UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL TÉCNICO DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE ORDEÑO PARA LA EMPRESA ALFA TÉCNICA S.C

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Mecánico

AUTOR: **ALAN JOSHUA MARTÍNEZ BONILLA**

TUTOR: **CRISTIAN ANDRÉS LEIVA GONZÁLEZ**

Quito – Ecuador

2022

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Alan Joshua Martínez Bonilla con documento de identificación Nº 1725942849 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 23 de Septiembre del año 2022

Atentamente,

Alan Joshua Martínez Bonilla
1725942849

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Alan Joshua Martínez Bonilla con documento de identificación Nº 1725942849, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: "Implementación de un manual técnico de instalación y mantenimiento de equipos de ordeño para la empresa Alfa Técnica S.C", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad Facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 23 de Septiembre del año 2022

Atentamente,

Alan Joshua Martínez Bonilla
1725942849

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Cristian Andrés Leiva González con documento de identificación Nº 1716424476, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro bajo mí tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL TÉCNICO DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE ORDEÑO PARA LA EMPRESA ALFA TÉCNICA S.C, realizado por Alan Joshua Martínez Bonilla con documento de identificación Nº 1725942849, obtenido como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 23 de Septiembre del año 2022

Atentamente,

Ing. Cristian Andrés Leiva González, M.Sc
1716424476

DEDICATORIA

El siguiente proyecto de titulación quiero dedicar a mis amados padres, Roberto Carlos y Johanna Angélica quienes con todo su esfuerzo han logrado sacar a sus tres hijos adelante, y gracias a ellos he cumplido mi meta de culminar con mis estudios académicos. Amados padres, su sacrificio y perseverancia han hecho que yo sea un hombre de bien, y les estaré eternamente agradecidos por estar en cada paso importante de mi vida, su apoyo ha sido incondicional a lo largo de mi carrera académica, su ejemplo y amor han permitido que con gran esfuerzo y dedicación culmine la profesión que los tres hemos soñado. Mis logros siempre serán los suyos, LOS AMO.

A mi adorada esposa Evelin y mi preciosa hija Emilie, que han sido mi motivación en todo momento para nunca desmayar y siempre estar de pie para trabajar y estudiar con perseverancia, todo por ellas y para ellas. Mis desvelos y cansancio han valido cada segundo junto a ustedes, LAS AMO.

Con mención especial dedico esta meta muy importante para mí, a mi abuelito quien con mucho amor lo llamo Papito, Miguel Ángel Bonilla Yánez, gracias por estar en cada paso de mi vida, su esfuerzo y sacrificio han hecho que yo tome como ejemplo para desarrollarme como profesional y en cualquier ámbito de mi vida, toda su familia estaremos agradecidos por su inmenso corazón y generosidad.

A mis hermanos Davicho y Tiven, por brindarme su apoyo incondicional y por siempre estar cuando más los necesité. Hermanos al igual que yo, en unos años quiero verlos como profesionales y poder otorgarles a mis padres esa felicidad y tranquilidad de ver a sus hijos totalmente realizados, recuerden que todo se lo debemos a ellos, TRIUNFEN EN GRANDE HERMANITOS.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a mi Dios por darme la salud y las fuerzas para salir adelante, por nunca desampararme en los momentos de adversidad, gracias a Él he cumplido con muchos de mis propósitos, que sea su voluntad sobre mi futuro pero siempre cerca de las personas que más amo.

Mi total agradecimiento a toda la familia ALFA TÉCNICA S.C quien por medio de ellos en toda esta etapa universitaria he podido contar con trabajo para así llevar el sustento económico a mi hogar, de tal manera que pude organizar mi tiempo para estudiar y trabajar a la vez.

De igual manera a la Universidad Politécnica Salesiana por permitirme formarme en las aulas de esta linda carrera donde aprendí a forjar mis conocimientos bajo los valores de la responsabilidad y perseverancia para así poder lograr escalar un peldaño más en mi vida. Dentro de las aulas conté con la fortuna de conocer excelentes docentes quienes fueron parte del proceso, un inmenso agradecimiento a cada uno de ellos.

A todos mis compañeros con quien tuve la oportunidad de disfrutar cada enseñanza impartida en clases, sin ellos, estos cinco años de preparación no hubieran sido lo mismo, cada anécdota, vivencia y experiencia dentro de la Universidad, fueron fundamentales para culminar con éxito nuestra carrera.

Índice general

DEDICATORIA IV

AGRADECIMIENTO V

RESUMEN XIV

ABSTRACT XV

INTRODUCCIÓN. 1

ANTECEDENTES 2

OBJETIVO GENERAL 3

OBJETIVOS ESPECÍFICOS 3

CAPÍTULO I 4

1. MARCO TEÓRICO 4

1.1 Generalidades 4

1.2 Ordeño natural 4

1.3 Ordeño manual 6

1.4 Ordeño mecánico 7

1.5 Diferencias entre ordeño manual y mecánico 8

1.6 Comparación de sistemas de ordeño 9

1.7 Equipos de Ordeño 10

1.8 Tipos de equipos de ordeño 10

1.9 Sala de ordeño 14

1.10 Diferencia de equipos con conducción de leche 20

1.11 Instalación y selección de tubería para regulación de vacío 23

1.12 Partes y componentes principales de un equipo de ordeño 23

1.13 Descripción de los equipos de ordeño 24

1.14 Tubos largos de pulsado 34
1.15 Tubos cortos de pulsado 35
1.16 Cámara de pulsado 35
1.17 Sistema de leche 36
1.18 Mantenimiento 40
1.19 Comparación de costes de los tipos de mantenimientos 42
1.20 Norma ISO 42
1.21 ¿Qué es un diagrama P&ID? 43
1.22 ¿Qué es la metodología AMEF? 43
1.23 ¿Cuáles son los tipos de AMEF? 44
CAPÍTULO II 45
2. MARCO METODOLÓGICO 45
2.1 Generalidades 45
2.2 Historia de Alfa Técnica S.C. 45
2.3 Situación actual de los equipos de ordeño 47
2.4 Sistemas de codificación de los equipos de ordeño 48
2.5 Codificación de los equipos de ordeño 48
2.6 Simbología P&ID para equipos de ordeño 52
2.7 Diagrama P&ID del equipo de ordeño 54
2.8 Instalación de equipos de ordeño 56
2.9 Sistema de vacío 56
2.10 Requerimientos de vacío mínimo para el funcionamiento del equipo de ordeño. Normas ISO 61
2.11 Capacidades de las bombas de vacío. Norma ISO 6690 62
2.12 Capacidad de las bombas de vacío. Norma ISO 5707 64
2.14 Recomendaciones de bombas de vacío 68

2.15 Tabla comparativa entre normas internacionales 69
2.16 Selección de bombas de vacío 70
2.17 Capacidades de bombas de vacío según el fabricante 72
2.19 Válvula límite de vacío 75
2.20 Vacuómetro de vacío 75
2.21 Tanque distribuidor de vacío 76
2.22 Bombas de leche 78
2.23 Sistema de leche 80
2.24 Selección de unidad final 81
2.25 Diámetro de la línea de leche 81
2.26 Sistema de pulsado 85
2.27 Línea de vacío para pulsadores (Línea de pulsado) 87
2.28 Requerimientos de para la línea de pulsado. Norma ASAE 90
CAPÍTULO III 93
3. DESARROLLO DE ANÁLISIS 93
3.1 Generalidades 93
3.2 Controles dinámicos y estáticos 93
3.3 Materiales necesarios para el mantenimiento de control 94
3.4 ¿Cuál es la diferencia en los niveles de vacío? (Prueba estática) 95
3.5 ¿Cómo se evalúa el funcionamiento de los equipos de ordeño? 96
3.6 Pasos a seguir para realizar el análisis al sistema de ordeño 96
3.7 Análisis Estático 97
3.8 Preparación de la unidad de ordeño 98
3.9 Preparación del recibidor 98
3.10 Lectura del nivel de vacío con todas las pezoneras tapadas 99
3.11 Capacidad de remoción de bomba (Prueba estática) 100

