire
- 2 Interceptor
- 3 Tanque de distribución (opcional)
- 4 Regulador
- 5 Conducción de aire de pulsación
- 6 Vacuómetro
- 7 Depósito sanitario
- 8 Conducción de aire del receptor
- 9 Receptor
- 10 Conducción de leche
- 11 Tubo largo de leche (tubo de leche)
- 12 Pulsador
- 13 Tubo largo de pulsación
- 14 Pezoneras
- 15 Colector
- 16 Extractor con bomba de leche
- 17 Conducción de evacuación de leche
- 18 Bomba de vacío
- 19 A1, A2 Puntos de conexión para un medidor de caudal de aire
- 20 Vm, Vr, Vp Puntos de conexión para medir el nivel de vacío
- 21 Pe Punto de conexión para medir la presión de aire en el escape

Figura 31. Esquema de una máquina de ordeño con conducción.



- 1 Conducción principal de aire
- 2 Interceptor
- 3 Tanque de distribución (opcional)
- 4 Regulador
- 5 Vacuómetro
- 6 Depósito sanitario
- 7 Conducción de vacío de ordeño
- 8 Conducción de aire del receptor
- 9 Receptor
- 10 Conducción de transporte de leche
- 11 Tubo de vacío de ordeño
- 12 Depósito medidor de leche
- 13 Tubo largo de leche (tubo de leche)
- 14 Pulsador
- 15 Tubo largo de pulsación
- 16 Pezoneras
- 17 Colector
- 18 Extractor o bomba de leche
- 19 Conducción de evacuación de leche
- 20 Bomba de vacío
- 21 A1, A2 Puntos de conexión para un medidor de caudal de aire
- 22 Vm, Vr, Vp Puntos de conexión para medir el nivel de vacío
- 23 Pe Punto de conexión para medir la presión de aire en el escape

Figura 32. Esquema de una máquina de ordeño con depósitos medidores de leche.

En la Figura 30, Figura 31 y Figura 32 se muestran los tres modelos con sus correspondientes esquemas a los que hace referencia la norma UNE 68048. 1998. Para clasificar las máquinas de ordeño tradicionales como las que tienen los 632 ganaderos estudiados, de los cuales también he recopilado los resultados analíticos de calidad de leche, en cuanto a bacteriología y a células somáticas a lo largo de un año, realizados en el Laboratorio Interprofesional Gallego de Análisis de Leche (LIGAL).

Todos los datos, tanto los obtenidos mediante los ensayos estáticos como los de calidad, se pasaron a soporte informático utilizando como base de datos una hoja de cálculo implementada en Microsoft Excell, desde la cual mediante la programación de los filtros oportunos se transformaron para posteriormente ser procesados estadísticamente.

2.2.1 Análisis estadístico

El análisis estadístico fue llevado a cabo utilizando SPSS 17.0.0 para Windows (SPSS, 2008). Se comprobó la existencia o no de dependencia entre el tipo de instalación y las variables de control. Se aplicó el test Chi-Cuadrado de Pearson a un nivel de significación del 5% ($P\text{-valor} < 0.05$). La hipótesis nula del contraste es que no hay dependencia y la alternativa es que sí hay dependencia.

Cuando el $p\text{-valor} < 0.05$, rechazamos la hipótesis nula y concluimos que existe dependencia entre las dos variables, a un nivel de significación del 5%, por el contrario si el $p\text{-valor} > 0.05$ aceptamos la hipótesis nula y por tanto no hay dependencia entre las dos variables.

Para que el test sea válido es necesario un mínimo 5 observaciones en cada caso. De no verificarse esa condición el test no es significativo ,no es concluyente, ya que no tiene el mínimo de observaciones requerido. Para medir el grado de dependencia utilizamos el coeficiente Phi, V de Cramer o el de Contingencia. Su valor oscila entre cero y uno. Cuanto más próximo al cero menos dependencia hay, cuanto más próximo a 1 más dependencia hay.

2.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.3.1 Características de los equipos de ordeño y cumplimiento de cada elemento o parámetro de control



En la Tabla 1, se muestra el porcentaje de verificación, referido al cumplimiento de las exigencias recogidas en las normas ISO 5707 e ISO 6690, de cada una de las variables controladas para cada tipo de instalación.

Tabla 1. Cumplimiento de cada elemento o parámetro de control.

Elemento o Parámetro de control	Total (N=632)	Cántara (N=62)	Circuito (N=328)	Sala (N=242)	P-valor	Phi
Vacuómetro	96,8	93,5	97,6	96,7	0,251*	0,066
Tensado de correas	99,5	100	99,1	100	0,247*	0,066
Caída de vacío	99,4	98,4	99,4	99,6	0,567*	0,042
Sensibilidad regulador RPM^d	80,4	67,7	77,7	87,2	0,001	0,153
Situación regulador	99,1	90,3	100	100	0,000*	0,297
Situación vacuómetro	95,6	88,7	94,8	98,3	0,003*	0,136
Purgadores	94,8	62,9	99,4	96,7	0,000*	0,476
Caudal nominal bomba	59,7	45,2	53,7	71,5	0	0,196
Vacío de ordeño	94,1	85,5	93	97,9	0	0,157
Ø conducción vacío	89,2	83,9	88,1	92,1	0,109*	0,084
Fugas C. vacío	64,1	41,9	57,9	78,1	0	0,249
Fugas grifos vacío	99,4	98,4	99,1	100	0,234*	0,068
Fugas C. leche^a	70,2	-	64,3	78,1	0	0,149
Fugas medidores^{a,b}	65,6	-	100	64,9	0,205*	0,102
Cierre colector	89,2	80,6	88,1	93	0,013	0,117
Ø conducción de leche^{a,c}	37,3	-	30,2	44,7	0,031	0,150
Unidades de ordeño	59	54,8	60,7	57,9	0,621*	0,039
Fugas en grifos leche^a	99,5	-	99,4	99,6	0,749*	0,013
Pendiente conducciones^a	99,6	-	99,4	100	0,224*	0,051
Reserva real	90	96,8	91,8	86	0,013*	0,118
Fugas regulador	96,8	96,8	98,2	95	0,108*	0,084
Estado gomas	88,4	91,9	89,6	86	0,264*	0,065
CUMPLIMIENTOS MEDIOS		82	86	88		

^a Parámetros que no existe en cántaras; ^b Sólo hay 3 circuitos y 151 salas con medidores;

^c Sólo medido en 106 circuitos y 103 salas; ^d Revoluciones por minuto

*Test no es significativo al no alcanzar el número mínimo de observaciones requerido.

Del total de 632 máquinas de ordeño controladas, 62 son máquinas de ordeño directo a cántara, 328 son circuitos y 242 son salas de ordeño (Figura 28).

Tabla 2. Dependencia entre el tipo de máquina y el elemento o parámetro analizado.

Elemento o Parámetro de control	Total (N=632)	Cántara (N=62)	Circuito (N=328)	Sala (N=242)	P-valor	Test significativo	Phi
Sensibilidad regulador	98,6	93,5	99,1	99,2	0,002	NO	0,140
RPM ^d	80,4	67,7	77,7	87,2	0,001	SI	0,153
Situación regulador	99,1	90,3	100	100	0,000	NO	0,297
Situación vacuómetro	95,6	88,7	94,8	98,3	0,003	NO	0,136
Purgadores	94,8	62,9	99,4	96,7	0,000	NO	0,476
Caudal nominal bomba	59,7	45,2	53,7	71,5	0,000	SI	0,196
Vacío de ordeño	94,1	85,5	93	97,9	0,000	SI	0,157
Fugas C. vacío	64,1	41,9	57,9	78,1	0,000	SI	0,249
Fugas C. leche ^a	70,2	-	64,3	78,1	0,000	SI	0,149
Cierre colector	89,2	80,6	88,1	93	0,013	SI	0,117
Ø conducción de leche ^{a,c}	37,3	-	30,2	44,7	0,031	SI	0,150
Reserva real	90	96,8	91,8	86	0,013	NO	0,118

^a Parámetros que no existe en cántaras

^b Sólo hay 3 circuitos y 151 salas con medidores

^c Sólo medido en 106 circuitos y 103 salas

^d Revoluciones por minuto

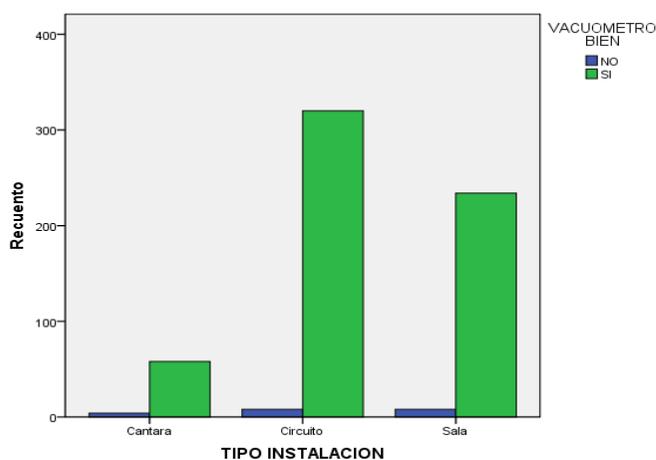


Figura 33. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto al vacuómetro.

El vacuómetro de la instalación; En el estudio de la Tabla 1 el P-valor indica que no hay dependencia entre el tipo de máquina y la variable analizada, y el test no es concluyente.

Según la norma UNE 68050, 1998, apartado 7.1, debe de estar graduado a intervalos de 2 kPa y el error en el nivel de vacío de trabajo medido no debe ser superior a 1 kPa. Debe de tener un diámetro mínimo de 75 mm. Es un elemento singular cuya función es indicar el vacío de trabajo de la instalación de ordeño. Casi en el 97 % de las instalaciones (96,8%) se observó un funcionamiento correcto con diferencias inferiores a 1 kPa respecto al vacuómetro de control.

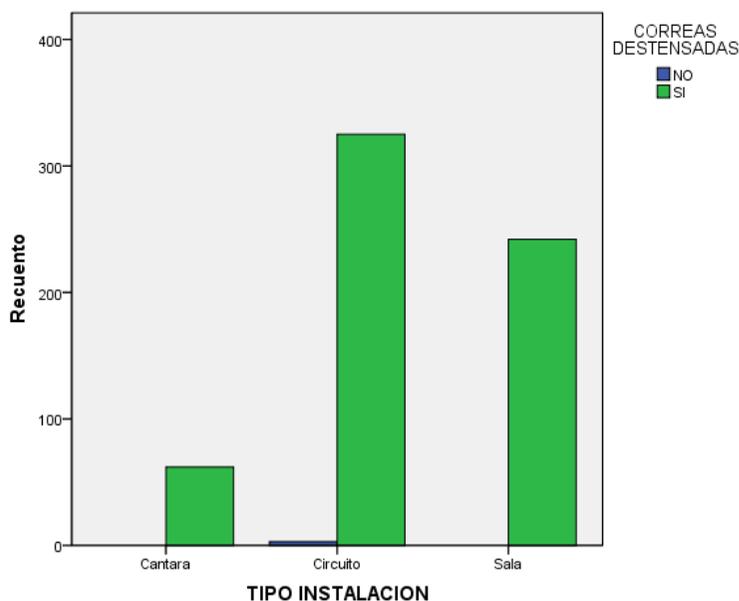


Figura 34. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a tensado de correas.

Correas destensadas; En el estudio de la Tabla 1 el P-valor indica que no hay dependencia entre el tipo de máquina y la variable analizada, y el test no es concluyente.

Según el fabricante la oscilación máxima es de 1cm, presionando en la parte superior de la correa por cada 30 cm de distancia entre poleas. Con

este elemento ocurre lo mismo que con el buen funcionamiento del vacuómetro. Es algo que el ganadero hace una vez se le recomienda al hacer el testaje anual. Como se puede observar en la Tabla 1, para este elemento de control el P-valor indica que no hay dependencia, pero el test no es concluyente y el % de cumplimiento es casi del 100% en los tres tipos de ordeño, (Figura 34).

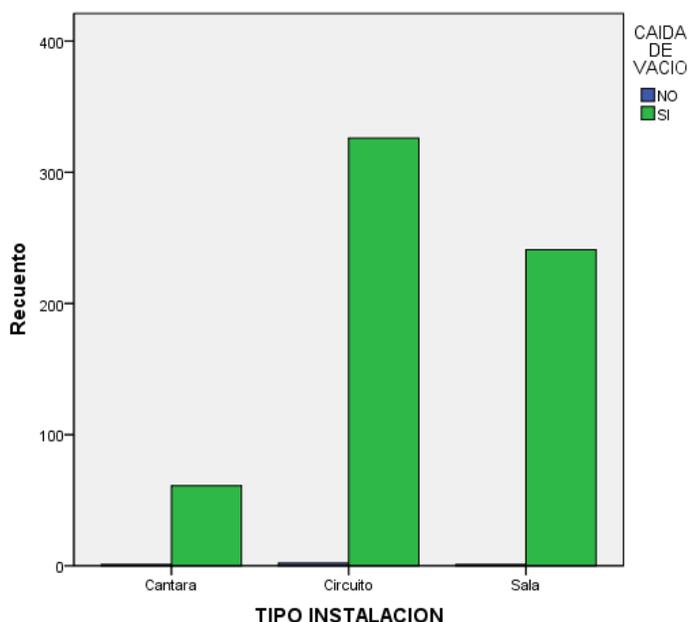


Figura 35. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a caídas de vacío.

Caída de vacío; En el estudio de la Tabla 1 el P-valor indica que no hay dependencia entre el tipo de máquina y la variable analizada, y el test no es concluyente.

Según la norma, la caída de vacío entre el sensor del regulador y el receptor debe de ser <1 kPa, y la diferencia entre el vacío de trabajo medido cerca del receptor y el vacío máximo medido en la cámara de pulsación debe de ser <2 kPa, (UNE 68050, 1998 apartado 8.3). Es más, esta norma recomienda diseñar la conducción de aire y el sistema para que la caída de vacío entre la bomba de vacío y el receptor, sean <2 kPa. Tiene

como misión medir la línea básica de vacío en la cual no suele haber fugas. Casi la totalidad de las instalaciones medidas cumple (Tabla 1 y Figura 35).

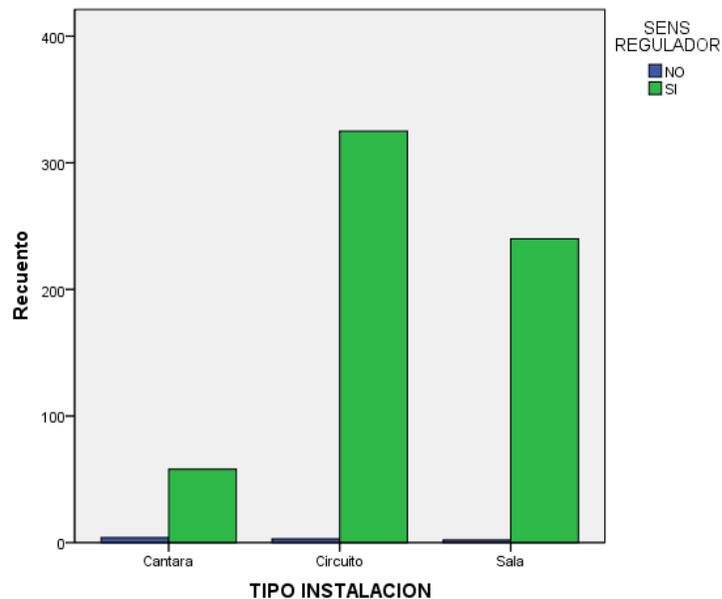


Figura 36. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a la sensibilidad del regulador.

La sensibilidad de la regulación; Calculada como la diferencia de vacío medido con todas las unidades desconectadas y el medido con todas las unidades en funcionamiento (UNE 68061, 1998. apartado 5.5) deberá ser < 1 kPa

Según se observa en la Tabla 1, el grado de cumplimiento es muy alto. El P-valor indica que hay dependencia entre el tipo de máquina y la variable analizada, pero el test no es concluyente.

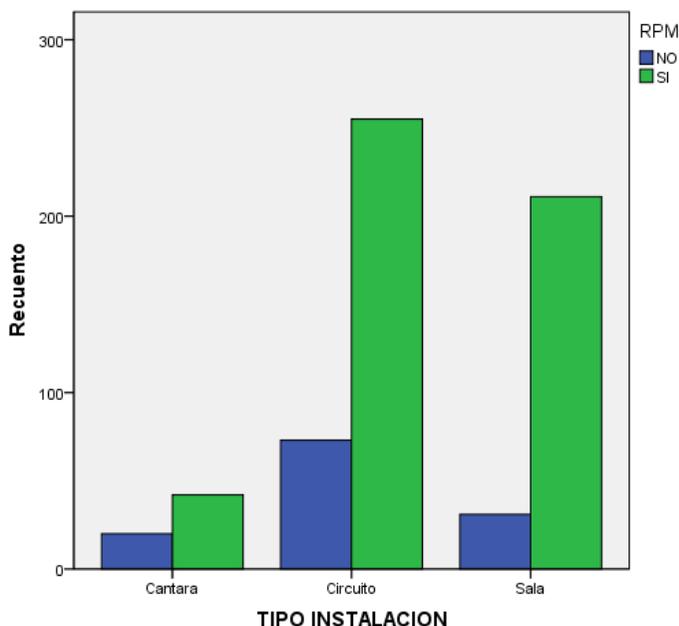


Figura 37. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a las revoluciones (RPM) adecuadas de la bomba.

Revoluciones por minuto (RPM) de la bomba; Según el fabricante, debe de estar en el rango que marca la placa de características, (normalmente el 2%). Según se observa en el estudio de la Tabla 1, el P-valor indica que hay dependencia entre el tipo de máquina y la variable analizada, el test es significativo.

Puede ser debido al desgaste que la correa ocasiona en la polea de la bomba y en la del motor eléctrico. Difícil de ver y entender por los ganaderos. La instalación que menos cumple en este parámetro son los circuitos (Figura 37).

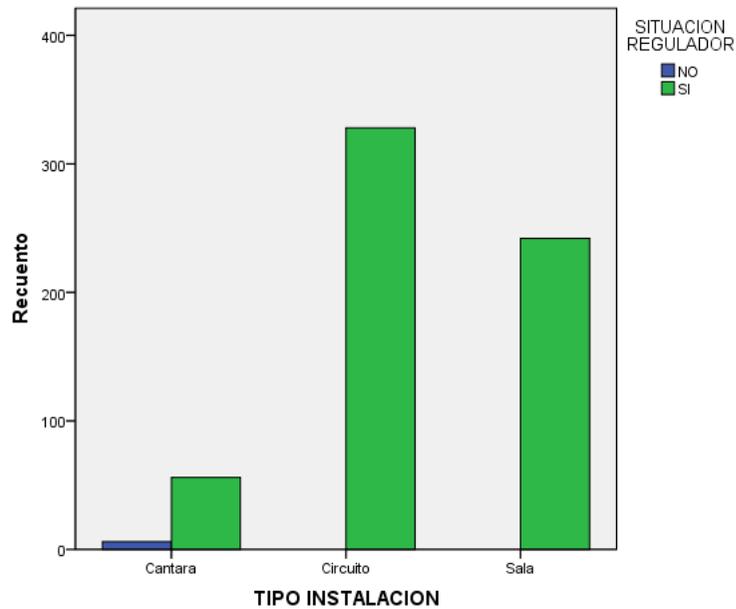


Figura 38. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto al regulador bien situado.

Situación del regulador; En las instalaciones de ordeño con cubo, el sensor del regulador debe conectarse entre el interceptor y la primera conexión de vacío, o el interceptor. En las instalaciones de ordeño con conducción, o con medidores, el sensor del regulador debe colocarse entre el interceptor y el receptor(lo más cerca posible del receptor). Ha de montarse sobre la tubería de vacío de forma sólida, sin vibraciones y a una distancia mínima entre el regulador y una curva de 50 cm, cuando el Ø de la tubería sea de 50 cm y una separación de 75 cm cuando el Ø de la tubería sea de 75 cm. Aunque en el estudio de la Tabla 1 el P-valor indica que hay dependencia entre el tipo de máquina y la variable analizada, pero el test no es concluyente. Hay que destacar que un 9,7% de los cántaras no cumple (Figura 37). Puede ser debido a la antigüedad de estas instalaciones, que fueron montadas con anterioridad a la normativa de control vigente (UNE 68050 de Octubre y UNE 68061 de Noviembre del 1998).

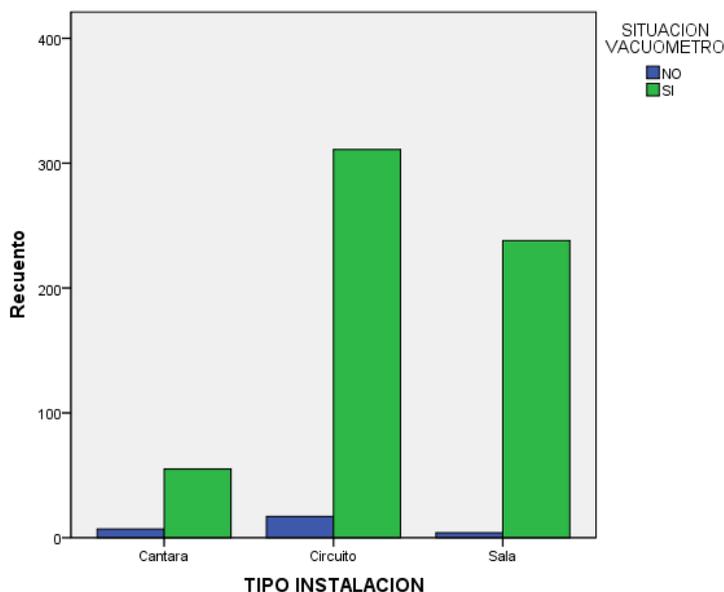


Figura 39. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto al vacuómetro bien situado.

Situación vacuómetro; Debe de estar montado entre el regulador y la primera unidad de ordeño ,en un lugar visible al ordeñador durante el ordeño. Antiguamente en los montajes no se le daba importancia a la ubicación, pero a medida que se fue profesionalizando el ordeño resulta muy útil el que esté a la vista del ordeñador para que observe las fluctuaciones de vacío que ocasiona con un inadecuado manejo de la unidad de ordeño, por ejemplo y así evitar problemas mayores. Al margen de que en el estudio de la Tabla 1, el P-valor indica que hay dependencia entre el tipo de máquina y la variable analizada, pero el test no es concluyente. Hay que darle la importancia que se merece ya que es el único marcador del nivel de vacío de una instalación. En porcentaje, son las instalaciones con cántara las que menos cumplen con la norma (Figura 39). En el caso de ordeños de cántara y circuito (con más de una línea) es muy probable que en ocasiones se necesiten poner más de un vacuómetro con el fin de verlo desde cualquier punto de ordeño.

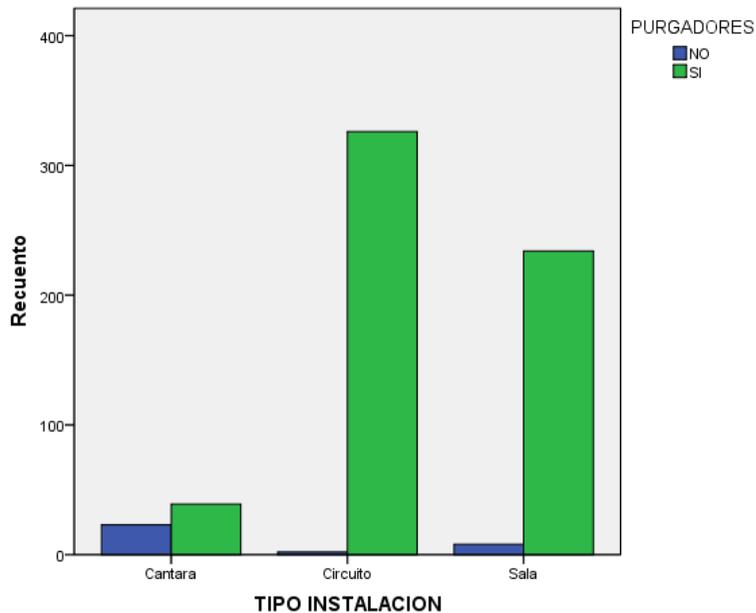


Figura 40. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a purgadores.

Purgadores o drenajes; Lo primero es que los tengan y luego que sean de una medida suficiente para que permita el drenaje suficiente de las tuberías (UNE 68050. 1998 apartado 11.2). En el análisis de la Tabla 1 el P-valor indica que hay dependencia entre el tipo de máquina y la variable analizada, pero el test no es concluyente. Es cierto que tienen poca importancia para la calidad del ordeño pero tienen mucha para la calidad del lavado. Las tuberías han de quedar escurridas y secas para evitar contaminaciones cruzadas y presencia de inhibidores en la leche.

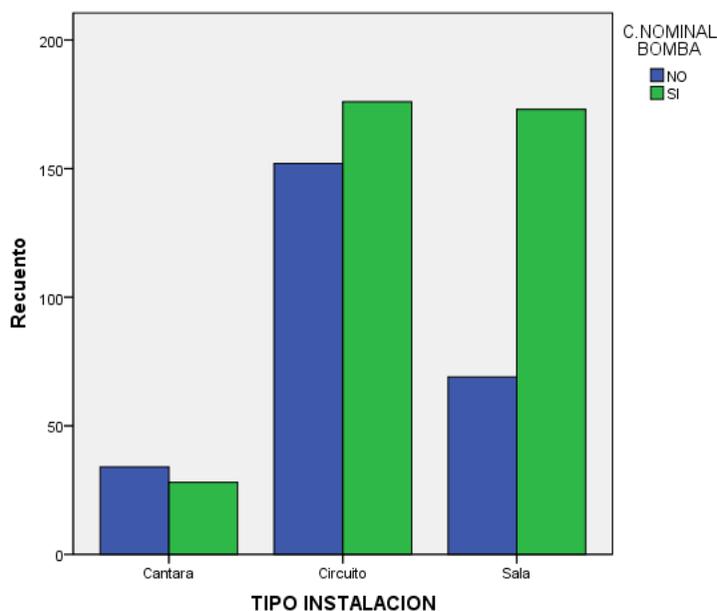


Figura 41. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto al caudal nominal de la bomba.

Caudal nominal de la bomba; Debe ser tal, que pueda evacuar todo el aire de la instalación de ordeño, ya sea caudal de reserva o aire utilizado para hacer funcionar los pulsadores, aire proveniente de las entradas de aire, de fugas, o de cualquier otro uso. Para determinarlo se regula la máquina a 50 kPa (UNE 68050. 1998 apartado A.4). El test efectuado en la Tabla 1 el P-valor indica que hay dependencia entre el tipo de máquina y la variable analizada, el test es significativo.

El 59,7% de las instalaciones medidas cumplen con la normativa en lo que a caudal nominal de la bomba. En la provincia de Lugo, en un estudio realizado previamente, se mostró que el 45% de las explotaciones cumplía alguna de las recomendaciones relativas al caudal de la bomba (Cundíns et al., 2010).

El motivo o motivos pueden darse simultáneamente o no: desgaste de paletas, mal engrase, aceite inadecuado o RPM bajas.

Obsérvese en la Figura 41 que los fallos en caudal nominal de la bomba, en % van en línea con los fallos de las RPM (la incidencia de mayor a menor %, se da en cántaros, circuitos y salas).

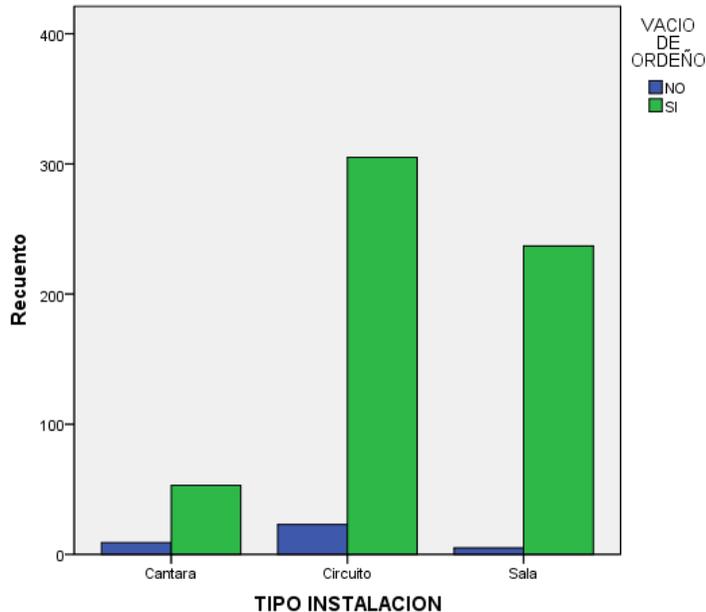


Figura 42. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto al vacío de ordeño.

Vacío de ordeño; Es una medida que se efectúa con la máquina simulando el ordeño, con todo conectado. En función del tipo de ordeño, el nivel suele oscilar entre 48 y 50 kPa en ordeño a cántaro y circuito, 42 kPa en salas línea baja y 48 kPa en salas línea media. El vacío de ordeño tiene gran influencia, tanto en la velocidad del flujo de la leche como en la leche de apurado (Figura 43). Un vacío bajo produce poca leche de apurado, pero prolonga el tiempo de ordeño y reduce el masaje del pezón.

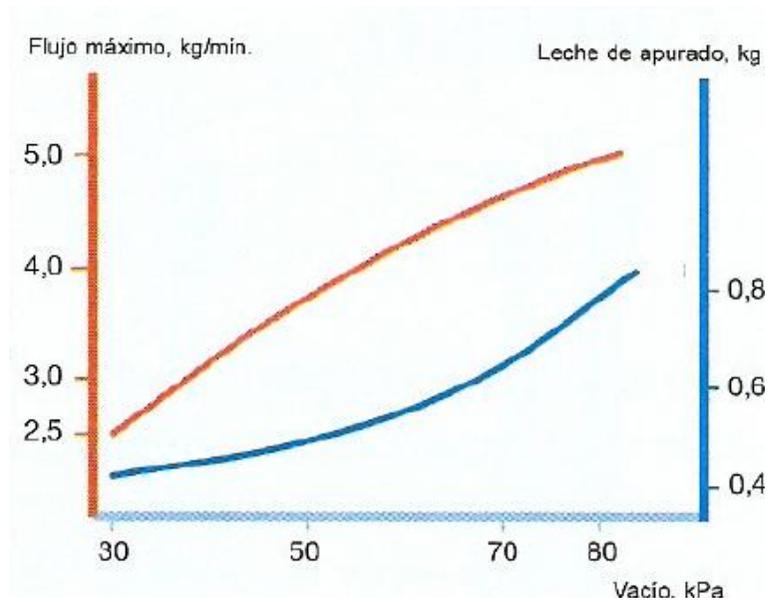


Figura 43. Efecto del vacío sobre el flujo máximo y la leche de apurado según Mein, 1992 (DeLaval, 1998).

Según se observa en el estudio de la Tabla 1, el P-valor indica que hay dependencia entre el tipo de máquina y la variable analizada, el test es significativo.

También se puede observar en la Figura 42 como la secuencia del % se asimila a los dos casos antes analizados con dependencia entre las variables: rpm y caudal nominal de la bomba de vacío. Es un resultado lógico, ya que si las RPM son bajas, implica un menor caudal nominal de la bomba y por lo mismo, un caudal nominal bajo puede que no sea suficiente para dar un vacío de ordeño adecuado. Esto sucede especialmente en cántaros y circuitos, porque el nivel de vacío al que ordeñan, es igual o muy próximo al vacío de ensayo para obtener el caudal nominal de la bomba (50 kPa).

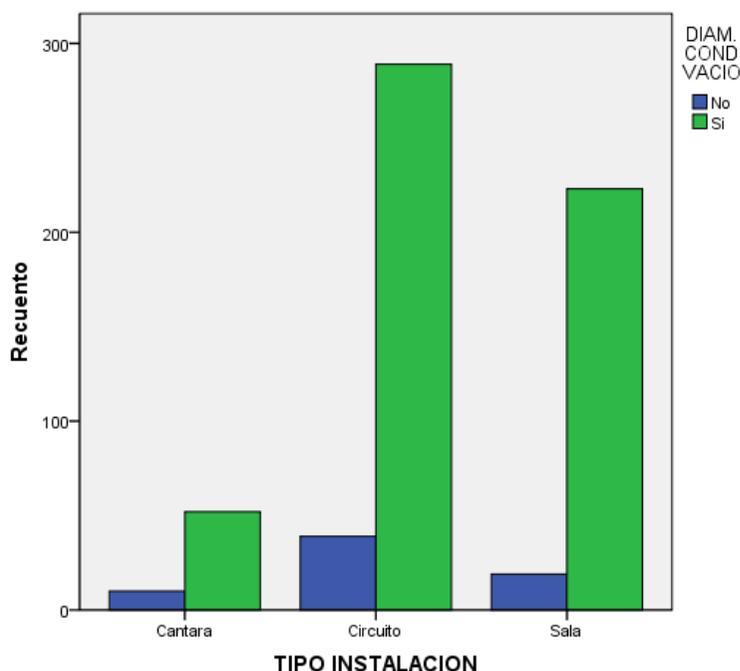


Figura 44. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a suficiente diámetro en la conducción de vacío.

Diámetro conducción de vacío; En la norma UNE 68050. 1998 anexo B, tablas B1, B2, B3 y B4 que nos indican en función del tipo del material del cual está fabricada la tubería, la elección del diámetro, considerando el caudal de la bomba en l/min y de la longitud de la conducción en metros.

En el estudio de la Tabla 1, el P-valor indica que no hay dependencia entre el tipo de máquina y la variable analizada, pero el test no es concluyente. El motivo por el cual algunas instalaciones de cántaro y de circuitos incumplen esta norma (Figura 44) puede ser debido a las ampliaciones de los establos y por consiguiente de las tuberías, sin haber cambiado toda la tubería por una de \varnothing suficiente. Estos desfases de la capacidad de ordeño de unas máquinas antiguas con los niveles de producción actuales afectan directamente a la salud de la ubre (Franquesa, 2004).

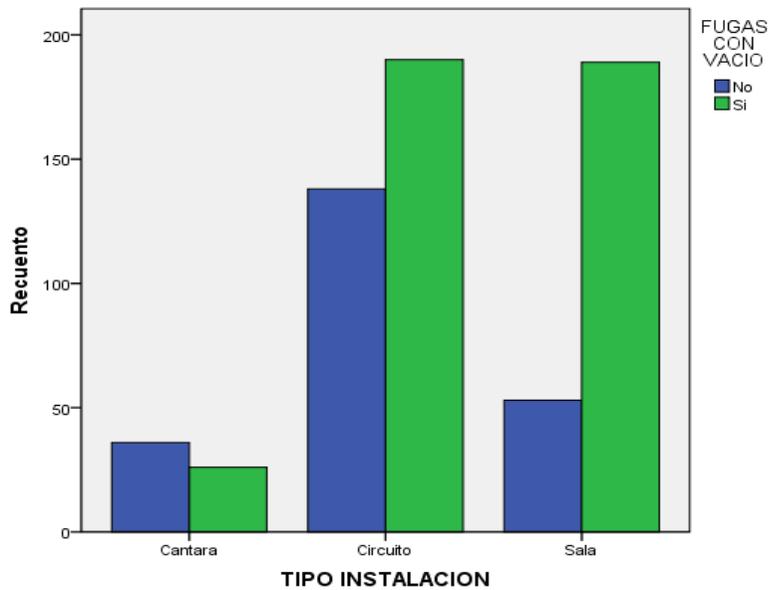


Figura 45. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a las fugas en la conducción de vacío.

Fugas en conducción de vacío; Según la norma UNE 68061. 1998 apartado 5.9, no deberían ser superiores al 5% del caudal de la bomba. En el estudio de la Tabla 1 el P-valor indica que hay dependencia entre el tipo de máquina y la variable analizada, el test es significativo.

El % de cántaros y de circuitos que no cumplen es superior al de las salas (Figura 45) y ello puede ser debido a que España el montaje de la línea de vacío se soporta sobre los trabantes y esto hace que la tubería lleve muchos golpes y constantes vibraciones; esto da lugar a fugas. Por otra parte, el nº de metros lineales que se instalan por punto de ordeño es mucho mayor en cántaros y circuitos que en salas, dando lugar a más uniones y por ello más fugas, si no se hace mantenimiento preventivo.

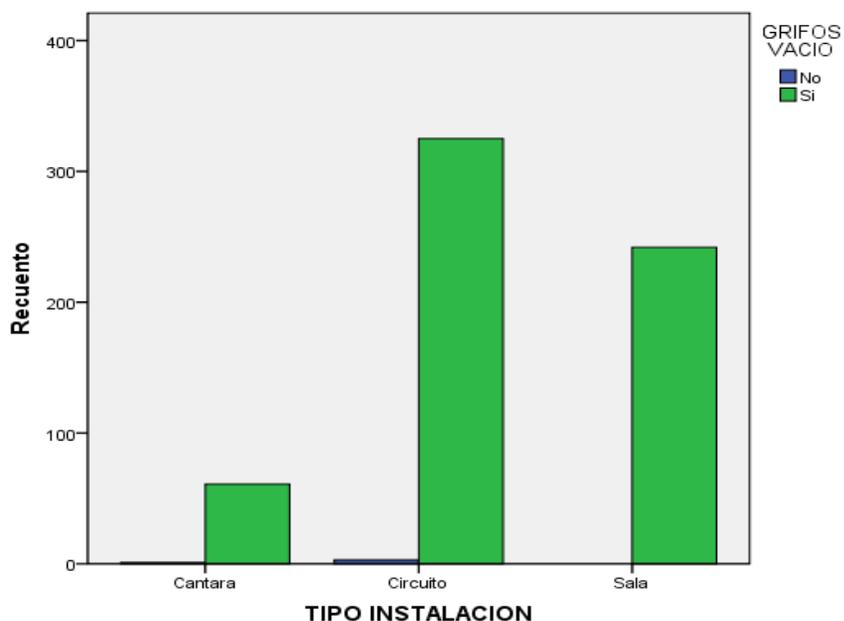


Figura 46. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a fugas de vacío en los grifos.

Grifos de vacío; Comentar que en salas de ordeño, los entronques de los tubos largos de pulsación de cada unidad de ordeño con la conducción general de vacío, se considera como un grifo de vacío.

La caída de vacío en los grifos medida según la norma UNE 68061. 1998 apartado 5.15 no debe ser superior a 5 kPa, considerando una entrada de aire libre de 150 l/m a través del grifo. Son elementos que sólo se instalan en ordeños de cántaro y de circuito (Figura 46). Son elementos simples que normalmente no dan problemas.

En el estudio de la Tabla 1, el P-valor indica que no hay dependencia entre el tipo de máquina y la variable analizada, el test no es concluyente.

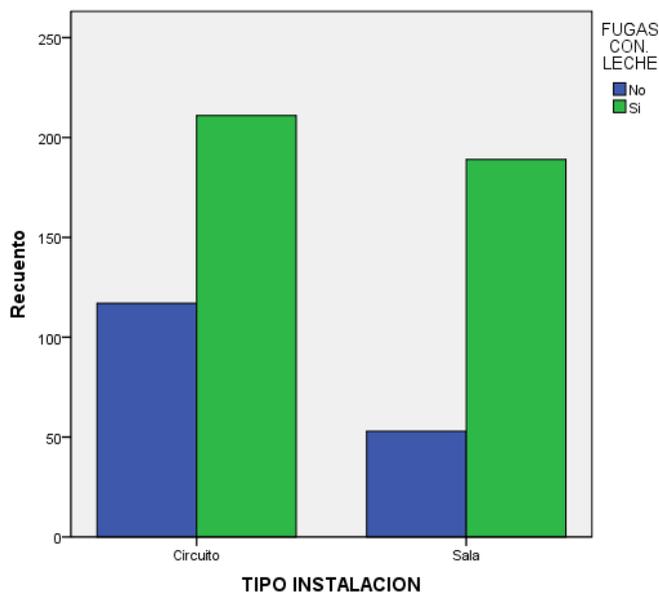


Figura 47. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a las fugas en la conducción de leche.

Fugas conducción de leche; Según la norma UNE 68061. 1998 apartado 5.10, las fugas permitidas son distintas según el tipo de ordeño. En circuitos se permite hasta 10 L/min + 1 L/min por cada grifo de leche. En salas de ordeño hasta 10 L/min + 2 L/min por cada unidad de ordeño. Según el estudio de la Tabla 1, el P-valor indica que hay dependencia entre el tipo de máquina y la variable analizada, el test es significativo.

La conducción de leche sólo la llevan los circuitos y las salas (Figura 47), su longitud es en función del número de puntos de ordeño; es mucho más larga en circuitos. Esta es una de las razones de que los circuitos tengan más fugas. Otra razón puede ser debido a las constantes vibraciones y golpes que reciben, al estar sujetos a los trabantes.

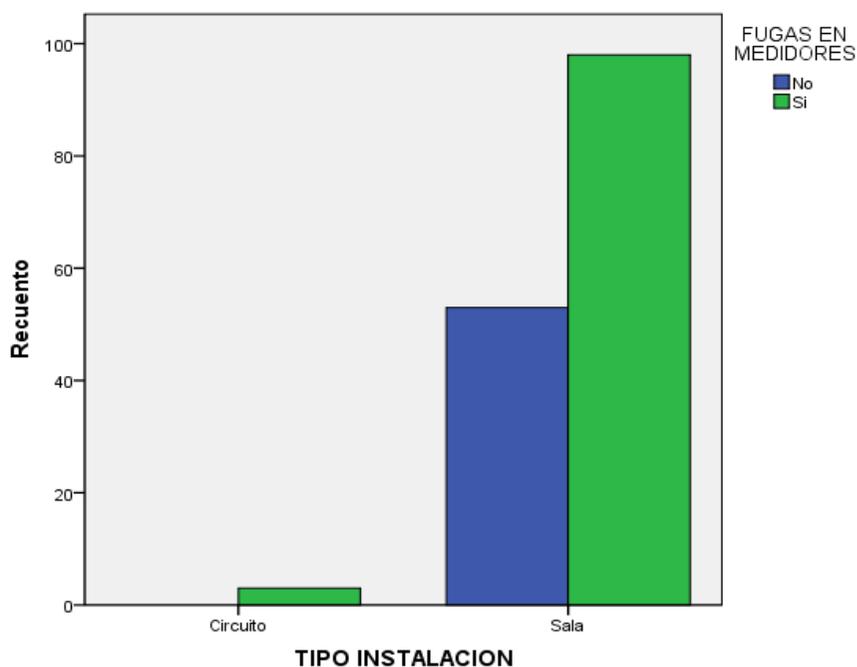


Figura 48. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a las fugas en medidores.

Fugas en medidores; En el estudio de la Tabla 1 el P-valor indica que no hay dependencia entre el tipo de máquina y la variable analizada, y el test no es concluyente.

Los cántaros no llevan medidores y la mayoría de los circuitos tampoco. Sólo algunas de las salas estudiadas tienen medidores (Figura 48). Centrándonos solamente en las salas de ordeño que tengan medidores, destacar que los ensayos bajo la norma UNE 68061. 1998 apartado A.4 no habla de fugas pero sí dice que no deben causar caídas adicionales.

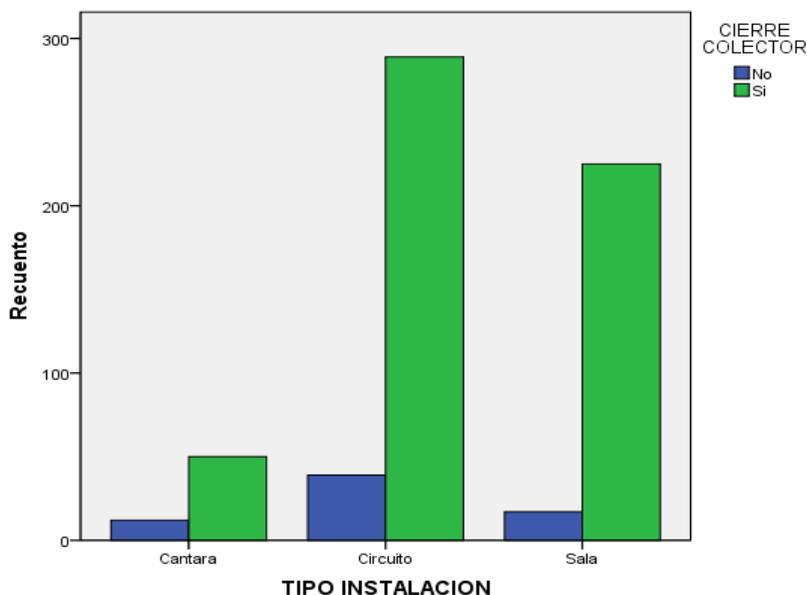


Figura 49. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto al cierre del colector.

Cierre colector; Con el cierre del colector nos estamos refiriendo a la válvula de cierre que interrumpe el vacío a la entrada del colector, para facilitar la retirada de la unidad de ordeño y no causar daños en el pezón. Así por ejemplo, si no se retira a tiempo la unidad de ordeño se favorece el desarrollo de nuevas infecciones y daños en los pezones (Rasmussen, 1993).

Según la norma UNE 68061. 1998 apartado 6.2, las fugas a través de la válvula de cierre del colector cuando esta está cerrada y las pezoneras taponadas, no deben de ser superiores a 2 L/min.

En el análisis de la Tabla 1, el P-valor indica que hay dependencia entre el tipo de máquina y la variable analizada, y el test es significativo.

Se observa que % de fallos incide más en cántaros, circuitos y finalmente en salas, puede haber un componente de falta de mentalización en ganaderías pequeñas (Figura 49).

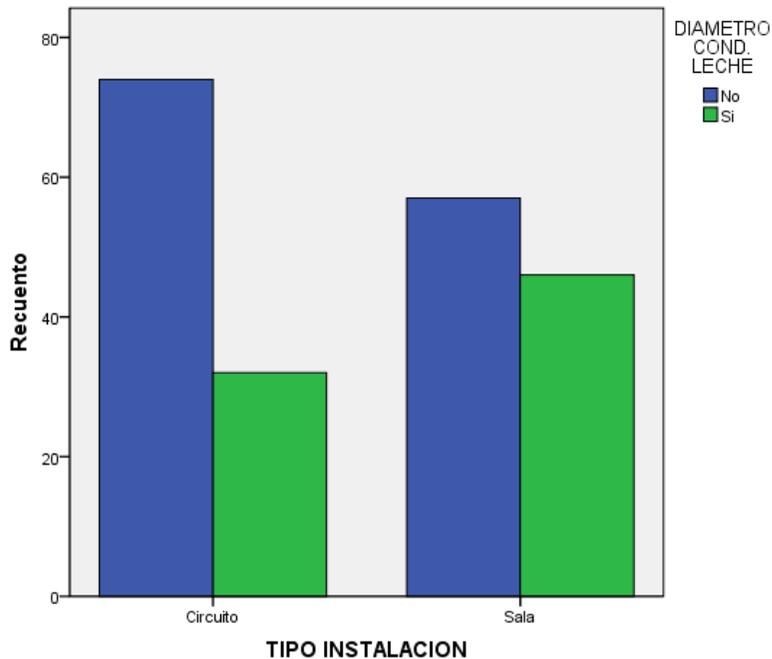


Figura 50. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto al diámetro de la conducción de leche.

Diámetro conducción de leche; La norma UNE 68050. 1998 apartado C.2, ofrece unas tablas para facilitar la elección del diámetro, para ello es necesario conocer el número máximo de unidades en ordeño simultáneo, manejo del ordeñador, pendiente de la tubería y caudal máximo de leche por vaca. En el estudio de la Tabla 1, el P-valor indica que hay dependencia entre el tipo de máquina y la variable analizada, y el test es significativo.

Como se observa en la Figura 50 solo los circuitos y las salas llevan esta tubería y el grado de incumplimiento es mucho más alto en circuitos que en salas.

La conducción de leche es especialmente costosa de reponer, con el paso del tiempo las vacas son cada vez más productoras y con un mayor flujo de leche que antes. En su momento, cumplía la norma UNE 68050 del 1982, pero ahora no cumple la actual UNE 68050 (construcción y

funcionamiento) de Octubre de 1998. Hay ocasiones en que se realizan ampliaciones de la instalación y se hacen con el mismo diámetro que el que tienen, en lugar de sustituirlo todo por el correspondiente según normativa vigente. En condiciones ideales, la leche debería fluir por la parte inferior de la conducción, dejando por encima un espacio vacío y continuo, que permita la circulación de un mayor volumen de aire, Figura 51. Estas condiciones de caudal se denominan flujo laminar. En la práctica, las condiciones de caudal varían entre un flujo laminar y un flujo turbulento. El flujo turbulento ocurre siempre que aparecen tapones de leche que ocupan toda la sección de la conducción de leche.

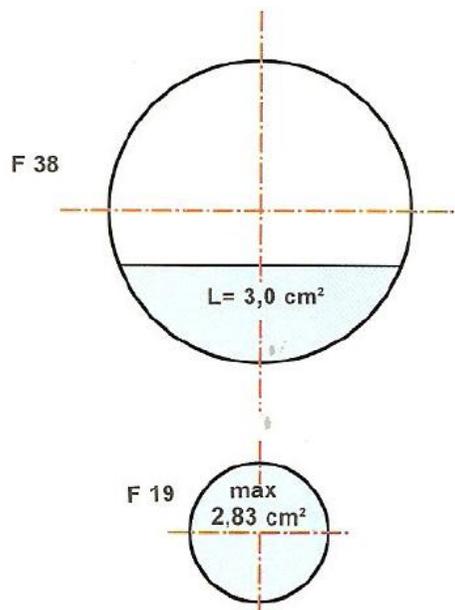


Figura 51. Secciones transversal de diferentes tuberías de leche (DeLaval, 2005)

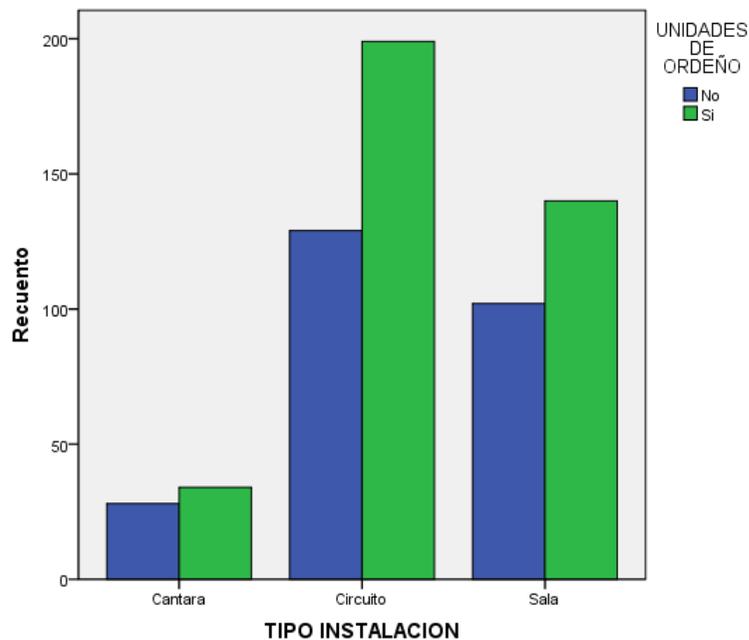


Figura 52. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a las unidades de ordeño.

Unidades de ordeño; En el estudio de la Tabla 1 el P-valor indica que no hay dependencia entre el tipo de máquina y la variable analizada, y el test no es concluyente.

La admisión total de aire calculada según la Norma UNE 68061. 1998 apartado 6.2 en el juego de ordeño a través de la toma de aire y de las fugas, no debe superar los 12 L/min. La entrada de aire por el orificio del colector debe ser de dimensiones fijas y debe de permitir la entrada de al menos 4 L/min de aire libre, medido a vacío de trabajo nominal.

En la (Figura 52), se observa un número elevado de instalaciones, en torno al 40 %, con problemas relacionados con este elemento de control, que no cumple la norma antes mencionada y que podrían ocasionar dificultades en la evacuación de leche de la unidad, provocando la formación de tapones. Estos tapones en el colector o el tubo largo de leche junto con la entrada súbita de aire en una pezonera por un excesivo deslizamiento, una coz, o una mala retirada de pezoneras sin antes cortar el

vacío, son algunas de las causas que pueden producir oscilaciones de vacío en las unidades de ordeño. Estas oscilaciones de vacío dan lugar a lo que se conoce como “impactos” en la punta del pezón, provocados por leche procedente del colector que puede llegar a desplazarse en dirección contraria a la salida a una velocidad de hasta 25 m/s, con el consiguiente daño en la punta del pezón (Figura 53). Estos impactos pueden ser minimizados asegurando un correcto funcionamiento de los siguientes parámetros: adecuada reserva de caudal, adecuados diámetros de líneas de leche, buena sensibilidad en el sistema de regulación, adecuado flujo de aire en la unidad de ordeño (orificio limpio) y con una correcta colocación y retirada de las unidades de ordeño (Jones, 2009).

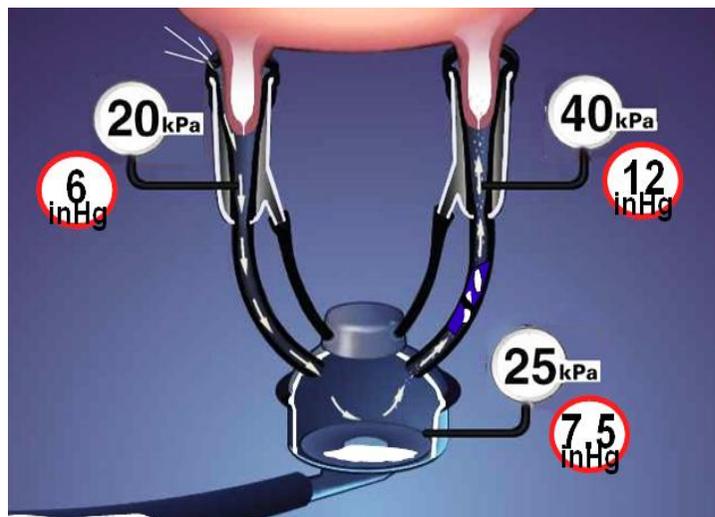


Figura 53. Vacios durante el ordeño (Pol, 2006)

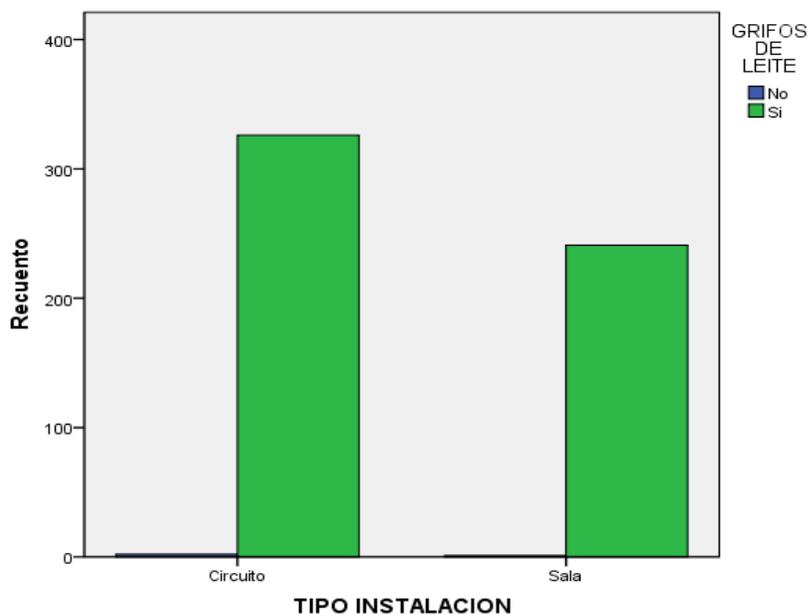


Figura 54. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a los grifos de leche.

Grifos de leche; En el estudio de la Tabla 1 el P-valor indica que no hay dependencia entre el tipo de máquina y la variable analizada, y el test no es concluyente.

Comentar que en salas de ordeño los entronques de cada tubo largo de leche de cada unidad de ordeño con la conducción general de leche, se considera como un grifo de leche. Según la norma (UNE 68061. 1998 apartado A.4), los grifos de leche no deben ser causa de caídas de vacío adicionales, comparados con los que se producen con una boquilla de entrada de leche recta determinada.

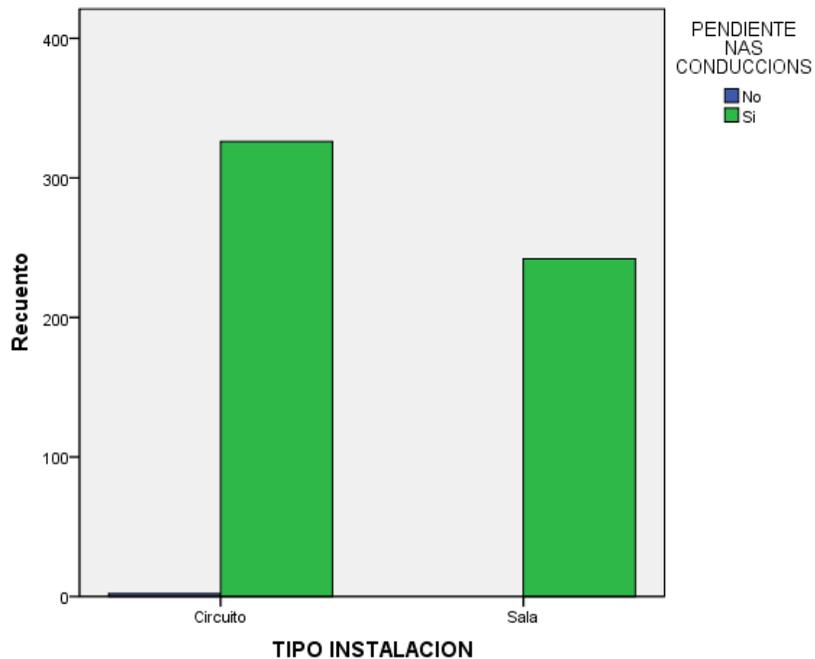


Figura 55. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a adecuada pendiente en las conducciones.

Pendiente en las conducciones; Es correcta en la práctica totalidad de las instalaciones (salas y circuitos) En el estudio de la Tabla 1 el P-valor indica que no hay dependencia entre el tipo de máquina y la variable analizada, y el test no es concluyente. Sólo se da en circuitos y en salas (Figura 55). Los fallos son mínimos al tratarse de un elemento fijo de la instalación que no suele sufrir modificaciones, ya que cuando se hizo el montaje de la instalación ya se hizo con pendiente y salvo golpes se mantiene igual. Cuando la conducción está prácticamente horizontal (0,2 al 0,4%), el caudal de leche se ve afectado principalmente por el aire que circula sobre la superficie de la leche. El rozamiento entre las superficies de la leche y aire provoca el movimiento de la leche a causa de la transferencia de energía cinética del aire a la leche. Una mayor pendiente de la conducción de leche aumenta la influencia de la gravedad como fuerza motriz secundaria del movimiento de la leche, disminuye el riesgo

de flujo turbulento al disminuir el porcentaje de superficie media ocupada por la leche en la sección de la conducción y facilita el lavado de la instalación asegurando que las tuberías al final del proceso queden escurridas con la ayuda de los purgadores.

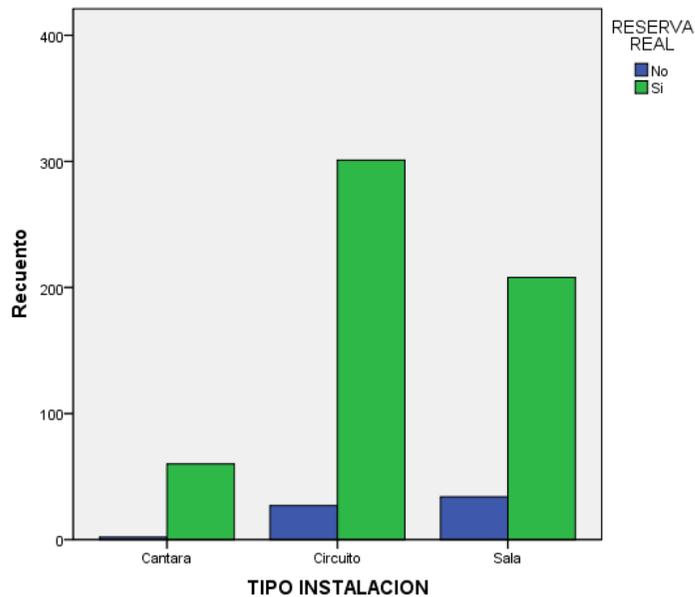


Figura 56. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a la reserva real.

Reserva real; Según se observa en el estudio de la Tabla 1, el P-valor indica que hay dependencia entre el tipo de máquina y la variable analizada, pero el test no es significativo.

Indica la reserva de caudal disponible en la instalación para mantener el nivel de vacío estable (a +/- 2 kPa), cuando el aire entra accidentalmente durante el ordeño, casi siempre a través de las unidades de ordeño (UNE 68048. 1998 apartado 8.5). La norma (UNE 68050. 1998 A.1) facilita una tabla que nos dice la R. Real en función del tipo de ordeño y del número de puntos. El test no es significativo, el número de instalaciones que no cumple en el grupo de ordeño a cántaro es inferior a 5, por ello, no podemos decir si hay o no dependencia con el tipo de

instalación. No obstante, observando el porcentaje de máquinas que cumplen con los requerimientos de reserva real (tabla 1), en cada uno de los tipos de ordeño, (Figura 56) cabe destacar que son salas de ordeño (86%) las que tienen el menor cumplimiento en este parámetro. En el estudio de otros parámetros ya observamos que el 29% de las salas no tienen suficiente caudal nominal y el 35% tienen fugas en medidores, el 22% tiene fugas en la conducción de leche. Esto resta reserva real. Otra causa posible es que a la hora de dimensionar la bomba de vacío, comercialmente va más ponderada en aquellas instalaciones pequeñas.

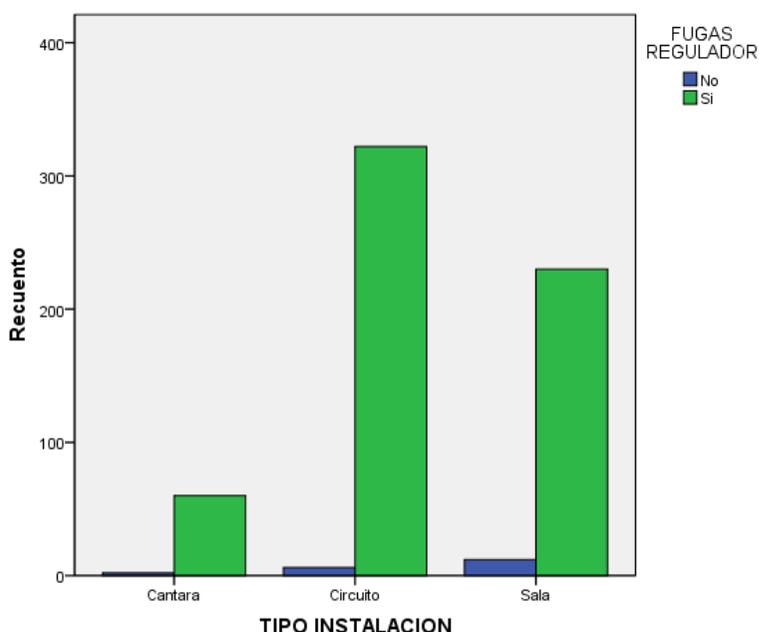


Figura 57. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a las fugas en el regulador.

Fugas en Regulador; En el estudio de la Tabla 1 el P-valor indica que no hay dependencia entre el tipo de máquina y la variable analizada, el test no es significativo, el número de fallos es pequeño (Figura 57) y con un mínimo mantenimiento se evitan fugas en este elemento. Según norma, (UNE 68061. 1998 apartado 5.7), las fugas de aire totales a través del

regulador o reguladores, no deben ser superiores 35 L/min de aire libre, o al 5% de la reserva manual, tomando el mayor de los dos valores.

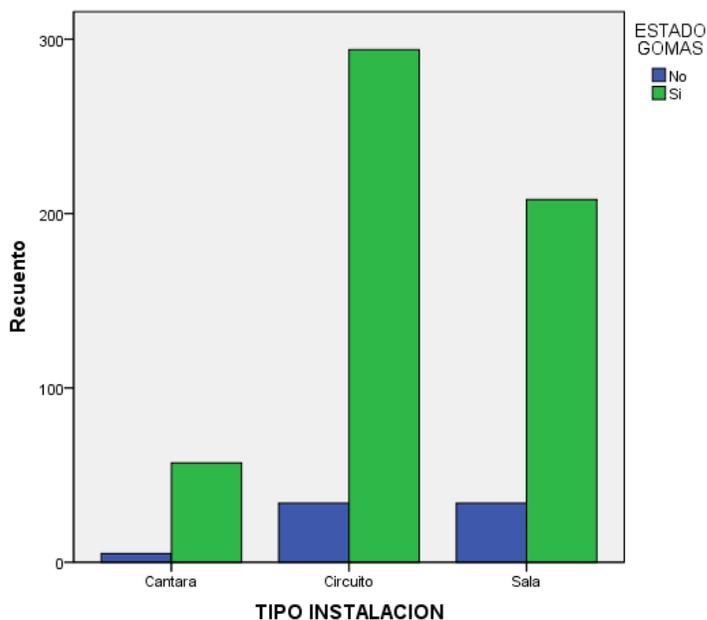


Figura 58. Número de instalaciones que si/no cumplen con la norma en cuanto a las gomas en buen estado de funcionamiento.

Estado de las gomas; Las pezoneras como punto de conexión entre la máquina de ordeño y la vaca es la parte de goma más importante de todo el sistema de ordeño. Su objetivo es transmitir la acción física de la máquina sobre los pezones de las vacas, para extraer la leche de la ubre sin causar daños ni efectos traumáticos adversos. Las pezoneras son un elemento que se reemplazada periódicamente y que tiene más que ver con el manejo del ganadero. En el estudio de la Tabla 1 el P-valor indica que no hay dependencia entre el tipo de máquina y la variable analizada, y el test no es concluyente.

El cambio periódico de las pezoneras tiene el objetivo de evitar problemas, tanto de tipo sanitario sobre la salud de la ubre (figura 59) como en la calidad de leche.

Durante toda la vida útil, las pezoneras están expuestas no solo al estrés mecánico (movimiento de la pezonera durante el ordeño y lavado, estiramiento dentro de la copa), sino también a ataques químicos (grasa de la leche, detergentes y desinfectantes) e influencias ambientales (luz, calor y ozono) que afectan al proceso de ordeño.

La superficie interior de la pezonera se hace rugosa, esto reduce la facilidad para la limpieza. Está demostrado que el número de bacterias que sobreviven al lavado y desinfección de la instalación de ordeño aumenta entre ordeños, en función de la edad y de la rugosidad de las pezoneras (Figura 59).

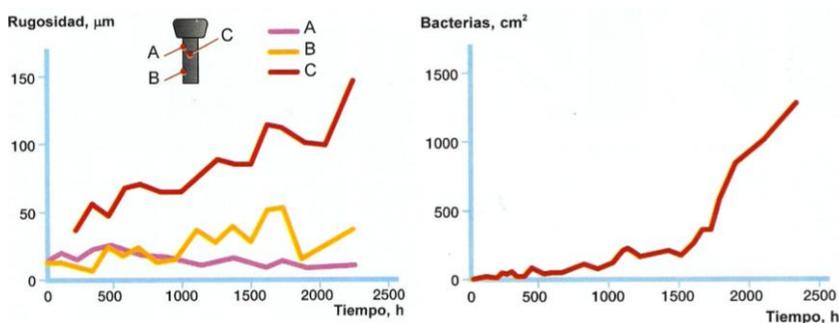


Figura 59. Cambios en la rugosidad de la superficie del cuerpo de la pezonera y número de bacterias supervivientes al lavado y desinfección de la máquina de ordeño (Alfa Laval, 1996).

Las propiedades del material cambian con el tiempo y pueden afectar, además de a la salud de la ubre y a la calidad de la leche, al funcionamiento del ordeño y a la producción de leche. La leche de apurado puede aumentar si las pezoneras están sobre utilizadas, ya que no hacen un buen masaje del pezón, aumentando también el tiempo de ordeño. En mi opinión si cuando se cambian las pezoneras en ordeño tradicional la velocidad de ordeño aumenta, es porque no se están sustituyendo con la frecuencia necesaria, coincidiendo esto con lo manifestado por Davis et al., (2000) que decían que se producía una bajada del flujo de hasta 0,3 kg/min en pezoneras sobre usadas.

Estado de la pezonerera	Vacas n	Mamitis Subclínica		Mamitis Clínica	
		n	%	n	%
Bueno	533	218	40,9	103	19,8
Sobreusada	478	239	50,0	106	21,5
Mixto	290	141	48,6	63	21,7

Figura 60. Estado de pezoneras e incidencia de mastitis según Rabold, 1993 (Alfa Laval, 1996).

En USA, una investigación (Alfa Laval, 1996) mostró que el contenido bacteriano total y el recuento de Staphylococcus en el tanque de leche aumentaron cuando se utilizaron pezoneras sintéticas durante más de 800 ordeños (Figura 61) y que la producción de leche, con pezoneras sobre utilizadas, puede verse afectada por unas pérdidas de al menos un 5% de la producción de leche.

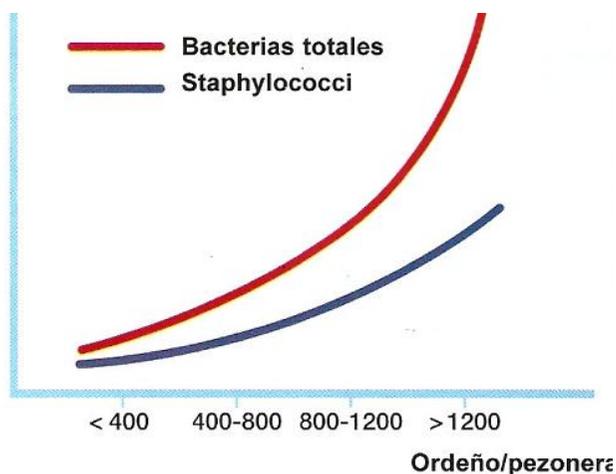


Figura 61. Comparación entre número y tipo de bacterias de la leche en el tanque según Hogan et al., 1988 (Alfa Laval, 1996).

Dada la importancia que tienen las pezoneras abordaremos en un posterior capítulo, el análisis de su comportamiento y deterioro con dependencia de su nivel de uso.

2.3.2 Relación entre diferentes elementos de una instalación de ordeño

Por otro lado, si analizamos el grado de cumplimiento de la reserva real en función del tamaño de cada tipo de ordeño, podemos observar en el diagrama de caja de la Figura 62, que son las instalaciones en sala y circuito con mayor nº de puntos las que no cumplen con la reserva real y e cántaro al revés. (Tabla 3). La dispersión en función del número de puntos es muy superior, como cabe esperar, en las salas, seguidas de los circuitos y finalmente las cántaras con las que presentan menor variabilidad. Este efecto ocurre tanto en las instalaciones que no cumplen con la reserva real como en las instalaciones que sí la cumplen.

Tabla 3. Relación entre: Nº de puntos, Tipo de instalación y cumplimiento o no de la Reserva real.

Reserva real		Nº PUNTOS			
		TIPO INSTALACION			
		Cántara	Circuíto	Sala	Total
Media	No	1,50	4,07	7,68	5,94
	Si	2,02	3,91	7,01	4,84
	Total	2,00	3,92	7,10	4,95
Mediana	No	1,50	4,00	7,50	5,00
	Si	2,00	4,00	6,00	4,00
	Total	2,00	4,00	6,00	4,00
Desv. típ.	No	,707	1,517	3,827	3,546
	Si	,748	1,123	3,495	2,863
	Total	,747	1,159	3,543	2,954
Número	No	2	27	34	63
	Si	60	301	208	569
	Total	62	328	242	632

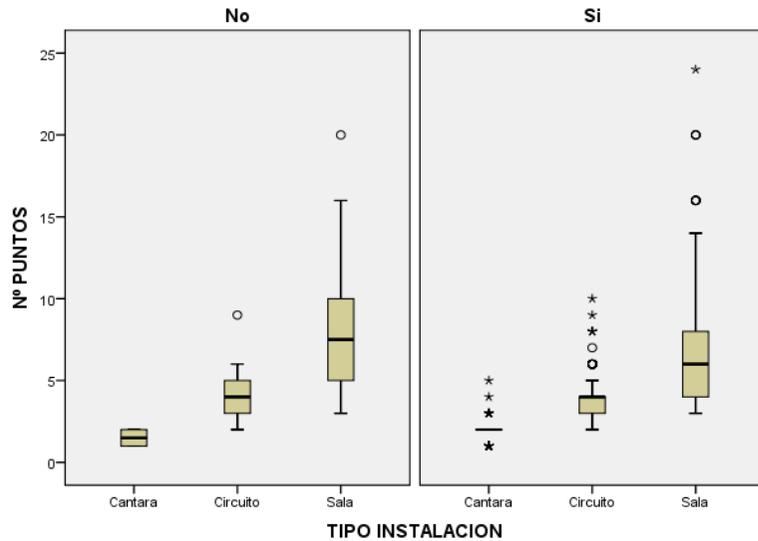


Figura 62. Relación entre Nº de puntos y tipo de instalación para el cumplimiento o no de la Reserva Real.

Gracias al cruce de estas tres variables podemos constatar que el número de puntos tiene una influencia directa sobre la reserva real y máxime si la instalación ha sido ampliada sin haber considerado las recomendaciones de la norma UNE 68050 de octubre de 1998.

Tabla 4. Tabla de contingencia condicionada de tres variables (reserva real, caudal nominal de la bomba y fugas con vacío)

FUGAS CON VACIO		C. NOMINAL BOMBA					NOMINAL BOMBA Si	Total		
		No		Total	Si			RESERVA REAL		Total
		RESERVA REAL No	RESERVA REAL Si		RESERVA REAL No	RESERVA REAL Si		No	Si	
No	% dentro de RESERVA REAL	52,90%	48,60%	48,90%	47,10%	51,40%	51,10%	100,00%	100,00%	100,00%
	% dentro de C. NOMINAL BOMBA	8,10%	91,90%	100,00%	6,90%	93,10%	100,00%	7,50%	92,50%	100,00%
	% del total	4,00%	44,90%	48,90%	3,50%	47,60%	51,10%	7,50%	92,50%	100,00%
Si	% dentro de RESERVA REAL	26,10%	36,80%	35,60%	73,90%	63,20%	64,40%	100,00%	100,00%	100,00%
	% dentro de C. NOMINAL BOMBA	8,30%	91,70%	100,00%	13,00%	87,00%	100,00%	11,40%	88,60%	100,00%
	% del total	3,00%	32,60%	35,60%	8,40%	56,00%	64,40%	11,40%	88,60%	100,00%

También podemos analizar las interacciones entre diferentes parámetros de control. En la Tabla 4 se puede ver el % de las máquinas totales del estudio que tienen problemas con cualquiera de estas tres variables y de forma simultánea. Es muy útil para poder asesorar al ganadero por dónde empezar a poner a punto su máquina de ordeño. En el caso del 4% de las 632 máquinas totales, (25, no-no-no), (Tabla 4) que no cumplen ninguna de las tres condiciones, el coste de puesta a punto es importante a menos que las fugas sean muchas y la bomba está cerca del caudal nominal. Nada que ver con el caso de las máquinas que están en el bloque del 8,4% de las 632 máquinas totales, (53, si-no-si), que de las tres condiciones sólo fallan en la reserva real. La puesta a punto pasaría por revisar consumo excesivo de la línea de leche, el coste sería menor que el caso anterior.

Tabla 5. Tabla de contingencia condicionada a caudal nominal bomba, vacío de ordeño y diámetro conducciones de vacío.

DIAM. COND VACIO		C. NOMINAL BOMBA						Si	Total		
		No			Si				VACIO DE ORDEÑO		
		VACIO DE ORDEÑO		Total	VACIO DE ORDEÑO		Total		VACIO DE ORDEÑO		Total
		No	Si		No	Si			No	Si	
No	% dentro de VACIO DE ORDEÑO	50,00%	42,20%	42,60%	50,00%	57,80%	57,40%	100,00%	100,00%	100,00%	
	% dentro de C. NOMINAL BOMBA	6,90%	93,10%	100,00%	5,10%	94,90%	100,00%	5,90%	94,10%	100,00%	
	% del total	2,90%	39,70%	42,60%	2,90%	54,40%	57,40%	5,90%	94,10%	100,00%	
Si	% dentro de VACIO DE ORDEÑO	66,70%	38,40%	40,10%	33,30%	61,60%	59,90%	100,00%	100,00%	100,00%	
	% dentro de C. NOMINAL BOMBA	9,70%	90,30%	100,00%	3,30%	96,70%	100,00%	5,90%	94,10%	100,00%	
	% del total	3,90%	36,20%	40,10%	2,00%	58,00%	59,90%	5,90%	94,10%	100,00%	

Observando la Tabla 5 vemos que la mayor parte (66,67%), se corresponde con las máquinas que teniendo el Ø de la conducción de vacío adecuado, no tienen un caudal nominal de la bomba suficiente, el nivel de vacío de ordeño no es el adecuado. Con la misma filosofía que en el caso

anterior, y observando la Tabla 5. Por ejemplo, tenemos un 2,9% del total de las máquinas (18, no-no-no) que no tienen suficiente bomba de vacío, ni un nivel de vacío de ordeño adecuado ni tampoco el diámetro correcto. El coste de esta puesta a punto es elevado ya que hay que remplazar elementos estructurales.

Si comparamos el caso anterior con el 2,9% del total de las máquinas (18, no-no-si), igual al caso anterior pero con suficiente bomba de vacío. El coste de puesta a punto no se parece en nada, ya que sólo habrá que evitar fugas en la línea de vacío o sustituir la conducción por una de diámetro adecuado.

2.3.3 Comparación de la calidad de leche obtenida en los diferentes sistemas de ordeño

En la representación mensual, en diagramas de caja, tanto de los datos de calidad bacteriológica (Figura 63, Figura 64 y Figura 65), como en los datos de RCS (Figura 66, Figura 67 y Figura 68), se puede ver como los datos están mucho más dispersos en las cántaras que en los circuitos y estos que en las salas.

En cántaros el $Li = 20.000$ y $Ls = 300.000$ bacterias/ml

En circuitos el $Li = 10.000$ y $Ls = 150.000$ bacterias/ml

En salas el $Li = 10.000$ y $Ls = 75.000$ bacterias/ml

Esta dispersión se asocia al riesgo de tener penalización en la cotización de la leche por mala calidad bacteriológica. La penalización empieza cuando los valores medios mensuales superan las 100.000 Ufc/ml. No obstante si se superan las 50.000 Ufc/ml se deja de percibir la prima por calidad AA. En cántaros se observa también un incremento en el recuento de bacterias desde Junio en adelante, posiblemente debido a las altas temperaturas.

Y para recuento de células somáticas, viendo los datos de las Figura 66, Figura 67 y Figura 68, lo primero que se observa es que el rango es muy distinto entre los tres tipos de ordeño. En cántaros se ve una clara estacionalidad (senoidal) y los valores están entre $Li = 60.000$ células/ml a 850.000 . En circuitos, no es tan marcada la estacionalidad y los valores van del $Li = 30.000$ células/ml a 600.000 células/ml y en las salas hay una tendencia casi plana a lo largo del año, con unos valores mucho más contenidos, $Li = 30.000$ y $Ls = 500.000$ células/ml. La penalización empieza cuando los valores medios mensuales superan las 400.000 RCS/ml. Mientras que la prima por calidad AA, se deja de cobrar si se superan las 200.000 RCS/ml.

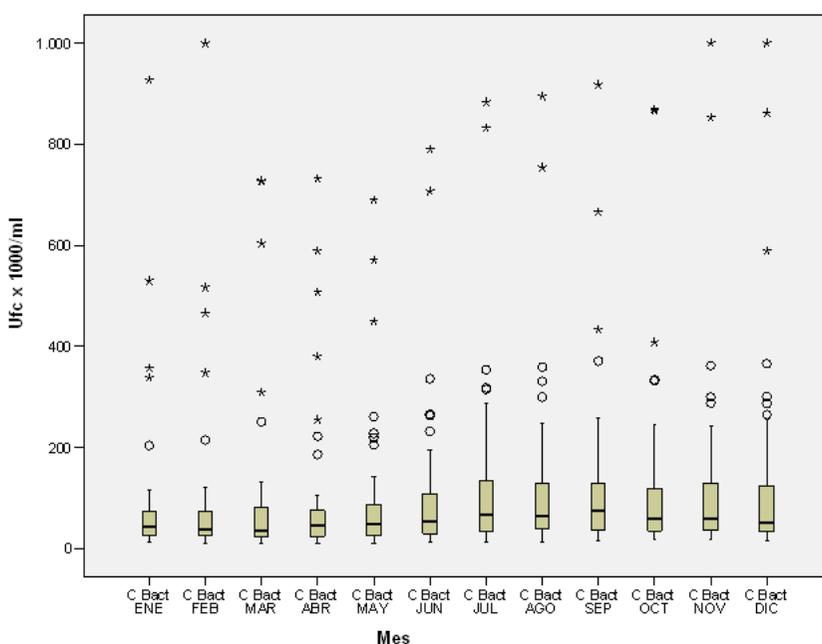


Figura 63. Recuento anual de bacterias en instalaciones de cántara.

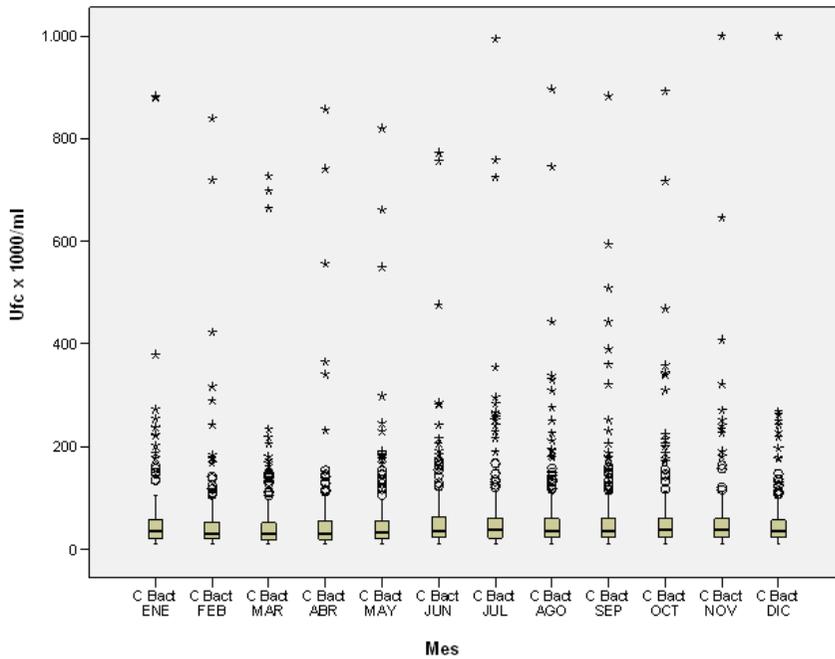


Figura 64. Recuento anual de bacterias en instalaciones de circuito.

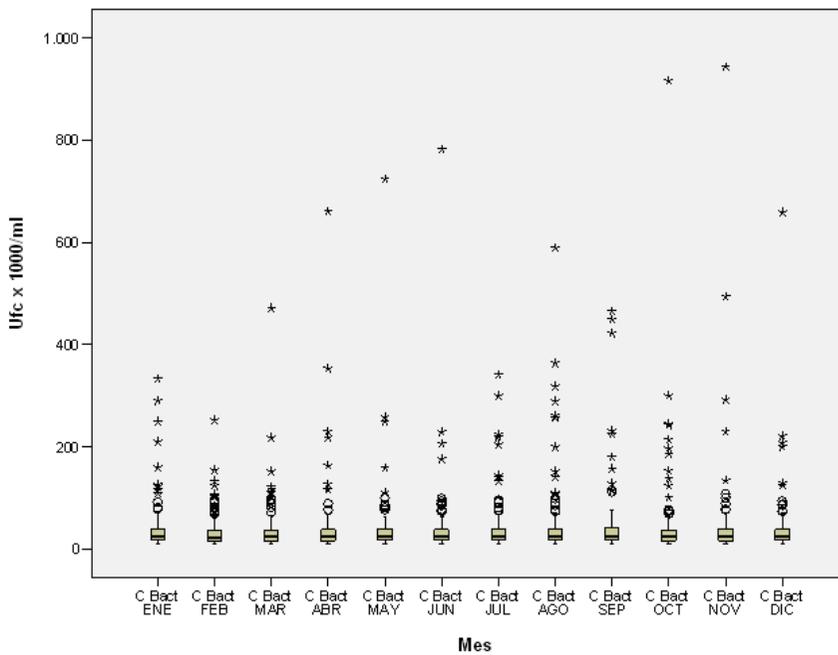


Figura 65. Recuento anual de bacterias en instalaciones de sala.

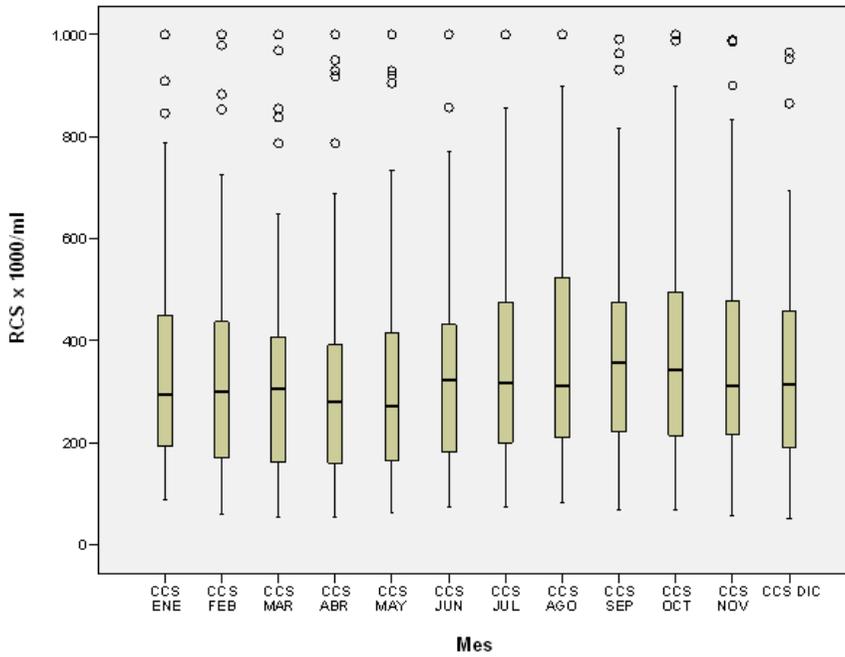


Figura 66. Recuento anual de células somáticas en instalaciones de cántara.

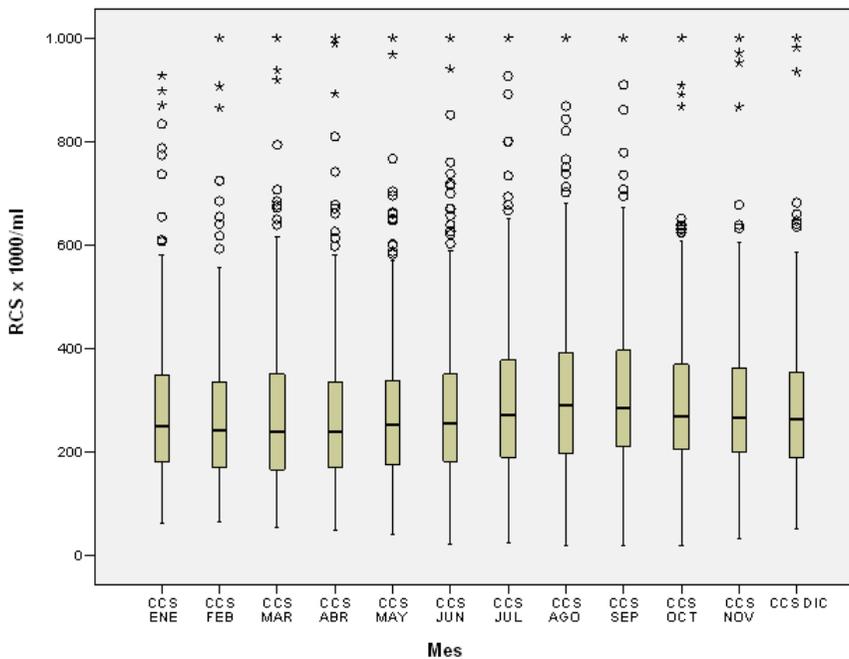


Figura 67. Recuento anual de células somáticas en instalaciones de circuito.