3.12 Nivel del vacío en el recibidor (Prueba estática o dinámica) 101

3.13 Vacío en el equipo de ordeño (Prueba dinámica)..... 102

3.14 Reserva efectiva (Prueba estática)..... 102

3.15 Reserva manual (Prueba estática)..... 103

3.16 Eficiencia del regulador (Prueba estática)..... 104

3.17 Consumo de aire usado por los componentes del sistema (Prueba estática).... 105

3.18 Pruebas de pulsación 106

3.19 Pruebas dinámicas 107

3.20 Aplicación de la metodología AMEF..... 111

CONCLUSIONES 112

RECOMENDCIONES 115

Lista de Referencias 116

Índice de tablas

Tabla 1. Comparación De Sistemas De Ordeño 9
Tabla 2. Eficiencia Y Tiempo De Los Sistemas De Ordeño 10
Tabla 3. Regulación De Vacío Según La Selección De Tubería 23
Tabla 4. Requisitos De La Tubería De Vacío 29
Tabla 5. Clasificación De Los Pulsadores 31
Tabla 6. Funciones Favorables De Los Tipos De Pulsadores 34
Tabla 7. Comparación De Costos 42
Tabla 8. Ejemplo De Codificación General De Equipos De Ordeño 49
Tabla 9. Simbología P&Id Para La Elaboración Del Diagrama 52
Tabla 10. Recomendación De Presión De Trabajo 60
Tabla 11. Corrección Para Altitud Sobre El Nivel Del Mar 62
Tabla 12. Capacidad De La Bomba De Vacío Según La Norma Iso 6690 63
Tabla 13. Capacidad De La Bomba De Vacío Según La Normativa Iso 5707 65
Tabla 14. Capacidad De La Bomba De Vacío Según La Normativa Iso 5707 66
Tabla 15. Requerimientos De Vacío Para Lavado 68
Tabla 16. Requerimiento De Vacío - Norma Asae 68
Tabla 17. Capacidad De Bombas De Vacío (Requerimientos Mínimos) 70
Tabla 18. Bomba De Vacío De Suecia 72
Tabla 19. Bombas De Vacío De Estados Unidos 73
Tabla 20. Consumo De Vacío De Los Servo Reguladores 75
Tabla 21. Diámetro Mínimo Recomendado - Normas Iso 77
Tabla 22. Diámetro Mínimo Recomendado - Normas Asae 78
Tabla 23. Características De Las Bombas De Leche (Origen Suecia) 79
Tabla 24. Características De Las Bombas De Leche (Origen Usa) 79
Tabla 25. Número Máximo De Unidades De Ordeño Por Pendiente 83
Tabla 26. Número Máximo De Unidades De Ordeño Por Pendiente 84
Tabla 27. Diámetros Internos Con Relación Al Números De Unidades De Ordeño 85
Tabla 28. Pulsador Individual Hp 102 87
Tabla 29. Pulsador Individual Hp 102 Con Acr 5000 Diámetro Interno Mínimo De La Línea De Pulsado En Anillo En Pvc, Con Caída De Vacío De 1 Kpa. [34] 88
Tabla 30. Pulsador Ep 100 B 88

Tabla 31. Pulsador Ep 100 / B Con Caja Central C / Acr 5000 89
Tabla 32. Milkmaster C / Ep 100 89
Tabla 33. Línea De Pulsado - Norma Asae 90
Tabla 34. Prueba Estática De Los Diferentes Componentes..... 95
Tabla 35. Niveles De Vacío Recomendados Para Regulación En El Mantenimiento. 96

Índice de figuras

Figura 1. Ordeño Natural [4] 5
Figura 2. Ordeño Manual [1] 6
Figura 3. Ordeño mecánico 8
Figura 4. Comparación de sistemas de ordeño manual y mecánico [1] 8
Figura 5. Sistema de ordeño por cubo Euromilk [16] 11
Figura 6. Equipo de ordeño transportable Euromilk [16] 12
Figura 7. Equipo de ordeño fijo a cántaras Euromilk [16] 13
Figura 8. Equipo de ordeño fijo a conducción directa Euromilk [16] 14
Figura 9. Ordeños mecánicos rotativos [37] 16
Figura 10. Ordeño rotativo exterior [12] 16
Figura 11. Ordeño rotativo interior [12] 17
Figura 12. Sala de ordeño en paralelo con salida rápida [12] 17
Figura 13. Espina de pescado [37] 18
Figura 14. Espina de pescado tradicional con barra trasera de contención semi-sinuosa [12] 18
Figura 15. Espina de pescado tradicional con barra trasera de contención recta [12] 19
Figura 16. Espina de pescado con salida rápida [12] 19
Figura 17. Ordeño tipo Tándem [37] 20
Figura 18. Conducción directa de leche - Línea alta 21
Figura 19. Conducción directa de leche - Línea media 22
Figura 20. Conducción directa de leche - Línea baja 22
Figura 21. Tipos de sistemas en los equipos de ordeño Euromilk [16] 24
Figura 22. Depresor de 3000 L Euromilk [16] 26
Figura 23. Trampa de leche o trampa sanitaria Euromilk [16] 27
Figura 24. Reguladores de vacío Servo y mini Euromilk [16] 28
Figura 25. Vacuómetro para medir el nivel de vacío [16] 28
Figura 26. Tubería de vacío y de leche Euromilk [16] 29
Figura 27. Pulsador neumático Euromilk [16] 32
Figura 28. Pulsador electrónico Euromilk [16] 33
Figura 29. Pulsador hidroneumático DeLaval [12] 33
Figura 30. Tubos largos y cortos de pulsado [16] 35

Figura 31. Casquillos de acero inoxidable Euromilk [16] 37
Figura 32. Pezonera de caucho natural Euromilk [16] 38
Figura 33. Colector Euromilk [16] 38
Figura 34. Descargador o unidad final Euromilk 39
Figura 35. Empresa Alfa Técnica [36] 47
Figura 36. Tubería larga de leche y vacío 80
Figura 37. Performance de pulsado - Faz de ordeño - Faz de masaje. [9] 86
Figura 38. Niveles de vacío recomendados según la instalación de las tuberías 95
Figura 39. Abrir las válvulas de vacío de los colectores 98
Figura 40. Colocar pezones falsos 98
Figura 41. Colocar el medidor de flujo de aire 98
Figura 42. Ingreso de aire para lectura de vacío 100
Figura 43. Comprobación de vacío de la bomba 101
Figura 44. Chequeo de vacío en el recibidor 102
Figura 45. Desconectar el regulador de vacío 103
Figura 46. Desconexión del regulador de vacío por requerimiento de la prueba estática 105

RESUMEN

El siguiente trabajo tiene como propósito implementar un manual de instalación y mantenimiento de equipos de ordeño para la empresa Alfa Técnica, con el objetivo de mejorar los procedimientos según los requerimientos necesarios de los sistemas de ordeño, se evalúa la realidad vigente de las máquinas para asemejar los conflictos que existen en su funcionamiento, ya sean por diversos factores en los que se vean comprometidos el daño de las máquinas y así poder identificar la causa de la afección de ellos. Es por esta razón que el desarrollo del manual técnico se enfoca en el análisis de la metodología de modo y efecto de fallas para localizar las fallas potenciales de las actividades que cumple cada sistema de las máquinas.

El proyecto técnico está dividido en 3 secciones, en el capítulo I referente al marco teórico, se compila literatura útil de acuerdo a los conceptos y funcionalidades de todos los componentes de una máquina de ordeño, desde sus partes, repuestos y accesorios hasta las salas y tipos de equipos de ordeño ya sean transportables, a tarros o a conducción directa.

En el capítulo II que se compone del marco metodológico, describe todo el funcionamiento de los sistemas de ordeño, que son los 3 principales, bajo los requerimientos de las normas internacionales como la ISO 6690 y la norma ASAE S-518, además está conformado por las tablas de requerimientos de vacío y las fórmulas para el cálculo total de vacío.

Finalmente, el capítulo III que comprende el desarrollo de análisis, se enfoca en la aplicación de la metodología AMEF para designar actividades de mantenimiento y explicar el proceso de los controles dinámicos y estáticos de las máquinas de ordeño, luego se plantea un análisis del costo beneficio en la implementación del manual.

Palabras claves: sistema de vacío, sistema de pulsado, sistema de leche, demanda total de vacío, requerimientos de vacío, unidades de ordeño.

ABSTRACT

The determination of the next project is to implement a manual for the installation and maintenance of milking equipment for the Alfa Técnica company, with the aim of improving the procedures rendering to the necessary supplies of the milking systems, the current situation of the equipment is evaluated to identify the problems that exist in their operation, whether due to various factors in which the damage to the machines is compromised and thus be able to identify the cause of their condition. It is for this motive that the improvement of the technical manual focuses on the study of the failure type and effect methodology to locate the potential failures of the activities carried out by each machine system.