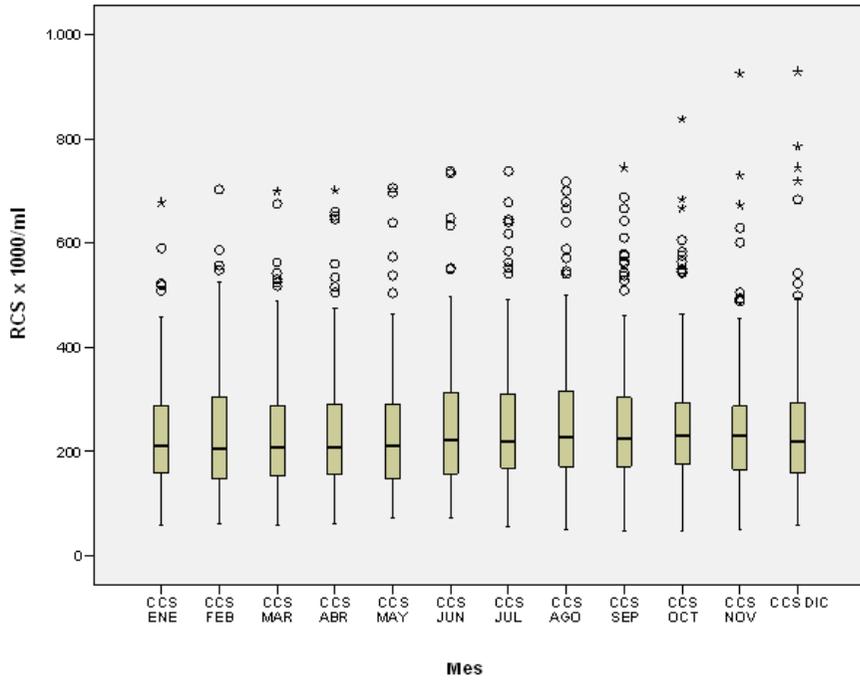


Figura 68. Recuento anual de células somáticas en instalaciones de sala.

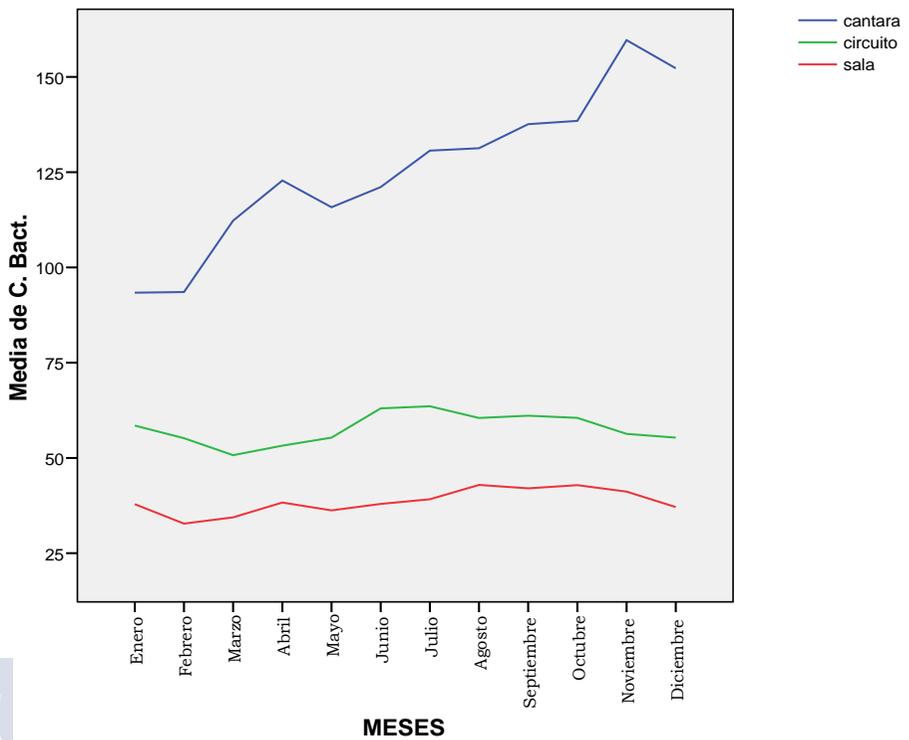


Figura 69. Comparativa de medias anuales de bacteriología.

Observando la Figura 69, resulta curiosa la diferencia en cuanto a tendencia, entre la curva de las cántaras y la de los circuitos ya que el ambiente de trabajo es muy similar. Resulta muy ilustrativa la diferencia entre los recuentos medios anuales de los tres tipos de ordeño.

Parece claro que además del ambiente donde se desenvuelve el ordeño hay otros factores que influyen en la calidad bacteriológica, como puede ser la cantidad de superficie en contacto con la leche, me refiero a la relación longitud/sección de las tuberías, es mucho mayor en circuitos que en salas y si el lavado no se hace inmediatamente al terminar el ordeño, la multiplicación de las bacterias es mayor en los circuitos.

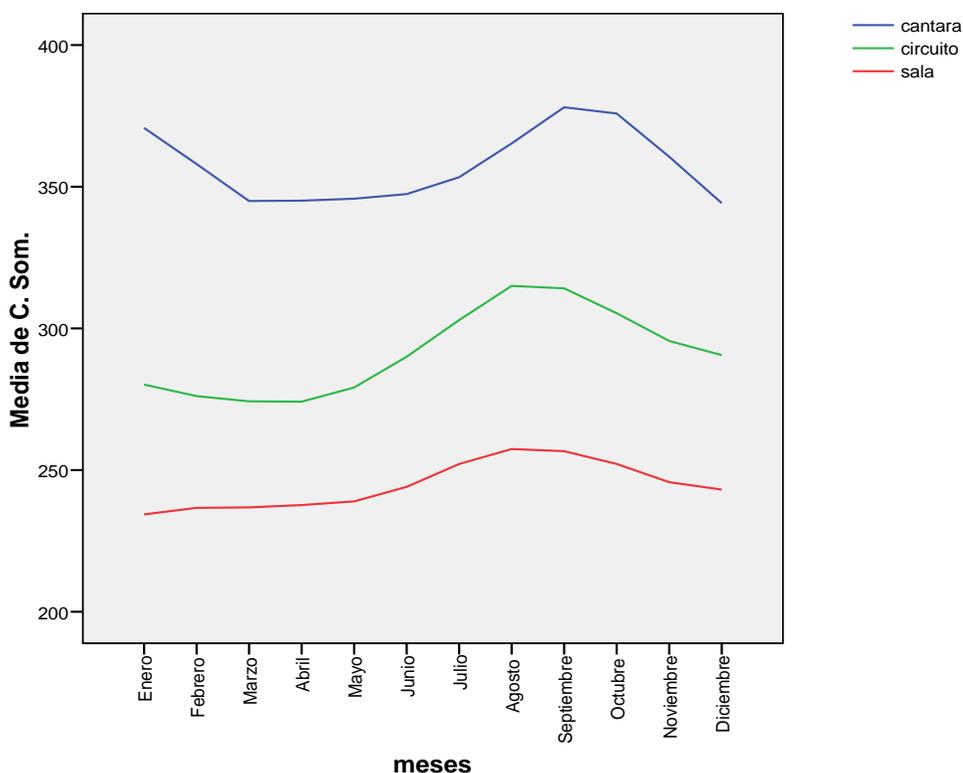


Figura 70. Comparativa de medias anuales de células somáticas.

En la Figura 70 hay gran diferencia en los recuentos medios de células somáticas. Los tres tipos de ordeño presentan estacionalidad, más marcada en cántaros y circuitos que en salas. El incremento coincide con

los meses de calor, la temperatura alta es algo que a las vacas de leche las estresa bastante.

2.4 CONCLUSIONES

Una vez analizados los 23 parámetros de control en circuitos y salas y los 18 en cántaros, en un total de 632 máquinas de ordeño, se observó que el grado de cumplimiento es siempre mayor en las salas (88%), seguido de los circuitos (86%) y por último en cántaros (82%), excepto en un parámetro Reserva Real. Se observa que los incumplimientos que son dependientes de cada sistema de ordeño son; RPM de la bomba de vacío, caudal nominal de la bomba, vacío de ordeño, fugas en la conducción de vacío, fugas en la conducción de leche, cierre colector y diámetro conducción de leche.

Por otra parte, se demuestran una clara diferencia en cuanto a calidad higiénica-sanitaria (bacteriología y recuento de células somáticas), según el tipo de máquina con la que se ordeña. Siendo el orden de consecución de mayor a menor calidad las salas, circuitos y por último los cántaros. Por todo ello, hay evidencias claras de que el tipo de máquina de ordeño que está más en línea con la normativa vigente para ayudar a obtener leche de calidad “AA”, es por este orden; primero las salas, seguido de los circuitos y por último las cántaras.

Esto invita a pensar que ciertas instalaciones no se modificaron adecuadamente con respecto a la evolución experimentada de los rebaños (número de reses, flujos de leche...), y además en algún caso su mantenimiento fue inadecuado a lo largo de los años, especialmente en piezas de desgaste y gomas. Con esto creemos sentadas las bases del funcionamiento actual de los equipos de ordeño. De este modo, vemos necesario estudiar el comportamiento y el deterioro que sufre a lo largo de su uso un elemento de desgaste y tan importante, como es la pezonera.

2.5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfa Laval Agri AB Tumba-Suecia. 1996. Ordeño Profesional.
- Bijl, R., S.R Kooistra, and H. Hogeveen. 2007. The Profitability of Automatic Milking on Dutch Dairy Farms. *J. Dairy Sci.* 90: 239–248.
- Calderón A., P. Donado, G. García and F. García. 2005. Modelo de regresión logística para determinar relaciones de equipos de ordeño con la presentación de la mastite bovina en fincas del altiplano cundiboyacense. *Rev. Col Cienc Pez* 18(1): 11-16.
- Davis, M. A., D. J. Reinemann, and G. A. Mein. 2000. Effect of liner age on milking characteristics. In *Proc. National Mastitis Council* 39,186–187. Madison, Wisc.:National Mastitis Council.
- DeLaval Equipos. 2008. Información técnica.
- Delaval New Zealand. 1998. Avances en sistemas de ordeño mecánico. Marzo de 2010.
- Fouz R., Corrales J.C., Fernández G., and Yus E., 2004. Programa de mellora da calidade do leite. Unidad de epidemiología y sanidad animal. Lugo.
- Garcés, R.,J. Lopez and R.M.Bruckmaier. 2006. Milking machines on Chilean dairy farms and their effects on somatic cell count and milk yield:a field study. *Agric Téc.* 66(1):31-40.
- Helgren, J.M., and D.J. Reinemann. 2006. Survey of Milk Quality on U.S. Dairy Farms Utilizing Automatic Milking Systems. *Transactions of the ASABE* vol. 49(2):551-556
- Kamphuis C., R. Sherlock, J. Jago, G. Mein, and H. Hogeveen. 2008. Automatic Detection of Clinical Mastitis Is Improved by In-Line Monitoring of Somatic Cell Count. *J. Dairy Sci.* 91:4560–4570
- Pol M. (2006). Máquina de ordeñar: Qué es lo que usted debe saber. *Aprocal.* Puleva Food. (2010). Descuento en litro de leche por mala calidad higiénica. Junio2010

Quintana A.E, (2006). Las células somáticas en la calidad de la leche. Vibac Al Día-MVZ ,Nº 10 de Noviembre de 2006.Marzo de 2010

Rasmussen, M.D. and N.P. Madsent. 2000. Effects of. Milkline Vacuum, pulsator airline vacuum, and cluster weight on milk yield, teat codition, and udder health. J. Dairy Sci.83:77-84.

Bar, D., Tauer, L.W., Bennett, G., González, R.N., Hertl, J.A., Schukken, Y.H., Schulte, H.F., Welcome, F.L. and Y.T. Gröhn. 2008. The cost of generic clinical mastitis in dairy cows as estimated by using dynamic programming. J. Dairy Sci. 91:2205-2214.

Calderón, A., Donado, P., García, G. and F. García. 2005. Modelo de regresión logística para determinar relaciones de equipos de ordeño con la presentación de la mastite bovina en fincas del altiplano cundiboyacense. Rev. Col Cienc Pez 18(1): 11-16.

Capucco, A.V., Wood, D.L. and J.W. Quast. 2000. Effects of teatcup liner tension on teat canal keratin and teat condition in cows. Journal of Dairy Research 67: 319-327.

Cundíns A., Hernández M., Castro A., Pereira J.M. Parámetros de funcionamiento en 67 instalaciones de ordeño de la zona norte de Lugo y su relación con el estado sanitario de los rebaños. I JORNADAS TÉCNICAS SOBRE CALIDAD DE LECHE”, RIBADEO (LUGO) 22 y 23 de OCTUBRE DE 2010

Fouz, R., Corrales, J.C., Fernández, G. and E. Yus. 2004. Programa de mellora da calidade do leite. Unidad de epidemiología y sanidad animal. Instituto de investigación e análises alimentarias. Lugo.

Franquesa, O. 2004. Máquina sana, ubres sana. Laactualidad, revista de la federación española de empresarios productores de leche Nº 14 pp. 24-25.



ISO 3918: 2007. Milking machine installations – Vocabulary. International Standards Organization, Geneva, Switzerland.

ISO 5707: 2007. Milking machine installations – Construction and performance. International Standards Organization, Geneva, Switzerland.

ISO 6690: 2007. Milking machine installations – Mechanical test. International Standards Organization, Geneva, Switzerland.

Jones, G.M. Reviewed by Petersson-Wolfe, C. 2009. The role of milking equipment in mastitis. Available on line in: <http://pubs.ext.vt.edu/404/404-742/404-742.html>. Date of consultation 10/03/2012. Virginia Cooperative Extension, Publ. 404-742.

Miltenburg, H. 2007. Ordeño robotizado: un gran desafío. Jornada Profesional DeLaval. 4 Octubre.

Neijenhuis, F., Mein, G.A., Britt, J.S., Reinemann, D.J., Hillerton, J.E., Farnsworth, R., Baines, J.R., Hemling, T., Ohnstad, I., Cook, N.B. and W.F. Morgan. 2001. Relationship between teat-end callosity or hyperkeratosis and mastitis. Paper Presented at the Proceedings, AABP-NMC International Symposium on Mastitis and Milk Quality, Vancouver, BC, Canada. September.

Pérez-Cabal, M.A., Yaici, S., e R. Alenda. 2008. Clinical mastitis in Spanish Dairy cows: incidente and costs. Spanish Journal of Agricultural Research. 6(4): 615-622.

Rasmussen, M.D. 1993. Influence of. Switch level of. Automatic cluster removers on milking performance and udder health. J. Dairy Res. 60:287-297.

Reinemann, D.J., G.A. Mein, and P.L. Ruegg. 2001. Evaluating milking machine performance. VII International Congress on Bovine Medicine, Oviedo, Spain

Zucali, M., Reinemann, D.J., Tamburini, A. and R.D. Bade. 2008. Effects of Liner Compression on Teat-End Hyperkeratosis. Paper Presented at the 2008 ASABE Annual International Meeting Sponsored by ASABE Rhode Island Convention Center, Providence, Rhode Island. June 29 – July 2.

3. EVOLUCIÓN DEL ESTADO DE LA PEZONERA EN ORDEÑO ROBOTIZADO DESDE LOS PUNTOS DE VISTA MECÁNICOS Y BIOLÓGICOS Y SU REPERCUSIÓN EN EL ORDEÑO.

3.1 INTRODUCCIÓN

La pezonera es el único elemento de la máquina de ordeño en contacto con el animal (Boast et al., 2008). Hay muchos tipos de pezoneras, varían en dimensiones y en el tipo de materiales empleados en su fabricación. Las más usadas son de caucho y de silicona. La pezonera intenta imitar los movimientos que realiza el ternero al mamar para succionar la leche. Evidentemente nunca se llegará a la perfección con que lo hace el ternero. De hecho los niveles de vacío que se ejercen durante el ordeño con pezoneras son siempre mayores que los provocados en el curso normal de la naturaleza (van der Tol et al., 2010). Los componentes básicos de la pezonera de caucho se observan en la Figura 71.

• diferentes gomas	52,00%
• carbón	21,00%
• oxido zinc	2,00%
• antioxidante	2,00%
• antiozonante	1,30%
• plastificador	17,00%
• sulfuro	0,34%
• acelerador 1	0,47%
• acelerador 2	0,59%
• acelerador 3	0,59%



Figura 71. Componentes típicos de una pezonera de caucho.

La pezoneras no solo tienen que adaptarse a la máquina de ordeño sino también al tamaño medio de los pezones, para que ni la calidad de la leche ni la salud de la ubre se vea afectada. Es por ello que nos podemos encontrar en el mercado con una gran cantidad de pezoneras con diferentes formas y dimensiones (Figura 72).

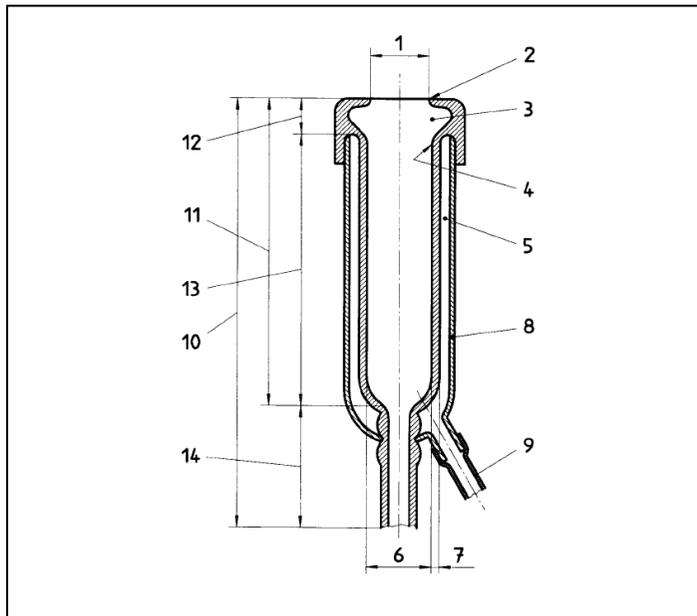


Figura 72. Vocabulario de las partes de una pezonera (UNE 68048. 1998); 1) diámetro embocadura; 2) entrada embocadura; 3) cámara embocadura; 4) garganta pezonera; 5) cámara pulsación; 6) diámetro interno a 75 mm del plano superior embocadura; 7) grosor paredes cuerpo.

Las funciones esenciales de las pezoneras son:

- Encajar perfectamente en la cubierta en ambos lados.
- Tener un orificio de la embocadura en el que encaje el pezón.
- Su longitud no debe admitir demasiado aire en el sistema.
- Poder ordeñar la vaca tan eficaz y rápidamente como sea posible.
- Ser fácil de limpiar y de cambiar.

- Ser confortable para la vaca.

Por otra parte, los fabricantes deben cumplir la normativa vigente en cuanto a diseño (UNE 68048. 1998), y en cuanto a estabilidad de trabajo (Normativa BfR → Alemania y Europa, 2500 ordeños y Normativa FDA → Food and Dry Administration (USA) 1200 ordeños), teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Resistir estrés mecánico
- Resistir estrés ambiental
- Resistir químicos
- Resistir manejo
- Cumplir legislación alimentaria
- Hacer su trabajo

Por otro lado, las fuerzas a las que se encuentra sometida la pezonera para realizar su trabajo en máquinas de ordeño convencionales son:

Fuerza de colapso:

Es el vacío necesario en el tubo corto de leche para que las paredes de la pezonera se toquen (www.pulsografo.net). Es la presión en la pared de la pezonera para que los lados opuestos sólo se toquen, también denominado presión del punto de contacto (TPP) (Boast et al., 2008, Mein and Reinemann, 2009). De las definiciones anteriores hay autores que realizan el ensayo metiendo presión por la cámara de pulsación y otros haciendo vacío por el tubo corto de leche. Otros autores diseñaron pezoneras para medir de manera dinámica los diferentes movimientos de las mismas (Spencer and Jones, 2000). La fuerza de colapso no es una herramienta útil para determinar la presión de contacto en el pezón, ya que esta está más bien relacionada con la tensión de la goma de la pezonera.

Sin embargo, la fuerza de colapso puede ser una guía útil para comprobar los cambios en la pezonera.

Según Gálik et al., (2002) solo mediante propiedades físicas y mecánicas de las pezoneras, no es posible determinar su vida útil, así que se ve necesario complementar estos datos con parámetros como pueden ser la degradación interna y la facilidad de limpieza.

Riesgo de contaminación:

Claydon (1953), observó que las pezoneras usadas pueden funcionar de manera satisfactoria, teniendo prácticamente las mismas características físicas que las nuevas, pero son más susceptibles de contaminación bacteriana. Este aumento también lo confirma en su estudio Whittlestone, (1958). Pero como en toda investigación también hay estudios que contradicen lo expuesto. Smith, (1985) demostró en su estudio que las grietas en las pezoneras aumentaban después de los 1.000 ordeños, pero esto no significaba un aumento de la acumulación de bacterias.

Diversos agentes afectan a la vida de la pezonera (ver figura 74), de manera que éstas con el uso y el paso del tiempo se van gastando, se vuelven más ásperas y más difíciles de limpiar, incrementándose el riesgo de contaminación bacteriana (Figura 74).



Figura 73. Agentes que afectan a las pezoneras.

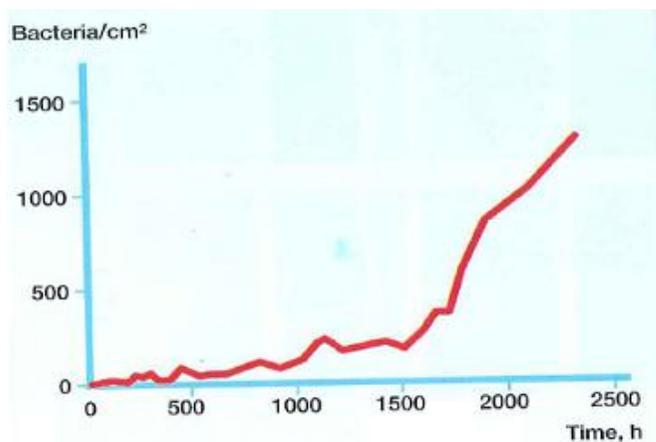


Figura 74. Representación gráfica de la evolución de bacterias en la superficie de la pezonera según en N° de ordeños (Thum, 1975).

De este modo los organismos no eliminados pueden infectar la leche, elevando el riesgo de que aumente el recuento de células en tanque (Van der Vorst et al., 2003). También se pueden infectar los pezones, ya que la pezonera se convierte en un vector de infección que puede aumentar el número de mamitis.

Los estudios han mostrado que un pezón infectado con *Staphylococcus aureus* podría infectar hasta 6 vacas consecutivas y que el riesgo aumenta con el uso de pezoneras gastadas (Blowey y Edmondson, 1995)

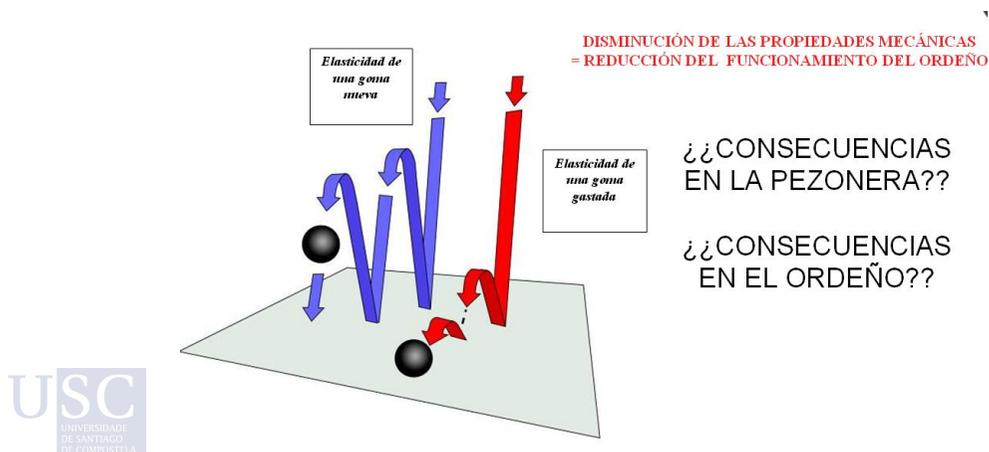


Figura 75. Representación grafica de la pérdida de elasticidad de la goma (Delaval).

Efecto del envejecimiento de la pezonera sobre el ordeño:

Cuando la pezonera está sobreusada, va perdiendo su elasticidad (Figura 75), con lo cual difícilmente puede acompañar las órdenes del pulsador, provocando en la piel del pezón irritación y cambios de color por masaje inadecuado (Figura 76).

Aunque en los resbalamientos de las pezoneras durante el ordeño tienen un importante papel la forma de la ubre y la colocación de los pezones (Rogers and Spencer, 1991), cuanto más vieja es la pezonera más resbalamiento se produce durante el ordeño (Davis et al., 2000). Estos resbalamientos en las pezoneras provocan que las vacas tengan 2,77 veces más de posibilidades de tener una mamitis que en aquellos equipos en los cuales el resbalamiento es inferior al 20% (Baxter et al., 1992).

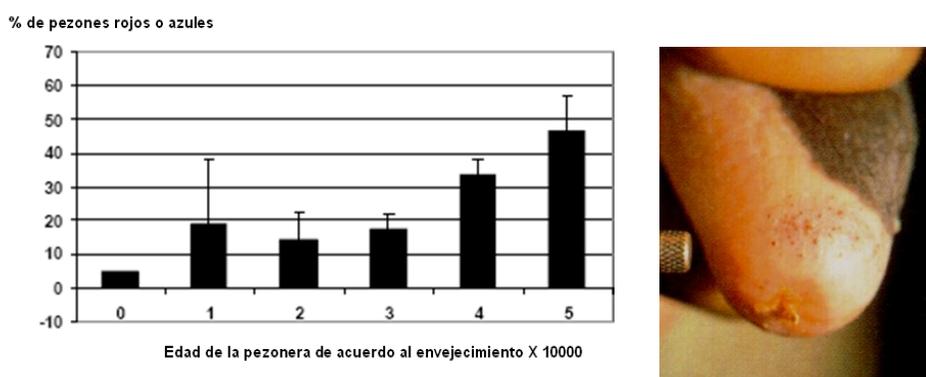


Figura 76. Cambio de color del pezón según se produce el envejecimiento de la pezonera, (Boast 2003).

Otro efecto observado es el causado por el envejecimiento de la pezonera sobre la cantidad de leche. El ordeño con pezoneras gastadas puede disminuir la producción de leche en un 5% (O'Callaghan, 1996). Davis et al., (2000), mostraron que en pezoneras viejas se produce una bajada de flujo medio de leche (0,3 kg/min) y también una bajada en el flujo pico de leche (0,5 kg/min), dando lugar a un mayor tiempo de ordeño con el consiguiente riesgo de generar lesiones en los pezones. Estas

lesiones en pezones se evidencian en la formación de un anillo rugoso en sus diferentes estados, también denominado hiperqueratosis (Mein et al., 2001; Neijenhuis et al., 2001). También se pueden producir cambios en el pezón al pasar de dos ordeños en el sistema convencional a los tres en sistema robotizado, siendo estos cambios significativos sobre todo en novillas (De Vliegher et al., 2003).

Causas frecuentes de hiperqueratosis son el sobreordeño, masaje corto, nivel de vacío demasiado alto, labios de embocadura demasiado duros, restricción del canal del pezón que limita el flujo de leche. En aquellos sistemas que utilizan pulsadores individuales para cada pezón y retirada individual por cuartos, como por ejemplo los sistemas de ordeño robotizados, disminuyen el sobreordeño y por lo tanto la hiperqueratosis (Sterrett et al., 2013)

La hiperqueratosis es el reflejo físico de un mal ordeño así como sirve de inductor de infecciones al tener rugosidad en la punta del pezón y acumular suciedad. Capuco et al. (1999), observaron que la cantidad de queratina retirada del canal del pezón durante el ordeño no se ve afectada por la tensión de las pezoneras, no obstante la queratina aumentaba entre un 10 y un 20% en aquellos pezones ordeñados con pezoneras con una elevada tensión. Parece que la queratina no es una defensa absoluta contra las infecciones. Cuanto más importante es la presión bacteriana, mayor es el riesgo de infección, incluso si el pezón está en perfectas condiciones. . El flujo de leche elimina parte de la queratina así como las bacterias atrapadas en ella, esta se renueva después de cada ordeño para volver a proteger el pezón. Cada dos ordeños se renueva toda, pero “un buen ordeño” elimina parte de la queratina, pero no demasiada (Figura 77, Delaval, 2008),

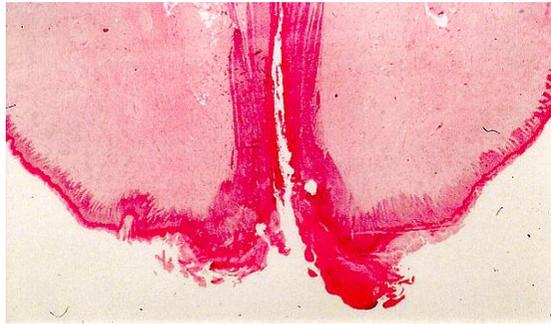


Figura 77. Hiperqueratosis.

La incidencia de mamitis se ve incrementada por la disminución de la duración del cierre de la pezonera (Reitsma et al., 1981). Cuanto mayor es la tensión de la pezonera mayor es la compresión que hace falta para la fase de masaje, por lo que es de gran importancia medir y analizar los movimientos de la pared de la pezonera durante la pulsación (Figura 78), puesto que aporta mucha información sobre como realiza el trabajo dicha pezonera (Reitsma and Breckman, 1985)

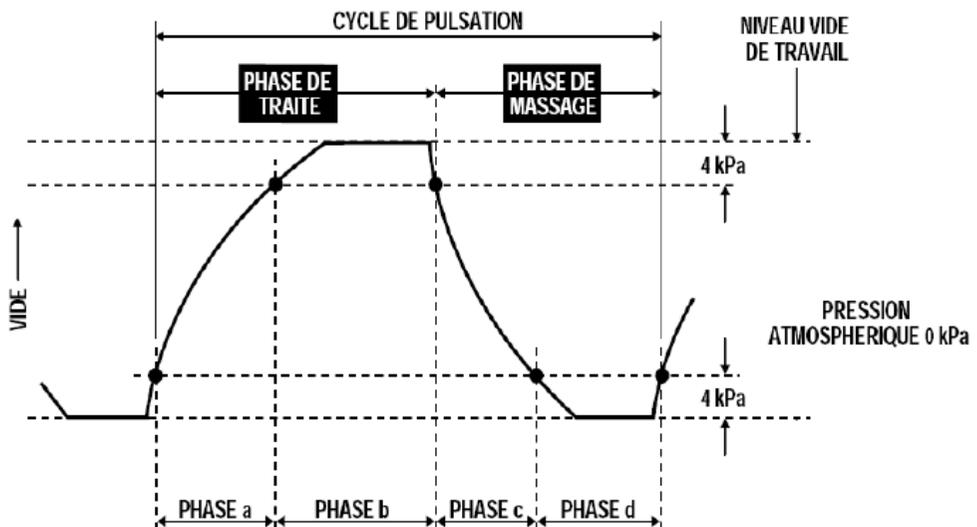


Figura 78. Fases de pulsación.

La duración de la fase B debe ser superior al 30% del ciclo de pulsación. La duración de la fase D no debe ser menor del 15% del ciclo de pulsación, ni inferior a 150 ms. (UNE 68050).

Las fases A y C son fases intermedias que vienen marcadas por el tiempo de tránsito de aire por la cámara de pulsación, el tubo largo de pulsación y el pulsador. Es recomendable que estén por encima del 9% para evitar que el ordeño sea demasiado agresivo. Si A es demasiado corto, produciremos una especie de shock en el pezón al principio de la succión (Fase B), con el riesgo de dañar el esfínter. Si C es demasiado corto, produciremos un pellizco cuando se inicia el masaje. Al aumentar la relación de pulsación se aumenta también la fase B de “ordeño”, incrementándose el flujo de leche y reduciéndose el tiempo de ordeño (Spencer et al., 2007; Craig et al., 1991).

Las señales indicativas suelen ser las vacas, que se mueven demasiado durante el ordeño. Los pezones están entre rojos y azules y corremos un alto riesgo de dañar el esfínter. Si A y C son demasiado largas, hasta el 15%, el ordeño es lento y el masaje poco eficaz.

Al incrementarse la fase B, el flujo máximo también se incrementa. Esto mismo ocurre si incrementamos el vacío y el vacío residual de masaje (Bade et al., 2009). Por otro lado si la fase D se acorta demasiado (< 150 ms) se dañaría la punta del pezón, asociándose a una mayor prevalencia de mastitis causadas por *Staphilicoccus disgalactiae* y un mayor recuento de células somáticas en tanque (Barkema et al., 1999)

Para mantener las pezoneras con unas propiedades razonablemente adecuadas para el ordeño, los principales fabricantes recomiendan sustituirlas antes de los 2.500 ordeños, las de caucho y de 5.000 ordeños las de silicona. En la práctica no suele ocurrir así, ya que más de la mitad de los ganaderos las cambian con más ordeños de los recomendados

(Bosma, 2008). Esto mismo ocurre en ordeño robotizado, en el cual, todas las vacas pasan por la misma unidad, conociéndose el nº de ordeños exactos al tratarse de un sistema totalmente informatizado donde cada ordeño queda registrado (Neijenhuis and Hillerton, 2002). En ordeño robotizado se utiliza en la misma proporción, pezoneras de caucho y de silicona. Van der Vorst et al. (2003), observaron que los ganaderos con este sistema de ordeño que utilizaban pezoneras de caucho hicieron la sustitución a los 4.636 ordeños de media, mientras que los que utilizaban pezoneras de silicona lo hicieron con 9.579 ordeños de media, esto representa prácticamente el doble de tiempo de lo que se viene aconsejando

No obstante, no hemos encontrado estudios que analicen el envejecimiento de las pezoneras en sistemas de ordeño robotizado. Es por ello que nos hemos planteado su estudio, con el objetivo de analizar cómo se ven afectadas las pezonera en sistemas de ordeño robotizado, ya que algunos de los agentes que les afectan varían mucho con respecto al ordeño convencional (el tiempo de uso, el gas ozono, la grasa, la oxidación, los detergentes y la temperatura).

3.2 MATERIAL Y MÉTODOS

3.2.1 Localización y descripción de la granja

La toma de datos fue realizada en una explotación con un sistema de ordeño robotizado, VMS (DeLaval, Tumba, Sweden) ubicado en la provincia de Lugo. (Figura 79).



Figura 79. Localización de la explotación con SOR.

El SOR es un VMS (DeLaval, Tumba, Sweden). Este SOR está colocado en una estabulación libre con cubículos. La estabulación es totalmente nueva, por lo tanto ya diseñada para ordeñar con un sistema robotizado. En el momento del ensayo había en la explotación 50 vacas en ordeño y 10 secas. El tráfico de las vacas es libre, las vacas con más de 12 horas entre ordeños son consideradas como retrasos y son conducidas al ordeño para que se ordeñen como mínimo 2 veces al día. Los permisos de ordeño se gestionan dependiendo de la producción (leche esperada), de los días en leche y del n° de lactaciones.

La alimentación de las vacas se basa en una ración unifeed en pesebre cuyos componentes principales son silo de maíz, soja, paja, corrector y una parte del concentrado, ya que la otra parte del concentrado es ofrecido de forma individual durante el ordeño en el SOR. Esas cantidades dependen principalmente de los niveles de producción de cada animal, de los días en leche y del estado de gestación del animal (de 1 a 5 kg/día y vaca)

Los datos registrados por el SOR se obtuvieron del software del sistema (DelPro, DeLaval Internacional, Tumba, Sweden).

La pulsación existente en la máquina de ordeño estudiada (SOR) se corresponde con la frecuencia de 60 pulsaciones por minuto y con una relación de pulsación de 65:35.

3.2.2 Documentación para la toma de datos

Se elaboró una plantilla en Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Redmond, USA) Anotando fecha de la toma de muestra, n° de la pezonera, vacío de ordeño, la fuerza necesaria en Kpa para iniciar el movimiento de la pezonera, también denominado critical collapse pressure difference (CCPD) (Schlaiss 1994), la fuerza necesaria en Kpa para que las dos

paredes opuestas se empiezan a tocar, touch point pressure difference (TPPD) (Schlaiss 1994), colapso total de la pezonera, fases de pulsación, duración, nº de ordeños, tiempo dedicado a ordeño, RCS, flujo y producción. Estos datos en su totalidad están recogidos en las Tabla 13,

Tabla 14, Tabla 15 y Tabla 16, a excepción de los valores del inicio del movimiento del 2º ensayo que consideramos que era una medida demasiado subjetiva, al ser muy difícil visualizar el inicio del movimiento.

Se realizaron 2 ensayos con dos juegos de pezoneras nuevas, para recoger una muestra de las bacterias existente en el punto de colapso y para analizar los movimientos de apertura y cierre. El primero comenzó el 28 de marzo y finalizó el 24 de abril del 2011, registrando un total de 7 pruebas y el segundo empezó el 12 de septiembre y finalizó el 14 de octubre del 2011, registrando 9 pruebas. En ambos ensayos las pruebas se realizaron cada 4 días para mantener la escala de tiempo constante.

3.2.3 Material para la recogida de muestras y datos

Para observar los movimientos de las pezoneras, debido a la falta de luz en su interior, fue necesario introducir un Led soldado a una pila botón. Para extraer la muestra de bacterias, y asegurarnos barrer siempre la misma superficie con hisopo de algodón, se implementó una paleta de material plástico, impermeable, flexible, adaptable a la forma de la pezonera y con una superficie calibrada de 2x1 cm y un reborde que hacía tope en la cabeza de la embocadura de la pezonera para asegurarnos la misma profundidad en cada muestra (Figura 80).



Figura 80. Material implementado: paleta, Led e hisopos de algodón.

Par medir los movimientos de la pezonera se utilizaron los siguientes materiales (Figura 81), vacuómetro digital DVPM-01-Alfa Laval Agri, bombeta manual, tubos y accesorios de conexión, cristal de metacrilato. Para medir la pulsación, fases de ordeño y masaje se utilizó un pulsógrafo electrónico PT-V, que comercializa la empresa Medition Precision SL.



Figura 81. Equipamiento para medir los movimientos de la pezonera.

3.2.4 Proceso de recogida de datos y muestras

Se bloqueó la entrada de vacas al sistema para que nos permitiese realizar los ensayos. Se programaba un lavado corto con agua templada a 35°C, sin recirculación y sin productos químicos, con una duración de 4 minutos entre cargar y pasar por todo el circuito de leche. Este lavado sirve

para reducir la carga bacteriana en las pezoneras después del último ordeño (Schuiling and Neijenhuis, 2004). Al realizar el lavado antes de cada ensayo, nos aseguramos que no nos va influir la carga bacteriana que tenga el pezón de la última vaca ordeñada. En esta ganadería nos aseguramos de que los productos químicos empleados en la higienización del equipo de ordeño y del tanque de frío sean los recomendados por la propia marca, para evitar el deterioro prematuro de las partes de goma de toda la instalación.

Identificamos las pezoneras con la misma secuencia de cómo lo hace el programa de gestión del VMS, siendo la primera la trasera derecha, la segunda la trasera izquierda, la tercera la delantera derecha y la cuarta la delantera izquierda.

Se retiró cada una de las pezoneras por separado siguiendo la secuencia anterior e iniciamos las medidas de las fuerzas que actúan en la pezonera de dos formas distintas: la primera medida haciendo vacío por el tubo corto de leche (simulando el ordeño), en cuyo caso utilizamos un metacrilato para crear una situación estanca dentro de la pezonera. Y como segunda forma alternativa de medida, metiendo presión por la cámara de pulsación generada entre el casquillo y la pared exterior de la pezonera (Figura 82).

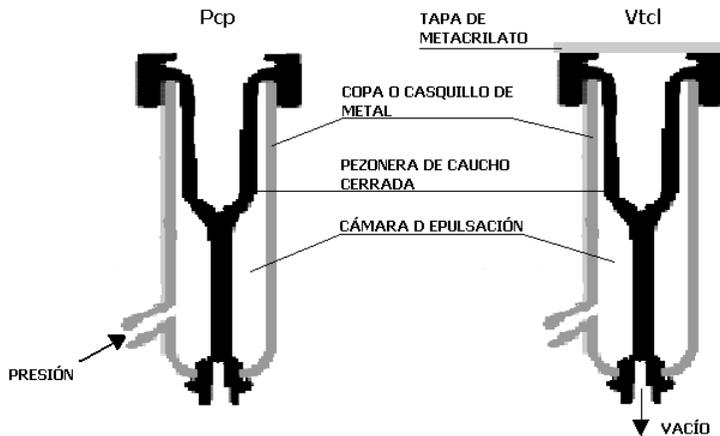


Figura 82. Esquema de las dos formas de medición de los movimientos de la pezonera (Pcp y Vtcl).

La toma de muestras bacteriológica se hizo en la zona de estrés de la goma de la pezonera (Figura 83), ayudados por el hisopo y la paleta (Figura 84). La paleta por su diseño siempre mantenía la misma profundidad dentro de la pezonera, para que el barrido posterior con el hisopo, fuese el mismo en todas las pruebas, ya que el primer punto de contacto de las paredes de la pezonera se produce a 8 cm de la embocadura.

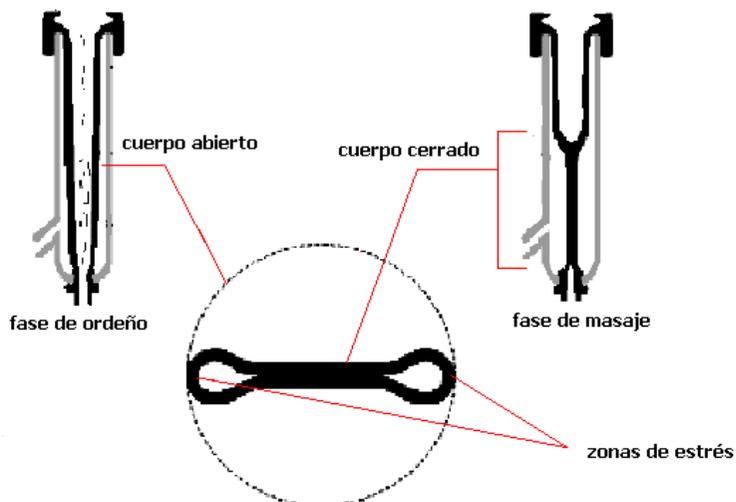


Figura 83. Zona de estrés donde se efectuó el barrido para la toma de muestras.



Figura 84. Proceso de toma de muestras.

Finalizada la toma de muestras recolocamos cada una de las pezoneras en su sitio para medir las fases de pulsación, finalmente restablecemos el sistema de ordeño VMS, para dejar que los animales se ordeñen con normalidad.

3.2.5 Envío de muestras al laboratorio.

Una vez en el laboratorio han efectuado los recuentos bacteriológicos directamente en placa Petri en el primer ensayo, contabilizando las colonias de bacterias que tienen crecimiento, se evalúan los resultados. Así, en el segundo ensayo para disponer de unos datos numéricos más amplios, se solicita al laboratorio la posibilidad de efectuar diluciones para que el recuento numérico supere las 300 ufc/cm^2 .



La secuencia de los pasos dados en el laboratorio Lema & Bandin para determinar el recuento de bacteriología en la superficie de pezoneras fueron Figura 85; Recepción de la muestra en el laboratorio, registro de las

muestras en el soporte informático asignándole un código numérico, identificación de la muestra con dicho código y almacenamiento en refrigeración hasta análisis. Finalmente se realiza la siembra de la muestra en agar nutritivo (PCA) de la muestra pura. Al mismo tiempo se hacen diluciones en agua de peptona. Siembra de las diluciones. Todas las siembras se hacen por duplicado y por siembra en superficie. Se incubaron las placas a $36^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas. Una vez transcurrido el tiempo se realiza el recuento de los aerobios que han crecido en las placas, expresando el resultado en ufc/cm².

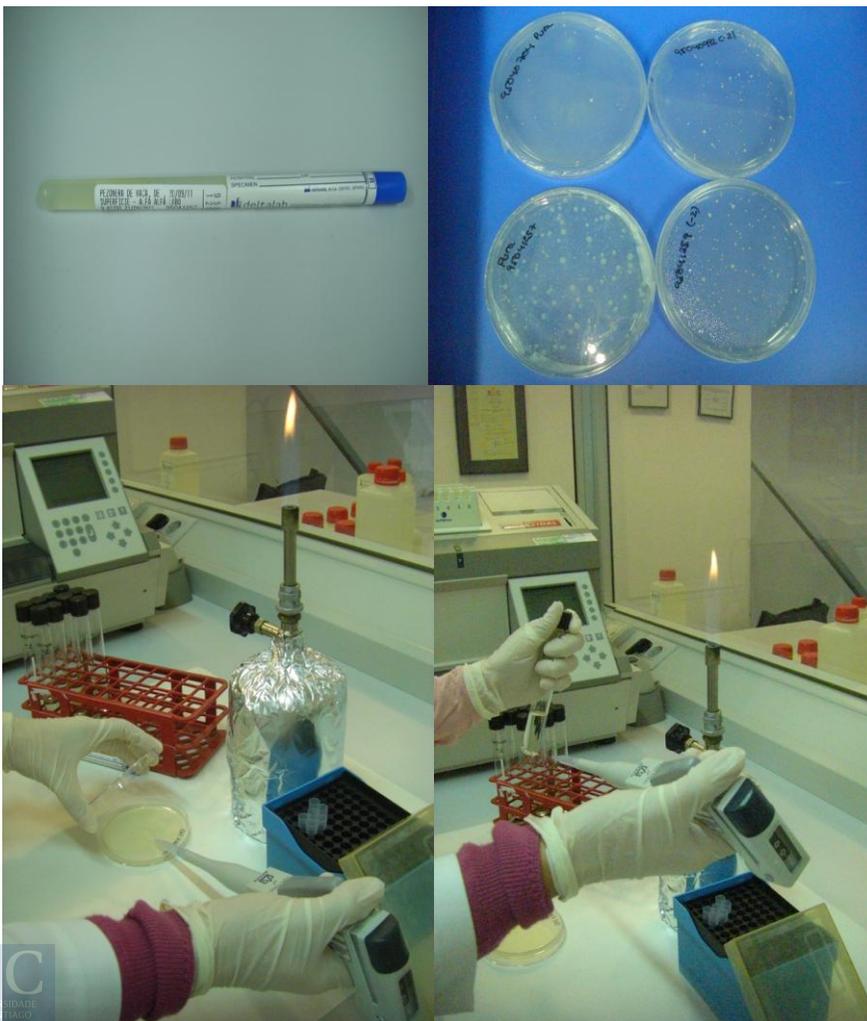


Figura 85. Pasos realizados en el laboratorio para el análisis bacteriológico.

3.2.6 Tratamiento de datos y de muestras

Los datos han sido tratados con Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Redmond, USA) y un análisis estadístico fue realizado usando SPSS 17.0.0 para Windows (SPSS, 2008), comparando los estadísticos descriptivos de los valores obtenidos realizando los ensayos aplicando vacío por tubo corto de leche (**Vtcl**) con los obtenidos al realizar el ensayo aplicando presión por cámara de pulsación (**Pcp**)

Con la intención de observar con claridad las diferencias obtenidas, se han superpuesto las gráficas de pulsación del principio y del final del ensayo. También se observaron y registraron los cambios en la pezonera, como deformación en el labio de la embocadura y cuerpo. Las diferencias estadísticas fueron contrastadas a partir de un análisis ANOVA de un factor con la prueba de Scheffe.

3.2.7 Comparación microscópica

Las variaciones de las condiciones físicas de las pezoneras también se pueden determinar mediante fotografías ((Heckmann and Noorlander, 1980). De esta manera, podremos observar directamente su apariencia interior y comparar si existe alguna deformación debido al uso. Concretamente usando un escaneo con microscopía electrónica podemos observar al máximo detalle dichos cambios. Para ello se han sometido a los seis aumentos diferentes, las cuatro muestras:

Control (pezonera nueva)

Zona de no trabajo y no estrés (pezonera usada)

Zona de trabajo y estrés del primer ensayo (pezonera usada)

Zona de trabajo y estrés del segundo ensayo (pezonera usada)



3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.3.1 Fuerzas en las pezoneras

La medida de la CCPD aplicando vacío por el tubo corto de leche (Vtcl) demuestra que las pezoneras hacen su trabajo con menor vacío según se van usando. En el primer ensayo, al principio requieren 12 kPa y después de +/- 4.000 ordeños solo 11 kPa. Y en el segundo ensayo, va desde 12 kPa al principio a los 10,5 kPa después de 4.800 ordeños (Figura 86 y Figura 87).

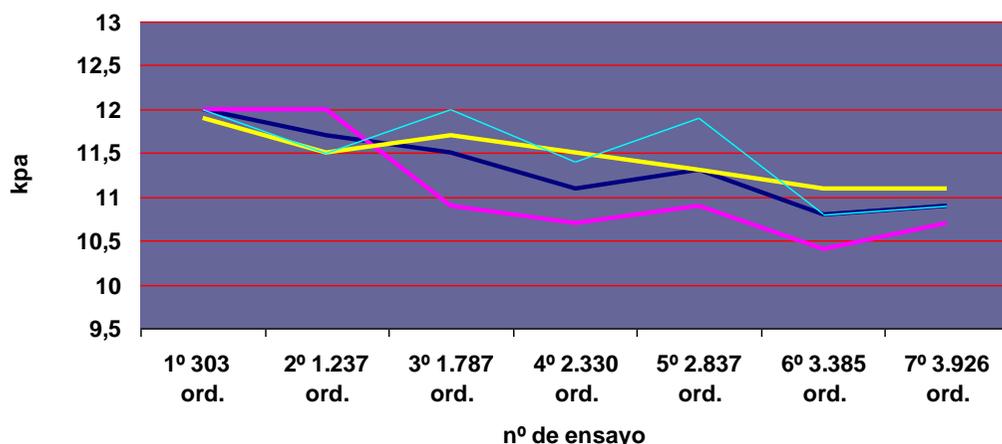


Figura 86. Resultados del primer ensayo. Fuerzas en el primer punto de contacto, medido en Vtcl, en las 4 pezoneras del SOR (—1º TD, —2º TI, —3º DD, —4º DI).

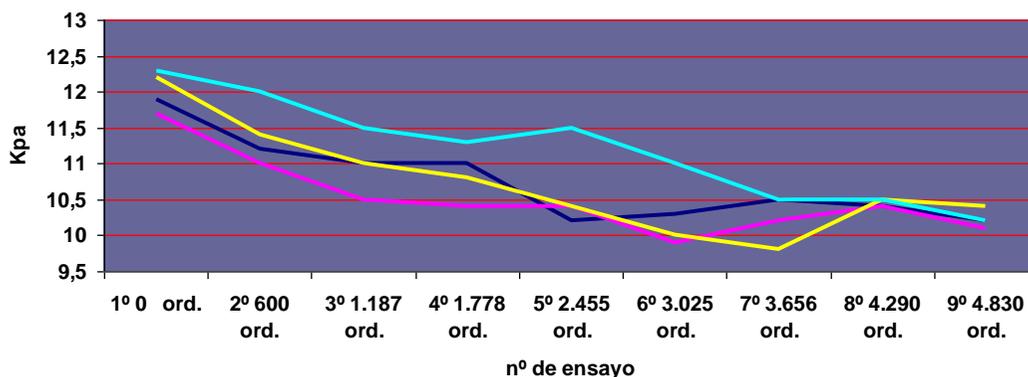


Figura 87. Resultados del segundo ensayo. Fuerzas en el primer punto de contacto, medido en Vtcl, en las 4 pezoneras del SOR (—1º TD, —2º TI, —3º DD, —4º DI).

La medida de la CCPD aplicando presión en la cámara de pulsación (Ptcp) también muestra que las pezoneras hacen su trabajo con menor presión según se van usando. En el primer ensayo, al principio requieren 12,5 kPa y después de +/- 4.000 ordeños solo 11,5 kPa y en el segundo ensayo, va desde 12,2 kPa al principio a los 10,25 kPa después de 4.800 ordeños (Figura 88, Figura 89).

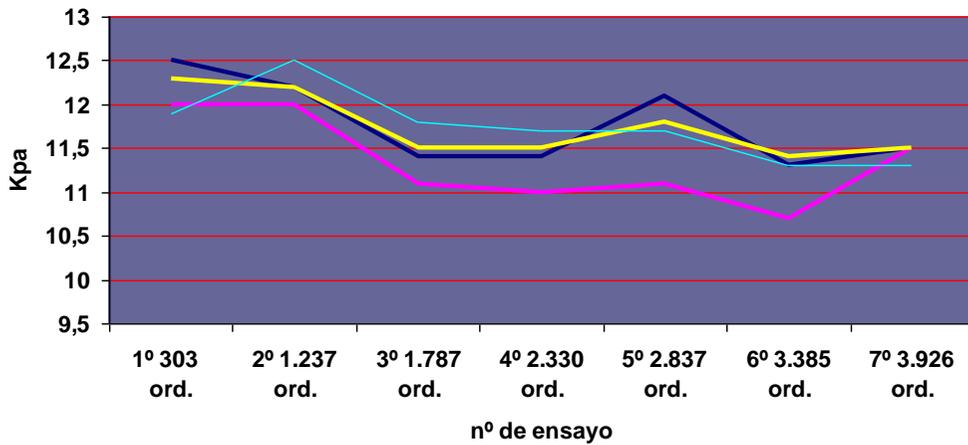


Figura 88. Resultados del primer ensayo. Fuerzas en el primer punto de contacto, medido en Pcp, en las 4 pezoneras del SOR. (—trasera derecha (TD), —Trasera izquierda (TI), —delantera derecha (DD), —delantera izquierda (DI)).

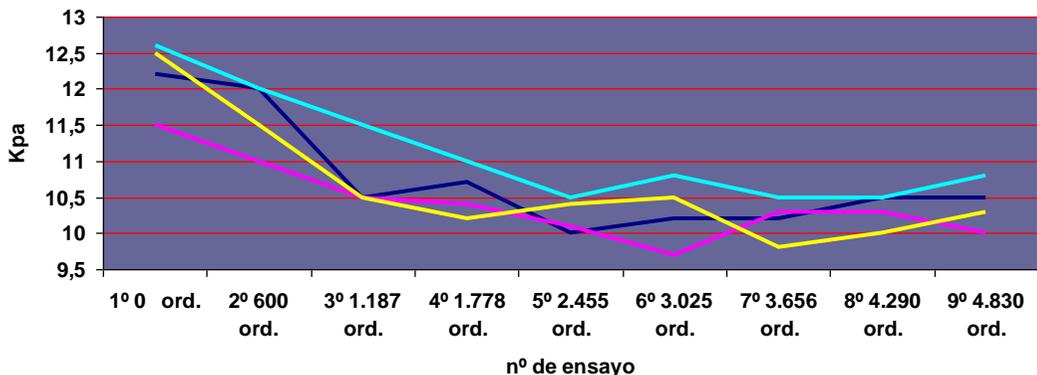


Figura 89. Resultados del segundo ensayo. Fuerzas en el primer punto de contacto, medido en Pcp, en las 4 pezoneras del SOR. (—trasera derecha (TD), —Trasera izquierda (TI), —delantera derecha (DD), —delantera izquierda (DI)).

Ambos ensayos (Vtcl y Ptcp), muestran una tendencia numéricamente descendente, con diferencias estadísticamente

significativas, en presión negativa (vacío) y positiva (presión) a medida que las pezoneras incrementan sus horas de uso si bien los datos numéricos, expresados en valor absoluto, difieren en cuantía (Tabla 6)

Así pues ambos ensayos ponen de manifiesto la misma tendencia, si bien la medida del Vtcl se asemeja más a la situación real en condiciones de ordeño.

Tabla 6. Diferencias estadísticas para las medias del primer ensayo. Fuerzas medias en el primer punto de contacto, medidas en Pcp y Vtcl.

1° ensayo	Día de ensayo/N° de ordeños							
Parámetro	1°/303	2°/1237	3°/1787	4°/2330	5°/2837	6°/3385	7°/3926	P-valor
Vtcl (kPa)	11,97 ^a	11,67 ^{ab}	11,52 ^{abc}	11,17 ^{abc}	11,35 ^{abc}	10,77 ^c	10,9 ^{bc}	0,000
Pcp (kPa)	12,50 ^a	12,22 ^{ab}	11,45 ^{bc}	11,40 ^{bc}	11,57 ^{bc}	11,22 ^c	11,27 ^c	0,000

^{a-c} Promedios en la misma fila con diferentes superíndices difieren entre sí ($P < 0,005$)

Vtcl: Vacío por tubo corto de leche; **Pcp:** Presión por cámara de pulsación.

Las diferencias son significativas a partir de los 3.400 ordeños midiendo Vtcl y a partir de los 1.800 ordeños midiendo Pcp, en el primer ensayo y a partir de los 2.500 y los 1.200, respectivamente, en el segundo ensayo (Tabla 7).

Tabla 7. Diferencias estadísticas para las medias del 2° ensayo. Fuerzas medias en el 1° punto de contacto, medidas en Pcp y Vtcl.

2° ensayo	Día de ensayo/N° de ordeños									
Parámetro	1°/0	2°/600	3°/1187	4°/1778	5°/2455	6°/3025	7°/3656	8°/4290	9°/4830	P-valor
Vtcl (kPa)	12,02 ^a	11,40 ^{ab}	11,00 ^{abc}	10,87 ^{abc}	10,62 ^{bc}	10,30 ^{bc}	10,25 ^{bc}	10,45 ^{bc}	10,22 ^c	0,000
Pcp (a)	10,20 ^a	11,62 ^{ab}	10,75 ^{bc}	10,57 ^{bc}	10,25 ^c	10,30 ^c	10,20 ^c	10,32 ^c	10,40 ^c	0,000

^{a-c} Promedios en la misma fila con diferentes superíndices difieren entre sí ($P < 0,005$)

Vtcl: Vacío por tubo corto de leche; **Pcp:** Presión por cámara de pulsación

3.3.2 Bacterias en la superficie interna de la pezonera

Los resultados de los análisis bacteriológicos muestran ausencia de crecimiento en las cuatro pezoneras, tanto en la primera (303 ordeños) como en la segunda toma de muestras (1.237), sin embargo, en la 3° toma de muestras (1.787 ordeños) todas las pezoneras presentan crecimiento, notablemente superior en la pezonera DI con más de 300 ufc/ cm². En las

pezoneras DD, TI y TD el patrón de comportamiento es prácticamente idéntico, ausencia de crecimiento hasta la tercera muestra, incremento gradual hasta la quinta y fuerte crecimiento en la sexta y séptima muestra, (Figura 90). Los resultados coinciden con lo observado en otras investigaciones (Whittlestone, 1958; Claydon, 1953), y ponen en evidencia un crecimiento progresivo del nº de bacterias a medida que aumenta el número de ordeños realizado por la pezonera.

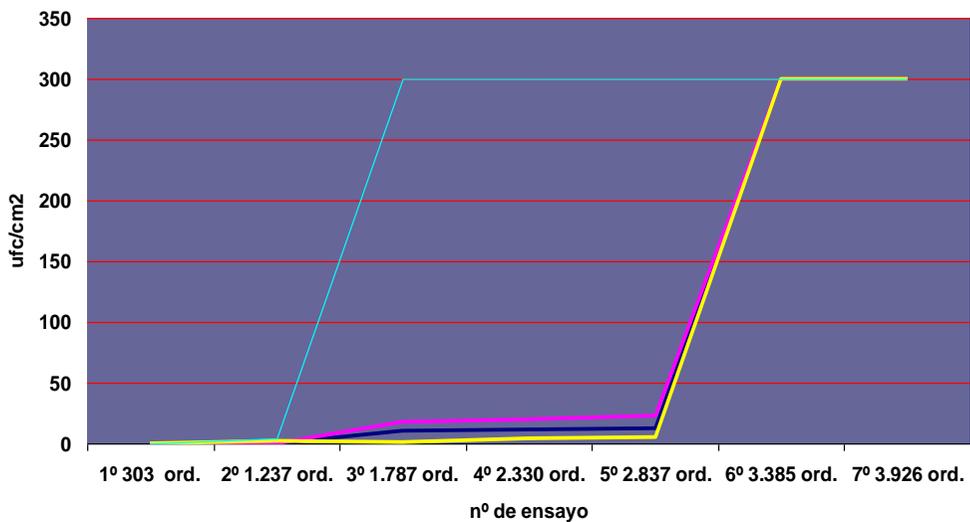


Figura 90. Resultados bacteriológicos del primer ensayo en las 4 pezoneras del SOR. (—trasera derecha (TD), —Trasera izquierda (TI), —delantera derecha (DD), —delantera izquierda (DI)).

Debido a la metodología seguida en el laboratorio para analizar las muestras del primer ensayo, el recuento se vio limitado a 300 ufc/cm^2 . El cultivo en placa Petri fue tal que solo permitía contabilizar hasta un máximo de 300 ufc/cm^2 , aunque fuese mayor. Observada esta situación se ha seguido para el segundo ensayo otra metodología consiste en hacer diluciones previas que después serán tenidas en cuenta para el cálculo final, de forma que se pudiesen cuantificar así recuentos superiores a las 330 ufc/cm^2 .

En el segundo ensayo (Figura 91), se muestran los resultados bacteriológicos para las 4 pezoneras con un uso total de 4.830 ordeños. La primera toma de muestras se realizó coincidiendo con el cambio de pezoneras (0 ordeños). Como era de esperar en esta primera toma de muestras no se registró ningún crecimiento, pero a partir de la segunda ya se observan crecimientos bacteriológicos significativos. Estos mantienen un crecimiento exponencial a lo largo de las sucesivas muestras, llegando a su valor máximo en el último muestreo con valores que van desde 4.000 hasta 6.000 ufc/cm² entre las diferentes pezoneras. En el estudio de Thum, 1975 se evidenciaba que se producía una explosión en el crecimiento a partir de las 1.750 horas de uso. En nuestro estudio como se observa en la Figura 91 el crecimiento exponencial se produce a partir de los 3.000 ordeños.

Este desfase en la forma de crecimiento entre el estudio de Thum, 1975 y este, puede ser debido a que Thum lo hizo sobre máquinas de ordeño convencionales donde el n° de ordeños se producía en espacios de tiempo mucho más largos. En esas 1.750 h han pasado +/- 435 días, (según el tiempo de cada ordeño/día) y durante ese tiempo da lugar a que otros agentes externos interactúen en el estudio como, los productos químicos, el ozono, etc. Sin embargo, en el estudio que nos ocupa al ser un SOR el uso y desgaste de las pezoneras ocurre en un espacio de tiempo más corto ya que cada día lo normal es que haga +/-180 ordeños. Y que si lo comparásemos literalmente con el estudio que hizo Thum, con las mismas 1.750 h (crecimiento exponencial) daría lugar a 13.125 ordeños, siendo este número muy elevado y de mucho riesgo en unas pezoneras de caucho, ya que lo normal es que se rompan antes.



Como observamos en nuestro estudio realizado sobre pezoneras de caucho y en ordeño robotizado, el crecimiento exponencial comienza a

partir de los 3.000 ordeños coincidiendo este valor aproximadamente con la edad de sustitución de los fabricantes (2.500 ordeños). Sustituciones más tardías en pezoneras de caucho pueden dar lugar a incrementos de RCS en tanque. En ganaderos con sistemas de ordeño robotizado suelen ser comunes estas sustituciones tardías, con un promedio de 4.636 ordeños (van der Vorst et al., 2003). A este niveles de uso en nuestro estudio se reflejan unos recuentos muy altos en ufc/cm².

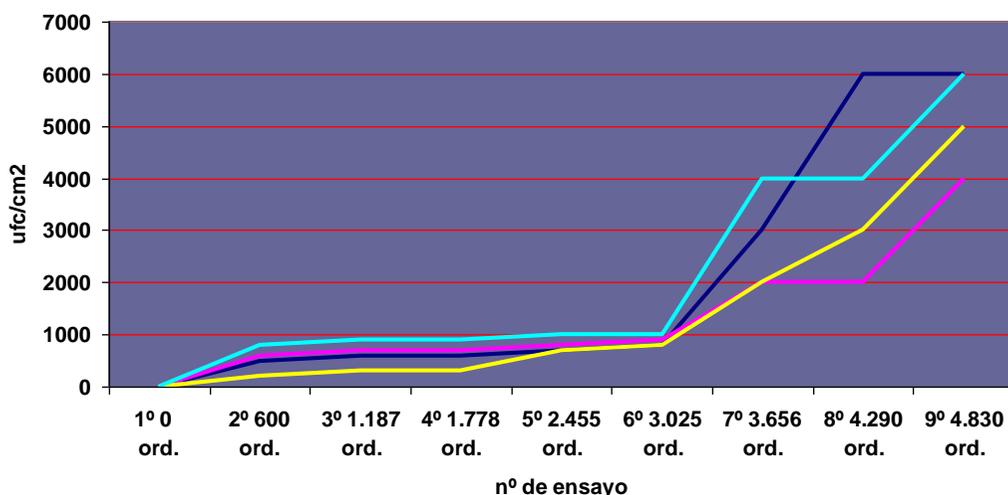


Figura 91. Resultados bacteriológicos del segundo ensayo en las 4 pezoneras del SOR. (—traseira derecha (TD), —Traseira izquierda (TI), —delantera derecha (DD), —delantera izquierda (DI)).

Tabla 8. Diferencias estadísticas para las medias de datos bacteriológicos del primer ensayo.

1º ensayo	Día de ensayo/Nº de ordeños							
Parámetro	1º/303	2º/1237	3º/1787	4º/2330	5º/2837	6º/3385	7º/3926	P-valor
Bacterias (ufc/cm ²)	0,00 ^a	1,50 ^a	82,25 ^{ab}	83,75 ^{ab}	85 ^{ab}	300 ^b	300 ^b	0,000

^{a-c} Promedios en la misma fila con diferentes superíndices difieren entre sí ($P < 0,005$)

Tabla 9. Diferencias estadísticas para las medias de datos bacteriológicos del segundo ensayo.

2º ensayo	Día de ensayo/Nº de ordeños									
Parámetro	1º/0	2º/600	3º/1187	4º/1778	5º/2455	6º/3025	7º/3656	8º/4290	9º/4830	P-valor
Bacterias (ufc/cm ²)	0,50 ^a	525 ^{ab}	625 ^{ab}	625 ^{ab}	800 ^{ab}	875 ^{ab}	2750 ^{bc}	3750 ^{cd}	5250 ^d	0,000

^{a-c} Promedios en la misma fila con diferentes superíndices difieren entre sí ($P < 0,005$)

En cuanto a la bacteriología, las diferencias significativas se observaron a partir de los 3.400 ordeños en el primer ensayo (Tabla 8) y en los 3.600 ordeños en el segundo ensayo (Tabla 9). Con estos resultados estadísticos observamos que en una pezonera la sustitución de la misma llega antes por culpa de la carga bacteriana que por el desfase de su comportamiento mecánico.

3.3.3 Evaluación microscópica

Las pezoneras en su superficie interna tienen distribuido un “pavón” o cera para su protección. En la muestra control (Figura 92) se observa una distribución uniforme de unas placas de tamaño regular entre ellas. En la muestra del primer ensayo, en la zona de menor trabajo (Figura 93) se encuentra una estructura similar a la que presenta la pezonera sin usar (control) además de no presentar ningún tipo de grieta. Aquí, en la zona de menor estrés las placas por zonas ya son de menor tamaño, mostrando una segregación de las mismas, posiblemente hacia zonas cercanas al área de verdadero trabajo y estrés. Parece como si esas placas se fueran rompiendo con el uso y más cuanto más nos acercamos a la zona de estrés. Las muestras del primer y segundo ensayo son muy similares entre sí. Ambas muestras presentan grietas (fotografiadas horizontalmente) (Figura 94, y Figura 95), unas placas totalmente disgregadas y una superficie que parece más rugosa. Según otros estudios que ya usaron escaneo de microscopía electrónica, las grietas aparecían en las gomas a partir de los 1.000 ordeños, siendo este un excelente reservorio para los microorganismos dañinos. Su mayor o menor número de grietas se ve muy influenciado por el material de fabricación (Heckmann and Noorlander, 1980).

 Las pezoneras después del primer colapso se cierran siempre en el mismo plano (Neijenhuis and Hillerton, 2002). Con el uso, las pezoneras sufren deformaciones. La primera que se observa es una forma ovalada en

todo el cuerpo de la pezonera. Esta puede llegar a ser de 4 mm de diferencia entre los dos ejes de colapso (X e Y), después de 2.500 ordeños (Boast et al., 2008). Por supuesto que las pezoneras usadas pueden funcionar de una manera satisfactoria, teniendo un comportamiento en cuanto a sus movimientos muy parecido a una pezonera nueva, pero son más susceptibles de una contaminación bacteriana (Claydon, 1953).

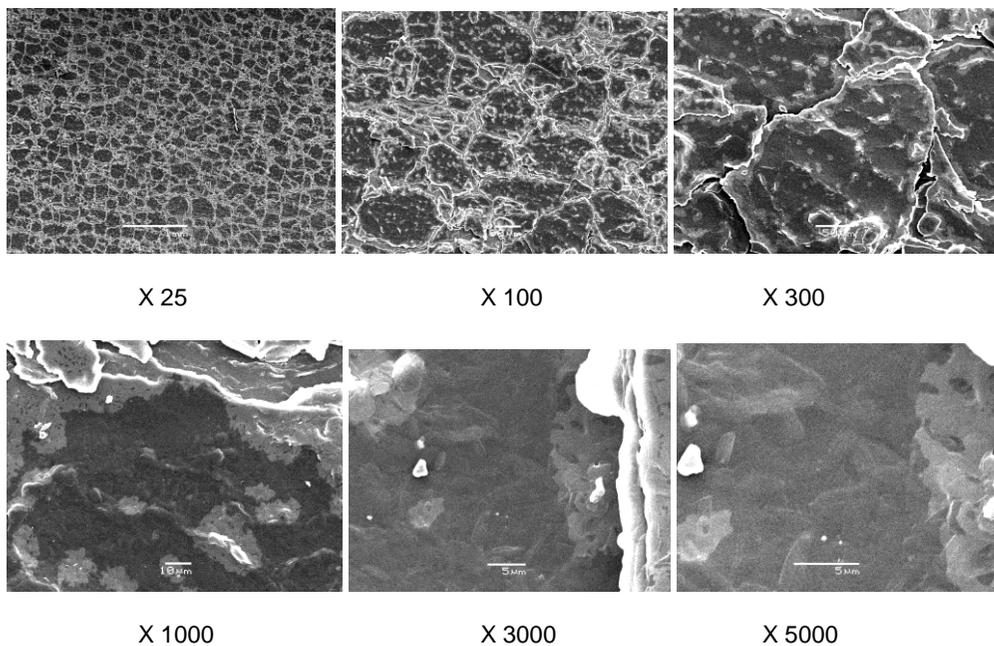


Figura 92. Microscopía de escáner electrónico a diferentes aumentos de una pezonerera sin uso (control).

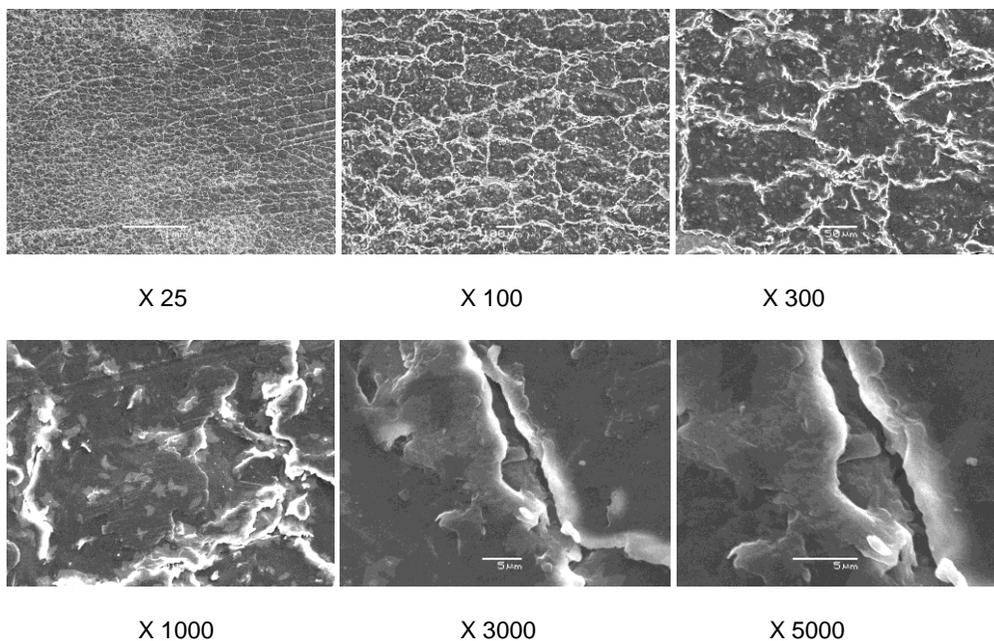


Figura 93. Microscopía de escáner electrónico a diferentes aumentos de una pezonerera usada, primer ensayo (3.926 ordeños) y zona de no estrés.

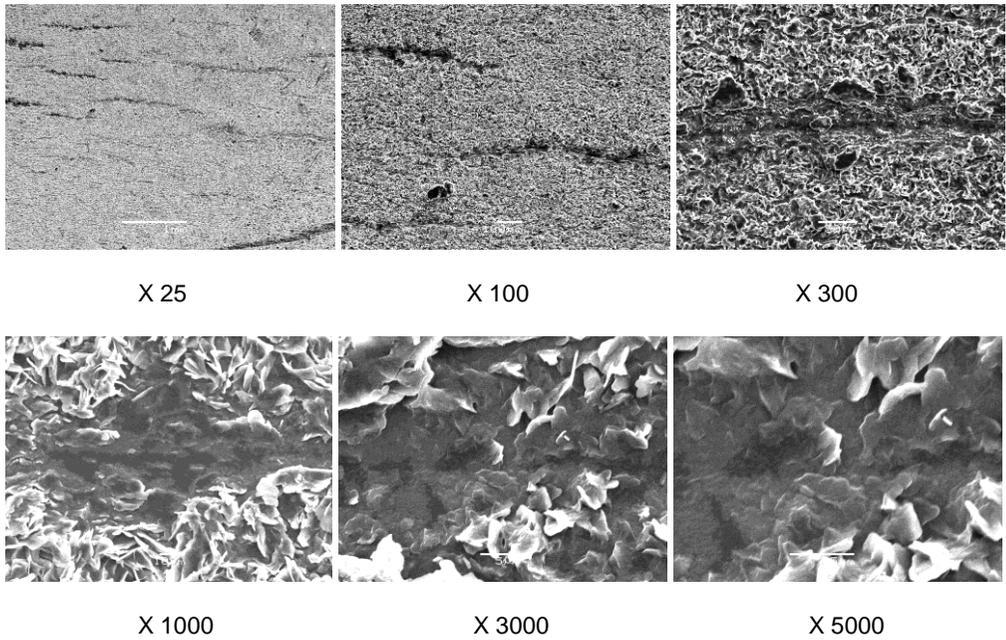


Figura 94. Microscopía de escáner electrónico a diferentes aumentos de una pezonera usada, primer ensayo (3.926 ordeños) y zona de estrés.

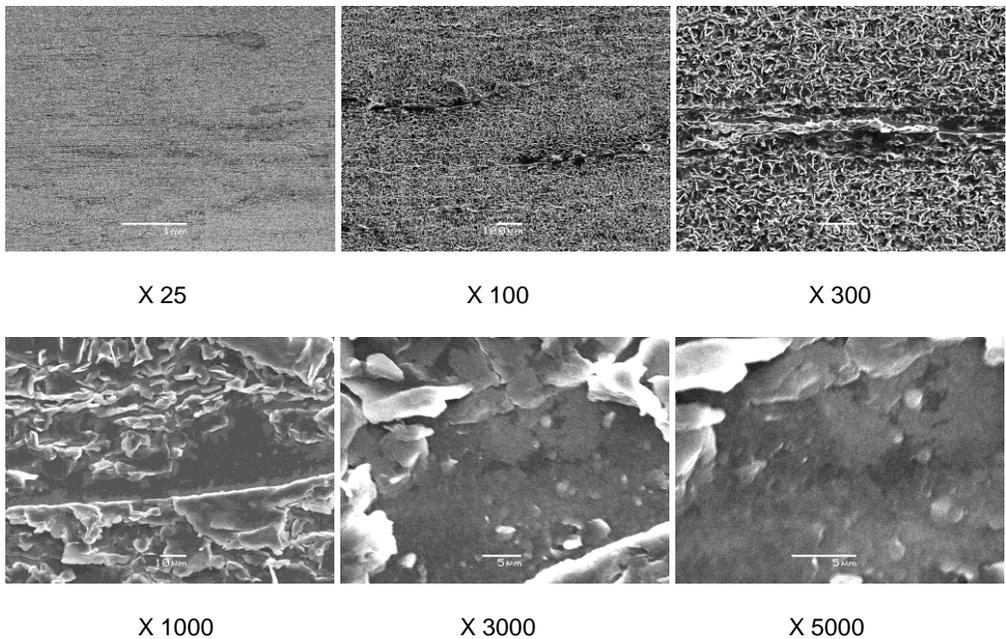


Figura 95. Microscopía de escáner electrónico a diferentes aumentos de una pezonera usada, segundo ensayo (4.830 ordeños) y zona de estrés.

3.3.4 Repercusiones del uso de la pezonera sobre las fases del ordeño

La pulsación existente en la máquina de ordeño estudiada (SOR) se corresponde con la frecuencia de 60 pulsaciones por minuto y con una relación de pulsación de 65:35. Se observó que cumplen la normativa vigente (UNE 68050, 1998 e ISO 5707:2007:

Frecuencia de pulsación: Tolerancia de +/-3 ciclos/minuto

Relación de pulsación: Tolerancia de +/-5% de los valores dados por el fabricante.

Fases de pulsación: Fase “b” >30% del ciclo de pulsación y fase “d” > 15% del ciclo de pulsación o 150 ms.

Comparando las curvas de pulsación entre pezoneras nuevas y la de las pezoneras usadas, se puede observar que las fases “a” y “d” disminuyen, mientras que las fases “b” y “c” aumentan con el uso de la pezonera (Figura 97).

Esto vendría a corroborar lo ya apuntado en la medición de las fuerzas de colapso de las pezoneras, confirmando que con el uso la goma se vuelve más dócil y requieren menos fuerza para moverse ya que la docilidad implica memoria de trabajo, siempre doblan de la misma manera y por el mismo sitio, coincidiendo con lo apuntado por Neijenhuis and Hillerton (2002), referente a que las pezoneras después del primer colapso se cierran siempre en el mismo plano.

El que la fase “a” disminuya, puede ser debido a que con el uso recupera más rápidamente su posición original (abierta), y el incremento que sufre la fase “b” es básicamente para compensar la fase “a”. En la fase “c” ocurre lo contrario que en la fase “a”. Le lleva más tiempo cerrar del todo, la goma es obligada a ir a una posición antinatural y seguramente por ser más dócil se crean irregularidades en el movimiento de la goma y tarda

más en cerrarse. Estas diferencias no son suficientemente grandes como para aseverar que siempre va ocurrir lo mismo con el uso. Puede que incluso la sensibilidad de los propios aparatos de medición influya en ambos sentidos. De todas formas podemos valorar nuestros resultados al tratarse de datos reales en campo y que coinciden con algunos de los autores antes mencionados.

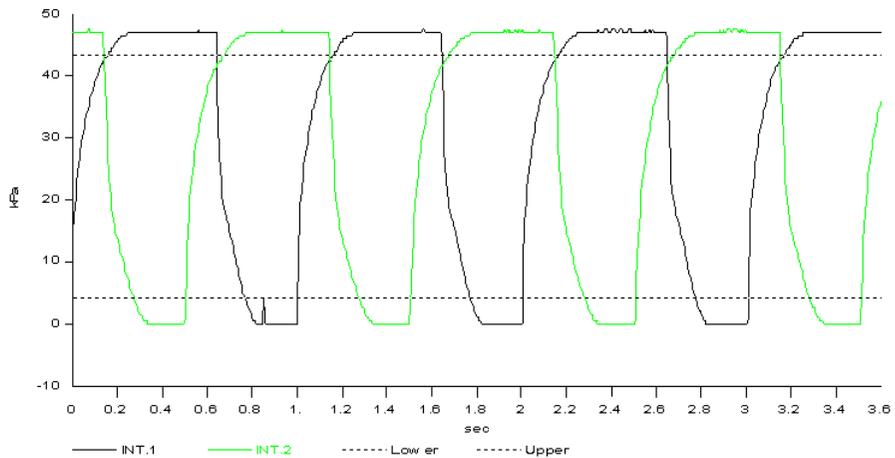


Figura 96. Gráficos de pulsación.

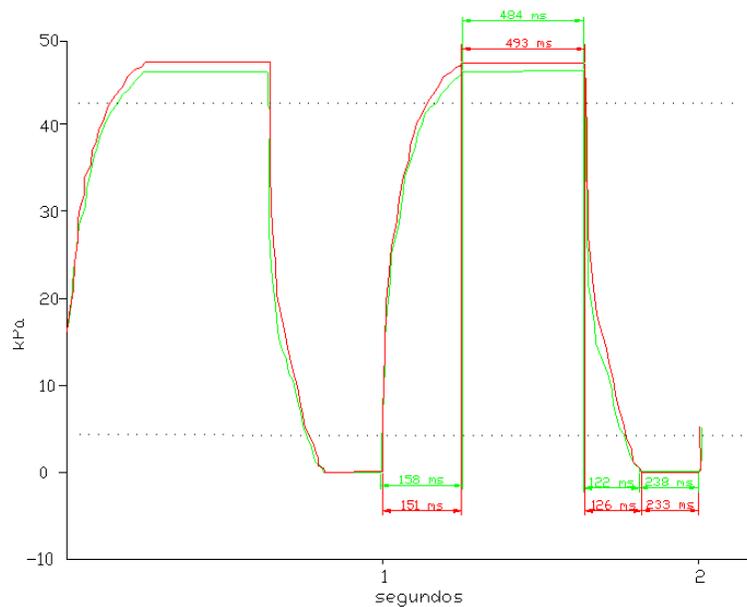


Figura 97. Gráficos de pulsación en pezoneras nuevas (→) y pezoneras usadas (→) después de 23 días y 3.385 ordeños.

Al estudiar estos cambios que ocurren por el uso y se observan en las gráficas de pulsación, podemos concluir que las pezoneras usadas (hasta un determinado nº de ordeños, 3.385) tienen un comportamiento durante el ordeño muy bueno, incluso hacen que el tiempo de ordeño por vaca sea algo más corto ya que hay más ordeño neto al disminuir la fase “a” y aumenta la “b”. Hay un masaje más suave al aumentar la fase “c”, es decir, en este caso la pezonera pasa de estar abierta a cerrada en 126 ms y de nueva lo hace en 122 ms (tarda 4 ms más) (Tabla 10). Los resultados de la Tabla 10 son del primer ensayo, en el cual estudiamos el comportamiento de las pezoneras hasta los 3.926 ordeños.

Hay que pensar que un buen masaje es parte esencial de un ordeño correcto, porque durante el masaje es cuando recuperan los tejidos del pezón el riego sanguíneo y la consistencia de los tejidos propios del pezón.

Por el contrario, hay otros casos en los que las pezoneras son de otro material distintos al caucho, y con el uso la fase “c” disminuye mucho, dando lugar a pellizcos en los pezones, haciendo un ordeño muy molesto para los animales (la transición de abierta a cerrada se hace demasiado rápido).

Tabla 10. Duración de las fases de pulsación en el 1º ensayo (3.926 ordeños).

Pezoneras	Uso	Fases pulsación (ms)			
		A	B	C	D
4 ^a	0 ordeños	158	484	122	238
	3.926 ordeños	151	493	126	233
3 ^a	0 ordeños	167	475	128	233
	3.926 ordeños	163	478	134	227
2 ^a	0 ordeños	156	486	123	237
	3.926 ordeños	151	491	128	232
1 ^a	0 ordeños	167	476	126	234
	3.926 ordeños	166	476	133	228

Puede que este comportamiento seguirá siendo así hasta un límite en el que la elasticidad de la goma sea tal que se produzca elongación, endurecimiento o incluso rotura y se dea la situación inversa, donde se incrementará la fase de ordeño ó “b” y se acortará la de masaje o “d”, dando lugar a ordeños más lentos. En el segundo ensayo de este estudio se forzarán las pezoneras a un mayor nº de ordeños, 4.830 ordeños, unos 870 ordeños más que en el primer ensayo. Con esto intentamos ver el comportamiento mecánico de las pezoneras con un uso fuera de lo común (casi el doble de lo recomendado para estos casos, 2.500 ordeños). Los datos referentes a la duración de las fases de pulsación del segundo ensayo se muestran en la Tabla 11 y no son concluyentes ya que las cuatro pezoneras se comportan de forma diferente a lo que cabía esperar. Esto puede ser motivado por una mala alineación de los tubos de leche o incluso un desajuste de la propia máquina de medición.

Tabla 11. Duración de las fases de pulsación en el 2º ensayo (4.830 ordeños).

Pezoneras	Uso	Fases pulsación (ms)			
		A	B	C	D
4 ^a	0 ordeños	126	518	106	253
	4.830 ordeños	121	522	103	256
3 ^a	0 ordeños	136	506	108	252
	4.830 ordeños	140	500	108	254
2 ^a	0 ordeños	120	523	105	255
	4.830 ordeños	128	515	108	251
1 ^a	0 ordeños	138	502	108	254
	4.830 ordeños	136	505	112	249

Los flujos medios del rebaño con dependencia del uso de las pezoneras fueron también estudiados en ambos ensayos. Obsérvense la Figura 98 y Figura 99, que se corresponden respectivamente con el primer y el segundo ensayo realizados en este estudio. En el primer ensayo el flujo se incrementa con ese uso (3.926 ordeños). Pero si se sigue usando la

pezonera ocurre lo que se puede observar en el segundo ensayo (4.830 ordeños), que con un sobre uso el comportamiento mecánico de las pezonera afecta negativamente al ordeño, descendiendo el flujo. Aún así no hay que olvidar que los datos de estos dos ensayos proceden cada uno del estudio continuo de todo un mes y ello puede estar afectado por diversos factores. La frecuencia de ordeños por vaca puede variar de un día a otro variando así el flujo de leche. O los días en leche medios del rebaño, que pudieron variar entre el 1º ensayo y el 2º ensayo, afectando al flujo de leche.

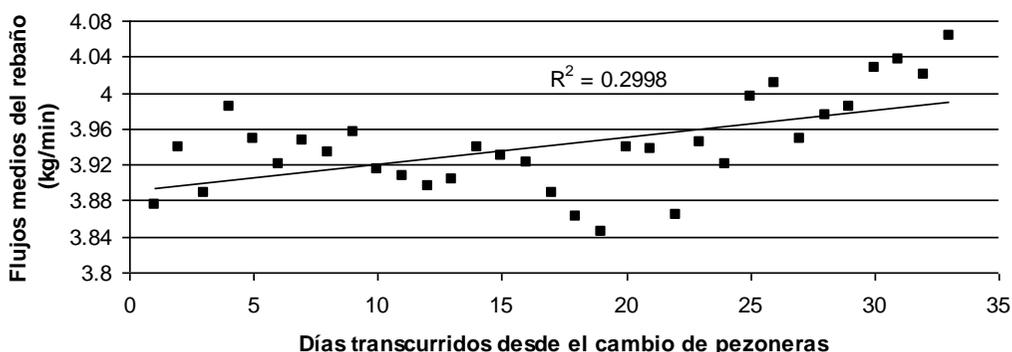


Figura 98. Flujos medios del rebaño en función del uso de las pezoneras (1º ensayo).