The technical project is divided into 3 sections, in chapter I referring to the theoretical framework useful literature is compiled according to the concepts and functionalities of all the components of a milking machine, from its parts, spare parts and accessories to the rooms and types of milking equipment whether they are transportable, jars or direct drive.

In chapter II, which is made up of the methodological framework, it describes the entire operation of the milking systems, which are the vacuum system, the pulse system and the milk system, under the necessities of worldwide standards such as ISO 6690 and the standard ASAE S-538 is also made up of the tables of vacuum requirements and the formulas for the total calculation of vacuum.

Finally, chapter III, which includes the development of analysis, focuses on the presentation of the AMEF method to designate maintenance activities and explain the process of dynamic and static controls of milking machines, then a cost-benefit analysis is proposed. In the implementation of the manual.

Keywords: vacuum system, pulse system, milk system, total vacuum demand, vacuum requirements, milking units.

INTRODUCCIÓN.

La implementación del manual técnico de instalación y mantenimiento se desarrolla en función de las necesidades que suscitan en el medio, es decir para la instalación de nuevos equipos de ordeño es indispensable primero diseñar el área superficial donde se va a ensamblar los equipos, por consiguiente es fundamental realizar el diseño de los puestos de ordeño según la necesidad del cliente y la cantidad de ganado, y, de esa manera, poder calcular la demanda total de vacío y su reserva efectiva, siendo está una de varios procesos a seguir que ofrece la implementación del manual técnico.

El manual técnico se compone de varios parámetros en los que el profesional de mantenimiento puede apoyarse para desempeñar un trabajo de manera correcta y eficaz, para la mejor comprensión del manual se lo ha clasificado en tres partes al sistema de ordeño y estas son las siguientes, sistema de vacío con sus requerimientos y capacidades necesarias de las bombas, sistema de pulsado para colocar la cantidad necesaria de los pulsadores bajo proceso de performance de pulsado, sistema de leche para la correcta instalación de unidades de ordeño según el abasto de vacío generado por las bombas y requerimientos de vacío.

Por otro lado la estandarización y aplicación de la normas ISO y ASAE es de vital ayuda para proceder a realizar las respectivas instalaciones y los mantenimientos bajo el análisis del método de efectos y modos de fallas, que será de gran ayuda para poder evitar que ocurran defectos potenciales en los sistemas de ordeño, gracias a esta metodología, la empresa Alfa Técnica podrá asegurar a sus clientes el desempeño correcto de sus equipos evitando que por cualquier mala práctica interna o externa estos ocasionen daños temporales o permanentes a las máquinas, y de esta manera en conjunto a la planificación de mantenimientos preventivos que maneja la empresa, se llevará a cabo un control y registro para el siguiente mantenimiento que recomienda el manual que se lo aplique, con el cambio respectivo de partes y piezas que ya hayan cumplido con su vida útil.

ANTECEDENTES

En base a la problemática del estudio en la actualidad en el campo ganadero existe demasiadas vacas para la explotación lechera y por ende es necesario del apoyo de equipos de ordeño para la succión de leche cruda que necesita ser pasteurizada, por lo cual se recomienda mantener las máquinas de ordeño en buen estado para su correcto funcionamiento, Alfa Técnica al disponer de una amplia cartera de clientes tiene como prioridad añadir el manual técnico que le sirva de apoyo para realizar instalaciones y mantenimientos bajos las normas internacionales que así lo establecen desde hace muchos años atrás.

La empresa Alfa Técnica identifica un problema potencial en varias haciendas donde no ha sido requerido sus servicios luego de la intervención de nuevos técnicos u operarios, y el problema ocurrido es de la mala práctica de mantenimientos por falta de conocimiento por parte de la competencia, por esta razón la empresa ve la necesidad de implementar un nuevo manual que sirva de mucho a sus profesionales en cada servicio técnico y poder brindar la ayuda necesaria a todos sus clientes a nivel de toda la sierra ecuatoriana.

La falta de planificación de mantenimiento y la no utilización de nuevas metodologías ocasionan que los equipos se dañen de manera continua y a veces sin poder identificar los fallos, generando elevados costos por reparaciones innecesarias de los equipos, la manipulación inadecuada de las máquinas provoca daños temporales y gastos adicionales.

Con la ayuda de la estandarización de las normas internacionales para instalación y mantenimiento de los equipos de ordeño Alfa Técnica se resolverá cualquier inconveniente que se presente en cualquier hacienda, gracias a la ayuda de la metodología AMEF se podrá garantizar al cliente un ahorro económico por la intervención de mantenimientos preventivos programados, además de brindar a los operarios capacitaciones para que ellos no produzcan errores que no son necesarios por ser manipuladas sin ningún tipo de orientación.

OBJETIVO GENERAL

- Implementar un manual técnico de instalación y mantenimiento de equipos de ordeño para la empresa Alfa Técnica S.C

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la situación actual de equipos y servicios técnicos en la empresa Alfa Técnica en base a la recopilación de información y registros que se manejen en el departamento técnico.
- Determinar las actividades de mantenimiento de los equipos de Alfa Técnica en función de la metodología AMEF.
- Evaluar los resultados obtenidos a través de las normativas ISO 6690:2007 y ASAE S-538 en el manual técnico de instalación y mantenimiento
- Analizar el costo beneficio para la implementación del manual técnico.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Generalidades

Implementar equipos de ordeño ha permitido mejorar el rendimiento, disminuir costos de operarios y aumentar la productividad de la hacienda. Para cumplir con estos requerimientos es importante la ejecución de programas de manejo, alimentación de los animales, mejoramiento del área física de los establos e implementación de correctas aplicaciones ganaderas.
La implementación de equipos de ordeño genera mejora en la productividad, disminuye tiempos de ordeño. Una ventaja es disminuir el estrés causado a los animales con los ordeños tradicionales, se debe tener en cuenta conceptos básicos para los tipos de ordeños.

1.2 Ordeño natural

El ordeño natural lo genera el ternero absorbiendo el pezón es decir la glándula mamaria con el paladar y la lengua generando una presión positiva y negativa de vacío aplicando aproximadamente 540 mm de Hg

- **Presión positiva:** Al momento de succionar y tragar genera compresión en el pezón entre el paladar y la lengua provocando una extracción de leche de la ubre y del conducto excretor.

- **Presión negativa:** El ternero absorberá directo del pezón comprimiéndose entre los carrillos. [1]

Aunque no es un ordeño en el que beneficie a la industria lechera, es un buen ejemplo de las maneras que existen para succionar la leche del pezón de la vaca, ya que la succión que ejerce el ternero es similar a la succión que puede ejercer la máquina de ordeño, diferenciándose por sus distintos tipos de depresión. Ver figura 1.

Figura 1. Ordeño Natural [4]

- **Ordeño**

En el medio ganadero, el ordeño se lo realiza principalmente a las vacas y radica en la estirpe de la leche que se encuentra acumulada en las ubres, de esta manera la succión se lo efectúa de manera manual o mecánica. Por tanto, en el ordeño se debe procurar que se ejecute buenas condiciones que garanticen la asepsia de la ubre permitiendo obtener así leche de calidad basándose en los protocolos de buenas prácticas de esta actividad [2]

Según Alexander Torres [3] menciona que, por inocuidad es necesario que ambos tipos de ordeño se deben realizar en una sala pertinentemente adecuada para garantizar la higiene del proceso. De esta manera aplicando el proceso del ordeño manual es oportuno que el operario realice presión con la mano o con los dedos para extraer la leche en un rango por persona de 3-5 vacas en tiempo aproximado de una hora.

Por otro lado, en el ordeño mecánico se opera con maquinaria que combina el masaje del pezón con la succión de la leche al mismo tiempo, de esta manera gracias a la intervención de los equipos mecánicos, los operarios pueden ordeñar de 7-10 vacas en el intervalo de una hora en cada estación de ordeño. [4]

Elegir qué tipo de ordeño es necesario para una finca ganadera va a depender de varios parámetros, tales como, la capacidad de inversión del ganadero, personas capacitadas para poder operar en el ordeño, cantidad de vacas en lactancia y por último el nivel de producción de las vacas.