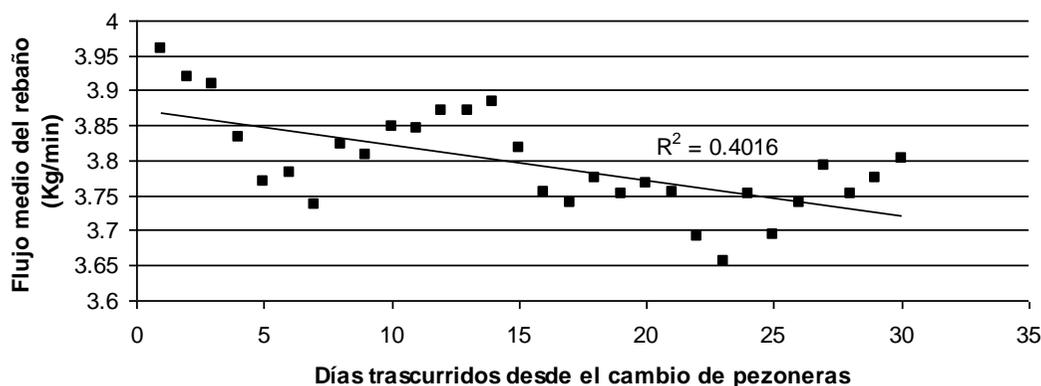


Figura 99. Flujos medios del rebaño en función del uso de las pezoneras (2º ensayo).



Una vez visto el comportamiento de las pezoneras y los flujos en los dos ensayos realizados, y que como los resultados entre ellos fueron

diferentes, hemos estudiado el comportamiento medio de todos los juegos de pezoneras utilizados durante el año 2011. Estas diferencias que encontramos en los flujos respecto al uso ya fueron encontradas si comparamos diferentes estudios anteriores. Por ejemplo Davis et al., 2000, manifestaban que se producía una bajada del flujo medio de leche de hasta 0,3 kg/min en pezoneras viejas. Sin embargo Bade et al ., 2009 manifestaban que al producirse el incremento de la fase “b”, el flujo se incrementaba.

Tabla 12. Resumen de los cambios de pezoneras y los ordeños de cada juego.

Cambio de cada juego de pezoneras en 2011	Días de uso de cada juego de pezoneras	Ordeños de cada juego de pezoneras
18/02/2011	0	0
26/03/2011	36	5.400
24/04/2011	29	3.926
02/06/2011	39	4.850
21/07/2011	49	7.350
12/09/2011	53	7.950
14/10/2011	32	4.830

En la Figura 100, se ha partido del flujo medio del rebaño por día, en cada uno de los 6 períodos entre los 7 juegos diferentes de pezoneras utilizadas durante el año 2011 (Tabla 12). Dependiendo de los días de uso de cada pezonera, se realizó la media de los flujos medios. En nuestro estudio también se observa un incremento de flujo medio del rebaño dependiente del uso de las pezoneras, es decir, que con el uso, estas pezonera se hace más blandas y como hemos visto en la Tabla 10 la duración de las fases de pulsación, la fase “b” o de ordeño, se incrementa dando lugar a más ordeño neto y por ello más flujo de leche. Este resultado anual coincide con lo mostrado durante nuestro primer ensayo. Pero al

tratarse de unas medias anuales, esto no quiere decir que algún juego de pezoneras, y sobretodo cuando puedan ser estas mucho más usadas de lo normal, se comporten de manera que lleguen a alargar el tiempo de ordeño medio del rebaño.

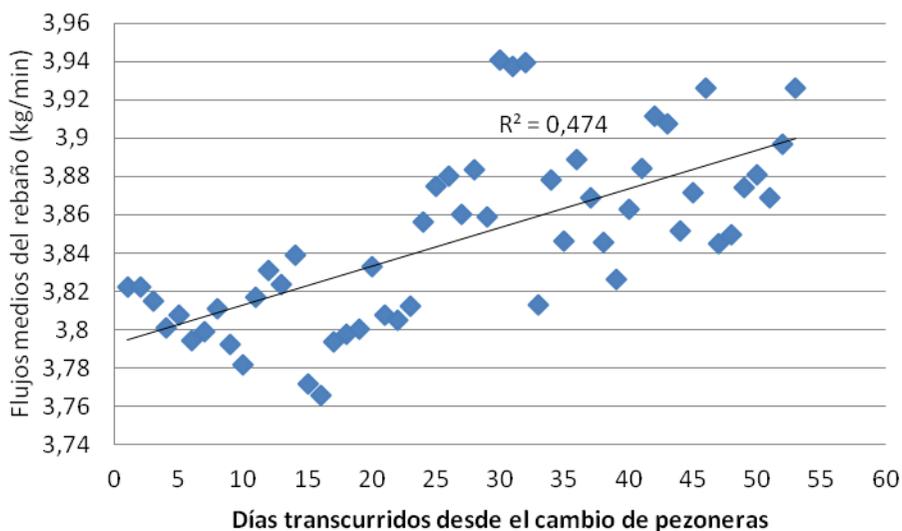


Figura 100. Flujos medios del rebaño en función del uso de las pezoneras.

3.4 CONCLUSIONES

Se observa que con el uso las pezoneras tienen una menor resistencia a la apertura y cierre y siempre lo hacen de la misma forma (memoria de trabajo). Siempre que no se exceda de 4.800 ordeños porque entonces es cuando la fase “c” crece en detrimento de la de la “d” o de masaje y esto hace que el flujo de leche baje y el ordeño se haga más lento.

A medida que aumenta el nº de ordeños la superficie de contacto se agrieta cada vez más y alberga un mayor número de colonias bacterianas, siendo estas muy significativas entre los 3.400 y 3.600 ordeños.

USC No sólo se debe de hacer la sustitución de las mismas basándonos en el comportamiento mecánico, sino que hay otros factores que son tan importantes como por ejemplo la rugosidad interior que alberga carga

bacteriana en esa superficie. Para poder producir leche de calidad y mantener una buena salud de ubre de forma constante, es necesario susutituir las pezoneras según aconseja el fabricante.

En este estudio efectuado en SOR para ver evidencias claras de desgaste se usaron hasta los 3.926 ordeños el primer juego en el 1º ensayo y hasta los 4.830 ordeños el segundo juego en el 2º ensayo.

3.5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alfa Laval Agri AB Tumba-Suecia. 1996. Ordeño Profesional. Febrero de 2010.

Bade, R. D., D. J. Reinemann, M. Zucali, P. L. Ruegg, and P. D. Thompson. 2009. Interactions of vacumm, b-phase duration, and liner compression on milk flow raets in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92: 913-921.

Barkema, H. W., Y. H. Schukken, T. J. G. M. Lam, M. L. Beiboer, G. Benedictus and A. Brand. 1999. Management practices associated with the incidence rate of clinical mastitis. *J. Dairy Sci.* 82: 1643-1654.

Baxter, J. D., G. W. Rogers, S. B. Spencer, R. J. Eberhart. 1992. The effect of milking machine liner slip on new intramamary infections. *J. Dairy Sci.* 75: 1015-1018.

Blowey, R., and P. Edmondson. 1995. Mastitis control in dairy herds. Farming Press Ltd. <http://books.google.es>

Boast, D., M. Hale, D. Turner, and J. E. Hillerton. 2008. Variation in rubber chemistry and dynamic mechanical properties of the milking liner barrel with age. *J. Dairy Sci.* 91:2247–2256.

Caja, G., Ayadi, M., Carré, X. y Xifra, M. 2002. Los robots de ordeño en España: Situación actual y perspectivas. In G. Caja, y J. López (Eds.) Ordeño Robotizado. Ponencias del Simposio Internacional Celebrado en Lelystad, Países Bajos, en Agosto de 2000. (pp. 11-16). Editorial Agrícola Española.

Capuco, A.V., D. L. Wood and J. W. Quast. 2000. Effects of teatcup liner tension

on teat canal keratin and teat condition in cows. *J. Dairy Res.* 67: 319-27.

Claydon, T. J. 1953. Contamination of milking machine teat-cup liners as affected by inconspicuous deterioration of the interior surfaces. *J. Dairy Sci.* 36: 707-716.

Craig, V. T., D. K. Force, D. H. Bremel, and S. Strasser. 1991. Effect of pulsation ratio, pulsation rate, and teatcup liner design on milking rate and milk production. *J. Dairy Sci.* 74: 1243-1249.

Davis, M. A., D. J. Reinemann, and G. A. Mein. 2000. Effect of liner age on milking characteristics. In *Proc. National Mastitis Council* 39,186–187. Madison, Wisc.:National Mastitis Council.

DeLaval Equipos. 2008. Información técnica.

De Vliegher, S., H. Laevens, H. W. Barkema, G. Opsomer, T. Hemling, And A. De Kruif. 2003. Short-term effect of transition from conventional to automated milking on teat skin and teat end condition. *J. Dairy Sci.* 86: 1646-1652.

Galik, R., I. Karas, and E. Kebísková. 2002. Relations between some physical and mechanical properties of selected teat-cup liners. *Czech J. Anim. Sci.* 47: 485-494

Heckmann, R. D. O. Noorlander. 1980. Scanning electron microscopy, a technique for evaluating milking machine inflations and tubes. *J. Dairy Sci.* 63: 991.

Mein, G. A., F. Neijenhuis, W. F. Morgan, D. J. Reinemann, J. E. Hillerton, J. R. Baines, I. Ohnstad, M. D. Rasmussen, L. Timms, J. S. Britt, R. Farnsworth, N. Cook and T. Hemling. 2001. Evaluation of bovine teat condition in commercial dairy herds: 1. Non-infectious factors. Written for the AABP-NMC International Symposium on Mastitis and Milk Quality in Vancouver, BC, Canada.

Mein, G. A. and D. J. Reinemann. 2009. Biomechanics of Milking: Teat - Liner Interactions. ASABE Annual International Meeting. June 21 – June 24, Grand Sierra Resort and Casino Reno, Nevada.

Neijenhuis, F., G. H. Klungel, and H. Hogeveen. 2001. Recovery of cow teats after milking as determined by ultrasonographic scanning. *J. Dairy Sci.* 84: 2599-2606.

Neijenhuis, F., and J. E. Hillerton. 2002. Review of potential effects of automatic milking conditions on the teat. Deliverable 21 of EU project Implications of the introduction of automatic milking on dairy farms. 24p.

O'Callaghan, E. J. 1996. Measurement of liner slips, milking time and milk yield. *J. Dairy Sci.* 79: 390-395.

Reitsma, S. Y., E. J. Cant, R. J. Grindal, D. R. Westgarth, and A. J. Bramlay. 1981. Effect of duration of teat cup liner closure per pulsation cycle on bovine mastitis. *J. Dairy Sci.* 64: 2240-2245.

Reitsma, S. Y., and D. K. Breckman. 1985. Measurement and analysis of milking machine teat cup operation. *Can. Agric. Eng.* 27: 91-98.

Schuiling, E. & F. Neijenhuis, 2004. Optimal cleaning of equipment: effectiveness optimised teat cup cleaning in the prevention of mastitis pathogens transfer. Report D18.

Smith, T. W., R. J. Eberhart, S. B. Spencer, E. M. Kesler, G. L. Hargrove, R. W. Wilson and C. W. Heald. 1985. Effect of automatic backflushing on number of new intramammary infections, bacteria on teatcup liners, and milk iodine. *J. Dairy Sci.* 68: 424-432.

Spencer, S. B., and G. W. Rogers. 1991. Effect of vacuum and milking machine liners on liner slip. *J. Dairy Sci.* 74: 429-432.

Spencer, S. B., and L. R. Jones. 2000. Liner wall movement and vacuum measured by data acquisition. *J. Dairy Sci.* 83: 1110-1114.

Spencer, S. B., J. W. Shin, G. W. Rogers, and J. B. Cooper. 2007. Short communication: Effect of vacuum and ratio on the performance of a monoblock silicone milking liner. *J. Dairy Sci.* 90: 1725-1728.

SPSS, 2010. SPSS for Windows Release 19.0.0. IBM Corporation, Somers, NY.

Sterrett, A. E., C. L. Wood, K. J. McQuerry, and J. M. Bewley. 2013. Changes in teat-end hiperkeratosis after installation of an individual quarter pulsation milking system. *J. Dairy Sci.* 96: 4041-4046.

Van der Tol, P. P. L., W. Schrader, and B. Aernouts. 2010. Pressure distribution at the teat-liner and teat-calf interfaces. *J. Dairy Sci.* 93: 45-52

Van der Vorst, Y., K. Knappstein, and M. D. Rasmussen. 2002. Milk quality on farm with automatic milking system. Effects of automatic milking on the quality of produced milk. Delivery D8. Eu projet. Implications of the introduction of automatic milking on dairy farms. <http://www.automaticmilking.nl>.

Tabla 13. Hoja toma de datos del 1º ensayo con Pcp.

día	nº pezonera	vacío ordeño	fza de colapso (kPa)	presión de colapso critica	colapso total	nº ordeños
			inicio movimiento	1º punto contacto		
28/03/2011	4ª DI	46	6,8	11,9	22	303
28/03/2011	3ªDD	46	6	12,3	22	
28/03/2011	2ªTI	46	6,6	12	23	
28/03/2011	1ªTD	46	6,9	12,5	20	
04/04/2011	4ª DI	46	6,6	12,5	20,8	1237
04/04/2011	3ªDD	46	6	12,2	24,5	
04/04/2011	2ªTI	46	6,1	12	23	
04/04/2011	1ªTD	46	6,7	12,2	18,9	
08/04/2011	4ª DI	46	6,1	11,8	19,8	1787
08/04/2011	3ªDD	46	7,4	11,5	18	
08/04/2011	2ªTI	46	5,4	11,1	19,1	
08/04/2011	1ªTD	46	5,1	11,4	18	
12/04/2011	4ª DI	46	6,6	11,7	20,7	2330
12/04/2011	3ªDD	46	7	11,5	19,7	
12/04/2011	2ªTI	46	4,7	11	19,1	
12/04/2011	1ªTD	46	4,9	11,4	18,8	
16/04/2011	4ª DI	46	6	11,7	18,6	2837
16/04/2011	3ªDD	46	6,1	11,8	21,6	
16/04/2011	2ªTI	46	6,4	11,1	20,8	
16/04/2011	1ªTD	46	5,5	12,1	19	
20/04/2011	4ª DI	46	5,1	11,3	18,6	3385
20/04/2011	3ªDD	46	4,7	11,4	18,8	
20/04/2011	2ªTI	46	6	10,7	18	
20/04/2011	1ªTD	46	6,2	11,3	18,2	
24/04/2011	4ª DI	46	5,4	11,3	18,6	3926
24/04/2011	3ªDD	46	6,1	11,5	19,5	
24/04/2011	2ªTI	46	4,6	11,5	16,8	
24/04/2011	1ªTD	46	4,9	11,5	16,9	

Tabla 14. Hoja toma de datos del 1º ensayo con Vtcl.

día	nº pezonera	vacío ordeño	fza de colapso (kPa)	presión de colapso crítica	colapso total	nº ordeños
			inicio movimiento	1º punto contacto		
28/03/2011	4ª DI	46	8	12	22	303
28/03/2011	3ªDD	46	7,4	11,9	22,1	
28/03/2011	2ªTI	46	7,5	12	20,8	
28/03/2011	1ªTD	46	6,9	12	20,5	
04/04/2011	4ª DI	46	7	11,5	23	1237
04/04/2011	3ªDD	46	7	11,5	21	
04/04/2011	2ªTI	46	6,1	12	17,9	
04/04/2011	1ªTD	46	5,5	11,7	20	
08/04/2011	4ª DI	46	5	12	20,5	1787
08/04/2011	3ªDD	46	6,8	11,7	19	
08/04/2011	2ªTI	46	5,1	10,9	20,5	
08/04/2011	1ªTD	46	6,4	11,5	20,5	
12/04/2011	4ª DI	46	6,2	11,4	18,7	2330
12/04/2011	3ªDD	46	7	11,5	18,2	
12/04/2011	2ªTI	46	7	10,7	20,7	
12/04/2011	1ªTD	46	6,1	11,1	18,4	
16/04/2011	4ª DI	46	7,2	11,9	20,6	2837
16/04/2011	3ªDD	46	6,8	11,3	21,9	
16/04/2011	2ªTI	46	5,4	10,9	18,9	
16/04/2011	1ªTD	46	6,8	11,3	19,2	
20/04/2011	4ª DI	46	5,6	10,8	18	3385
20/04/2011	3ªDD	46	6,4	11,1	17,6	
20/04/2011	2ªTI	46	6,9	10,4	19	
20/04/2011	1ªTD	46	4,4	10,8	17,2	
24/04/2011	4ª DI	46	6,4	10,9	19,9	3926
24/04/2011	3ªDD	46	5,6	11,1	18	
24/04/2011	2ªTI	46	6,1	10,7	19	
24/04/2011	1ªTD	46	4,9	10,9	16	

Tabla 15. Hoja toma de datos del 2º ensayo con Pcp.

día	nº pezonera	vacío ordeño	fza de colapso(kPa)	presión de colapso critica	colapso total	nº ordeños
			inicio movimiento	1º punto contacto		
12/09/2011	1ªTD	46		12,2	23	0
12/09/2011	2ªTI	46		11,5	22,5	0
12/09/2011	3ªDD	46		12,5	23	0
12/09/2011	4ª DI	46		12,6	23,7	0
16/09/2011	1ªTD	46		12	22,5	600
16/09/2011	2ªTI	46		11	21,4	600
16/09/2011	3ªDD	46		11,5	21	600
16/09/2011	4ª DI	46		12	22	600
20/09/2011	1ªTD	46		10,5	21,5	1187
20/09/2011	2ªTI	46		10,5	21	1187
20/09/2011	3ªDD	46		10,5	20,5	1187
20/09/2011	4ª DI	46		11,5	21,5	1187
24/09/2011	1ªTD	46		10,7	20,2	1778
24/09/2011	2ªTI	46		10,4	20,3	1778
24/09/2011	3ªDD	46		10,2	20,5	1778
24/09/2011	4ª DI	46		11	21	1778
28/09/2011	1ªTD	46		10	19,6	2455
28/09/2011	2ªTI	46		10,1	20,5	2455
28/09/2011	3ªDD	46		10,4	20,7	2455
28/09/2011	4ª DI	46		10,5	21,9	2455
02/10/2011	1ªTD	46		10,2	18,2	3025
02/10/2011	2ªTI	46		9,7	19,5	3025
02/10/2011	3ªDD	46		10,5	19	3025
02/10/2011	4ª DI	46		10,8	19,8	3025
06/10/2011	1ªTD	46		10,2	17,5	3656
06/10/2011	2ªTI	46		10,3	19,9	3656
06/10/2011	3ªDD	46		9,8	18	3656
06/10/2011	4ª DI	46		10,5	19	3656
10/10/2011	1ªTD	46		10,5	19,5	4290
10/10/2011	2ªTI	46		10,3	18,1	4290
10/10/2011	3ªDD	46		10	17,8	4290
10/10/2011	4ª DI	46		10,5	19,5	4290
14/10/2011	1ªTD	46		10,5	17	4830
14/10/2011	2ªTI	46		10	19,2	4830
14/10/2011	3ªDD	46		10,3	18	4830
14/10/2011	4ª DI	46		10,8	19,3	4830

Tabla 16. Hoja toma de datos del 2º ensayo con Vtcl.

día	nº pezonera	vacío ordeño	fza de colapso (kPa)	presión de colapso critica	colapso total	nº ordeños
			inicio movimiento	1º punto contacto		
12/09/2011	1ªTD	46		11,9	21	0
12/09/2011	2ªTI	46		11,7	21,8	0
12/09/2011	3ªDD	46		12,2	20,8	0
12/09/2011	4ª DI	46		12,3	22,8	0
16/09/2011	1ªTD	46		11,2	20,2	600
16/09/2011	2ªTI	46		11	20,7	600
16/09/2011	3ªDD	46		11,4	20	600
16/09/2011	4ª DI	46		12	20,8	600
20/09/2011	1ªTD	46		11	19,9	1187
20/09/2011	2ªTI	46		10,5	19,5	1187
20/09/2011	3ªDD	46		11	19,5	1187
20/09/2011	4ª DI	46		11,5	20	1187
24/09/2011	1ªTD	46		11	19,5	1778
24/09/2011	2ªTI	46		10,4	20,8	1778
24/09/2011	3ªDD	46		10,8	20,5	1778
24/09/2011	4ª DI	46		11,3	21	1778
28/09/2011	1ªTD	46		10,2	20,8	2455
28/09/2011	2ªTI	46		10,4	19	2455
28/09/2011	3ªDD	46		10,4	20,7	2455
28/09/2011	4ª DI	46		11,5	20,5	2455
02/10/2011	1ªTD	46		10,3	19,2	3025
02/10/2011	2ªTI	46		9,9	20,3	3025
02/10/2011	3ªDD	46		10	20	3025
02/10/2011	4ª DI	46		11	19	3025
06/10/2011	1ªTD	46		10,5	20	3656
06/10/2011	2ªTI	46		10,2	19,5	3656
06/10/2011	3ªDD	46		9,8	19,2	3656
06/10/2011	4ª DI	46		10,5	18,5	3656
10/10/2011	1ªTD	46		10,4	19,2	4290
10/10/2011	2ªTI	46		10,4	19	4290
10/10/2011	3ªDD	46		10,5	19,5	4290
10/10/2011	4ª DI	46		10,5	19	4290
14/10/2011	1ªTD	46		10,2	17,8	4830
14/10/2011	2ªTI	46		10,1	16,7	4830
14/10/2011	3ªDD	46		10,4	17,4	4830
14/10/2011	4ª DI	46		10,2	17,5	4830

4. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS ACTUALES EN LA INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE ORDEÑO.

4.1 INTRODUCCIÓN

Cuando un ganadero decide adquirir un nuevo sistema de ordeño, siempre tiene que plantearse diferentes alternativas. En primer lugar y lo más importante es saber si es necesario construir un establo nuevo o poder adaptar el actual.

En muchos países sobre todo Nort-Europeos, los ganaderos se plantean rigurosamente la alternativa del ordeño robotizado cuando hacen una nueva inversión en su ganadería. En principio, la mayoría de los establos antiguos con cubículos se podrían adaptar al ordeño robotizado si se elige tráfico libre para los animales (Rodenburg, 2002). De los ganaderos holandeses que han invertido en ordeño robotizado, el 4% lo hizo porque tenía que construir un nuevo establo, mientras que aquellos que invirtieron en una sala de ordeño nueva, un 6% no lo hizo con ordeño robotizado debido a que su establo no se adaptaba bien (Hogeveen et al., 2004). Son muchos los autores que en sus estudios muestran diseños de estabulaciones con ordeño robotizado (Petterson and Wiktorsson, 2004; Rodenburg, 2007) o incluso integrado en sistemas de pastoreo (Greenall et al., 2004; van Dooren et al., 2004).

Para diseñar el establo óptimo para ordeño robotizado se deben de tener en cuenta diferentes factores como:

- La configuración del establo de partida, si hay o no separación entre las zonas de descanso y de alimentación.

- Tipo de zona de descanso, si es de cama caliente o de cubículo.
- Densidad de animales en los patios
- Tipo de ganado
- Tipo de tráfico
- La producción media de leche
- Las preferencias del ganadero.
- Si hay posibilidad de pastoreo.

Las marcas que comercializan los ordeños robotizados hacen estudios de simulación con diferentes alternativas de ubicación e incluso algunos investigadores han desarrollado un programa de simulación para analizar cómo respondería un cambio del diseño en la ganadería comparando diferentes escenarios (Halachmi et al., 2002)

La mayoría de los ganaderos suelen preferir tráfico libre, para dar mayor libertad a sus animales, pero de igual modo son muchos los que prefieren o terminan considerando otro tipo de tráfico más adaptado a las necesidades o circunstancias particulares de la ganadería. En tráfico libre, las vacas comen, se ordeñan y descansan cuando quieren. Hay poco riesgo de que las vacas bloqueen pasillos y /o puertas y algo muy importante, es más barato que cualquier otro tipo de tráfico, aunque también tiene el inconveniente de tener que llevar más vacas al robot para mantener un intervalo entre ordeños regular con el consiguiente incremento de trabajo para el ganadero. Para evitar los retrasos en el ordeño, los SOR aportan una cantidad adicional de concentrado que complementa el ya ofrecido en la mezcla TMR y que funciona como un reclamo, siendo su composición el factor que más influye en la frecuencia de visitas de las vacas al SOR (Madsen et al., 2010). Los niveles de energía y concentrado en la ración

subministrada en el pesebre está fuertemente relacionada con el número de ordeños voluntarios. Raciones con elevada porcentaje de concentrado en pesebre y baja fibra están asociadas con elevado número de “vacas perezosas” (Rodenburg, 2002). Además ha sido demostrada un relación directa entre un elevado contenido en grano de la ración y el incremento de cojeras (Espejo and Endres, 2007) causando por lo tanto un elevado número de vacas que es necesario buscar para el ordeño. Las cojeras ya fueron descritas como la principal causa justificada de los retrasos en SOR (Ángel y Pereira, 2013). Además aunque se ofrezcan elevadas cantidades de concentrado en el SOR ($> 8 \text{ Kg/ día/vaca}$) si la ración base es rica en silo de maíz, no disminuye la necesidad de ir buscar vacas retrasadas y la frecuencia de ordeños tampoco aumenta (Bach et al., 2007). Incluso se ha sugerido que para reducir el intervalo entre ordeños, y por lo tanto reducir el trabajo de ir buscar vacas, es bueno escoger toros para inseminar que tengan elevados valores estimadores de cría (EBV) para producción de leche (Nixon et al., 2009). Por otra parte, en un tráfico totalmente libre, las vacas pueden visitar la estación sin que tengan permiso de ordeño, lo que provocará rechazos, un gasto de tiempo que disminuye la capacidad de la máquina, y mayor consumo energético.

Una alternativa al tráfico libre es el tráfico guiado, el cual con una pequeña inversión adicional permite reducir el número de vacas que es necesario buscar para acercarse al robot (Wiktorsson and Sorensen, 2004). La inversión es mínima ya que solo necesita instalar puertas unidireccionales entre los pasillos de alimentación y descanso. Esta opción tiene también sus inconvenientes puesto que para que una vaca pueda comer, beber y descansar tiene que pasar por el robot. Esto puede dar lugar a una disminución de la ingesta si es una vaca perezosa y los rechazos en el ordeño aumentan, disminuyendo así la capacidad de la máquina. Además las vacas tímidas pueden tener más dificultades para acceder al

robot por miedo a las vacas dominantes, este tráfico requiere de zonas de alimentación y/o abrevadero separadas de la zona de descanso, por lo que no todos los establos se podrían adaptar.

Una alternativa intermedia, es el tráfico semilibre, mediante la instalación de una puerta inteligente entre las zonas de alimentación y descanso, que permite el acceso individual y selectivo al comedero. Una vaca puede acceder al comedero si no tiene permiso de ordeño. Este tráfico permite además establecer los permisos de ordeño individuales para cada animal en función de su estado de lactación, así en el mismo rebaño puede haber vacas sometidas a tráfico guiado y otras que lo hagan libremente. La principal ventaja del sistema es que disminuye el número de vacas con retrasos de ordeño y por lo tanto se consigue reducir el trabajo empleado para ello. El principal inconveniente es el coste de la puerta inteligente y encontrar la ubicación para que esta funcione adecuadamente.

Existe otro tipo de tráfico conocido como Feed first (primero comer) o tráfico inverso (patentado por DeLaval) basado en el acceso libre al comedero a través de puertas anti retorno dejando paso a la vaca desde el área de descanso al área del comedero. La vaca suele ir entre 7 y 10 veces a comer diariamente, después de ir a comer la vaca pasa al ordeño o al descanso a través de una puerta inteligente, que desvía la vaca a la sala de espera del robot o al área de descanso si no tuviera permiso de ordeño. Es un tráfico que requiere que las zonas de descanso y de alimentación estén separadas. Pero es sin duda el que más reduce el trabajo de llevar vacas al robot y además elimina los rechazos. Es el tráfico que más completa la filosofía de los SOR, de reducir la dependencia de mano de obra en la mayor medida posible.

establo (Irimia et al., 2012). Hyde et al., (2003) cifran los costes de ese trabajo en 10.000 \$ por año para ordeñar 60 vacas. Con la introducción de los SOR se demostró que generalmente existe una reducción de horas de trabajo y que la jornada laboral es más flexible (Mathijs, 2004; Hogeveen et al., 2004; Veysset et al., 2001; Dijkhuizen et al., 1997), aunque esta reducción es muy variable (Hyde et al., 2003) dependiendo de las explotaciones. Nos podemos encontrar con reducciones que van desde el 19,8% (Mathijs, 2004) hasta el 29% (Bijl et al., 2007). Es difícil calcular la reducción exacta de ese tiempo ya que depende de las características de cada granja y de las estrategias implementadas por el ganadero.

El impacto directo del robot en las horas de trabajo fueron cifradas en una reducción de 2,5 horas por jornada (Veysset et al., 2001) lo que supone una reducción anual de 912,5 horas. Dijkhuizen et al., (1997) cifró en 1,2 horas diarias el tiempo dedicado a ordeñar con este sistema sobre 125 vacas. Estudios realizados en España cifraron el tiempo dedicado a las actividades relacionadas al ordeño robotizado en 2 horas diarias lo que representa una disminución del 42% del tiempo dedicado al ordeño con respecto a la situación previa a la instalación del robot (Castro et al., 2012).

Uno de los aspectos de mayor repercusión económica son las horas de trabajo de cada equipo de ordeño, y por lo tanto sus consumos eléctricos inherentes. Una de las premisas sobre las que se basa el diseño de una máquina de ordeño convencional es que el tiempo de ordeño neto no supere una hora de duración. Además hay que tener en cuenta el tiempo que se necesita en tareas de preparación previa y posterior (lavado) al ordeño. Estos tiempos consumidos son independientes del tiempo neto de ordeño ya que la preparación de los equipos para ordeñar y lavar es independiente del número de vacas que se ordeñan. Con sistemas de ordeño automático estas premisas cambian, escogiendo el número de

robots o cabinas de ordeño en función de su capacidad de ordeño y del tamaño del rebaño. Así dependiendo de estos aspectos, tanto en ordeño convencional como automático, los consumos energéticos por tonelada de leche obtenida pueden variar significativamente entre sistemas de ordeño y entre explotaciones, y por lo tanto afectar a los costes de producción. Cada vez tiene más importancia este aspecto en los escenarios en los que nos movemos con costes energéticos en continuo incremento. Hace relativamente poco tiempo que comenzamos a escuchar en los medios sobre los consumos eléctricos con tarifa por franja horaria. En una explotación ganadera una tarifa horaria puede condicionar la gestión en la granja, así por ejemplo en una explotación convencional los costes descenderían si ordeñáramos más temprano por la mañana y retrasásemos el ordeño de la noche (Upton et al., 2014). Por lo contrario en ordeño robotizado no es posible ajustar los costes con una tarifa horaria pues el sistema debe estar operativo las 24 horas del día, lo que perjudicaría a ganaderías con este sistema.

Países como Dinamarca evalúan periódicamente los consumos energéticos de diferentes instalaciones comparándolas entre ellas (Rasmussen and Pedersen, 2004; Morten, 2009). Pero en muchas ocasiones entraña una gran dificultad obtener datos directos de consumos reales debido a que no existe una separación entre el consumo de la explotación y el consumo del hogar familiar (Irimia et al., 2015). Además, existe mucha variabilidad entre explotaciones sobre los elementos presentes en las instalaciones, por lo que se debiera intentar recoger datos de aquellos que son comunes (compresor de aire, bomba de vacío, calentador de agua, sistema de lavado, etc). Aun así observamos que esos estudios internacionales las instalaciones de ordeño eran poco homogéneas. Por ejemplo en cuanto a granjas con SOR hay 2 granjas con una cabina y un brazo, una con un brazo para 2 cabinas y otra con 4

cabinas y un solo brazo. En cuanto a ordeño convencional 2 salas rotativas de 26 puntos interiores y otra de 40 puntos exterior y una paralela 2x12 puntos. Los consumos energéticos también varían con la versión de las propias máquinas, ya que estas cada vez son más eficientes energéticamente. Así en 2004 Rasmussen and Pedersen, (2004) cifraron esta variabilidad entre 15 y 83,5 KWh/Tn y para el año 2009 este intervalo se reduce según Morten, (2009) al estar entre 18 y 58 KWh/Tn. Esta variabilidad también existe entre países, ya que en ese mismo año un instituto francés escala los consumos por tonelada de leche en SOR entre 77 y 125 KWh/Tn, y los de ordeño convencional entre 27 y 101 KWh/Tn. Y en el 2012 un instituto alemán cifra el consumo medio energético en 39,9 KWh/Tn (Institut für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft, 2012).

Las instalaciones de ordeño modernas incluyen variadores de frecuencia en las bombas de vacío que permiten el ahorro de hasta 20 KWh/día (Rasmussen and Pedersen, 2004), y reducen considerablemente el ruido, muy importante en las zonas de ordeño. En los sistemas de ordeño robotizado, el elemento que más energía consume según algunos autores es el compresor (Rasmussen and Pedersen, 2004) y según otros es la bomba de vacío (Institut für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft, 2012; Morten, 2009). Y teniendo en cuenta la refrigeración de la leche, esta por si solo ya consume el 44% de la energía total (Institut für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft, 2012).

Por otra parte, en una explotación de vacuno de leche, como en cualquier actividad que demanda energía eléctrica, los armónicos son elementos que se deben tener en cuenta. Pueden producirse al consumir y también pueden provenir de la línea de alimentación. Para medir estos últimos hay que hacerlo en la entrada de la red. Los componentes armónicos se definen según la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC

60050) como un componente de orden superior a 1 de la serie de Fourier de una cantidad periódica [IEV 161-02-18]. Cuando se habla de los armónicos en las instalaciones de energía, son los armónicos de corriente los más preocupantes, puesto que son corrientes que generan efectos negativos. Es habitual trabajar únicamente con valores correspondientes a la distorsión armónica total (THD), que en España, el límite aceptado es del 5% para redes industriales en baja tensión, mientras que en alta tensión el nivel máximo recomendado es del 3%, según la Unión de Productores y Distribuidores de Energía Eléctrica (UNIPEDA).

Tipos de equipos que generan armónicos: Tarjetas electrónicas, fuentes de alimentación de funcionamiento conmutado (SMPS), estabilizadores electrónicos de dispositivos de iluminación fluorescente, sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI o UPS), motores eléctricos. Los problemas producidos por los armónicos son;

- Sobrecarga de los conductores neutros,
- Sobrecalentamiento de los transformadores,
- Disparos intempestivos de los interruptores diferenciales,
- Sobrecarga de los condensadores de corrección del factor de potencia,
- Ruido
- Posibles daños en circuitos electrónicos,
- Alteraciones en la forma de onda.

Pero estos armónicos pueden ser reducidos usando filtros pasivos, transformadores de aislamiento o empleando diferentes soluciones activas.

Pero sin duda alguna, dentro de los costes directos de producción es la alimentación el más importante. En explotaciones que compran la

mayoría de los inputs fuera, los costes asociados a la alimentación representan entre el 40 y el 80% (Bach, 2009). Es por ello que la eficiencia de conversión de los alimentos ingeridos en leche (ECA), también denominada eficiencia de alimentación (EA), definida como los kg de leche producidos por Kg de materia seca ingerida (Britt et al., 2003; Grainger y Goddard, 2004; Hutjens, 2005; Casper, 2008; Little, 2009; Shaver, 2010; Fry, 2011; Maulfair et al., 2011), es un aspecto que cobra gran relevancia.

Para evaluar EA, se deben de tener en cuenta diversos aspectos, como confort, reproducción, genética y manejo (Linn et al., 2007). Otro aspecto a considerar puede ser la influencia que tiene el sistema de ordeño y el nº de ordeños por día y vaca. Las vacas con mayor frecuencia de ordeño durante la lactación suelen producir mayores cantidades de leche en comparación con las ordeñadas 2 veces al día (Svennersten-Sjaunja y Petterson, 2007). Por ejemplo en salas de ordeño si se pasa de 2 a 3 ordeños diarios principalmente en el comienzo de la lactación, la producción final obtenida por vaca será superior (Soberon et al., 2011), con valores que pueden oscilar entre un 6 y un 25% (Erdman y Varner, 1995). En SOR también se encontró un incremento en la producción en las vacas ordeñadas más de 2 veces al día (Wagner-Storch y Palmer, 2003). Pero en SOR no todas las vacas superan los 3 ordeños, habiendo una diferencia en la producción del 9% entre aquellas vacas ordeñadas entre 2,5 a 3,9 veces diarias respecto a las ordeñadas de 1,6 a 2,6 veces diarias (Melin et al., 2005). Otros autores también registraron incrementos en la producción del 3 y el 9% (de Koning y Rodenburg, 2004).). En definitiva, la producción de leche tienen una dependencia directa de la frecuencia de ordeños (Melin et al., 2005) y a su vez, cuando una vaca incrementa su producción de leche necesita la aportación de una mayor cantidad de energía (Cooper and Parsons, 1999), es decir, tanto el sistema de ordeño

empleado como la frecuencia de ordeños, influyen en la producción de leche y en la ingesta de materia seca diaria..

En la eficiencia de alimentación uno de los aspectos más importantes es la calidad de los forrajes (Maulfair et al., 2011), cuanto mayor sea la calidad de los forrajes mayor será su digestibilidad aumentando así la eficiencia de alimentación. Además esta calidad afecta a que exista más o menos rechazo a la comida, debiéndose tener esto en cuenta para calcular de forma precisa la materia seca ingerida por el rebaño y la EA. No obstante la medida de la EA presenta el inconveniente de no tener en cuenta la materia grasa de la leche, en la cual los animales gastan una parte de la energía del alimento (Linn, 2006), es por ello que las producciones de leche deben ser estandarizadas al 4% de grasa. Así esa producción corregida podrá ser utilizada en los cálculos de eficiencia de la alimentación pasando a denominarse 4%-EA o 4%-ECA (Linn, 2006; Linn et al., 2007; Hutjens, 2008).

Así pues cuando una explotación decide aumentar su rebaño o mejorar su proceso de producción tiene ante si la posibilidad de elegir entre diferentes alternativas, cada una de las cuales presenta ventajas e inconvenientes. Es por ello que nos planteamos como objetivo comparar diferentes alternativas de ordeño cuando una explotación tipo decide aumentar su rebaño. Entendemos por explotación tipo para este estudio aquella que desde sus orígenes fue creciendo y a la par cambiando las rutinas y el sistema de ordeño. Asumiendo como condicionantes para plantear las diferentes alternativas, el mejorar la calidad de vida, incrementar la producción sin tener que realizar una nueva obra civil y reducir los costes de producción tanto como sea posible, sobretudo energéticos, de alimentación y de mano de obra.

4.2 MATERIAL Y MÉTODOS

4.2.1 Procedencia de los datos para el estudio de las alternativas:

Debido a la multitud de variables que nos marcamos como objetivo para introducir la evaluación económica de las diferentes opciones de ordeño hace que el número de medios y/o instrumentos que necesitamos para la realización del siguiente estudio sea muy diverso y elevado.

La complejidad para la obtención de datos reales en campo, me obligó a visitar muchos ganaderos para poder elegir entre ellos los que mejor control de datos tenían. Además al no disponer de ninguna explotación experimental a nuestra disposición debemos hacer uso de amistades y contactos para poder realizar un trabajo lo más acertado posible. De las tres ganaderías que colaboraron con nosotros, sus datos fueron en los tres casos extrapolados a 60 vacas en ordeño para poder compararlos entre sí. En la Tabla 17 mostramos el origen de todos los datos utilizados en los capítulos referentes a la comparativa entre sistemas de ordeño.

Por una parte veremos cuales son las necesidades de mano de obra que requieren los distintos sistemas de ordeño; 2 ordeños/día en sala de 12 puntos (2x6), 3 ordeños/día en la misma sala y ordeño en SOR y la repercusión que tiene en cada caso sobre la calidad de vida de la familia. Por otro lado buscaremos comparar los consumos eléctricos entre un ordeño convencional en sala línea baja con un SOR con un número de vacas en ordeño similar. Por último queremos estudiar la variación de los costes de alimentación en función del número de ordeños diarios y del sistema de ordeño empleado. Para ello es necesario obtener los datos por los que podamos estimar la eficiencia de alimentación en cada caso.

Tabla 17. Resumen del origen de los datos para cada capítulo desarrollado.

	2 Ordeños	SOR	3 Ordeños
Producción	Souto Fradé SC	Souto Fradé SC	Souto Fradé SC
Equipo de ordeño	Delaval Equipos	Delaval Equipos	Delaval Equipos
Edificaciones	Proyecto fin de carrera autor Tesis	Proyecto fin de carrera autor Tesis	Proyecto fin de carrera autor Tesis
Mano de obra	Souto Fradé SC	Souto Fradé SC	Souto Fradé SC
Consumo energético	Ganadería Veiga de Benade	Ganadería Quintian	Ganadería Veiga de Benade
Mantenimiento y consumibles	Clientes de Delaval (Hnos. Fernandez)	Clientes de Delaval (Hnos. Fernandez)	Clientes de Delaval (Hnos. Fernandez)
Alimentación	Souto Fradé SC	Souto Fradé SC	Souto Fradé SC

4.2.2 Diseño del establo y tráfico de vacas

Partimos de un establo proyectado en el 2008 (Figura 101) para una ganadería con ordeño convencional en la provincia de Lugo. Se trata de una ganadería típica familiar con un total de 60 UGM, de las cuales un 20% está en período seco (12 animales), constituyendo el resto de cabezas el grupo destinado a ordeño. Teniendo en cuenta una efectividad del parto del 90-95% y un intervalo entre partos de 12-13 meses, la distribución del ganado mayor es la siguiente:

Lote I: animales en primer período de lactación (3 primeros meses) y en segundo período de lactación (últimos 7 meses antes del secado): 48 cabezas.

Lote II: animales en período de secado (dos últimos meses antes del nuevo parto): 12 cabezas. El número de terneras dedicadas cada año a recría será de un 20% del número total de animales (12 cabezas), pero teniendo en cuenta que los partos tendrán lugar alrededor de los 2 años, el

número de terneras y novillas que estarán en la explotación cada año será de 24 animales.

Las terneras y novillas están en distintos lotes para facilitar su manejo, manteniéndose alojadas en locales adaptados a sus necesidades del modo siguiente:

Animales de 0-2 meses: 2 cabezas

Terneras de 2-6 meses de edad: 5 cabezas

Terneras de 6-12 meses de edad: 7 cabezas

Terneras de 12-22 meses de edad: 10 cabezas

Se realiza la cubrición a los 15 meses para que se produzca el parto a los 24 meses, aunque este factor será variable en función de la condición corporal de la novilla. Durante los dos últimos meses de gestación, las novillas pasan al lote de vacas secas.

La sala actual es una 2x4 en espina de pescado y línea baja, que en estos momentos está saturada y vieja. Se ordeñan 50 vacas con 2 ordeños diarios en 1,5 horas cada sesión de ordeño, tiempo similar al que consumen la mayoría de los ganaderos españoles para realizar el ordeño.

Se plantea la alternativa (A) de sustituir dicha sala por otra con mayor capacidad. Se trataría de una sala 2x6 en espina de pescado y línea baja, automatizada y con gestión. Teniendo en cuenta los rendimientos teóricos de este tipo de sala se podría aumentar 10 vacas en ordeño (60 vacas en total), sin que supere la hora de trabajo en cada ordeño.

Esta alternativa implicaría la ampliación para la nueva sala, un nuevo edificio para reubicar la recría y aumentar 10 cubículos más. La reubicación de estos lotes implica hacer reformas, cuyo coste se estima en función de precios de mercado procedentes de la base de datos de la

Consellería de Medio Rural del año 2004 actualizados con un incremento del 20%.

La segunda alternativa (B) consiste en sustituir la sala de ordeño existente por un ordeño robotizado. Un robot de ordeño trabajando con un rebaño de 60 vacas estaría con una tasa de ocupación del 85%. Esta alternativa implica en común con la alternativa A, hacer 10 cubículos más, comprar puertas en función del tipo de tráfico y de reubicar la zona de partos y recría como adaptar la zona para el SOR. Los costes de obra civil están basados en precios de mercado procedentes de la base de datos de la Consellería de Medio Rural del año 2004 y actualizados por mí con un incremento del 20% y los costes de adquisición de la sala de ordeño, SOR y puertas, proceden de un distribuidor oficial en Galicia de la empresa sueca DeLaval Equipos SA.

En esta alternativa B se plantean diferentes opciones siempre basados en el tipo de tráfico de los animales:

Tráfico libre

Tráfico semi libre

Tráfico guiado

Tráfico inverso ó feed first

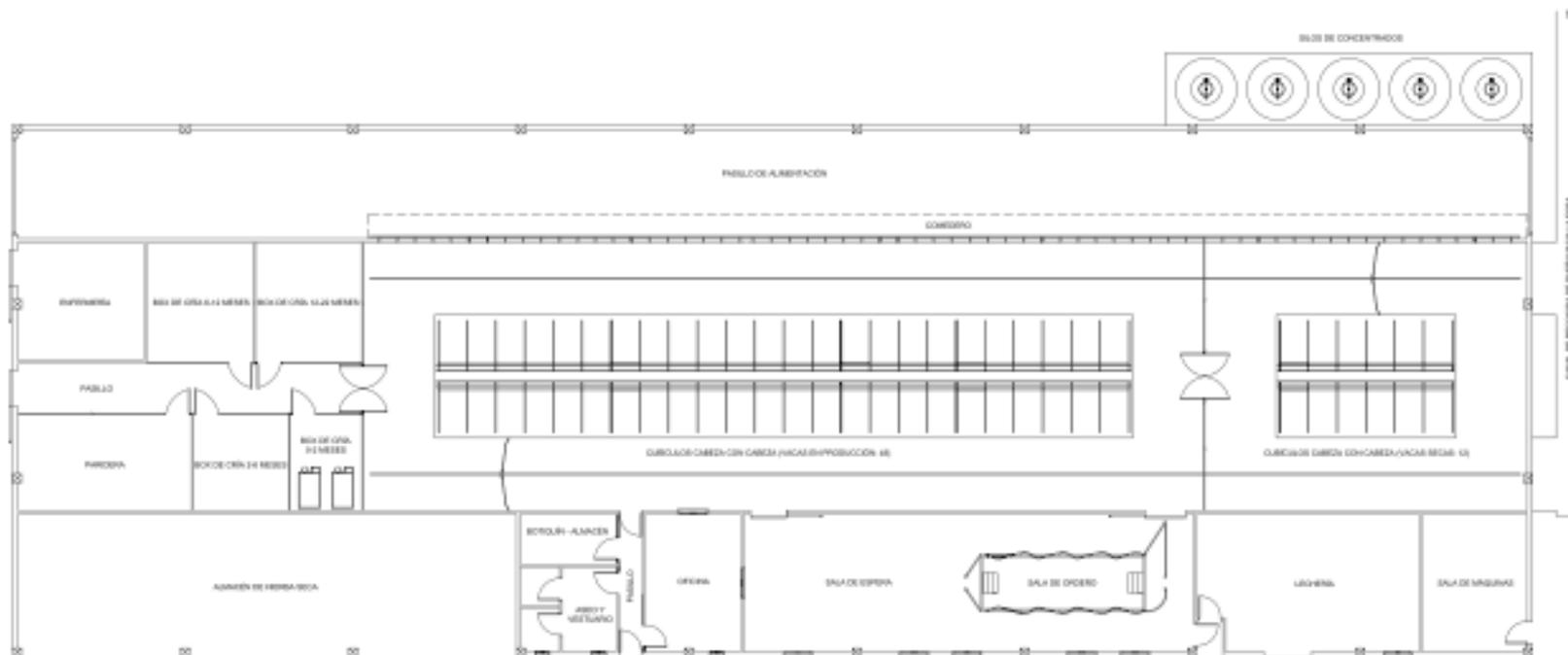


Figura 101. Distribución en planta del establo de partida. Sala 2x4.

En la Tabla 18 se muestran las características de las máquinas de ordeño, los precios de la sala 2x6 (alternativa A) y los del SOR (alternativa B).

Tabla 18. Características diferenciales de cada una de las máquinas.

Parámetros	Situación actual	Alternativa A	Alternativa B
Tipo de máquina de ordeño	Sala 2x4	Sala 2x6	SOR
Nº de vacas totales	60	70	70
Nº de vacas en ordeño	50	60	60
Producción de leche al año (kg)	480.000	576.000	≥576.000
Nº de puntos de ordeño	8	12	1
Tiempo total funcionamiento diario (min)	180	120	1.176
Nivel de automatización	Bajo	Alto	Alto
Medición electrónica	NO	SI	SI
Retiradores	NO	SI	SI
Identificación	NO	SI	SI
Alimentación programada	NO	NO	SI
Nº de ordeños por vaca y día	2	2	2,5-3

4.2.3 Mano de obra en el ordeño y calidad de vida

Se seleccionó una explotación familiar situada en el ayuntamiento de Taboada provincia de Lugo, que en el año 2010 ordeñaba 45 vacas en sala 2x6 de línea baja. En el 2011 pasó a realizar 3 ordeños a todas las vacas continuando con esta práctica hasta finales del año 2012, momento en el cual sustituyen la sala por un robot de ordeño. Esta explotación siempre se ha caracterizado por llevar un control exhaustivo de los datos, a los cuales se nos ha permitido el acceso, facilitando mucho la labor de registro y toma de datos.

Se realizó una entrevista personal al ganadero, utilizando una plantilla en la que recogíamos todas aquellas cuestiones que nos ayudasen a determinar desde el número de empleados necesarios para realizar el ordeño, hasta las horas de trabajo totales empleadas diariamente en dicha tarea. El ordeño, con independencia del sistema empleado, nó solamente es

la tarea de ordeñar en si los animales sino que también hay que considerar la parte de gestión. En nuestro caso hemos separado en un principio los tiempos consumidos por el ordeño y lavado de la instalación, de los consumidos por la gestión del rebaño, ya que entendemos que el número de ordeños/día y el tipo de sistema de ordeño empleado afecta más al tiempo de ordeño que al dedicado a gestión. Para resumir, las actividades que incluimos dentro de la tarea de ordeño son: para el ordeño en sala, se contemplan las tareas de llenar la sala de espera y ordeñar. La gestión (reproducción, sanidad, salud de la ubre, etc) del rebaño en sala es independiente. El ordeño con SOR se contemplaron las tareas de buscar vacas retrasadas y visualizar solo los datos que comprometen al ordeño, por ejemplo, incompletos, retrasos, etc. El resto de actividades como hacer informes estaría dentro de la parte de gestión del rebaño.

Se asumió un coste horario de 9€ basándonos en el salario medio anual que percibe un peón agrícola-ganadero, incluyendo la aportación a la seguridad social. A parte de este coste salarial por la mano de obra empleada, se asumió el “coste de oportunidad”. Lo definimos como el tiempo que le sobra a una unidad de mano de obra de realizar el ordeño con SOR en lugar de hacerlo con sala en 2 o en 3 ordeños diarios. Este coste horario se cifró en 12 €/hora, mayor que el cifrado para un peón agrícola-ganadero pues asumiríamos que con ese tiempo sobrante el ganadero podría dedicarse a otras tareas como ser contratado por terceros y que por ello percibiese una remuneración mayor. Esto siempre teniendo en cuenta que es una suposición mía para este estudio, pero que en todo caso lo que importa es tener en cuenta la existencia de este coste de oportunidad, y no tanto la valoración económica que se haga de la misma siempre y cuando sea igual por unidad horaria para todos los supuestos comparados.

En la platilla utilizada para realizar la entrevista personal, también se incluyeron preguntas para valorar y cuantificar la calidad de vida. Al tratarse de variables cualitativas utilizamos un análisis multicriterio para su posterior análisis. Durante la entrevista se consensuaron con el ganadero diez variables con relevancia en cuanto a términos de calidad de vida, pidiéndole posteriormente que, según su criterio, las ordenase de mayor a menor importancia (1-10); 10 puntos para la más importante y 1 para la menos. A parte en cada una de las opciones de ordeño se puntuará cada variable de 1-5, siendo 1 negativo o de menor valor y 5 el de mayor valor o aspecto muy positivo. Finalmente se obtiene la puntuación para cada variable por tipo de ordeño por multiplicación de las puntuaciones dadas para cada caso. La suma de las diferentes puntuaciones nos dará un puntuación total de cada opción de ordeño, que transformaremos en base a 100 en un índice de calidad de vida (ICV).

Tabla 19. Plantilla cuestionario para la entrevista personal con el ganadero

<u>Variables calidad de vida en ordeño</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Flexibilidad horaria • Horas de trabajo • Ausencia puntual en el ordeño (1-2días) • Esfuerzo y riesgo en el trabajo • Seguridad en un trabajo bien hecho • Implicación del número de personas • Ambiente de trabajo (foso sala vs oficina) • Coste de oportunidad M.O. • Calidad de vida familiar • Cantidad datos ofrecidos
<u>Variables mano de obra en ordeño</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de ordeño • Número de ordeños diarios • Número de personas en el ordeño • Número de vacas ordeñadas • Duración de cada ordeño+lavado • Tiempo dedicado a la gestión

4.2.4 Consumos y mantenimiento

4.2.4.1 Localización y descripción de las granjas

Se seleccionaron dos explotaciones familiares de similares dimensiones y características productivas. Una de las explotaciones cuenta con un SOR instalado en el año 2008, actualmente ordeña 50 vacas con una tasa de ocupación del 71%. La otra explotación cuenta con una sala de ordeño 2x4 LB instalada en el año 1998, ordeña 50 vacas con un rendimiento muy cercano a la premisa de 1 h. de tiempo efectivo de ordeño. Ambas explotación están localizadas en la provincia de Lugo, (Figura 102).

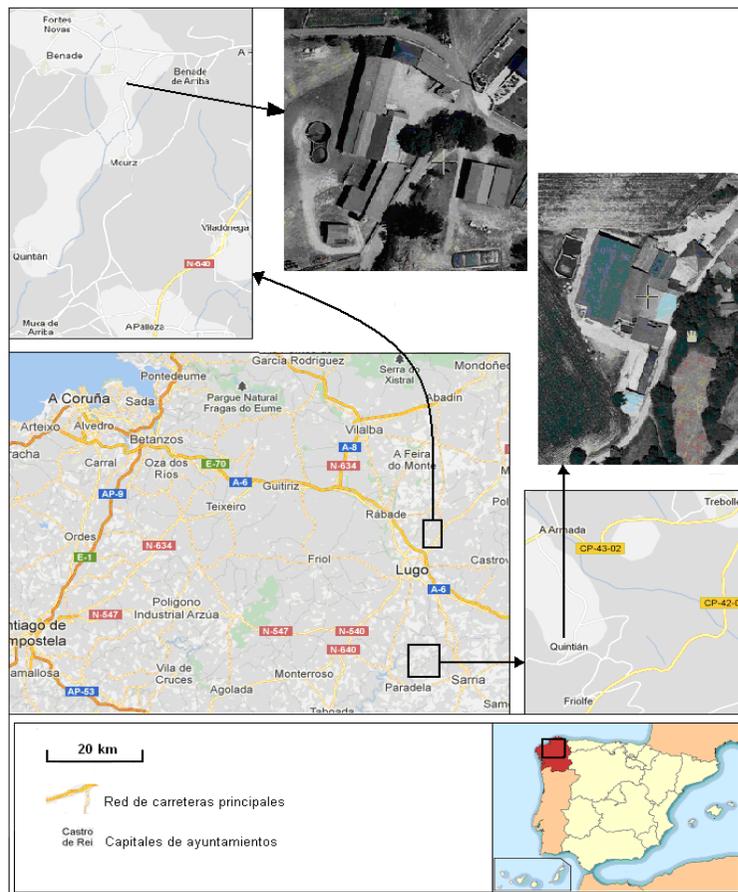


Figura 102. Localización de las explotaciones estudiadas SOR y Sala 2x4.

El SOR es un VMS (DeLaval, Tumba, Sweden), versión 2007, está colocado en una estabulación libre con cubículos, de reciente construcción (2008-2009), diseñada desde un primer momento para ordeñar con un sistema robotizado.

En el momento del ensayo había en la explotación 50 vacas en ordeño y 10 secas. El tráfico de las vacas es libre y el ganadero se ayuda del programa de gestión para prefijar a su gusto parámetros de manejo como retrasos de ordeño (más de 12 horas entre ordeños), o permisos de ordeño (las vacas con 4 a 6,5 horas desde el último ordeño, pueden volver a ordeñarse), entre otros.

La alimentación de las vacas se basa en una ración unifeed en pesebre cuyos componentes principales son silo de maíz, soja, paja, corrector y una parte del concentrado, complementada con diferentes cantidades de otro concentrado comercial ofrecido durante el ordeño en el SOR. Esas cantidades dependen principalmente de los niveles de producción de cada animal, de los días en leche y del estado de gestación del animal (de 1 a 5 kg/día y vaca)

Los datos registrados por el SOR se obtuvieron a partir de las copias de seguridad del software que maneja este sistema (DelPro, DeLaval Internacional, Tumba, Sweden).

La sala de ordeño es una sala Alpro (DeLaval, Tumba, Sweden), en espina de pescado, línea baja de 8 puntos (4 a cada lado), con identificación y retirada de unidades de ordeño. Está instalada en una granja con cubículos y con sistema de alimentación basado en un concentrado granulado que se dosifica en estaciones de alimentación controladas por ordenador y un forraje seco apetecible en pesebre. Este sistema permite programar un plan de alimentación individual para cada vaca, con arreglo a su estado de lactación y producción. Las vacas tienen

acceso a su ración de concentrado individual en porciones pequeñas distribuidas a lo largo del día.

4.2.5 Equipo de medida y recogida de datos

Se ha utilizado un analizador de redes AR5-L CIRCUTOR con software de medida POWER-VISION. Se instaló el mismo equipo de medida en las dos granjas en el mes de diciembre del año 2012, durante una semana en cada explotación, siguiendo el mismo procedimiento empleado por Rasmussen and Pedersen, 2004. Mediante la colocación de este analizador de redes se ha medido el nivel de armónicos presentes en las instalaciones eléctricas, el consumo de potencia derivado del funcionamiento tanto del SOR como de la sala de ordeño, (Figura 103)



Figura 103. Analizador de redes AR5-L CIRCUTOR.

Se confeccionó una plantilla en Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Redmond, USA), para recoger las características de los motores eléctricos que están instalados en cada granja (Tabla 20). Al ser granjas similares entre ellas exceptuando el sistema de ordeño tienen equipos y motores similares. No se tuvieron en cuenta aquellos equipos que no afectaban directamente al ordeño o a actividades implicadas en el mismo, (arrobaderas, alimentación programada, alumbrado).

Con la medida directa en el cuadro de protecciones existente en cada una de las dos granjas, traté de discriminar los consumos que solamente afectan al ordeño, almacenamiento de la leche y a la higienización y lavado de estos sistemas, incluido el variador de frecuencia que está conectado a las bombas de vacío de las instalaciones estudiadas. De este modo tratamos de evitar incluir consumos pertenecientes al hogar familiar, o inherentes a otros aspectos del establo como limpieza, iluminación etc. Sin embargo a la hora de conectar el equipo de medida no fue posible separar todos y cada uno de los elementos porque algunos de ellos estaban conectados a la misma protección en el cuadro. Es el caso del cepillo rotativo de las vacas, pero al estar instalado en las dos granjas no distorsiona los resultados.

Tabla 20. Resumen de motorización en cada una de las ganaderías.

MOTORIZACION ORDEÑO EN SALA	MOTORIZACION ORDEÑO EN SOR.
ORDEÑO	ORDEÑO
Motor de la lavadora	Motor de la lavadora
Motor bomba vacío, potencia nominal	Motor bomba vacío, potencia nominal
Motor bomba de descarga	Motor bomba hidráulica
Calentador de agua	Motor bomba de descarga
REFRIGERACIÓN	Calentador de agua
Motor bomba de recirculación del acumulador	REFRIGERACIÓN
Motor grupo frio tanque-4 ordeños,5.000L	Motor bomba de recirculación del acumulador
Motor lavadora tanque	Motor grupo frio tanque de 4 ordeños,6.000L
Motor agitador tanque	Motor lavadora tanque
2 motores de los 2 ventiladores del tanque	Motor agitador tanque
OTROS	2 motores de los 2 ventiladores del tanque
Motor bomba agua - preenfriador	Compresor
Cepillo rotativo	OTROS:
	Ventilador. Funciona solo en verano
	Cepillo rotativo



Mediante el analizador de redes AR5-L CIRCUTOR, conseguimos datos de consumos reales de cada uno de los motores implicados en el

ordeño y en la refrigeración de la leche, en cada una de las dos granjas estudiadas.

Mediante la toma de los datos que figuran en la placa de características de cada motor, conseguimos obtener los consumos nominales de cada uno de los sistemas de ordeño (Figura 104)



Figura 104. Lavadora automática y su placa de características.

Además durante la recogida de datos hemos tomado nota del tiempo de funcionamiento de cada elemento o motor, para poder calcular de forma nominal las potencias instaladas y la energía consumida. Para ello hemos presenciado el proceso de ordeño y de refrigeración en 5 ocasiones contabilizando en cada ocasión el tiempo de funcionamiento de cada elemento, obteniendo un valor medio. De esta manera el cálculo es muy sencillo (Figura 105).

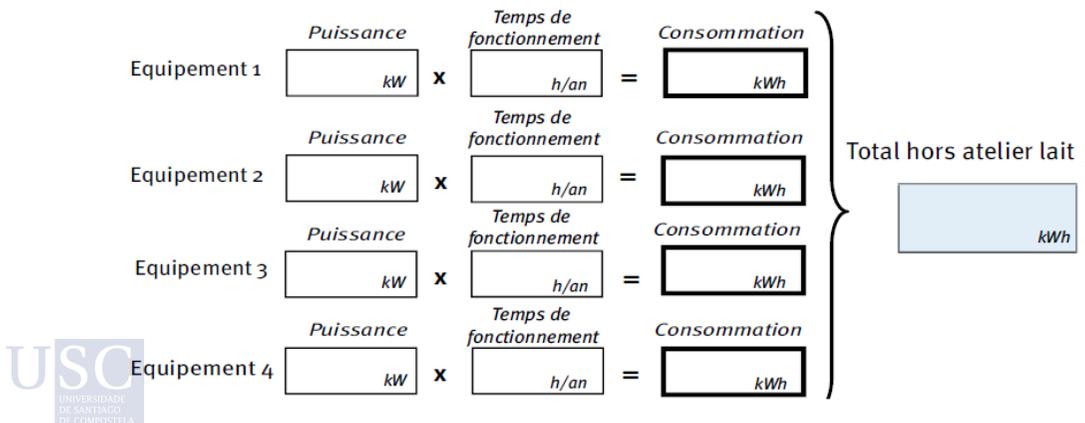


Figura 105. Esquema de cálculos de consumos de Energía en una explotación lechera (Institut de L'èlevage, 2009).

Como comentamos anteriormente, el objetivo final es determinar el consumo eléctrico en cada una de las ganaderías, e incluso conocer la repercusión del coste por litro de leche producido en cada caso.

A- Consumos en sala 2x4 LB, saturada (50 vacas) con 2 ordeños diarios.

B -Consumos en SOR con el mismo tamaño de rebaño que en el caso A, 50 vacas (no saturado, al 71% de su capacidad). Los resultados nos servirán de referencia para estimar los consumos bajo la hipótesis de una sala más grande, 2x6 LB para el caso de que se quisiera aumentar el rebaño del caso A hasta 60 vacas en ordeño, y los consumos del SOR con también 60 vacas en ordeño (tasa de ocupación del 85%).

Se comparará el nivel de armónicos en cada una de las explotaciones en estudio.. En sistemas eléctricos de corriente alterna los armónicos son, igual que en acústica, frecuencias múltiplos de la frecuencia fundamental de trabajo del sistema y cuya amplitud va decreciendo conforme aumenta el múltiplo. En el caso de sistemas alimentados por la red de 50 Hz o primer orden, pueden aparecer armónicos de 100 o segundo orden, 150 o tercer orden, 200 o cuarto orden, etc.

4.2.6 Costes de alimentación

Se tomó como referencia para la toma de datos la misma explotación seleccionada para evaluar los costes de mano de obra en el ordeño y calidad de vida, (explotación que pasó de hacer 2 ordeños a realizar 3 ordeños diarios y finalmente a un sistema de ordeño robotizado).

Desde el 2010 este ganadero lleva un registro diario y exhaustivo de parámetros como la producción de leche, materia seca ofrecida, materia seca sobrante, número de vacas en ordeño, número de vacas tratadas, leche desechada o número de vacas separadas entre otros (Figura 106). Los

parámetros medios para los cuatro años estudiados de días en leche (DEL), partos por vaca y porcentaje de vacas de primíparas se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21. Datos descriptivos de la explotación estudiada.

	2010	2011	2012	2013
Media días en leche (DEL)	163,7	173,7	185,5	179,1
Media partos por vaca	2,1	2,2	2,4	2,3
% Vacas 1º parto	48,4	26,8	21,8	43,2

A partir de este registro hemos podido calcular la eficiencia de alimentación (EA) a lo largo de estos años en esta ganadería. En primer lugar calcularemos la materia seca ingerida (MSI). Para ello debemos corregir la cantidad de materia seca ofrecida en el pesebre quitándole la parte que desecharon las vacas, mediante la siguiente expresión:

$$MSI \text{ (Kg total/día)} = \text{Materia seca ofrecida (Kg total/día)} - \text{materia seca sobrante (Kg total día)}$$

Para el cálculo de la eficiencia de alimentación también tenemos que estandarizar la leche producida por las vacas al 4% de materia grasa, ya que el porcentaje de grasa es variable, dependiendo de muchos factores, como la estación del año, los días en leche medios del rebaño. Para ello se utilizó la ecuación de Gaines:

$$\begin{aligned}
 & \text{Producción de leche 4\% de grasa (PL-4\%) (kg/día)} = (0,4 \times \\
 & \text{Producción de leche (kg/día)}) + (((\text{Producción de leche (kg/día)}) \times \\
 & ((\% \text{ de grasa en leche}) \times 15)))
 \end{aligned}$$

Una vez corregidas ambas variables podemos calcular la eficiencia de alimentación corregida al 4% de grasa (EA-4%)

$$EA-4\% = PL \text{ (kg/día)} / MSI \text{ (kg/día)}$$

1	FECHA	Litros vend	Litros desh	Vac. Prd.	Vac. TraT.	Vac pre.	Vac. Pat.	Ltr./Vac.	Kg Robot	Kg/vaca	D. Leche	Kg pienso	% MS	Kg racion	% MS	Rac.	Rac. Sob	MS/Vac.
41	09/02/2013	1684	105	50	3	3	56	33,75	1989	37	200	343	0,896	43	0,425	68	50	27,30
42	10/02/2013	1700	105	50	3	3	56	34,06	1870	35	201	338	0,896	43	0,425	68	50	27,22
43	11/02/2013	1710	105	51	3	2	56	33,61	1890	35	202	350	0,896	43	0,425	68	50	27,41
44	12/02/2013	1700	70	52	2	2	56	32,78	1889	35	203	351	0,896	43	0,425	68	50	27,43
45	13/02/2013	1706	70	52	2	2	56	32,89	1890	35	204	350	0,896	43	0,425	68	50	27,41
46	14/02/2013	1800	25	53	1	2	56	33,80	1979	37	205	352	0,896	43	0,425	68	50	27,44
47	15/02/2013	1800	50	54	2	0	56	33,04	1800	34	206	350	0,896	43	0,425	68	50	27,41
48	16/02/2013	1790	50	54	2	0	56	32,86	1800	34	207	350	0,896	43	0,425	68	50	27,41
49	17/02/2013	1800	50	54	2	0	56	33,04	1866	34	208	333	0,896	43	0,425	68	50	27,14
50	18/02/2013	1800	50	54	2	0	56	33,04	1996	35	195	360	0,896	43	0,425	68	50	27,57
51	19/02/2013	1840	64	54	2	0	56	34,00	1915	34	196	333	0,896	43	0,425	68	50	27,14
52	20/02/2013	1750	60	54	2	1	57	32,32	1977	35	197	350	0,896	43	0,425	68	50	26,93
53	21/02/2013	1750	60	54	2	1	57	32,32	1976	35	198	360	0,896	43	0,425	68	50	27,09
54	22/02/2013	1850	0	56	0	1	57	33,04	1915	35	199	350	0,896	43	0,425	68	30	27,08
55	23/02/2013	1850	0	56	0	1	57	33,04	1967	35	200	350	0,896	43	0,425	68	30	27,08
56	24/02/2013	1840	0	56	0	1	57	32,86	1956	35	201	357	0,896	43	0,425	68	0	27,41
57	25/02/2013	1800	0	55	0	1	56	32,73	1944	35	195	367	0,896	43	0,425	68	0	28,06
58	26/02/2013	1825	0	55	0	1	56	33,18	1891	35	196	360	0,896	43	0,407	68	0	27,01
59	27/02/2013	1750	0	55	0	1	56	31,82	1900	35	197	343	0,896	42	0,411	68	50	26,08
60	28/02/2013	1735	0	55	0	1	56	31,55	1861	34	198	363	0,896	39	0,424	68	75	25,32
61	01/03/2013	1700	33	56	0	0	56	30,95	1861	33	182	350	0,896	41	0,415	68	25	26,08
62	02/03/2013	1600	33	56	0	0	56	29,16	1723	31	183	350	0,896	42	0,411	68	0	26,56
63	03/03/2013	1640	33	56	0	0	56	29,88	1791	32	197	369	0,896	43	0,407	68	0	27,16
64	04/03/2013	1750	0	56	0	0	56	31,25	1898	34	198	378	0,896	43	0,407	68	25	27,12
65	05/03/2013	1751	0	55	0	0	55	31,84	1844	33	199	358	0,896	43	0,407	68	0	27,47
66	06/03/2013	1775	0	55	0	2	57	32,27	1876	34	200	352	0,896	43	0,407	68	0	26,41
67	07/03/2013	1793	0	55	0	2	57	32,60	1896	34	203	366	0,896	43	0,407	72	0	27,86
68	08/03/2013	1742	0	55	1	3	59	31,11	1875	34	204	376	0,896	43	0,407	72	0	27,07
69	09/03/2013	1700	30	55	1	3	59	30,89	1895	34	205	367	0,896	43	0,407	72	0	26,93
70	10/03/2013	1750	30	55	0	3	58	32,36	1890	34	194	355	0,896	42	0,407	75	0	27,59
71	11/03/2013	1772	30	56	0	3	59	32,18	1853	33	195	362	0,896	42	0,36	75	0	24,72
72	12/03/2013	1780	30	56	1	2	59	31,75	1873	33	196	360	0,896	42	0,36	75	0	24,69
73	13/03/2013	1634	30	54	1	2	57	30,25	1842	33	197	360	0,896	42	0,36	75	0	25,55
74	14/03/2013	1625	30	53	2	2	57	30,09	1616	30	198	274	0,896	42	0,39	75	0	25,86
75	15/03/2013	1500	30	53	2	2	57	27,82	1781	33	199	357	0,896	42	0,39	75	50	26,82
76	16/03/2013	1700	0	53	0	2	55	32,08	1823	34	200	369	0,896	42	0,39	75	125	27,46
77	17/03/2013	1737	30	54	1	1	56	32,13	1742	32	197	343	0,896	42	0,39	75	125	26,55
78	18/03/2013	1742	30	54	1	1	56	32,22	1910	35	193	368	0,896	37	0,437	75	75	26,96
79	19/03/2013	1743	30	54	1	1	56	32,24	1832	34	194	371	0,896	37	0,437	75	50	27,20
80	20/03/2013	1750	30	54	1	1	56	32,36	1860	34	195	344	0,896	37	0,437	75	50	26,77

Figura 106. Registro de consumos de materia seca y leche producida llevado a cabo por el ganadero.

Para el cálculo de los costes de la alimentación tenemos en cuenta el coste que tiene cada Kg de materia seca ingerida. Como se mencionó anteriormente, para la obtención de este dato también se contó con la colaboración del ganadero. Este, además de llevar contabilizado las cantidades de ración ofrecida y sobrante en el pesebre, lleva un registro de los costes de cada uno de los componentes que forman parte de esta ración. Desde los costes para obtener la parte de forrajes, hasta los costes de los diferentes piensos compuestos ofrecidos en la ración y en la estación de ordeño en el caso del período ordeñando con SOR.

Coste de silo de hierba (en fresco)= 34 €/Tm

Coste de silo de maíz (en fresco)= 34 €/Tm

Coste de concentrado = 320 €/Tm

Coste de alimentación (fresco) (€/ración) = Silo hierba (Kg/ración) x coste silo hierba (€/Kg) + Silo maíz (Kg/ración) x coste silo maíz (€/Kg) + concentrado total (Kg/ración) x coste concentrado (€/Kg)

Hay que puntualizar que las vacas en este rebaño comen aproximadamente un 20 % a mayores (debido a la concentración de raciones). Es decir para 52 vacas en ordeño de media, se preparan 62 raciones (19,23 % en este momento). Se podría decir que el coste por vaca es entonces de un 20% a mayores del coste que correspondería a cada ración. Así se multiplicará por 1,20 los costes de la ración para obtener el coste por vaca y día.

 Por otra parte sabemos que la ración diaria en esta explotación, independientemente del cambio de sistema de ordeño, estaba compuesta por 43 Kg en fresco que se desglosan en: 10 kg de silo de hierba, 20 kg de

silo de maíz y 13 kg de concentrado, que cuando se ordeñaba en sala de ordeño se mezclaban en su totalidad en la ración de pesebre, y cuando se ordeña e robot se pasa a ofrecer parte de el en la estación de ordeño. La materia seca de cada alimento está claro que difiere a lo largo del año y entre años. No obstante unos valores medios, procedentes de analíticas anuales, para cada alimento son; 33% MS para ensilado de hierba, 34,5% MS para ensilado de maíz, y un 88% MS para el concentrado. Con estas calidades de forrages y concentrados la materia seca media de la ración ronda el 50%.

Al comer un 20% más de raciones cada vaca, se estima que lo ofrecido por vaca y día ronda los 51 kg de materia fresca en pesebre (43 x 1,20).

$$\text{Coste de alimentación (fresco) (€/vaca y día)} = \text{Coste de alimentación (fresco) (€/ración)} \times 1,20 \text{ raciones/vaca y día}$$

$$\text{Coste por Kg de materia seca (€/Kg MS)} = \text{Coste de alimentación (fresco) (€/vaca y día)} \times \text{Materia fresca ofrecida (vaca y día/ Kg materia fresca)} \times \% \text{ de materia seca (Kg materia fresca/ /kg MS)}$$

Donde:

EL 0,5 se corresponde con 50% de materia seca que hay en la ración de materia fresca ofrecida a las vacas, teniendo en cuenta los forrajes y los concentrados ofrecidos, tanto en el pesebre como el la estación de ordeño, en el caso del período ordeñando con SOR.



Finalmente para obtener el coste por litro de leche que corresponde a la alimentación debemos tener en cuenta la eficiencia de alimentación.

Coste alimentación por kg de leche (€/kg leche) = (1/EA-4%) x Coste por Kg de materia seca (€/Kg MS)

4.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.3.1 Diseño del establo y tráfico de vacas.

En la Tabla 22 podemos observar la diferencia de costes al implementar la alternativa A o B (sala 2x6 o SOR). En la alternativa A en cuanto a la reforma de adaptación de zona de ordeño a nueva sala consiste en ampliar 2 puntos a cada lado y el foso de ordeño en su proporción. El incremento del número de cubículos coincide en todas las alternativas ya que el objetivo de esta comparativa es tener un rebaño de 60 vacas en ordeño. Debido a que utilizamos el mismo lugar de ordeño en la nueva sala que la anterior y además el rebaño se incrementó, en esta alternativa la zona de recría se debe de reubicar en otro edificio distinto. En la valoración de las zonas de recría y partos, independientemente de si se reubicaron o si se construyeron de nuevo, se tuvo en cuenta los costes de bebederos, cornadizas, tubos separadores y puertas. En el caso de la reubicación de la recría en la zona de ordeño antigua (alternativa A), se ha tenido en cuenta además la instalación de un voladizo para que proteja más a los animales en la zona de la cornadiza de los agentes climatológicos. Además en el cálculo de costes se hizo considerando cama caliente en las zonas de recría, partos y lazareto. Como se observa en la alternativa B según avanzamos en la complejidad del tráfico se incrementa el coste. Suponemos que este incremento se compensará con una menor carga de mano de obra. Al ubicar el SOR en la zona de cubículos, solo en el caso de tráfico guiado, nos implica tener que instalar un paso elevado que facilita la higiene cuando el personal tiene que acceder al SOR. El sistema de tráfico inverso, aunque presentamos una estimación de costes, este no sería

adaptable al tipo de establo de partida. Para este tráfico inverso sería necesario que la disposición de los cubículos fuera cola con cola, elevando el coste aún más si se quisiese llevar a la práctica. Además se tuvo en cuenta en la instalación del SOR la ejecución de un foso, que aunque no es obligatorio, si facilita mucho el trabajo de supervisión a los técnicos y al ganadero.

Tabla 22. Comparación de alternativas entre dos posibles sistemas de ordeño (sala 2x6 y SOR).

Valoración de alternativas en €	Alternativa A	Alternativa B			
	SALA 2X6	SOR			
		Tráfico libre	Tráfico guiado	Tráfico semi libre	Tráfico inverso ¹
Valor de adquisición sistema de ordeño	80.000	110.000	110.000	110.000	110.000
Adaptación de zona de ordeño a nueva sala	2.000	0	0	0	0
Aumento de 10 cubículos	4.140	4.140	4.140	4.140	4.140
Nuevo edificio para reubicar la recria (66 m ²)	8.600	0	0	0	0
Valor adquisición 3 puertas anti retorno	0	0	300	300	300
Valor adquisición de 1 puerta de doble efecto	0	0	200	200	200
Valor de adquisición de 1 puerta inteligente	0	0	0	6.000	6.000
Valor adquisición de 1 puerta separadora	0	0	3.000	3.000	3.000
Valor de adquisición de 1 paso elevado técnicos	0	0	2.000	0	0
Reubicar zonas de partos y recrias (115m ²)	0	11.000	11.000	11.000	11.000
Adaptar zona de colocación SOR	0	3.500	3.500	3.500	3.500
TOTAL	94.740	128.640	134.140	138.140	138.140
% de alternativa B/alternativa A	-	35,8%	41,6%	45,8%	45,8%

¹ El tráfico inverso se ha estimado su coste, pero en este tipo de establo no se podría implementar debido a la disposición de los cubículos.

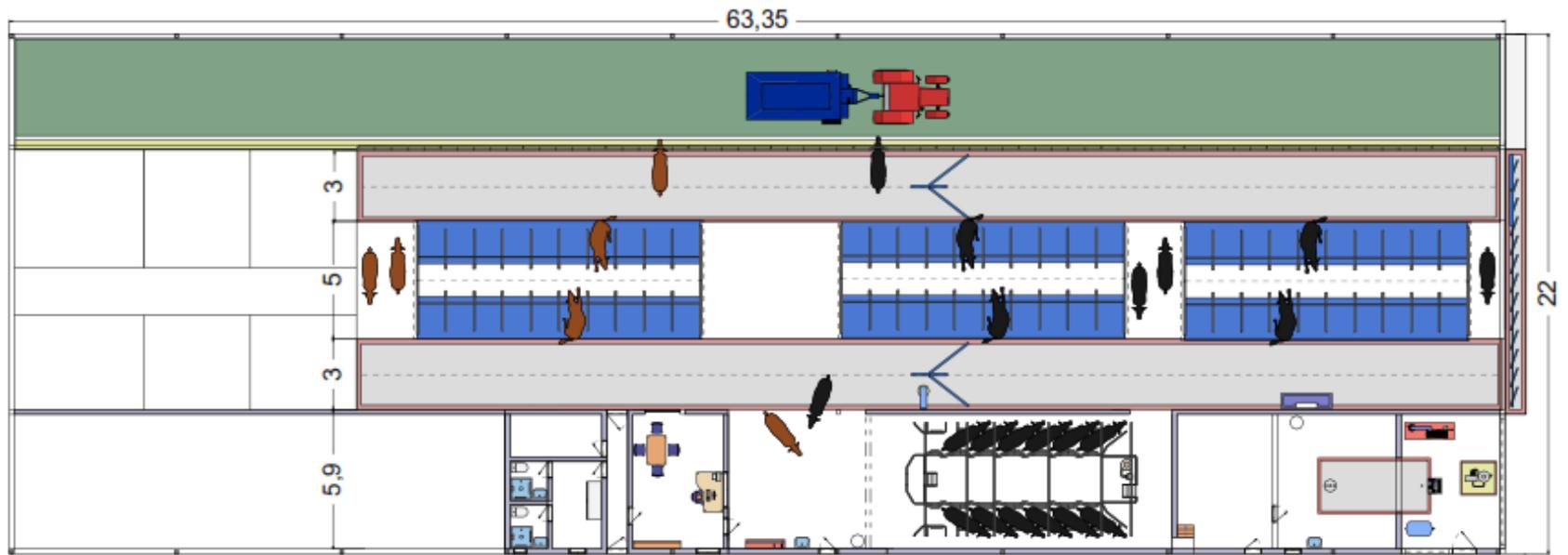


Figura 107. Distribución en planta de la alternativa A. Sala 2x6

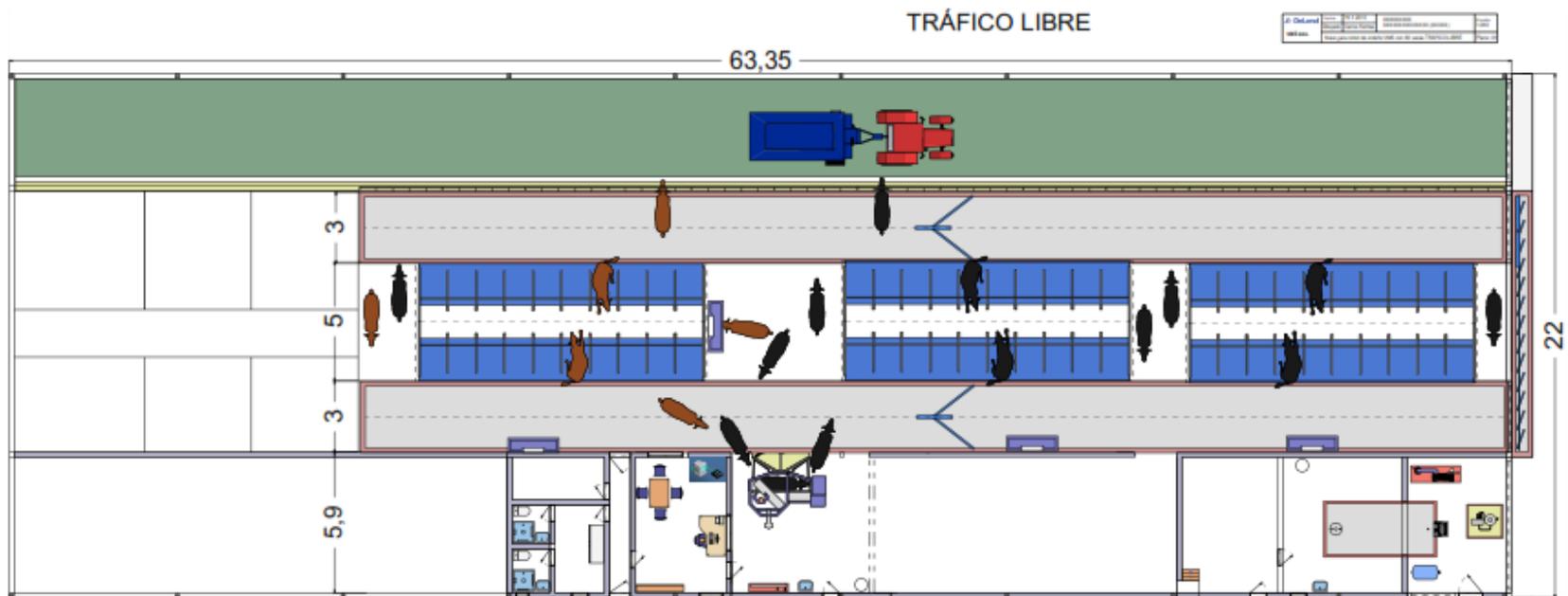


Figura 108. Distribución en planta de la alternativa B. SOR en tráfico libre.

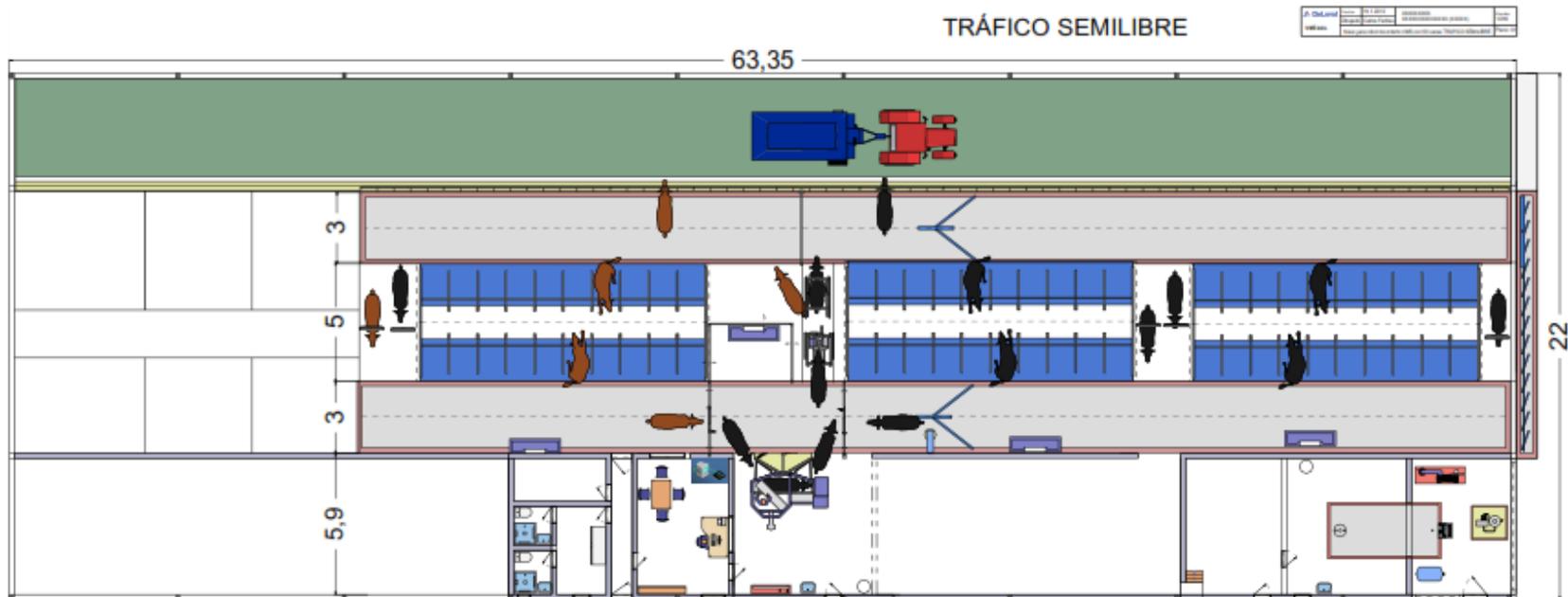


Figura 109. Distribución en planta de la alternativa B. SOR en tráfico semilibre.

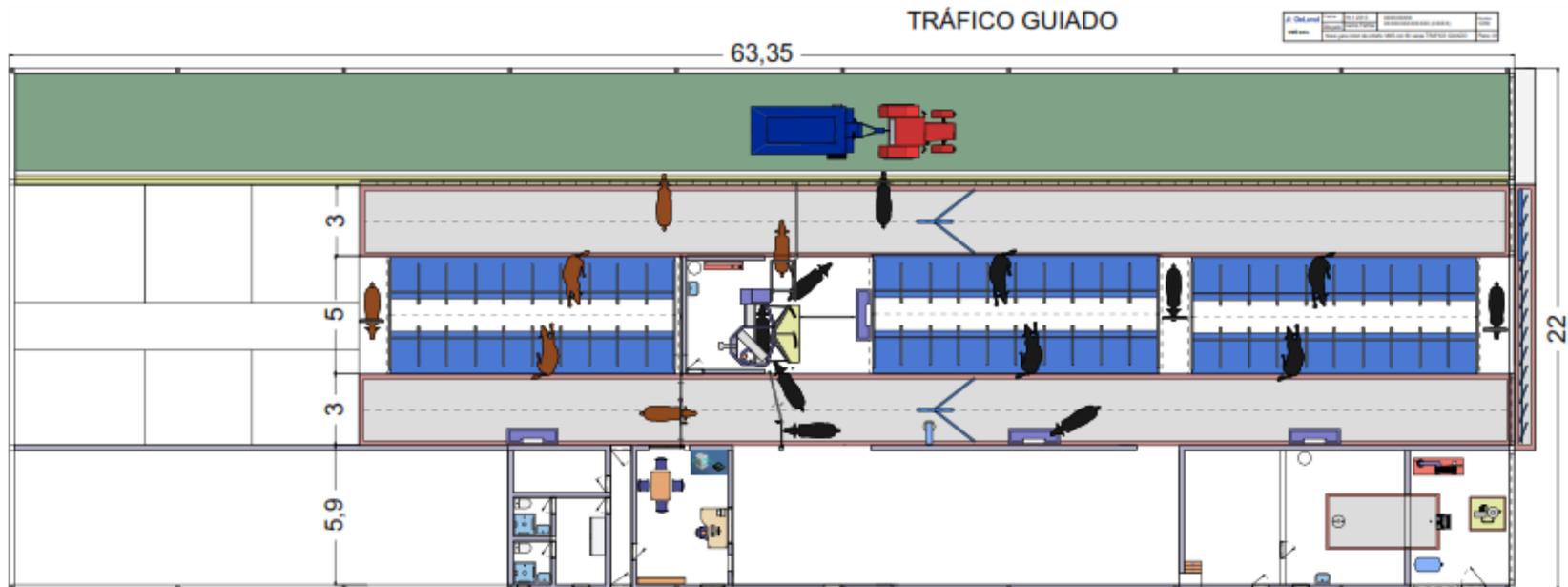


Figura 110. Distribución en planta de la alternativa B. SOR en tráfico guiado.