1.3 Ordeño manual

Marcelo Simão [4] establece que, este sistema es uno de los más antiguos en los sectores ganaderos, no obstante, aún sigue siendo utilizado primordialmente en establos pequeños. Al ser un establo pequeño la inversión en equipos no es necesario, aun así, se exige más esfuerzo por parte del ordeñador.

En ordeño manual generalmente no requiere de amplias y costosas infraestructuras, debido a que el ordeño se puede realizar dentro del establo o corral. Existen ocasiones en que las vacas quedan sueltas sin ningún tipo de sujeción y así otras vacas que deben ser amarradas con sogas o cadenas. Es normal “sujetar a las vacas” amarrando las patas traseras en el momento de un ordeño manual. Ver figura 2.

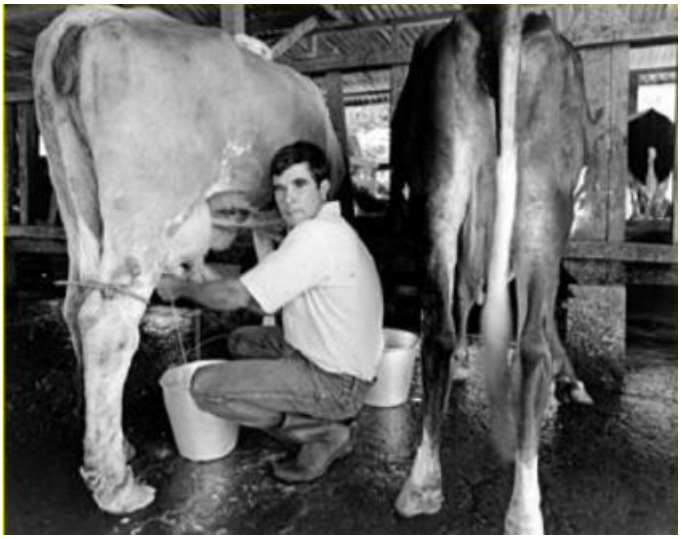


Figura 2. Ordeño Manual [1]

1.4 Ordeño mecánico

Los beneficios de contar con un ordeño mecanizado se lo denotan con la rápida extracción de leche a comparación del ordeño manual, cuando se lo realiza bien, existe menor riesgo de contaminación al estar menos expuesto con la intemperie e incluso la suciedad de los suelos.

Habitualmente el ordeño mecánico es ejecutado en un área específica, como normalmente se los conoce “salas de ordeño” que se pueden diferenciar tanto en el tipo como en las dimensiones.

La particularidad de usar los equipos de ordeño es la de cambiar el método de la extracción de la leche, utilizando pezoneras que se asemejarán a la succión que realizaban los terneros. Este método proporciona mayores cantidades leche al momento de extraer y almacenar en recipientes o tanques fríos. Para el procedimiento se requerirá menos cantidad de mano de obra, reserva de tiempo, y facilitará la labor del ordeñador haciéndolo más práctico y menos complicado. [5]

Alejandro Montenegro [6] Menciona que, el único contacto que existe directo de la ubre de la vaca es la pezonera y esta se encuentra sujeta a un casquillo metálico que mediante la unión de un tubo corto se anexará al colector, dando así paso a la acción del pulsador, en la que su función principal es generar de manera intermitente el vacío parcial que va desde la porta pezoneras hasta la pezonera induciendo la relación de ordeño. En el momento en el que el pulsador permite el ingreso de aire entre la pezonera y el casquillo al vacío, se compensan las presiones que existen en la parte externa e interna de la pezonera, desarrollando esta una posición de apertura normal, en este ciclo pasa la leche del pezón por el interior de la pezonera. En el instante cuando ingresa aire por el casquillo y la pezonera, la presión ejercida en el exterior aumenta provocando la contracción de esta. Ver figura 3.

Figura 3. Ordeño mecánico (**Autor:** Joshua Martínez)

1.5 Comparación de funcionalidad del ordeño manual y mecánico

Al comparar la función que desempeñan ambos tipos de ordeños se establece en la diferente presión que ejecutan cada uno. El procedimiento que se lo emplea de forma manual es proporcionándolo con la mano con un movimiento que va desde la parte de arriba hacia abajo entre cerrando los dedos, puesto que con la máquina de ordeño la succión de la leche se lo realiza con la presión que ejerce la máquina mediante las pezoneras. [1] Como se observa en la figura 4.

Figura 4. Comparación de sistemas de ordeño manual y mecánico [1]

1.6 Comparación de sistemas de ordeño

La tabla 1 demuestra porqué el ordeño mecánico es más eficiente al momento de ordeñar, teniendo como ventaja, más mayor higiene en el proceso y facilidad para extraer la leche un número mayor de vacas en el menor tiempo posible.

Tabla 1. COMPARACIÓN DE SISTEMAS DE ORDEÑO

	Natural	Manual	Mecánico
Mecanismo	**Succión (vacío) y presión positiva**	**Presión positiva**	**Vacío**
pulgadas Hg	**21**	**14**	**13 - 15**
mm de Hg	**533**	**350**	**330 – 380**
Glándulas sobre las que actúa	**Una**	**Dos**	**Cuatro**
Posibilidad máxima de extracción (kg leche/ordeño)	**4**	**8 -10**	**30 (dependiente de ciclo de pulsación)**
Ciclos ordeño – descanso / min	**80 a 120**		**45 a 65**

Medición de la succión de leche en Pulgadas de Hg y mm de Hg según los ciclos de ordeño [1]

- **Comparación de sistemas de ordeño con relación a la eficiencia y tiempo**

Como se puede observar en la tabla 2 la intromisión del operador es fundamental al momento de dar apoyo en el ordeño manual o el ordeño mecánico ya que con esto se optimizará el tiempo de ordeño y mejorará la producción. Es importante mencionar que la higiene de un establo es muy necesario por lo que el apoyo del operario también se ve bastante involucrado para cumplir con buenas prácticas de ordeño.

Tabla 2. EFICIENCIA Y TIEMPO DE LOS SISTEMAS DE ORDEÑO

	Ordeño Manual		**Ordeño Mecánico**	
	CON APOYO	**SIN APOYO**	**CON APOYO**	**SIN APOYO**
Vacas por hora/por puesto	9.0	7.0	4.5	3.5
Minutos/vaca/puesto	8.6	6.7	17.1	13.3
Min. puestos /ordeñador	4	3	1	1
Máx. puestos/ordeñador	16	4	1	1
Min./vacas/hora/ordeñador/ Máx.	36	21	5	4
Vacas/hora/ordeñador	144	28	5	4

Apoyo de los operarios para un trabajo óptimo [1]

1.7 Equipos de Ordeño

Las máquinas de ordeño son equipos de trabajo que posibilitan la extracción de la mayor cantidad de leche de varias vacas al mismo tiempo y con mejores condiciones de trabajo, de tal manera que por sí sola no garantiza obtener mejor proceso de leche para el consumo humano. El equipo necesita de condiciones del ordeño para para lograr un resultado óptimo. [7]

1.8 Tipos de equipos de ordeño

Los diferentes equipos se los pueden clasificar de la siguiente manera:

- Ordeño mecanizado individualizado por cubo
- Equipo de ordeño transportable
- Equipo de ordeño fijo a cántaras en salas
- Equipo de ordeño fijo a conducción en salas
- **Ordeño mecanizado individualizado por cubo**

Este sistema de ordeño es uno de los más antiguos que se adquirían en los establos de muy baja producción para la succión de leche, mencionando que los productores la utilizaban principalmente para dar atención a aquellas que recién parían y asistir a no más de dos vacas en un área superficial de 1000 metros aproximadamente. [8]

La instalación de ordeño por cubo consiste en: bomba, recipiente para almacenar leche y pulsador accionado por vacío. Ver figura 5.

Ventajas

- Adaptables a cualquier especie
- Maleable y sencillo en sistemas habituales
- Se usa en salas grandes o pequeñas para dar apoyo a las vacas recién dadas a luz
- Lo importante de este sistema es de solo requerir en el ensamble de la tubería de galvanizado con un grupo de presión cada dos vacas, Ver figura 5.

Figura 5. Sistema de ordeño por cubo Euromilk
[16]

- **Equipo de ordeño transportable o móvil**

De esta manera se establece a los equipos pequeños y móviles que se conforman varios componentes precisos para el ordeño dando la facilidad de transportarse hacia las vacas a ordeñar. Se puede incorporar el sistema que generará vacío o también puede añadirse a las diferentes áreas de ordeño a una conexión fija de vacío. Estos equipos son más utilizados por haciendas con poca producción de leche o menos cantidad de vacas, dicho de otra manera, haciendas pequeñas que van a tener una buena funcionalidad a muy bajo costo. [9]

La particularidad de estos equipos transportables se denota en los componentes que permiten la extracción de la leche ya que conlleva lo mismo que un equipo fijo, pero en tamaños reducidos y se componen de motor eléctrico y motor a gasolina, depresor de 300 L/Min, mini reguladores de vacío con filtración, vacuómetro inoxidable con glicerina, pulsadores neumáticos, bidones de acero inoxidable de 30 y 40 litros y unidades de ordeño.

Ventajas

- Adaptables
- Flexible y fácil en sistemas tradicionales
- El equipo transportable dispone de todos los accesorios necesarios para el óptimo funcionamiento, Como se observa en la figura 6.

Figura 6. Equipo de ordeño transportable Euromilk [16]

- **Equipo de ordeño fijo a cántaras en salas**

Adriana Postos [10] Señala que, también se lo conoce como ordeño con balde al pie u ordeño con descarga a baldes y es uno de los equipos más económicos y sencillos en comparación a otros sistemas que conllevan más adecuaciones, por lo tanto, el equipo es acomodable en salas con fosas. Se frecuenta usar en establos pequeños con pocas cabezas de ganado. Cuando este tipo de máquinas los operarios lo utilizan en rebaños sin fosa el proceso de ordeño es complicado en tiempo y producción y así mismo por el posicionamiento implican problemas de salud. Ver figura 7.

Figura 7. Equipo de ordeño fijo a cántaras Euromilk [16]

- **Equipo de ordeño fijo a conducción en salas**

El equipo se encuentra ensamblado de manera sólida en el cuarto de ordeño y en este caso a comparación de un equipo transportable, las vacas se dirigen hacia el establo para ser ordeñadas. Por tal manera, a este sistema, en la actualidad, se lo prefiere por su eficacia y desempeño en la producción que genera el equipo, por ende, la recolección de leche aumenta así como el incremento de ganado y esto se verá reflejado en las ganancias.

Dentro del ordeño fijo se encuentra el sistema con ordeño a cántara, visto anteriormente, donde la leche es recolectada en bidones de acero inoxidable teniendo que desembocar en todo

momento que se llena; en cambio que los “sistemas de ordeño a conducción” la leche se conduce directamente hasta la unidad final y de manera automática llega la leche al tanque frío. A nivel nacional el ordeño fijo a conducción es usado por la mayor parte de ganaderos, siendo este de los más costosos entre los demás equipos mencionados, pero lógicamente mucho más eficaces, eficientes e higiénicas. [11] Ver figura 8.

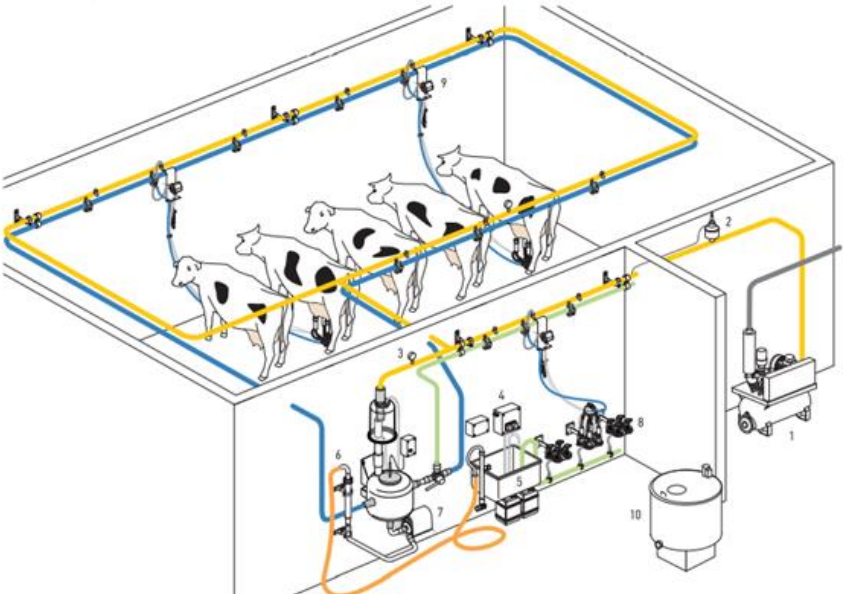


Figura 8. Equipo de ordeño fijo a conducción directa Euromilk [16]

1.9 Sala de ordeño

Es el lugar apropiado e idóneo donde las vacas se asilan para ser ordeñadas, su asepsia y diseño son muy importantes para la producción de la leche; se ha proporcionado una norma que hace mención a todas las productoras de leche cruda deben tener salas de ordeño, ya sea que tengan ordeño mecánico o manual que cumplan con las siguientes observaciones:

- Suelos y paredes factibles de limpiar.
- Ventilación, iluminación, y suelos con desagüe.
- Suministro de agua potable suficiente para la limpieza de utensilios y del establo.
- Detergentes para la limpieza de equipos de ordeño, suelos y tanques fríos.

Es de mucha ayuda comprender ciertas definiciones que ayudarán de mejor manera a entender conceptos que se manejan en salas de ordeño.

- **Fosa de ordeño:** Zona donde se encuentra el operario para ordeñar en la parte inferior de las vacas.
- **Área de ordeño:** lugar donde se encuentran las vacas para ser ordeñadas en la superficie del suelo.
- **Línea simple:** Sala con una sola área de ordeño.
- **Línea doble:** Sala con dos áreas de ordeño, ambos a cada lado de la fosa.
- **Puestos de ordeño:** Es la cantidad exacto de vacas que ingresan a la sala al mismo tiempo para ser ordeñadas simultáneamente, como se lo puede mostrar una sala de 6x2, representa que tiene un abastecimiento para 12 vacas, 6 en cada lado.

Según la construcción del establo y en base al número de vacas el ordeño mecánico en salas se puede obtener de la siguiente manera.

- **Salas de ordeño rotativas**

Las vacan ingresan ordenadas una tras otra permitiendo que el operario no se tenga que desplazar ya que es un diseño rotatorio circular que permite al ordeñador manipular las ubres de la vaca, por lo menos se necesitan dos proletarios, el uno desinfecta las ubres sellándolas, luego las limpia y el otro coloca las pezoneras. Para el diseño de estas salas existen algunas longitudes que van desde los 20 a 48 puestos y puntos de ordeño; por lo general se necesitan retiradores automáticos. A razón de sus precios para esta sala se recomienda tener un gran número significativo de vacas (más de 250 vacas en ordeño). [9] Como se observa en la figura 9.

Figura 9. Ordeños mecánicos rotativos [38]

- **Sala rotativa (ordeño exterior)**

En este caso el operario debe intervenir con el ordeño del ganado por la parte exterior de la sala de ordeño, así como se observa en la figura 10.

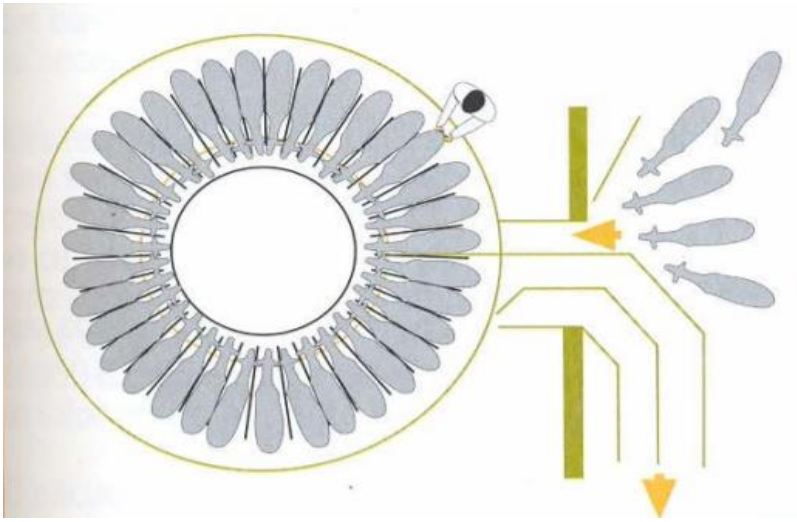


Figura 10. Ordeño rotativo exterior [12]

- **Sala rotativa (ordeño interior)**

En este caso el operario debe dar asistencia al ordeño de las vacas por la parte interior de la sala rotativa como se detalla en la figura 11.