4.3.2 Mano de obra en ordeño y calidad de vida

Tras el análisis del registro de datos llevado a cabo en la explotación y la entrevista personal realizada al encargado de la explotación hemos observado que en el sistema tradicional de manejo con 2 ordeños/día, una sola persona es capaz de hacerlo en hora y media. Sin embargo, al pasar a 3 ordeños /día se requieren 2 personas incluyendo la rotación de uno de ellos entre los ordeños de cada día para evitar el agotamiento (Tabla 23). El incremento del rebaño hasta un total de 51 vacas en ordeño, supuso que la duración de cada ordeño llegase hasta 1,75 horas. Por ello hay una gran diferencia de las horas totales empleadas al pasar de 2 a 3 ordeños/día (Tabla 23), penalizando la mayor producción obtenida con los 3 ordeños/día. También es importante destacar que tras el cambio al sistema de ordeño robotizado los tiempos, tanto el consumido por el ordeño como el dedicado a la gestión disminuyen, aun cuando la gestión se realiza de forma más completa y detallada con SOR.

Tabla 23. Horas consumidas según nº de ordeños y sistema de ordeño.

Año	Nº de vacas	Nº de ordeños	Sistema de ordeño	Odeño+ Lavado (h/día)	Gestión (h/día)	Nº de personas	Horas de trabajo totales
2010	45	2 ordeños	sala	3	1	1	4
2011	51	3 ordeños	sala	10,5	1	2	11,5
2012	51	3 ordeños	sala	10,5	1	2	11,5
2013	57	x	SOR	0,2	0,7	1	0,9

En el año 2005 se presentó por primera vez en el European Dairy Farmers Congress un índice de eficiencia en las explotaciones lecheras, expresado en kg de leche por hora (Irimia et al., 2012). Esto permite comparar los valores de los diferentes países y también comparar la eficiencia del trabajo entre explotaciones o en la misma explotación con distinto número de ordeños/día, diferentes sistemas de ordeño u organización del trabajo son claves en la mayor o menor eficiencia del trabajo de ordeño, como podemos observar en la Figura 111.

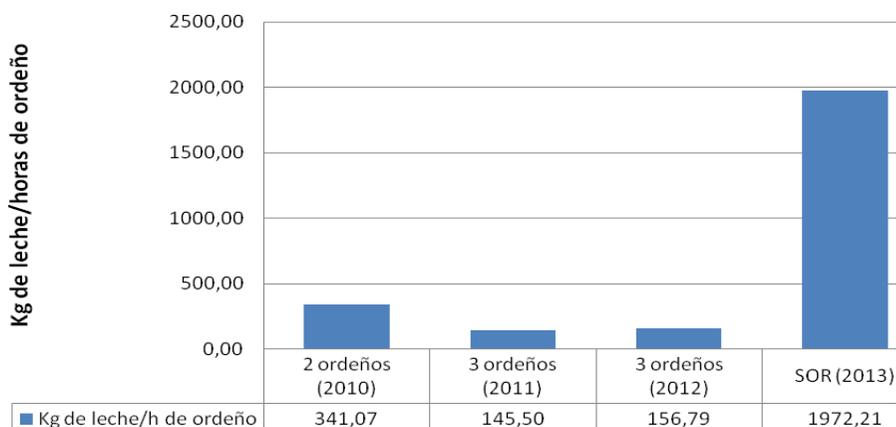


Figura 111. Eficiencia del trabajo de ordeño según nº de ordeños/día y sistema de ordeño.

Los datos de la eficiencia en sala con 2 ordeños/día están en los 341 kg de leche/hora corregida al 4% en grasa (Figura 111), muy por encima de lo mostrado en una encuesta realizada en explotaciones lecheras gallegas por Irímia et al., (2012) que arrojaban un dato medio de 220 kg de leche/hora, que es más bajo del que nosotros encontramos. Con el paso de 2 a 3 ordeños por día se observa un descenso en la eficiencia del trabajo debido a que se moviliza más personal y el agotamiento físico de los ordeñadores hace necesario la realización de rotaciones con el cambio a SOR, los kg de leche sacados por hora son muy superiores a los obtenidos con el sistema de ordeño previo. La cuantificación del tiempo que el personal destina a controlar el ordeño se hace en base al tiempo consumido para visualizar solo los datos que comprometen al ordeño, por ejemplo, incompletos, retrasos, etc. Del mismo modo, cuantificando la mano de obra empleada anualmente en el ordeño observamos esas diferencias económicas (Figura 112).

Valorando la hora de ordeño en 9 € (salario y seguros), el hacer 2 o 3 ordeños al día en sala, supone un coste de algo más de 4 o 12 veces respectivamente del coste de realizarlo con SOR.

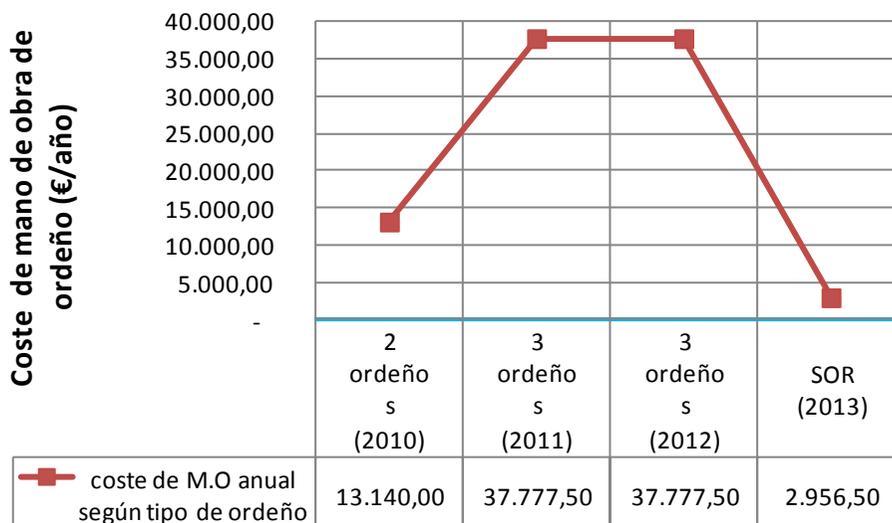


Figura 112. Coste de la mano de obra según nº de ordeños/día y sistema de ordeño.

A pesar de incrementarse la producción diaria de leche al pasar de 2 a 3 ordeños en sala, el coste de la mano de obra (MO) se vio incrementada, también se puede observar como la producción en el primer año de uso del SOR es ligeramente inferior a cuando se realizan 3 ordeños en sala, aunque este factor no es muy determinante sobre la MO empleada, ya que repercute muy poco en el coste final del kg de leche (Figura 113).

El coste imputado al kg de leche en un sistema convencional con 2 ordeños por día es de 0,026 €, mientras que cuando se pasó a realizar 3 ordeños/día el coste subió entre 0,057 y 0,062 €/kg de leche. Sin embargo al pasar a ordeñar con SOR el coste disminuyó a 0,005 €/kg de leche. Este descenso en el coste con sistema robotizado es evidente ya que el operario solo controla la marcha del ordeño, sin necesidad de una implicación directa en realizar el mismo.

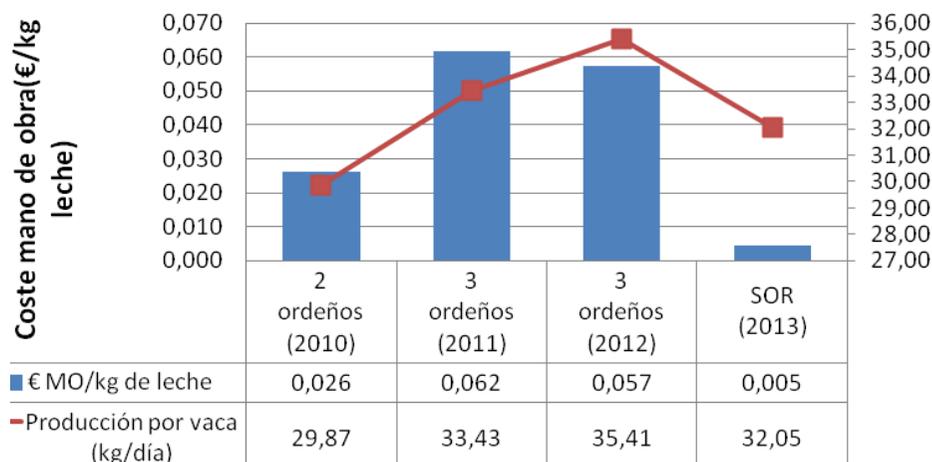


Figura 113. Coste de mano de obra sobre kg de leche producido y sistema de ordeño.

La disminución de las horas dedicadas a ordeño con sistemas robotizados es de esperar que permita al ganadero dedicarlo a otras tareas, es decir, tener la oportunidad de dedicarse a otra cosa. Llegado a este punto planteamos el cálculo del coste de oportunidad horario de los diferentes sistemas de ordeño, tomando como base la situación de usar SOR. Lo más común es que cuando un ganadero tiene tiempo disponible lo emplee en realizar trabajos dentro del mismo sector. Teniendo en cuenta las diferencias de tiempo empleado en el ordeño tomando como referencia el SOR y teniendo en cuenta la diferencia en cuanto a salario de ordeño con respecto a otras tareas (+3 €), estimamos un coste de oportunidad superior a 3.000 y a 11.000 euros en sala con dos y tres ordeños respectivamente (Tabla 24).

Tabla 24. Coste de oportunidad en base a SOR.

Sistema de ordeño	Horas de trabajo totales	Horas de trabajo libres respecto a SOR	Coste de oportunidad de M.O. sobre SOR
Sala (2 ordeños)	4	3,1	3.394,50
Sala (3 ordeños) 1º año	11,5	10,6	11.607,00
Sala (3 ordeños) 2º año	11,5	10,6	11.607,00
SOR	0,9	-	-

A parte de una valoración puramente económica, la implementación de las nuevas tecnologías introdujo varias novedades a la par que ordeña los animales. Una de ellas es la disponibilidad de datos propios del animal, de su alimentación, de su calidad de leche y otra la flexibilidad horaria, dando lugar a una mejora en la calidad de vida de la familiar en general (Castro et al., 2015). Este es un aspecto muy valorado en campo por los ganaderos con experiencia en SOR. Los ganaderos gallegos (y en extrapolación los españoles) cada vez se parecen más a sus homólogos nort-europeos. Estos anteponen la calidad de vida sobre cualquier aspecto económico. Así son ya muchos los diversos estudios que lo demostraron (Mathijs, 2004; Reineman, 2008).

La valoración, mediante análisis multicriterio, de las 10 variables consideradas relevantes por su influencia en la calidad de vida (Tabla 25), muestra que tomando como referencia el sistema de partida de 2 ordeños diarios en sala, el sistema de 3 ordeños en sala ofrece una calidad de vida un 42% inferior (Figura 114). Sin embargo al utilizar el SOR la calidad de vida se incrementa el 143% con respecto a ordeñar 2 veces al día y se llega al 317% con respecto a 3 ordeños diarios en sala.

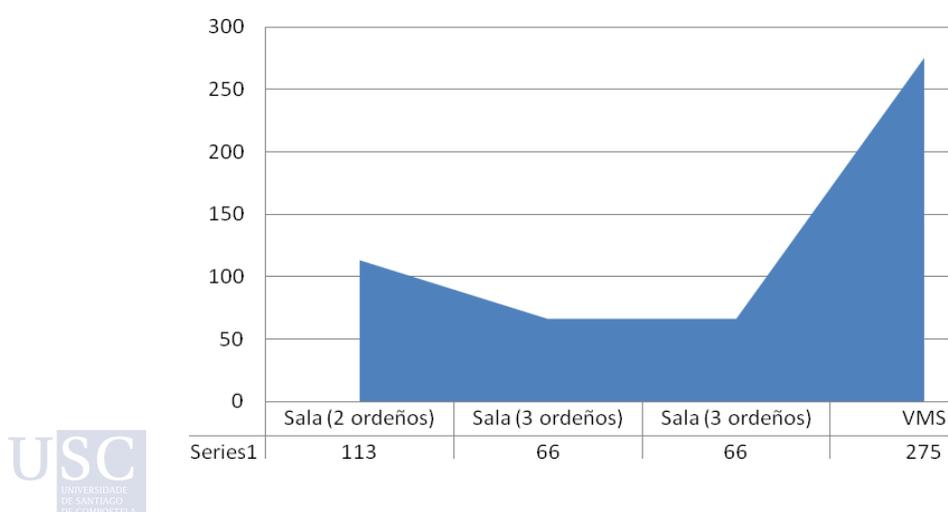


Figura 114. Puntuación de los tres sistemas de ordeño en base a calidad de vida.

Tabla 25. Análisis multicriterio para la evaluación de la calidad de vida con dependencia del sistema de ordeño.

Variables calidad de vida en ordeño	Importancia ¹	Sala 2 ordeños	Sala 3 ordeños	SOR	Sala 2 ordeños	Sala 3 ordeños 1º año	Sala 3 ordeños 2º año	SOR
Flexibilidad horaria	10	2	1	5	20	10	10	50
Horas de trabajo	9	2	1	5	18	9	9	45
Ausencia puntual en el ordeño (1-2 días)	8	1	1	5	8	8	8	40
Esfuerzo y riesgo en el trabajo	7	2	1	5	14	7	7	35
Seguridad en un trabajo bien hecho	6	3	2	5	18	12	12	30
Implicación del número de personas	5	3	1	5	15	5	5	25
Ambiente de trabajo (foso sala vs oficina)	1	2	2	5	2	2	2	5
Coste de oportunidad M.O.	3	2	1	5	6	3	3	15
Calidad de vida familiar	2	2	1	5	4	2	2	10
Cantidad datos ofrecidos	4	2	2	5	8	8	8	20
Punt. total					113	66	66	275
ICV²					41	24	24	100

¹Nota: Orden de importancia de las variables, 10 puntos para la más importante (flexibilidad) y 1 para la menos (ambiente de trabajo). Este orden será multiplicado en cada una de las opciones de ordeño por la escala de puntuación de cada variable de 1-5, siendo 1 negativo o de menor valor y 5 el de mayor valor o aspecto muy positivo.

²Índice de calidad de vida (ICV): transformamos la puntuación total de cada opción de ordeño en base a una puntuación máxima de 100.

4.3.3 Consumos y mantenimiento

4.3.3.1 Consumo de los motores en sala de ordeño.

El consumo total anual en esta explotación con sistema de ordeño convencional es de 20.190 kWh (Tabla 26), produciendo 1.550 Kg diarios de leche, representando un consumo muy inferior al aportado en otro estudio realizado en Galicia de 30.000 kWh con una producción de leche de 1500 litros (Torrente y Sánchez, 2010). En nuestro caso el mayor consumo lo ocasiona el calentador de agua, seguido del tanque de frío y como tercero el sistema de vacío.

Torrente y Sánchez, (2010) intercambian las posiciones, siendo el primero el tanque de frío, el segundo el sistema de vacío y el tercero el calentador de agua. Estas diferencias pueden ser debidas a que el sistema de vacío en nuestro caso tiene un variador de frecuencia, lo que permite reducir el consumo eléctrico.

Los consumos de los motores eléctricos en la sala de ordeño 2x4 línea baja muestran un patrón homogéneo a lo largo de los días con picos de consumo máximo entorno a los 16 A, (Figura 115) que se corresponden con las horas de ordeño a la mañana y a la tarde, a las 7:00 am y a las 7:10 pm. La recogida de leche se realiza cada 2 días, conteniendo en el tanque leche de 4 ordeños. Esta recogida se realiza entre las 12:30 y 14:00 aproximadamente.

Tabla 26. Consumos eléctricos en sala 2x4

MOTORIZACION DEL ORDEÑO EN SALA 2X4 con 47 vacas								
	Potencia Nominal (W)	Consumo Real (A)	Tipo de motor ¹	Tiempo de funcion.to (h/día)	Tiempo de funcion.to (h/año)	Energía (KWh)	Energía (€/año ²)	€/Kg ³
ORDEÑO								
Motor de la lavadora	25		M	0,5	182,5	4,56	0,81	
Motor bomba vacío ,potencia nominal	5.300	8	T	3	1095	0		
Efecto variador de frecuencia *	4.600	7	T	3	1095	5037	893,64	
Motor bomba de descarga	552	0,5	T	1	365	201,48	35,75	
Calentador de agua	3.000	4,07	T	5,26	1919,9	5759,7	1021,86	
REFRIGERACIÓN								
Motor bomba de recirculación del acumulador	90		M	3	1095	98,55	17,48	
Motor grupo frio tanque-4 ordeños (5.000 L)	5.152	5,75	T	3	1095	5641,44	1000,88	
Motor lavadora tanque	1.250		M	0,12	43,8	54,75	9,71	
Motor agitador tanque	60		M	3,25	1186,25	71,17	12,63	
2 motores de los 2 ventiladores del tanque	460		M	3	1095	503,7	89,36	
OTROS								
Motor bomba agua – preenfriador	790	6	M	0,66	240,9	190,3	33,76	
Cepillo rotativo	450		M	16	5840	2628	466,25	
TOTALES	15.829			38,79	14158,35	20190,65	3.582,12	0,0061

* El efecto del variador se ha tenido en cuenta a la hora de calcular la energía consumida.

¹ La M significa motor monofásico y la T significa motor trifásico.

² Precio del kWh a fecha del 28/12/12 (0,177415 €/kWh)

³ Coste eléctrico por kg de leche en esta granja, (1.549,5kg/día)

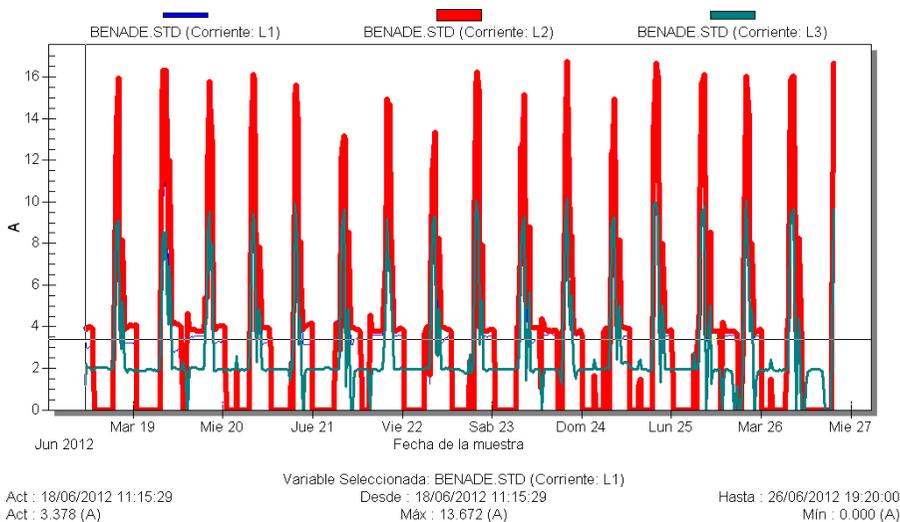


Figura 115 Grafica del consumo semanal en sala 2x4.

En la Figura 116 mostramos en detalle los consumos ocurridos durante un día de trabajo. Se observa en primer lugar las tres fases correspondientes a la corriente trifásica. La señalada como L3 se corresponde con la fase que principalmente soporta motores trifásicos y las otras dos fases soportan además algún motor monofásico. De ahí las diferencias en consumo en cada fase:

La L3 soporta además de los motores trifásicos que figuran en la, Tabla 26 al cepillo rotativo, ya que es el único motor monofásico de 2 A que funciona de forma continua en la granja.

La L1 soporta además de los motores trifásicos que figuran en Tabla 26, el motor de la bomba de recirculación del acumulador de agua, el motor del agitador del tanque, el motor de los ventiladores del grupo frigorífico del tanque y la iluminación de la sala y lechería. Sumando los consumos suponen aproximadamente 4 A sobre la L3.

La L2 soporta además de los motores trifásicos que figuran en Tabla 26, el motor de la bomba de impulsión de agua del pre-enfriador, que

aunque su consumo nominal es de 3,5 A, en el arranque llega a 6 A, tal y como comprobamos con un amperímetro.

Se puede observar en la Figura 116, las líneas de colores que representan las intensidades por fase cuyo trazado se construye en base a medias tomadas cada 15 minutos, por eso su representación no es instantánea como realmente es el comportamiento del consumo eléctrico.

Durante las noches en períodos largos de tiempo (6 horas) solo funciona ocasionalmente el cepillo rotativo y el motor agitador del tanque, para mantener la temperatura de la leche homogénea.

Los picos de cada una de las fases, coinciden con los ordeños, y en estos se observa una bajada del consumo, siendo debido al funcionamiento intermitente del motor de la bomba de descarga de leche de la unidad final.

Como la leche se recoge cada 2 días después de las 12:30, el día que toca la recogida en el ordeño de la mañana se observa que el tanque tarda un poco más en enfriar. Este proceso coincide con el lavado post ordeño de la sala.

Desde que se lava la sala de ordeño a las 9:30 hasta las 10:30 entra en funcionamiento el calentador de agua, para recuperar la temperatura perdida durante el lavado del ordeño. Lo mismo ocurre entre las 15:00 y las 19:00 horas que entra de nuevo para recuperar la temperatura perdida por el lavado del tanque después de la recogida de la leche.

El calentador de agua es trifásico pero su funcionamiento lo hace repartiendo las cargas en monofásico con termostatos, pudiendo trabajar como resistencias monofásicas y no tienen que conectar y desconectar las tres al mismo tiempo, incluso si el salto térmico no es elevado pueden entrar solo 2 termostatos.

Estos resultados indican que el consumo por tonelada de leche obtenido en sala de ordeño es de 35,7 kWh contabilizando también la refrigeración de la leche y el cepillo rotativo. Si descontamos los kWh consumidos por la refrigeración y el cepillo rotativo el consumo baja a 19,8 kWh por cada Tn de leche ordeñada en sala de ordeño

Otro estudio realizado en Galicia, aportó que el consumo eléctrico por tonelada de leche era de 40 kWh (Irimia et al., 2015). Este estudio citado, se basó en estimaciones sobre la factura y potencia contratada, no sobre mediciones directas, también ha incluido los sistemas de limpieza e iluminación.

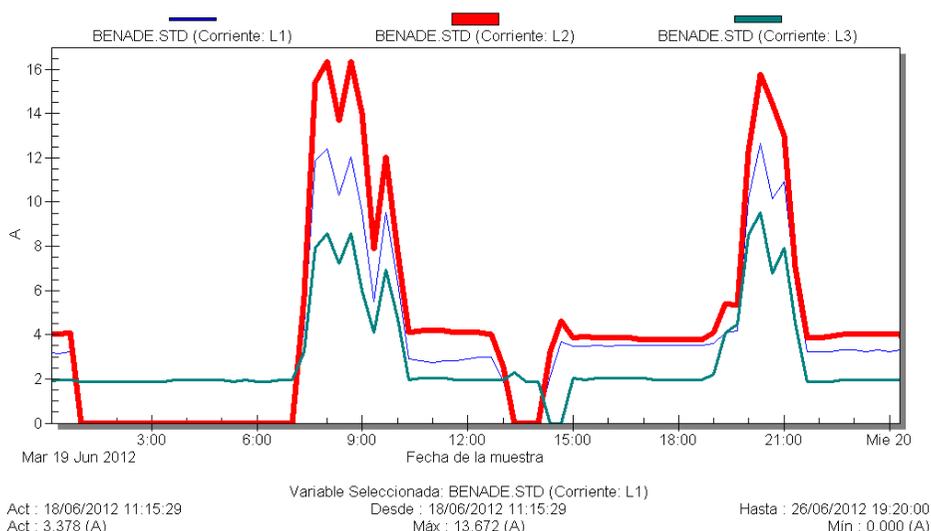


Figura 116 Grafica del consumo diario en sala 2x4.

4.3.3.2 Consumo de los motores en SOR

Una vez estudiados los consumos de los motores eléctricos en esta ganadería (Tabla 27) que dispone de un sistema de ordeño robotizado, se observa un patrón heterogéneo a lo largo de los días. Según mi estudio, los elementos que más electricidad consumen en una ganadería con robot de ordeño son por este orden: calentador de agua seguido del compresor y en tercer lugar la bomba de vacío, difiriendo de lo mostrado por Rasmussen

and Pedersen, (2004), y del Institut für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft, (2012) que indicaron que lo que más consumía era la bomba de vacío seguido del compresor, calentador de agua y el sistema de limpieza del robot.

Tabla 27. Consumos eléctricos en SOR

MOTORIZACION DE ORDEÑO EN "SOR" con 52 vacas	Potencia Nominal (W)	Consumo Real (A)	Tipo de motor ¹	Tiempo de funcion.to (h/día)	Tiempo de funcion.to (h/año)	Energía (KWh)	Energía (€/año ²)	€/kg ³
ORDEÑO								
Motor de la lavadora ^a	-				0	0		
Motor bomba vacío ,potencia nominal	2.200	2,51	T	15,7	5730,5	0		
Efecto del variador de frecuencia ^b	743,74	1,13	T	15,7	5730,5	4262	756,14	
Motor bomba hidráulica	800	1,65	T	10	3650	2920	518,05	
Motor bomba de descarga	552	0,81	T	1,5	547,5	302,22	53,62	
Calentador de agua	3.000	4,07	T	6,76	2467,4	7402,2	1313,26	
REFRIGERACIÓN					0	0		
Motor bomba de recirculación del acumulador	90		M	3	1095	98,55	17,48	
Motor grupo frio tanque de 4 ordeños,6.000L	2.576	5,15	T	3	1095	2820,72	500,44	
Motor lavadora tanque	1.250		M	0,12	43,8	54,75	9,71	
Motor agitador tanque	60		M	3,25	1186,25	71,175	12,63	
2 motores de los 2 ventiladores del tanque	460		M	3	1095	503,7	89,36	
OTROS								
Compresor	3.700	8,10	T	4	1460	5402	958,39	
Ventilador. Funciona solo en verano	550		M	2,95	1076,75	592,2	105,07	
Cepillo rotativo	450		M	16	5840	2628	466,25	
TOTALES	14.588			81,98	29922,7	27057,53	4800,40	0,007

^aEn SOR la lavadora va integrada y su consumo está contemplado dentro de la propio robot. ^b El efecto del variador se ha tenido en cuenta a la hora de calcular la energía consumida.

¹ La M significa motor monofásico y la T significa motor trifásico.

² Precio del kWh a fecha del 28/12/12 (0,177415 €/kWh)

³ Coste eléctrico por Kg de leche en esta granja (1859,4 Kg/día)

En la evolución del consumo a lo largo del día se observa un patrón heterogéneo, en el cual los picos se corresponden con la acumulación de ordeños debido a los retrasos ocasionados durante la noche anterior, ya que los animales al estar en tráfico libre, durante la noche acuden con menor frecuencia al SOR (Wagner-Storch and Palmer, 2003). Esto ocurre todos los días entre las 7:00 y las 11:00 horas de la mañana (Figura 117 y Figura 118). Además, la recogida de leche se realiza cada 2 días, a las 8:30 horas, conteniendo en el tanque leche de 4 ordeños. Durante la recogida se paraliza el ordeño para que no envíe leche al tanque, esto da lugar a retrasos en el ordeño. Al terminar la recogida de la leche, el tanque inicia el lavado consumiendo agua caliente, entra en funcionamiento el calentador de agua de 3 KW, y el consumo se eleva repentinamente.

Los lavados del SOR programados se realizan a las 10:00, 18:00 y 2:00 horas, entrando de nuevo en funcionamiento el calentador de agua. Además cuando hay una separación de leche por mala calidad se activa un lavado corto con agua templada a 15°C.

Hay ganaderos que en lugar de utilizar peróxido mezclado con agua fría al 1% como desinfectante entre ordeños, utilizan agua templada a 15°C, lo que obliga a entrar de nuevo el calentador en funcionamiento.

El calentador de agua es trifásico, pero su funcionamiento lo hace repartiendo las cargas en monofásico con termostatos, pudiendo trabajar como resistencias monofásicas y no tienen que conectar y desconectar las tres al mismo tiempo, incluso si el salto térmico no es elevado pueden entrar solo 2 termostatos.

La rutina de ir a buscar las vacas retrasadas se realiza a las 19:00 horas, no mostrando un incremento en el consumo tan exagerado como en las primeras horas de la mañana, seguramente debido a que hay menor número de vacas retrasadas

Los picos indican un consumo máximo entorno a los 14 A (Figura 117).

Con todo ello, los consumos de electricidad por tonelada de leche ordeñada en la ganadería con SOR fueron de 39,9 kWh. En este consumo se incluyen todos los elementos afectados por el ordeño, la refrigeración de la leche e incluso el cepillo rotativo. Si sacamos la refrigeración de la leche y el cepillo rotativo el consumo bajaría un 23% aproximadamente quedando en 30,8 kWh. El Institut für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft, en el año 2012 cifró en el 44% el consumo energético de la refrigeración de la leche en sistemas de ordeño robotizado. Este dato se encuentra dentro del rango de consumos mostrado en otros estudios, como por ejemplo entre 14,8 y 83,5 kWh/Tm y los 19,4 y 57,6 kWh/Tm mostrados por Rasmussen and Pedersen, (2004) y Morten, (2009) respectivamente.

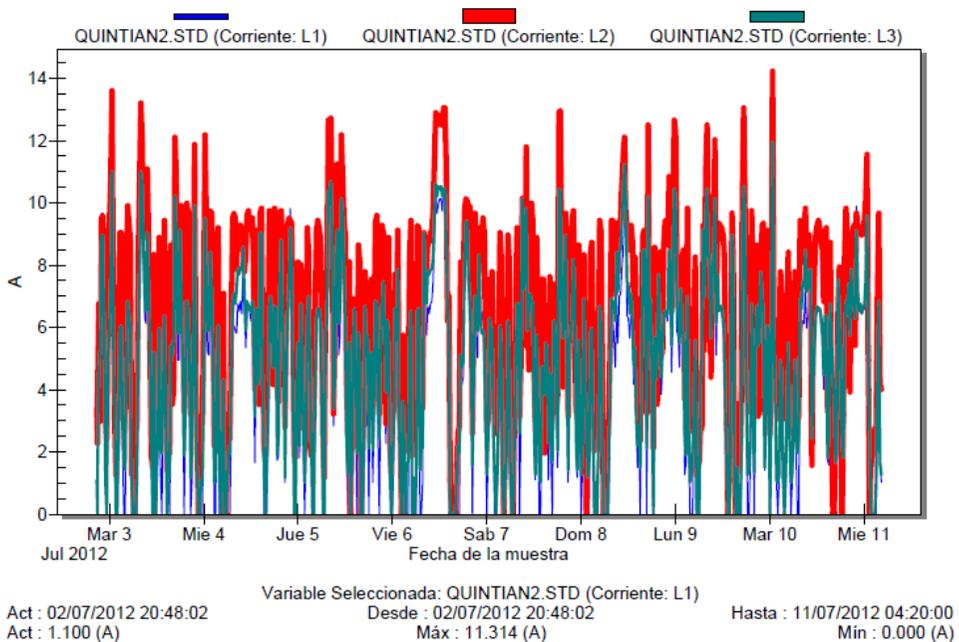


Figura 117 Grafica del consumo semanal en SOR.

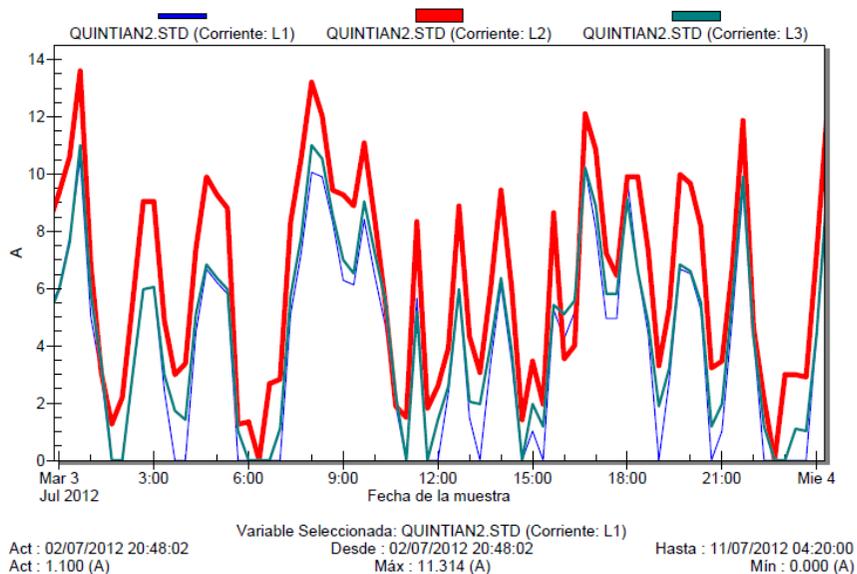


Figura 118 Grafica del consumo diario en SOR.

Comparando como se produce la demanda de energía de cada uno de los 2 sistemas de ordeño (Figura 116 y Figura 118) ambas instalaciones con variador de frecuencia instalado y sincronizado con el motor de la bomba de vacío que además de reducir el consumo tiene la ventaja de la atenuación de ruido (Rasmussen and Pedersen, 2004), se observa que en el caso de SOR el consumo es mucho más regular en el tiempo que en ordeño tradicional en sala. Debido a ello, podemos decir que el sistema robotizado contribuye más a la estabilidad de corriente o estabilidad en tensión que un sistema tradicional de ordeño, que lo que hace son consumos altos de intensidad, pero puntuales de 2 ó 3 veces al día, según el n° de ordeños que se haga en esa granja.

Otro elemento de consumo diario que presenta diferencias es el tanque de frío. Cuando se ordeña con SOR, el tanque recibe leche casi constantemente y a poca cantidad. En este caso como hay menos leche a enfriar, las necesidades frigoríficas son inferiores a cuando llega en un espacio corto de tiempo la cuarta parte del volumen del tanque, como

ocurre en el ordeño convencional. Por ello el grupo de frío es menor, (ver Tabla 26 y Tabla 27).

Otros dos elementos diferenciadores en SOR son:

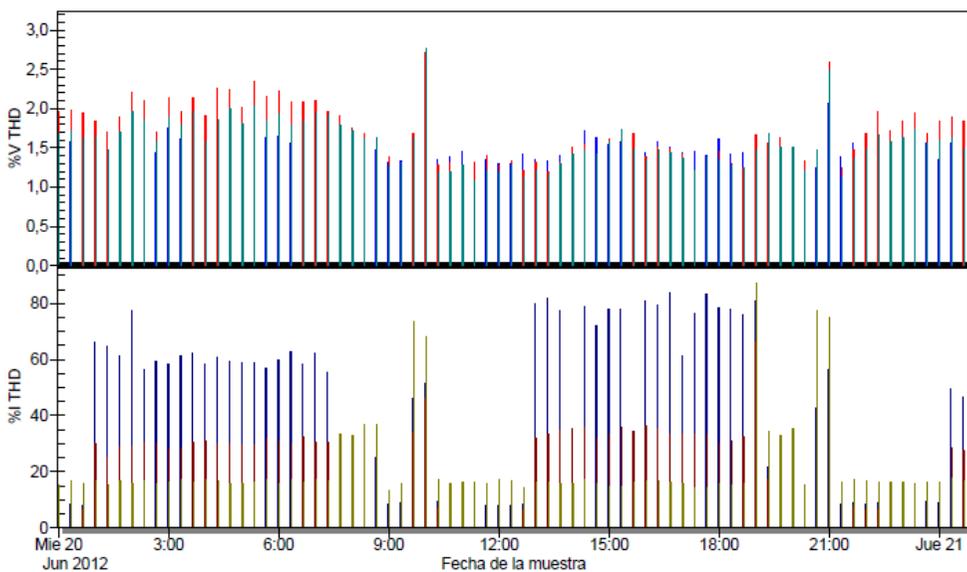
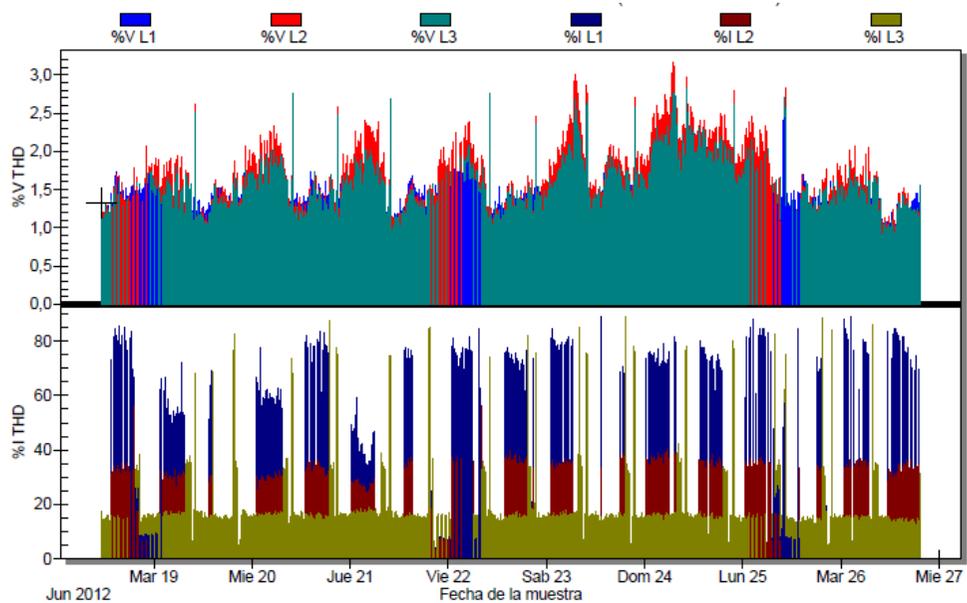
Un ventilador tipo hélice de 550 W monofásico montado en la parte superior del SOR, para dar confort en la estación e evitar las moscas en la zona.

El compresor que proporciona aire comprimido para el accionamiento de puertas, válvulas y el arrastre de leche antes de cada lavado. Es necesario para mantener la instalación con la presión adecuada y es el elemento con más potencia nominal instalada de todo el sistema de ordeño con SOR, sin embargo está en el segundo puesto a nivel de consumo anual.

4.3.3.3 Estudio de armónicos

Es adecuado realizar el estudio de armónicos, ya que en el caso de utilizar los sistemas de ordeño robotizado, el nivel de electrónica se incrementa considerablemente.

Analizando la tasa de distorsión armónica (THD) en sala y SOR (Figura 119 y Figura 120), podemos afirmar que en los dos casos la emisión de armónicos es inferior al 3%, con valores prácticamente iguales y está dentro de la normativa actual que en baja tensión permite hasta un 5% de THD. Así pues la calidad de la energía no se ve afectada por el equipo de ordeño y podemos descartar la existencia de problemas que puedan ser achacados a los armónicos.

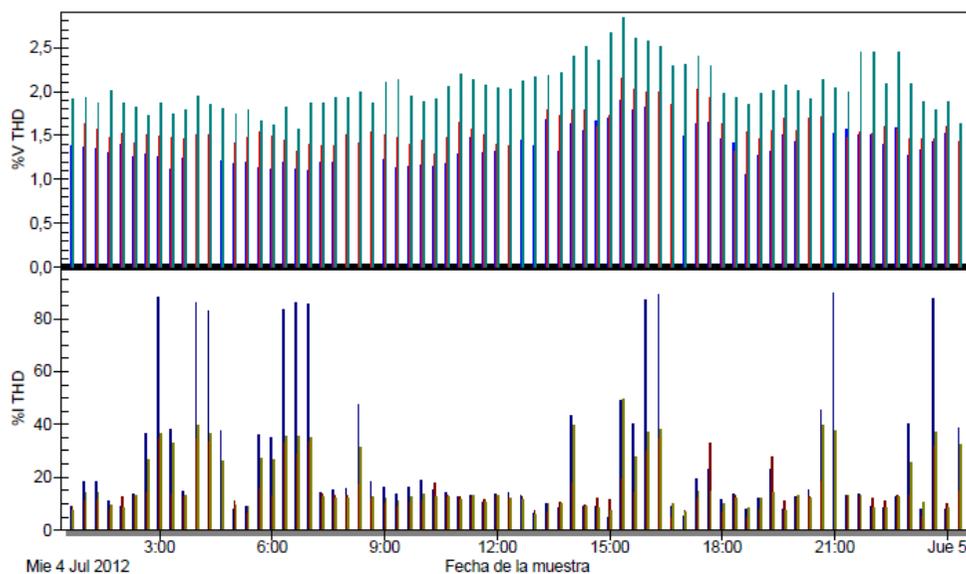
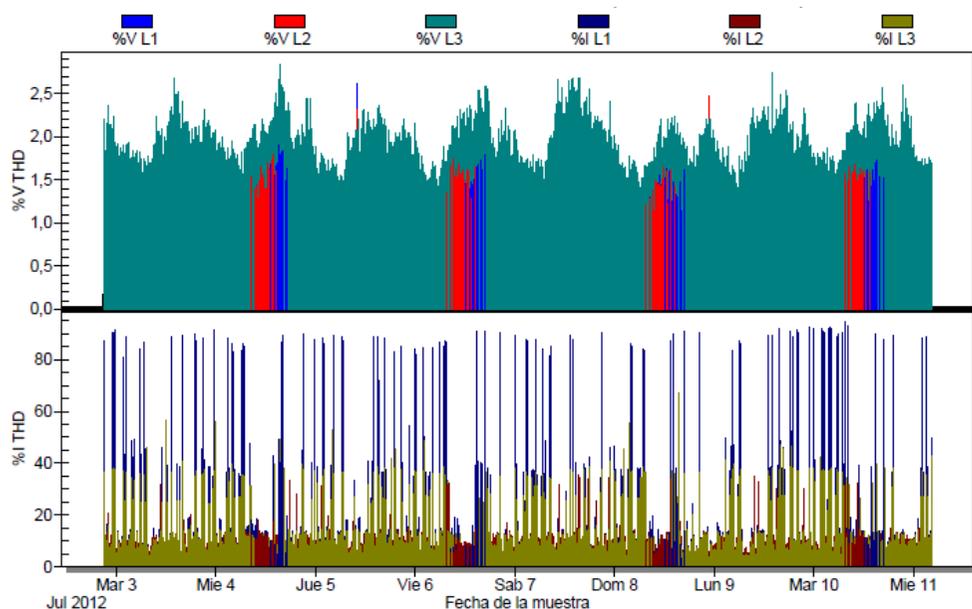


Act : 18/06/2012 11:15:29
 Act : 1.3 (%V THD)

Variable Seleccionada: %V L1
 Desde : 18/06/2012 11:15:29
 Máx : 2.8 (%V THD)

Hasta : 26/06/2012 19:20:00
 Min : 1.0 (%V THD)

Figura 119. Tasa de distorsión armónica en sala 2x4.



Act : 02/07/2012 20:48:02
 Act : 0.0 (%V THD)

Variable Seleccionada: %V L1
 Desde : 02/07/2012 20:48:02
 Máx : 2.6 (%V THD)

Hasta : 11/07/2012 04:20:00
 Mín : 0.0 (%V THD)

Figura 120. Tasa de distorsión armónica en SOR.