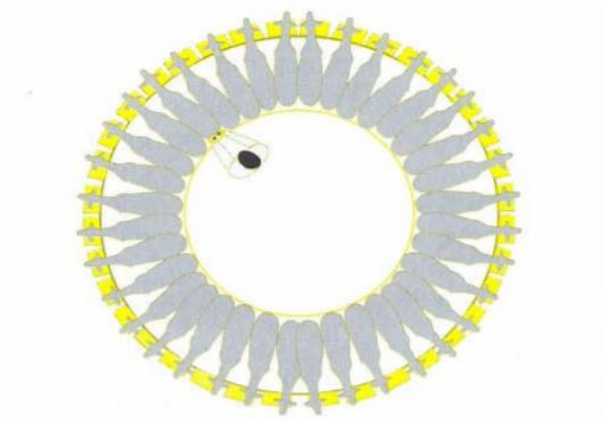


Figura 11. Ordeño rotativo interior [12]

- **Sala de ordeño en paralelo**

El ganado se ubica de forma perpendicular en la fosa realizando el ordeño por la parte trasera, Normalmente el diseño debe ser con tubería doble para lograr una salida más rápida de los animales, como la sala anterior también es muy común que se utilicen retiradores automáticos, sus dimensiones van desde los 18 a 40 puestos en línea doble por lo que se recomiendan para haciendas con más de 120 vacas. [12] Ver figura 12.

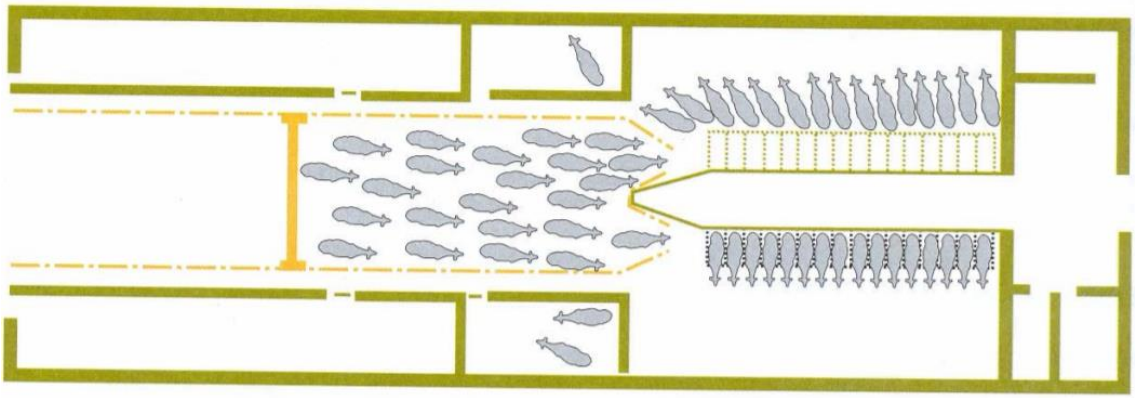


Figura 12. Sala de ordeño en paralelo con salida rápida [12]

- **Sala de ordeño tipo espina de pescado**

El ganado ingresa inclinadas con respecto a la fosa, se tiene un ordeño más cómodo y con mayor capacidad, dentro de lo normal estas salas suelen de igual manera ser dobles, lo normal debe ser línea baja con un puesto por unidad de ordeño, o se puede adaptar a línea alta con un puesto por unidad de ordeño por cada dos puestos, siendo diseñadas con puesto de 6 a 24 puestos con línea doble, se recomienda de igual manera para haciendas con mediana o grande producción. Son muy utilizadas por su gran rendimiento. [9] Como se observa en la figura 13.

Figura 13. Espina de pescado [38]

En este tipo de salas pueden existir algunos diseños tales como:

- **Ordeño espina de pescado tradicional 1**

  La finalidad de este puesto de trabajo se basa en proporcionar comodidad al operario que se encuentra dentro de la fosa. Ver figura 14.

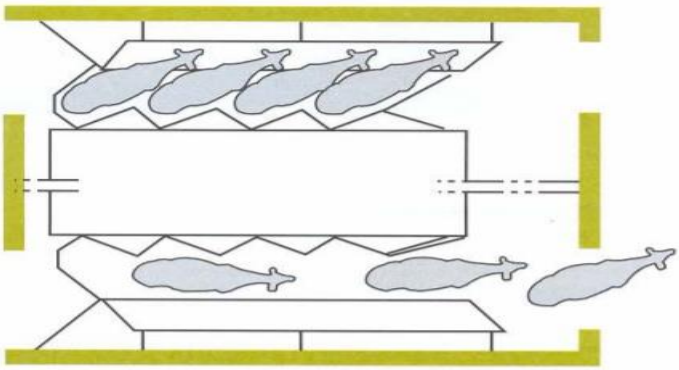


Figura 14. Espina de pescado tradicional con barra trasera de contención semi-sinuosa [12]

- **Ordeño espina de pescado tradicional 2**

La estación recta de trabajo permite el fácil ingreso del ganado para ser ordeñado. Como se observa en la figura 15.

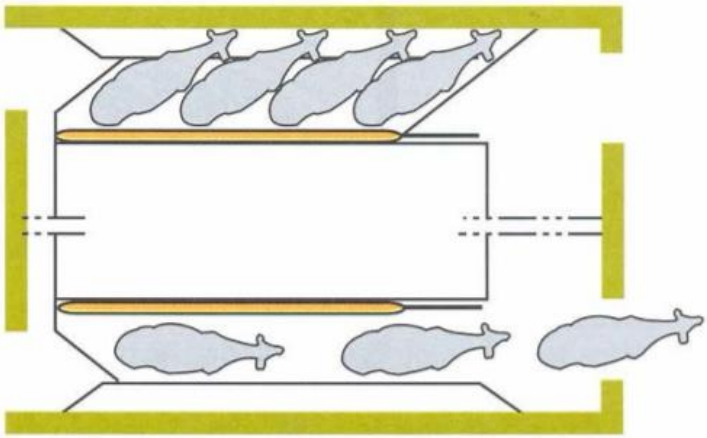


Figura 15. Espina de pescado tradicional con barra trasera de contención recta [12]

- **Espina de pescado 3**

El diseño de esta sala permite ampliar los puestos de trabajo para ordeñar en volumen. Como se observa en la figura 16.

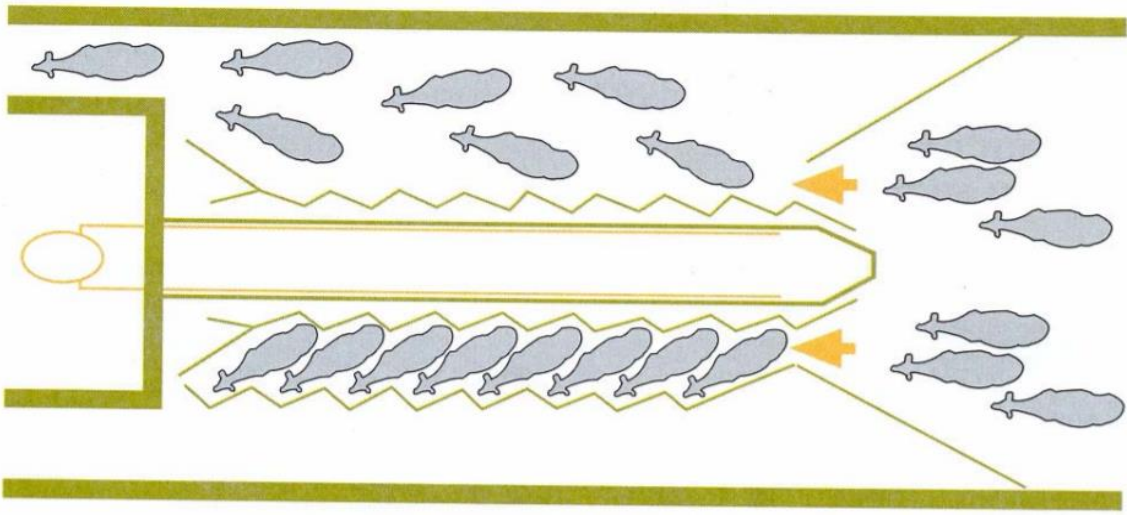


Figura 16. Espina de pescado con salida rápida [12]

- **Sala de ordeño en tándem**

El ganado se distribuye a la fosa para ser ordeñadas de manera lateral, a comparación de las salas anteriores esta puede ser simple o de línea doble y principalmente de poca capacidad, de 4x1 o 4x2 (línea simple o doble), son para haciendas de pequeña producción nomas de 50 a 60 vacas. [1] Ver figura 17.

Figura 17. Ordeño tipo Tándem [38]

1.10 Diferencia de equipos con conducción de leche

Los equipos de ordeño con conducción directa de leche acceden a tener rutinas de ordeños más eficientes y con mejor calidad en el instante en el que la leche se dirige desde las ubres al tanque frío. Los equipos pueden ser instalados desde las salas más sencillas hasta las salas más compuestas con sistemas de retiradores automáticos de pezoneras, medidores electrónicos, entre otros. La capacidad de unidades de ordeño se comprende por la cantidad de ganado que el establo tenga en la actualidad. Por otro lado, existe la manera de proyectar los puestos de ordeño según las vacas que se pretenda aumentar en un futuro, esto es de gran importancia por la razón de que se debe instalar un equipo que cumpla con todas las adecuaciones sin que genere costos de construcción más elevados a fututo. [13]

La dirección de leche y la línea de vacío pueden estar en la parte superior de las vacas en ordeño, es decir “línea alta y línea media” o de igual manera en la parte inferior de las vacas conocida también como “línea baja”. Por lo tanto, se explicará cada una de ellas.

- **Línea alta**

En los equipos de ordeño con línea alta se regulan el vacío en base a los 50 KPa (kilo pascales) en ocasiones pueden existir problemas relacionados al nivel de vacío alto en la punta de pezón. Debido que en el momento en el que ingresan las pezoneras y no hay leche, el vacío aumenta en el pezón a elevado niveles. En estos casos si ya se ha regulado el vacío a 50 KPa se puede llegar a tener 48 KPa en la punta del pezón.

La variación de vacío puede mejorar siguiendo algunas recomendaciones sugeridas por los técnicos, como el de preparar de manera correcta a las vacas al momento de la succión de leche, para esto las pezoneras deberán ser retiradas lo más rápido posible. [14] Ver figura 18.

Figura 18. Conducción directa de leche - Línea alta (**Autor:** Joshua Martínez)

- **Línea media**

Los equipos con línea media son los más recurrentes, instalados y vendidos en la industria ganadera ecuatoriana. En estos sistemas de línea media, la tubería de leche con conducción directa es de 1000 a 1200 mm arriba del piso donde se encuentran las vacas.

El nivel de vacío oscila entre los 46 y 48 KPa, por lo que debe sobre pasar la leche 1000 a 2000 milímetros que brota desde el pezón por medio de las pezoneras y colectores hacia la tubería de conducción de leche. [15] Como se observa en la figura 19.

Figura 19. Conducción directa de leche - Línea media (**Autor:** Joshua Martínez)

- **Línea baja**

Con línea baja, correctamente diseñada e instalada, se puede operar vacíos con variaciones de entre 42 y 46 KPa sosteniendo en la punta pezón al comienzo y final del ordeño. Por tal razón el ordeño se convierte más suave y rápido. Disminuir el nivel de vacío puede ayudar de mucho en solucionar distintos problemas que puede haber en el ordeño y el ganado. [14] Ver figura 20.

Figura 20. Conducción directa de leche - Línea baja (**Autor:** Joshua Martínez)

1.11 Instalación y selección de tubería para regulación de vacío

La selección de las tuberías de vacío va a depender primero de cómo se diseñó la instalación de los equipos por el tipo de conducción directa y la necesidad de regular las bombas depresoras.

Como se puede observar en la tabla 3, el diámetro de la tubería va a depender del tipo de instalación, ya sea una instalación alta, media o baja.

Tabla 3. Regulación de vacío según la selección de tubería

Tipo de instalación	**Tubería de leche**		
	Ø 40 milímetros	**Ø 50 milímetros**	**Ø 70 milímetros**
Línea alta	48 – 50 KPa 36 – 37.5 cm Hg	48 – 50 KPa 36 – 37.5 cm Hg	
Línea media	46 – 48 KPa 33 – 34 cm Hg	46 – 48 KPa 33 – 34 cm Hg	40 – 42 KPa 30 – 31 cm Hg
Línea baja	42 – 46 KPa 33 – 34 cm Hg	42 – 46 KPa 33 – 34 cm Hg	

Tipo de instalación según la necesidad del establo con regulación de vacío y selección de tubería [12]

1.12 Partes y componentes principales de un equipo de ordeño

Los equipos de ordeños u ordeñadoras se comprenden como la instalación completa de ordeño mecánico y está compuesto de los tres sistemas de ordeños principales. Los ordeños mecánicos están conformados de varias unidades de ordeño, que se definen como la unión del colector con las pezoneras y tubos cortos, permitiendo ordeñar una cierta cantidad de vacas al mismo tiempo. [9]

- **Vacío**

El vacío es la presión negativa o la depresión que se encuentra por debajo del nivel de la atmósfera. Para generar la depresión en las máquinas de ordeño se debe utilizar una bomba de vacío que es la que permitirá succionar más cantidad de leche en menos tiempo posible con una cantidad considerable de vacas al mismo tiempo. [6]

- Presión mínima menor a la atmósfera.

- Las componentes de medición que se frecuenta usar son los kilogramos pascal (KPa)
- 1 atm = 100 KPa = 760 mmHg = 1.013 bar = Pulg Hg.

1.13 Descripción de los equipos de ordeño

Como se puede observar en la figura 21, se señalan por colores todos los sistemas que componen a un equipo de ordeño, que de igual manera se explicarán cada una de ellas, sus componentes y las funciones que cumplen para dar un óptimo funcionamiento a la máquina que extraerá la leche de las vacas.

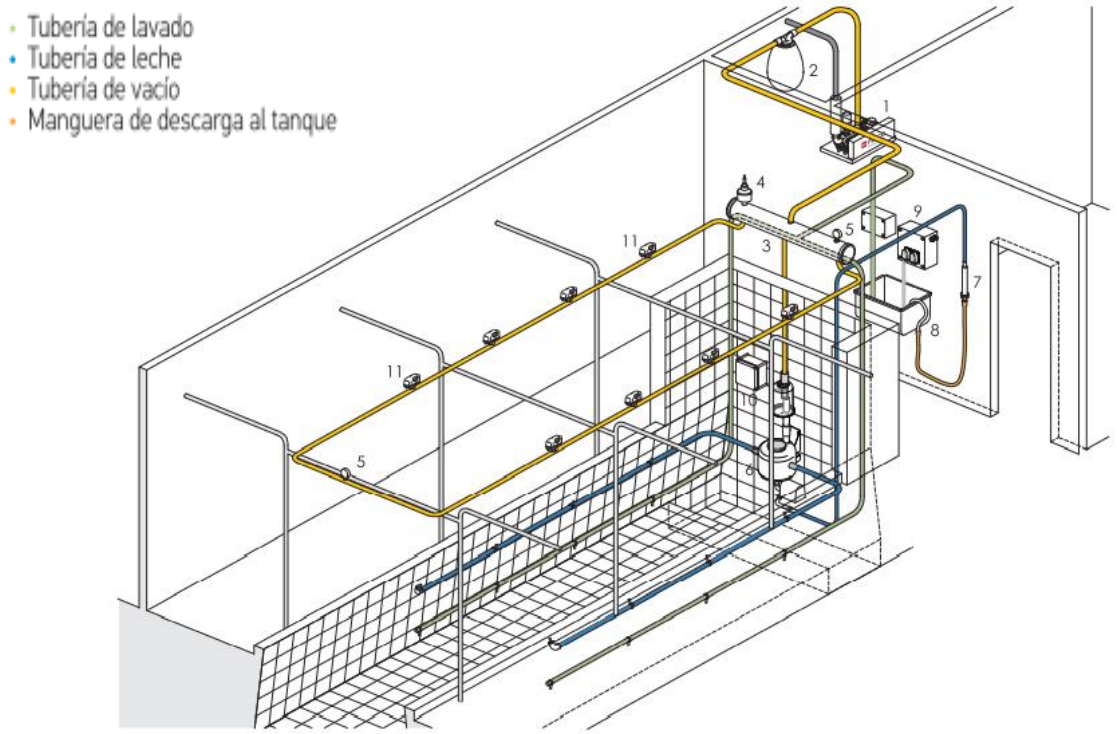


Figura 21. Tipos de sistemas en los equipos de ordeño Euromilk [16]

La pirámide indica el orden en que se encuentra los sistemas que dan función a los equipos de ordeño completos con conducción directa para ser almacenados en los tanques fríos. A continuación, se describirá cada tipo de sistema y el funcionamiento de los componentes. Ver figura 22.