4.3.4 Costes de alimentación

Podemos decir que en esta explotación estudiada, los cambios implementados en sistemas de ordeño durante 4 años consecutivos (2 ordeños sala- 3 ordeños sala- SOR) junto con sus correspondientes adaptaciones en alimentación, han sido los acertados ya que la calidad de leche globalmente ha mejorado. La evolución de esta explotación en términos de calidad de leche se muestra en la Figura 121. Cabe destacar que en cualquier de los sistemas de ordeño los valores referidos a RCS y bacteriología (Ufc) siempre han estado por debajo de los umbrales que marca la máxima calidad de leche para el pago por calidad (AA.- RCS < 200.000 y Ufc < 50.000). Otros parámetros de pago por calidad físico-química son urea, grasa y proteína. La urea se observa que ha bajado desde el paso de 2 ordeños en sala al segundo año de 3 ordeños en sala continuando más bajo en SOR. Esto indica una evolución de mejoría en el metabolismo de alimentación de las vacas. La grasa descendió al pasar de 2 a 3 ordeños en sala, se recuperó durante el segundo año de tres ordeños y continúa en una línea ascendente con SOR. La proteína al igual que la grasa, evolucionó de manera ascendente.

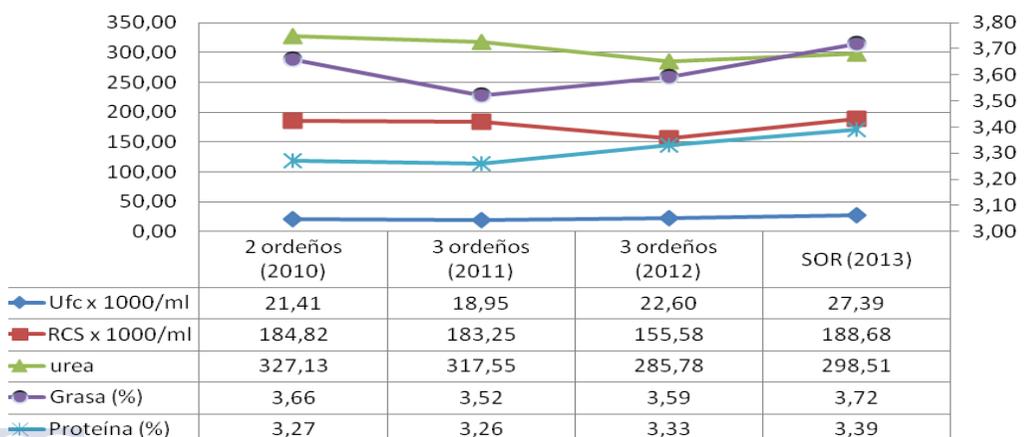


Figura 121. Evolución de parámetros de calidad de leche de la explotación estudiada.

La evolución en el manejo de la explotación pasando de 2 a 3 ordeños y finalmente a SOR ha llevado de forma pareja cambios en el sistema productivo con evidentes repercusiones desde el punto de vista económico, la producción se incrementó claramente al pasar de 2 a 3 ordeños, y continuó incrementándose durante el periodo de tiempo que se mantuvieron los 3 ordeños en sala, luego con el paso a SOR se observa un descenso de la producción respecto a los 3 ordeños en sala, pero manteniéndose por encima de la situación de partida (Figura 122).

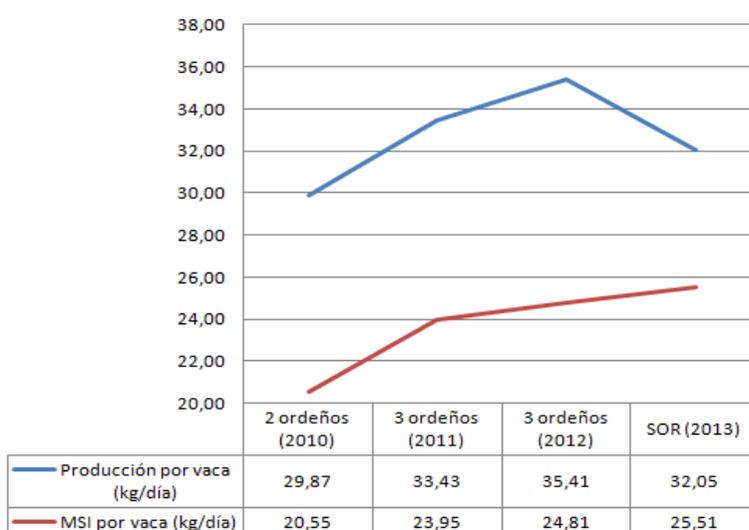


Figura 122. Producción media y materia seca ingerida (MSI) diaria según sistema de ordeño.

Este descenso podría ser explicado por el proceso de adaptación de los animales al sistema de alimentación en el que se combina la alimentación en pesebre preparada por el carro mezclador con el aporte de concentrado suministrado en la estación del SOR. Tanto el nutrólogo como el ganadero deben de encontrar un punto de equilibrio en el cual maximicen la ingesta de MS en el pesebre sin por ello perjudicar el número de visitas de las vacas al SOR. Así se incrementaría la producción al incrementar la materia seca ingerida (MSI). Con el paso de 2 a 3 ordeños día se produce un incremento de consumo de 3,4 kg de MSI por

vaca y día, manteniéndose la tendencia de incremento en el consumo de MSI hasta alcanzar los 24,81 kg de MSI por vaca /día.. Con el cambio de sistema de ordeño en sala a SOR, la producción se resiente, aunque la ingesta de materia seca se mantiene e incluso experimenta un ligero crecimiento. Hay que recordar, que los animales para incrementar la producción acompañada de cambios en la ración necesitan un tiempo de adaptación, sin embargo, cuando tienen un desajuste ruminal, las bajadas en la producción de leche son inmediatas. Analizando la eficiencia de la alimentación (Figura 123) se puede observar como dentro del mismo número de ordeños y del mismo equipo de ordeño existe una cierta variabilidad. Esta variabilidad puede ser provocada por diversos factores que influyen en la EA-4% tales como, la temperatura, la humedad o la heterogeneidad y digestibilidad de la ración, entre otros factores. Durante el período en 2 ordeños, la eficiencia de la alimentación media fue de $1,45 \pm 0,05$, mientras que con los 3 ordeños día en sala, presenta un menor grado de eficiencia pero con igual variabilidad ($1,41 \pm 0,05$).

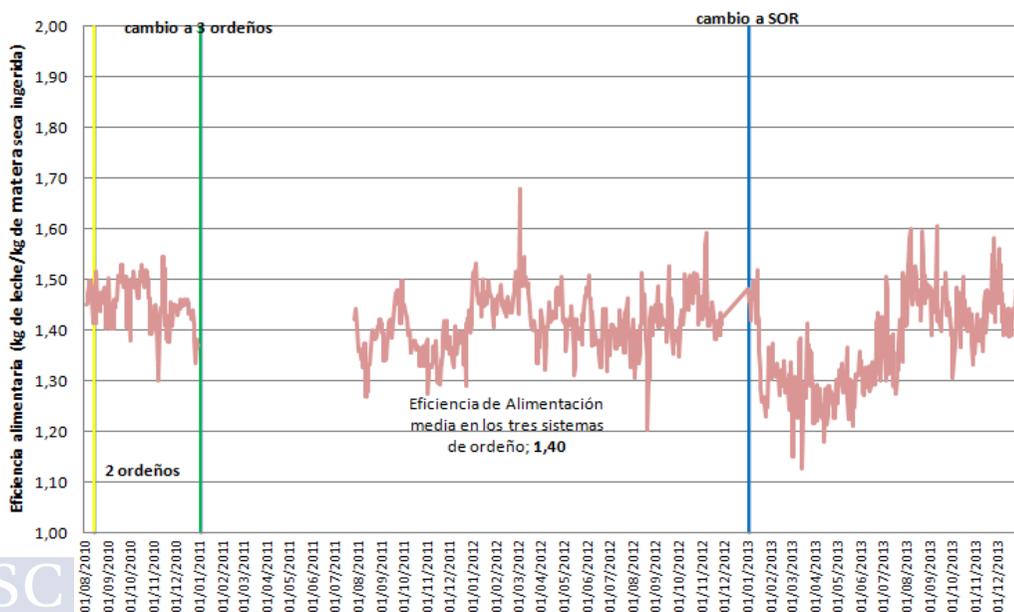


Figura 123. Eficiencia de la alimentación según nº de ordeños y sistema de ordeño.

Desde el momento que se ordeña en SOR se aprecia en primer lugar una bajada en la eficiencia seguida de un período de recuperación a partir del octavo mes de uso (Figura 123). Con ordeño robotizado la eficiencia de alimentación media ($1,37 \pm 0,09$), es inferior a los años previos con ordeño en sala. Como ya comentamos anteriormente puede ser causada por muchos factores, ambientales (Temperatura, Humedad relativa, Pluviometría), mecánicos o de preparación de la ración, y por supuesto a la adaptación de las vacas a este nuevo sistema de ordeño. Esto se refleja en la mayor variabilidad de los datos de eficiencia.

La recogida de datos en la explotación me ha permitido calcular el precio de la ración, como resultado de la siguiente operación;

Coste de alimentación (fresco) (€/vaca y día) = Silo hierba (10 Kg/vaca y día) x coste silo hierba (0.034 €/Kg) + Silo maíz (20 Kg/vaca y día) x coste silo maíz (0.034 €/Kg) + concentrado total (13 Kg/vaca y día) x coste concentrado (0.32 €/Kg) = **5,18 €/ración.**

Coste de alimentación (fresco) (€/vaca y día) = Coste de alimentación (fresco) (5,18 €/ración) x 1,20 raciones/vaca y día = **6,20** (€/vaca y día)

Coste por Kg de materia seca (€/Kg MS) = Coste de alimentación (fresco) (6,20 €/vaca y día) x Materia fresca ofrecida (vaca y día/ 51 Kg materia fresca) x % de materia seca (1 Kg materia fresca / 0,5 kg MS) = **0,25 €/kg MS**

Partiendo del mismo coste de MS de (0,25 €/kg), y teniendo en cuenta la eficiencia de alimentación de cada uno de los sistemas de ordeño obtenemos los costes por litro de leche correspondientes a la partida de alimentación. Por ejemplo para una EA-4% de 1,45 será;

Coste alimentación por kg de leche (€/kg leche) = (1/1,45 x Coste por Kg de materia seca (0,25 €/Kg MS) = **0,172** €/kg leche.

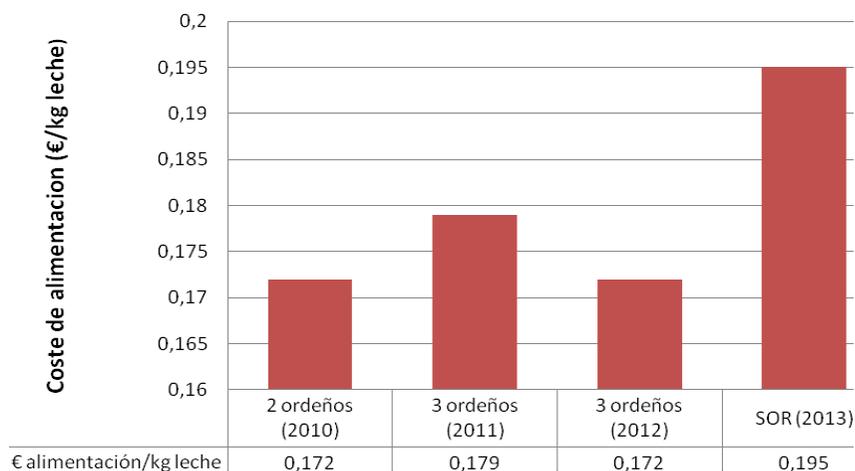


Figura 124. Coste de la alimentación según nº de ordeños y sistema de ordeño.

En la Figura 124 observamos cómo, partiendo de 2 ordeños día durante el 2010, se produce un incremento de los costes de alimentación por litro de leche al pasar a 3 ordeños. Con la adaptación a los 3 ordeños día (en el 2º año), los costes vuelven a bajar al nivel del período anterior de 2 ordeños. Durante el 2013 ordeñando con SOR, los costes de alimentación son mayores (0,195 €/kg de leche al 4%), aunque es probable que esta diferencia en los costes se va reduciendo con el tiempo, de igual modo que ocurrió en el periodo de los 3 ordeños en sala, una vez se haya superado el proceso de adaptación tanto del ganadero como de las vacas al nuevo sistema de alimentación. De los primeros autores que detallaron los costes de alimentación bajo sistemas de ordeño robotizado, los cifraron en el año 1997 entre 0,09 y 0.11 €/Kg de leche (Dijkhuizen et al., 1997). Estes datos difieren en cantidad respecto a los que yo apporto, pero debemos tener en cuenta que son datos obtenidos a partir de estudios de algo más de 17 años, por lo que los precios, sobre todo de concentrados, han variado significativamente (Sineiro, 2012).

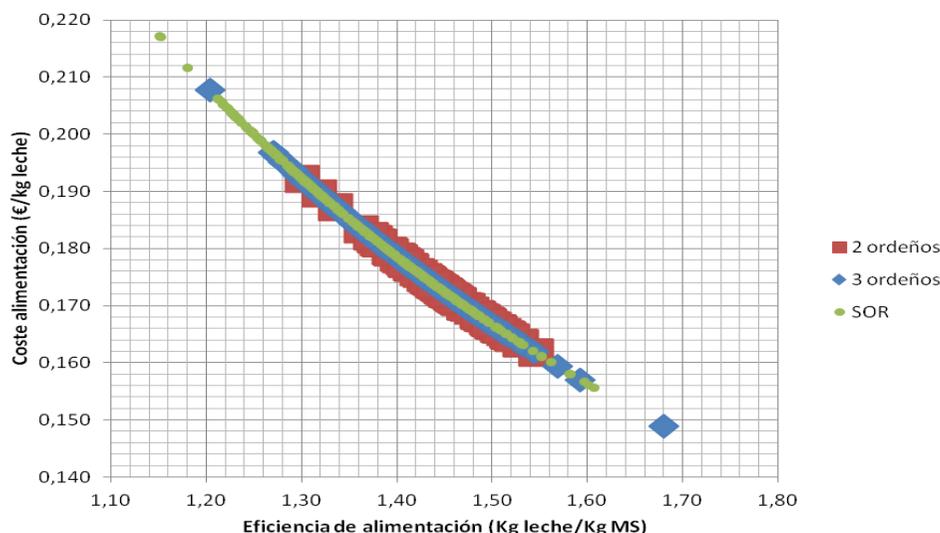


Figura 125. Eficiencia de la alimentación (EA-4%) en función del sistema de ordeño para un coste de 0,25 €/kg MS.

En la Figura 125 se observa como la eficiencia de la alimentación en 2 ordeños va desde 1,30 a 1,55 kg de leche/ kg de MS. En 3 ordeños la variabilidad de la EA-4% es mayor que en el caso de 2 ordeños (1,25 a 1,60) pero menor que en SOR (1,20 a 1,60). Creemos que esta variabilidad puede ser debida principalmente al metabolismo de las vacas del rebaño, en parte, promovido por la variación del nº de ordeños día.

El aporte de ración TMR en pesebre se produce a la misma hora todos los días del año, y sin embargo las horas entre ordeños en SOR no son siempre las mismas. Esta misma Figura 125 es una regresión en la que a partir de la variable independiente eficiencia de alimentación, se obtiene el coste de alimentación por kg de leche. Claro está que esta gráfica nos serviría para estimar los costes en aquellas raciones cuyos costes de MS sean de 0.25 €/kg. Así, con los datos disponibles y su variabilidad en cuanto a diversos sistemas de ordeño, creemos útil diseñar un ábaco a partir del cual podamos estimar los costes de alimentación por kg de leche producido en función tanto de la EA-4% de nuestro rebaño como del coste de MS que tenemos en nuestra explotación (Figura 126).

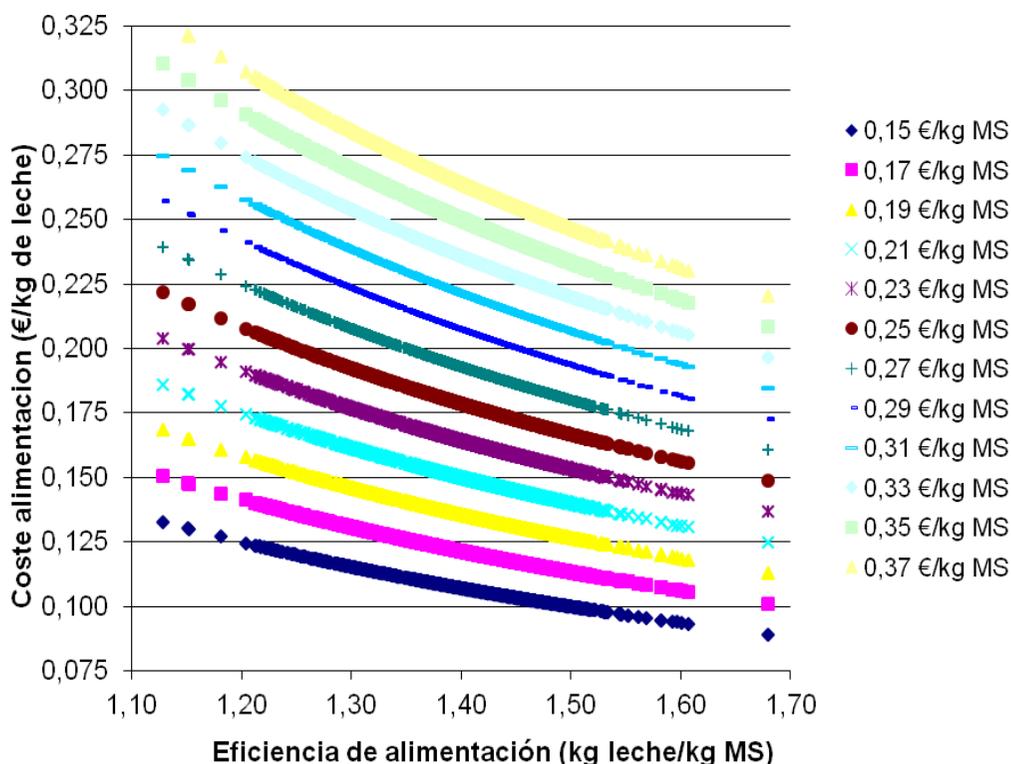


Figura 126. Estimación del coste de alimentación en función de la eficiencia de alimentación (EA-4%) y coste de materia seca ingerida (MSI).

4.3.5 Resumen económico de las alternativas

Partiendo de una explotación con 60 vacas y los 3 sistemas de ordeño observamos una rentabilidad diferente (€/kg de leche) en cada caso (Tabla 28).

Si esta explotación mantuviese el sistema de 2 ordeños en sala, el coste por cada kg de leche sería de 0,234 €. Mientras que si decide hacer 3 ordeños en sala, el coste por kg sería de 0,275 €. Esta diferencia se debe principalmente a la partida de mano de obra. En 2 ordeños se dedican 5,3 horas diarias a esa tarea, mientras con 3 ordeños se necesitan de 13,5 horas debido a que es muy difícil soportar los 3 ordeños diarios con el mismo personal sin hacer rotación entre personas y ordeños. Otras diferencias destacables se producen a nivel de consumos energéticos y consumibles, al

requerir un 50% de tiempo adicional de funcionamiento de la máquina de ordeño. Con respecto a la amortización de la máquina, en 3 ordeños sería más corta ya que estimamos que su vida útil también se acorta al tener mayor número de horas de utilización. Por el contrario, los costes en alimentación por kg de leche fueron muy parecidos entre ambos sistemas en sala de ordeño.

Por otro lado, si comparamos con SOR, las diferencias mayores se producen en el apartado de mano de obra. Con robot se utiliza en torno a 1 hora en ordeño diaria, frente a las 5,3 horas en 2 ordeños o las 13,5 horas en 3 ordeños, para atender un rebaño de 60 vacas. Esto provoca junto al ahorro en mantenimiento un descenso considerable en el coste por litro de leche. En contraposición, los costes con robot de ordeño son mayores tanto para consumos energéticos como para alimentación. Aun así el coste por litro leche fue inferior ordeñando con robot que realizando los 3 ordeños en sala, y sensiblemente más bajos que realizando los 2 ordeños en sala.

Tabla 28. Resumen económico de las alternativas de ordeño

	Sala de ordeño 2x6; 2 ordeños/día		Sistemas de ordeño automático SOR		Sala de ordeño 2x6; 3 ordeños/día	
Datos productivos						
Nº total de vacas	60		60		60	
Producción de leche por vaca (kg/día) ¹	29,9		32		34,4	
Producción Total leche por año (Kg)	654.810		700.800		753.360	
	€	%	€	%	€	%
Equipo ordeño						
Inversión sala informatizada y robot	80.000		110.000		80.000	
Depreciación (años)	15		15		10	
Interés (%)	7		7		7	
Coste equipo de ordeño por año	8.320	21	11.440	39	11.080	16
Edificaciones						
Inversión	14.740		18.640		14.740	
Depreciación (años)	20		20		20	
Interés (%)	7		7		7	
Coste edificio ordeño medio por año	1.705	4	2.156	7	1.705	2
Mano de obra						
Ordeño, lavado y gestión de rebaño (h/día)	5,3		0,95		13,5	
Ordeño, lavado y gestión de rebaño (h/año)	1.934,5		346,8		4.927,5	
Coste de trabajo por hora	9		9		9	
Coste de mano de obra por año	17.411	44	3.121	11	44.347,5	60
Consumos energéticos						
Consumo energético por año	4.574		5.760		6.083	
Consumo de agua por año	226		342		353,8	
Coste consumos anuales	4.840	12	6.102	21	6.437	9
Consumibles y mantenimiento	8.024	20	6.546	22	10.672	15
COSTE TOTAL ORDEÑO	40.300	100	29.365	100	74.241,5	100
Coste ordeño por kg leche	0,062		0,042		0,098	
Coste alimentación por kg leche	0,172		0,183		0,177	
COSTE TOTAL POR KG LECHE	0,234		0,225		0,275	
Coste diferencial por kg leche en base a 2 ordeños	-		-0,009		-0,041	

Estos datos deben ser tenidos en cuenta conjuntamente con las producciones anuales obtenidas en cada uno de los sistemas. Con 2 ordeños en sala se consiguieron 654.810 kg/año incrementándose la producción un 15% con 3 ordeños al día. Con ordeño robotizado se consiguió un incremento anual de un 7% con respecto a los mismos 2 ordeños diarios (Tabla 29).

Analizando conjuntamente los datos de costes de producción con los anteriormente citados de ingresos netos anuales en cada sistema de ordeño, el sistema más rentable fue el sistema de ordeño robotizado seguido de la sala de ordeño haciendo 2 ordeños / día y por último la sala de ordeño haciendo 3 ordeños /día.

Tabla 29. Beneficio neto con cada sistema de ordeño

	Sala con 2 ordeños	Sala con 3 ordeños	SOR
Producción (kg/año)	654.810	753.360	700.800
Ingreso (€/kg)	0,32	0,32	0,32
Costes (€/kg)	0,234	0,275	0,225
Beneficio Neto (€)*	56.314	33.901	66.576

*Este beneficio neto al que hacemos referencia es un beneficio sin tener en cuenta los costes derivados de veterinarios, alquiler de cuota y/o de tierras, impuestos, seguros, mano de obra derivada del resto de actividades que no sean ordeño y su correspondiente gestión.

4.4 CONCLUSIONES

Valorando los costes de obra civil y los costes asociados al valor de adquisición de la máquina e instalaciones necesarias para el ordeño podemos concluir que el sistema más económico es la alternativa de instalar una nueva sala de ordeño 2x6 automatizada, seguida del SOR en tráfico libre, guiado y finalmente por el SOR en tráfico semilibre. Si además consideráramos la mano de obra resultante del manejo de cada uno de las alternativas de ordeño, los costes resultantes serían diferentes. Por ejemplo, la diferencia de dinero que hay a la hora de plantear la alternativa B sobre la A es de un 35,8%.

Pasar de 2 a 3 ordeños/día en sala de ordeño implica un incremento en producción del 18,5%, y el número de horas empleadas (mano de obra) se incrementa en un 155%.

Sin embargo, el incremento de producción entre ordeñar en sala haciendo 2 ordeños/día y pasar a realizarlo con SOR es del 7%, pero la mano de obra diaria con el SOR disminuye un 82% respecto a la sala con 2 ordeños/día.

Además, la calidad de vida de la familia haciendo los 3 ordeños/día en sala disminuye un 42% con respecto a cuándo se hacían 2 ordeños/día y si hacemos la comparación entre los 2 ordeños/día y el SOR obtenemos un incremento en la calidad de vida con el SOR del 143%.

Existen pocos estudios independientes con los que poder comparar datos de consumos energéticos, y los que hay coincidimos en la dificultad de obtener datos fiables.

El coste energético por Tn de leche ordeñada es un 26% mayor con SOR que en sala convencional con 2 ordeños día, pero un 5,3% inferior que en sala con 3 ordeños día. A este incremento de coste contribuye principalmente al uso del calentador de agua, compresor y al mayor tiempo de funcionamiento de la bomba de vacío. Sin embargo, el tanque de frío en el caso del SOR permite un ahorro energético, ya que necesita menor número de frigorías al recibir leche de forma constante y en poca cantidad.

El sistema robotizado permite mantener una mejor estabilidad de tensión respecto a un sistema tradicional y en ambos casos los armónicos están dentro de las tolerancias que marca la normativa vigente en cuanto a la distorsión armónica total (THD), que en España, el límite aceptado es del 5% para redes industriales en baja tensión.

No siempre hay una relación directa entre la materia seca ingerida con la producción obtenida, especialmente cuando estamos en un período de adaptación a un nuevo sistema de ordeño.

La mejor eficiencia de alimentación media (EA-4%), con dependencia del número de ordeños y sistema empleado, durante un período de 4 años, se observó al realizar 2 ordeños en sala (1,45Kg de leche/kg de MS ingerida)

Finalmente, conociendo la eficiencia de alimentación bajo cualquier sistema de ordeño empleado y el coste por kg de materia seca ingerida de cada explotación, se puede estimar fácilmente el coste de alimentación de dicha explotación mediante un ábaco que se generó.

4.5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bach, A., S. Calsamiglia, C. Iglesias and M. Devant. 2007. Effect of amount of concentrate offered in automatic milking systems on milking frequency, feeding behaviour, and milk production of dairy cattle consuming high amounts of corn silage. *J. Dairy Sci.* 90: 5049-5055.

Bach, A. 2009. Estrategias nutricionales para racionalizar los costs de alimentación en rumiantes ante la volatilidad de precios de las materias primas. I congreso alimentación animal, seguridad alimentaria e innovación. 10-12 Junio, San Sebastián.

Bijl, R., S. R. Kooistra. and H. Hogeveen. 2007. The profitability of automatic milking on Dutch dairy farms. *J. Dairy Sci.* 90:239-248.

Blake, R. W., A. A. Custodio and W. H. Howard. 1986. Comparative feed efficiency of Holstein and Jersey cows. *J. Dairy Sci.* 69:1302-1308.

Britt, J. S., R. C. Thomas, N. C. Speer and M. B. Hall. 2003. Efficiency of converting nutrient dry matter to milk in Holstein herds. *J. Dairy Sci.* 86:3796-3801.

Casper, D. P. 2008. Factors effecting feed efficiency of dairy cows. Tri-State Dairy Nutrition Conference. April 2008.

Castro, A. J. M. Pereira. C. Amiama and J. Bueno. 2012. Estimating efficiency in automatic milking system. *J. Dairy Sci.* 95:929–936.

Castro, A., J. M., Pereira. 2012. Implantación del ordeño robotizado en Galicia. *Spanish J. Rural Development*. Vol. III (Specila 3): 2012.

Castro, A., y Pereira, J. M. 2013. Factores que afectan a los ordeños involuntarios y su influencia en el trabajo diario en sistemas de ordeño robotizado. *Spanish Journal of Rural Development*, Vol. IV (Special 2).

Castro, A. J. M. Pereira. C. Amiama and J. Bueno. 2015. Typologies of dairy farms with automatic milking system in northwest Spain and farmers` satisfaction. *Italian J. of Animal Sci.* 14:3559.

Cooper, K., Parsons, D. J., 1999. An economic analysis of automatic milking using a simulation model. *J. Agric. Eng. Res.* 73:311-321.

Dijkhuizen, A. A., R. B. M. Huirne, S. B. Harsh, and R. W. Gardner. 1997. Economics of robot application. *Computers and Electronics Agric.* 17:111-121.

Erdman,R.A.,varner,M., 1995. Fixed yield responses to increased milking frequency. *J. Dairy Sci.* 78:1199-1203.

Espejo, L. A., and M. I. Endres. 2007. Herd-Level Risk Factors for Lameness in High-Producing Holstein Cows Housed in Freestall Barns. *J. Dairy Sci.* 90:306–314.

Fry, R. C. 2011. Measuring feed efficiency why & how on the back of a napkin. Dairy.ifas.ufl.edu/rns/2011/2fry.pdf. Available online on 04/11/2014.

Grainger, C and M. E. Goddard. 2004. A review of the effects of dairy breed on feed conversion efficiency-an opportunity lost? *Animal Production in Australia.* 25:77-80.

Greenall, R. K., E. Warren and M. Warren. 2004. Integrating automatic milking installations (AMIS) into grazing system - lessons from Australia. *A*

better understanding. Editors: A. Meijering, H. Hogeveen and C.J.A.M.de Koning, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands.

Halachmi, I., J. H. M. Metz and L. Speelman. 2002. Diseño del establo óptimo de ordeño robotizado- Teoría y práctica. Pages 167 to 174 in Ordeño robotizado. H. Hogeveen and A. Meijering, ed. Editorial Agrícola Española S.A., Madrid, Spain.

Hogeveen. H., K. Heemskerk and E. Mathijs. 2004. Motivations of dutch farmers to invest in an automatic milking system or a conventional milking parlour. Automatic milking; A better understanding. Editors: A. Meijering, H. Hogeveen and C.J.A.M.de Koning. Wageningen Academic Publishers, Wageningen. The Netherlands.

Hutjens, M. F. 2005. Dairy efficiency and dry matter intake. Proceedings of the 7th Western Dairy Management Conference. March 9-11, 2005. Reno, NV. 71. www.wdmc.org/2005/8Hutjens.pdf. Available online on 16/09/2013.

Hutjens, M. F. 2008. Feed efficiency opportunities with 2008 feed cost. Proceedings 45th Florida Dairy Production Conference, Gainesville, April 29, 2008. dairy.ifas.ufl.edu/dpc/2008/Hutjens.pdf. Available online on 16/09/2013.

Hyde, J., J. R. Stokes, and P. D. Engel. 2003. Optimal investment in an automatic milking system: an application of real options. *Agricultural finance review*. 75-92.

IEC 60050. 2012. Vocabulario electrotécnico. Section 161-02-18 (harmonic component). www.electropedia.org. Available online on 05/02/2014.

Institut de l'élevage. 2009. Auto-diagnostic par l'éleveur des consommations d'énergie en bâtiment laitier. Les consommations d'énergie en bâtiment d'élevage laitier. Pp. 25-30

Institut für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft. 2012. Wirtschaftlichkeit automatischer Melksysteme unter Berücksichtigung der Übergangszeit vom konventionellen zum automatischen Melken. Themenbearbeiter Jana Harms. Mecklenburg Vorpommern.

Irimia, S., Escudero, C., Álvarez, C. J. 2012. Mellora da eficiencia organizativa das explotacións lacteas galegas: novas formulas para incrementar a produción de leite. Revista Afriga N° 101.

Irimia, S., Escudero, C., y Álvarez, C. 2015. Caracterización del consumo eléctrico en las explotaciones de vacuno de leche gallegas. Afriga N° 114: pp 82-88.

Koning, K., and Rodenburg, J. 2004. Automatic milking: Estate of the art in Europe and North America. Pages 27-35 in A better Understanding of Automat Milking. A. Meijering, H. Hogeveen and C.J.A.M.de Koning. Ed. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands.

Linn, J. 2006. Feed Efficiency: its economic impact in lactating dairy cows. *Advances in Dairy Technology*. 18:19-28.

Linn, J., M. Raeth-Knight, S. Fredin and A. Bach. 2007. Feed efficiency in lactating dairy cows. www.cvmbs.colostate.edu/ilm/proinfo/cdn/2007/ Available online on 05/11/2013.

Little, S. 2009. Feed conversion efficiency. www.dairyaustralia.com.au/~media/Documents/. Available online on 16/11/2013.

Madsen, J. M.R. Weisbjerg and T. Hvelplund. 2010. Concentrate composition for automatic milking systems. Effect on milking frequency. *Livestock science*. 127, 45-50.

Mathijs. E. 2004. Socio-economic aspects of automatic milking. *Automatic milking; A better understanding*. Editors: A. Meijering. H. Hogeveen and C.J.A.M.de Koning. Wageningen Academic Publishers. Wageningen. The Netherlands.

Maulfair, D., J. Heinrichs and V. Ishler. 2011. Feed efficiency for lactating dairy cows and its relationship to income over feed costs. PennState. Cooperative Extension. College of Agricultural Sciences.

Melin, M., K. Svennersten-Sjaunja and H. Wiktorsson. 2005. Feeding patterns and performance of cows in controlled cow traffic in automatic milking systems. *J. Dairy Sci.* 88:3913-3922.

Morten, J. 2009. Power and water consumption with AMS. Web edition at www.Farmtest.dk

Nixon, M., J. Bohmanova, J. Jamrozik, L. R. Schaeffer, K. Hand, and F. Miglior. 2009. Genetic parameters of milking frequency and milk production traits in Canadian Holsteins milked by an automated milking system. *J. Dairy Sci.* 92:3422–3430.

Petterson, G., and H. Wiktorsson. 2004. Illumination or guiding light during night hours in the resting area of AM-barns. Automatic milking; A better understanding. Editors: A. Meijering, H. Hogeveen and C.J.A.M.de Koning, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands

Rasmussen, J. and Pedersen, J. 2004. Electricity and water consumption at milking. Web edition at www.Farmtest.dk

Rodenburg, J. 2002. Robotic milkers. What, where and how much!?!?. Pages 1-18 in Proc. Ohio. Dairy management conference, 2002.

Shaver, R. 2010. Factors influencing feed efficiency in dairy cattle. 2010 Mid-South Ruminant Nutrition Conference. Arlington, Texas. uwex.edu/ces/dairynutrition/documents/shavermid-southfeedefficiency2010.pdf. Available online on 20/11/2013.

Sineiro, F. 2012. Situación actual, retos y perspectivas del vacuno de leche. www.eumedi.es/portales/files/documentos/2-FSineiro.pdf. Available online on 30/07/2015.

Soberon, F., C. M. Ryan, D. V. Nydam, D. M. Galton and T. R. Overton. 2011. The effects of increased milking frequency during early lactation on milk yield and milk composition on commercial dairy farms. *J. Dairy Sci.* 94:4398–4405.

Svennersten-Sjaunja, K. M. and G. Pettersson. 2007. Pros and cons of automatic milking in Europe. *J. Anim. Sci.* 86:37-46.

Torrente, F. M., y Sánchez, M. A. 2010. El asesoramiento en nuevos retos: Eficiencia y ahorro energético, energías renovables. Auditorías Energéticas en Explotaciones Ganaderas. Metodología. Xunta de Galicia. Consellería do Medio Rural.

Upton, J., Murphy, M., Shalloo, L., Groot Koerkamp, P. W. G., and De Boer, I. J. M. 2012. Assessing the impact of changes in the electricity price structure on dairy farm energy costs. *Applied Energy.* 137, 1-8.

Van Dooren, H. J. C., L. F. M. Heutinck, G. Biewenga and J. L. Zonderland. 2004. The influence of three grazing system on AMS performance. A better understanding. Editors: A. Meijering, H. Hogeveen and C.J.A.M.de Koning, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands

Veysset, P., P. Wallet, and E. Prugnard. 2001. Le robot de traite: pour qui? Pourquoi? Caractérisation des exploitations équipées, simulations économiques et éléments de réflexion avant investissement. *INRA Pod. Anim.* 14 (1), 51-61.

Wagner-Storch, A. M., and R. W. Palmer. 2003. Feeding behavior, milking behavior, and milk yields of cows milked in a parlor versus an automatic milking system. *J. Dairy Sci.* 86:1494-1502.

Wiktorsson, H., and J. T. Sorensen. 2004. Implications of automatic milking on animal welfare. Pages 371-381 in *A Better Understanding of Automatic Milking*. A. Meijering, H. Hogeveen and C. J. A. M. de Koning, ed. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands.

5. CONCLUSIONES GENERALES.

La producción de leche de vaca es una tarea compleja en la que confluyen diferentes sistemas de manejo con instalaciones de ordeño también diferentes. Todavía en algunas zonas de España convive la producción casi artesanal, respetando tradiciones y costumbres amparadas por denominaciones de origen destinadas a la producción de derivados tradicionales, con la producción de leche intensiva a escala industrial. Esta diversidad en los sistemas de producción lleva aparejada, también, la utilización de diferentes instalaciones y sistemas de ordeño, aunque la evolución natural en los diferentes equipos de ordeño ha estado condicionada por el incremento del tamaño de las explotaciones, las repercusiones sobre la salud del animal, las implicaciones sobre la calidad de la leche y la búsqueda de la comodidad y/o mejora de la calidad de vida del ganadero y su familia.

Independientemente del tipo de máquina de ordeño, desde los primeros cántaros, pasando por los circuitos, las salas de ordeño y finalmente los sistemas de ordeño robotizados, las exigencias de los estándares de calidad en la producción de leche, ha llevado aparejado el cumplimiento de unas normas de funcionamiento y un cuidado permanente de las instalaciones para evitar perjuicios derivados del mal funcionamiento que pudiesen ocasionar sobrecostes en la producción.

Considerando el grado de cumplimiento de la norma reguladora del funcionamiento y la calidad higiénica-sanitaria de la leche obtenida, hemos observado que el grado de cumplimiento, una vez analizados hasta 23 parámetros de control, es siempre mayor en las salas (88%), seguido de los circuitos (86%) y por último en cántaros (82%), y que se demuestran una clara relación en cuanto a calidad higiénica-sanitaria (bacteriología y recuento de células somáticas), en función del tipo de máquina con la que

se ordeña. La mejor calidad higiénica-sanitaria se consigue en las salas, seguidas por los circuitos y los cántaros.

Los equipos de ordeño en muchas ocasiones no se encuentran dimensionados para los requerimientos actuales (número de vacas, producción, flujos) siendo su mantenimiento peor cuanto más pequeña es la instalación. Aunque es necesario puntualizar que las generalizaciones deben ser tomadas con cautela puesto que siempre es posible encontrar excepciones a la regla.

Por otra parte, los sistemas de ordeño robotizado representan los sistemas más avanzados, y aunque su mercado crece continuamente, aún no se están llevando ningún tipo de control sobre su funcionamiento, al margen del propio que realizan periódicamente los técnicos de las firmas distribuidoras.

Tomando la pezonera de referencia, como elemento esencial que conecta la máquina con el animal, tanto en sistemas de ordeño convencionales como robotizados hemos observado que con el uso pierden elasticidad, van haciéndose más rugosas y se ve incrementada la colonización bacteriana, además de alargarse la duración del tiempo de ordeño afectando a la salud en la punta del pezón. En SOR, las pezoneras realizan muchos más ordeños en un espacio muy corto de tiempo (3000 ordeños en 15 o 20 días), que con respecto al ordeño convencional (6 – 12 meses), y no ofrecen deterioro mecánico evidente hasta los 4.800 ordeños. Sin embargo, con respecto a la carga bacteriana acusan incrementos exponenciales a partir de los 3400 ordeños. Es por ello que en SOR, es más importante tomar como referencia, para realizar el cambio de pezoneras, la carga bacteriana antes que el deterioro mecánico, evitando así riesgos de contagio.

Sigue siendo muy acertada la recomendación de los fabricantes en cuanto a sustituir las pezoneras de caucho cada 2.500 ordeños y las de silicona cada 5.000 ordeños. Es válida para cualquiera de los sistemas de ordeño empleados ya que en los ordeños convencionales el cambio llega antes por el deterioro mecánico y en el SOR, por la carga bacteriana que alberga en la zona crítica para el pezón. De esta manera se asegura la extracción de leche de calidad y una buena salud animal.

Independientemente de las particularidades propias de cada explotación, cuando un ganadero decide renovar su instalación de ordeño, son muchos los aspectos a tener en cuenta: inversión inicial, mano de obra, producción, consumo energético, alimentación o calidad de vida entre otros. Planteando diferentes escenarios (sala 2 ordeños, sala 3 ordeños, robot tráfico libre, robot tráfico semilibre robot tráfico guiado), y tomando como referencia una explotación media de tipo familiar (60 vacas en ordeño), entorno de dimensión muy común en el ámbito geográfico de Galicia, podemos afirmar que desde el punto de vista de la inversión inicial, resulta mayor en los sistemas de ordeño robotizados.

En un sistema con robot de ordeño, decidirse por tráfico libre es la opción más asequible desde un punto de vista estrictamente económico. Si lo que se busca es incrementar la producción, esta será más elevada si pasamos a realizar 3 ordeños diarios en sala. Ahora bien si a esa producción imputamos la mano de obra necesaria para realizar las tareas necesarias en ordeño, la cantidad de leche obtenida por hora de mano de obra empleada (kg leche/h MO), es 13 veces mayor con robot que la obtenida con 3 ordeños en sala. Además el resultado de valorar la calidad de vida, en función de diez variables diferentes, mediante un índice numérico (ICV), difícilmente cuantificable económicamente, muestra que la calidad de vida de los ganaderos en SOR es 2,5 veces mejor que con sala en 2 ordeños y hasta 4 veces mejor que con 3 ordeños en sala.

Desde el punto de vista de eficiencia energética, los resultados muestran que en los SOR, aun presentando menores consumos energéticos para refrigerar la leche, el consumo de energía total está entre un 26% más por Tn de leche que si se ordeña con sala convencional con dos ordeños, pero es un 5,3% inferior que en tres ordeños al día, debido sobre todo a la necesidad de trabajo continuado del calentador de agua y compresor.

Uno de los aspectos más relevantes en la selección entre diferentes alternativas es su repercusión sobre los costes de alimentación, puesto que ésta representa normalmente algo más del 50% de los costes en una explotación de leche, teniendo cada vez más y más peso. Teniendo en cuenta que en la producción de leche interaccionan gran cantidad de variables, hemos observado que la eficiencia de transformación de la alimentación en leche (EA o ECA), ha sido superior cuando se ordeñaba 2 veces al día en sala, seguramente debido a que con sistemas de ordeño de 3 veces al día y en ordeño robotizado se alimentaron los animales con dosis superiores de concentrado.

En base a los resultados obtenidos, si bien la inversión inicial es inferior en sistemas de ordeño en sala, teniendo en cuenta costes de alimentación, energía, valor adquisición, adaptación del establo, costes de mantenimiento y de mano de obra, el beneficio neto de explotación se incrementó un 18% con SOR y en tráfico libre con respecto a sala con dos ordeños al día y si lo comparamos con sala y tres ordeños al día el incremento es del 96%.

Los resultados del estudio muestran que la calidad de la leche obtenida guarda relación con el tipo de instalación, coincidiendo la mejor calidad con las instalaciones con mejor puesta a punto de los parámetros de control, 88% en las salas de ordeño, 86% en los circuitos de ordeño y 82% en las instalaciones de ordeño sin conducción (cántaros). Se observa que en sistemas de ordeño robotizado (SOR) el deterioro y la necesidad de reemplazo de las pezoneras están más condicionados por la carga bacteriana en la superficie agrietada de las zonas de estrés, que por los posibles fallos o retardos en la respuesta mecánica al ordeño. Podemos concluir que si imputamos la mano de obra necesaria para llevar a cabo el ordeño, el SOR se ordeñan 13 veces más de kg/h que si se hace 3 veces diarias en sala, y 5,8 veces que haciendo dos. Por otra parte el índice de calidad de vida (ICV) para SOR es 2,5 veces mayor que ordeñando 2 veces al día en sala de ordeño, o 4 si se ordeña 3 veces al día. Sin embargo el coste energético es solo mayor en SOR que en sala con dos ordeños día. La producción anual se ve maximizada si ordeñamos 3 veces diarias en sala pero el beneficio neto máximo se consigue en SOR.