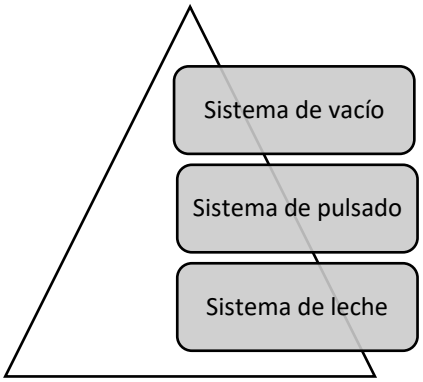


Figura 22. Tipos de sistemas que componen a un equipo de ordeño [17]

Sistema de vacío

El método de vacío hace mención a la línea o tubería por donde circula el vacío que genera la bomba de depresión, por consiguiente se explicará el funcionamiento de cada una. Ver figura 23.

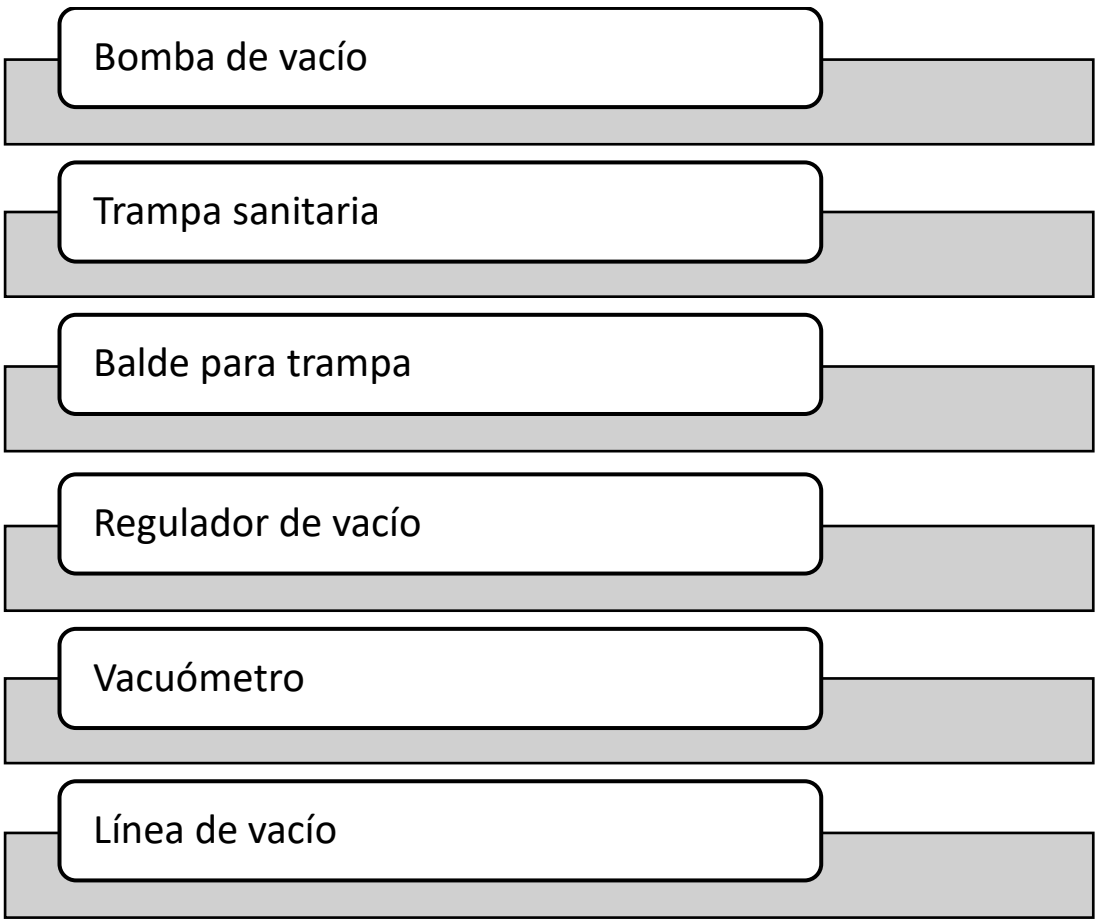


Figura 23. Componentes del sistema de vacío [17]

- **Bomba de vacío**

Es un requisito succionar el aire del componente de ordeño proporcionando vacío que genera la extracción de la leche. La validez de la bomba viene definitiva por su volumen y se expresa en litros de aire extraídos (l/min) a 50 KPa de presión. Su reserva de vacío se contrasta entre el caudal de aire generado que sale hacia la bomba de vacío (Q) y la velocidad de aire que ingresa a la máquina en su uniforme y adecuado trabajo. Se subsana el decrecimiento de vacío que son generadas en la operación del equipo, dicho de otras palabras, en la colocación y retiro de pezoneras. [17] Ver figura 24.

Figura 24. Depresor de 3000 L Euromilk [16]

- **Trampa sanitaria o de leche**

Su ocupación es retirar la ración que se encuentra en relación con la leche en la cual también circula el aire, es decir el circuito del vacío. Sirve para detectar el derrame de la leche del descargador impidiendo que llegue a la trampa de leche. Para esto se compone de un flotador. [12]

El recipiente debe ubicarse entre el sistema de leche y el sistema de vacío para prevenir la contaminación por movimiento líquido de un lado a otro. Como se observa en la figura 25.

Figura 25. Trampa de leche o trampa sanitaria Euromilk [16]

- **Balde trampa**

Su función es impedir el paso de los líquidos provenientes de la línea de vacío o sistema de leche, o al momento de hacer la limpieza o lavado del equipo, evitando que lleguen a la bomba. Debe estar ubicado entre el regulador de vacío y la bomba de vacío.

Se tiene incorporado un obturador de corte automático para protección y válvulas de drenaje automático.

- **Regulador de vacío**

Es un obturador automático diseñado para compensar y conservar invariable el nivel de vacío en el sistema, accediendo la entrada de aura cuando el nivel de vacío aumenta, para que el vacío proporcional sea (50 KPa) se reponga. [18] Ver figura 26.

Figura 26. Reguladores de vacío Servo y mini Euromilk [16]

- **Vacuómetro**

Su función es mostrar el nivel en el que se encuentra el vacío al momento de estar encendida y trabajando la máquina, debe ubicarse luego del servo regulador y anterior de las unidades de ordeño, debe estar visible para el operario. [9] Como se observa en la figura 27.

Figura 27. Vacuómetro para la medición del nivel de vacío [16]

- **Línea de vacío o tubería de vacío**

Se compone como el agregado de canales que enlazan a los pulsadores y las uniones con la bomba de vacío. El nivel de vacío en la línea deber ser normal para todos los niveles de vacío en el equipo de ordeño. [12] Ver figura 28.

Figura 28. Tubería de vacío y de leche Euromilk [16]

La línea de vacío debe proporcionar el suficiente paso de depresión para que los sistemas de pulsado y sistemas de leche funcionen correctamente, cuyos requisitos se dan en la tabla 4.

TABLA 4. REQUISITOS DE LA TUBERÍA DE VACÍO

MATERIAL	RESISTENCIAAL VACÍO	DIÁMETRO
• AISI 314 • Plástico reforzado • Fácil de lavar	• El grosor de los paneles y las uniones deben aguantar una presión máximo de 85 KPa	• Debe ser según la velocidad del aire y la distancia de conducción.

Selección de tubería correcta para dar una función óptima al desempeño de los sistemas de ordeño [17]

- **Sistema de pulsado**

El equipo de ordeño utiliza vacío para dar apertura del canal del pezón y permitir la salida de la leche. Periódicamente durante el ordeño es importante impedir por cortos lapsos de tiempo el vacío sobre el pezón, para admitir una circulación sanguínea normal para evitar de esta manera la formación de edema y congestión. [11] La figura 29 indica los tipos de sistemas de pulsado.

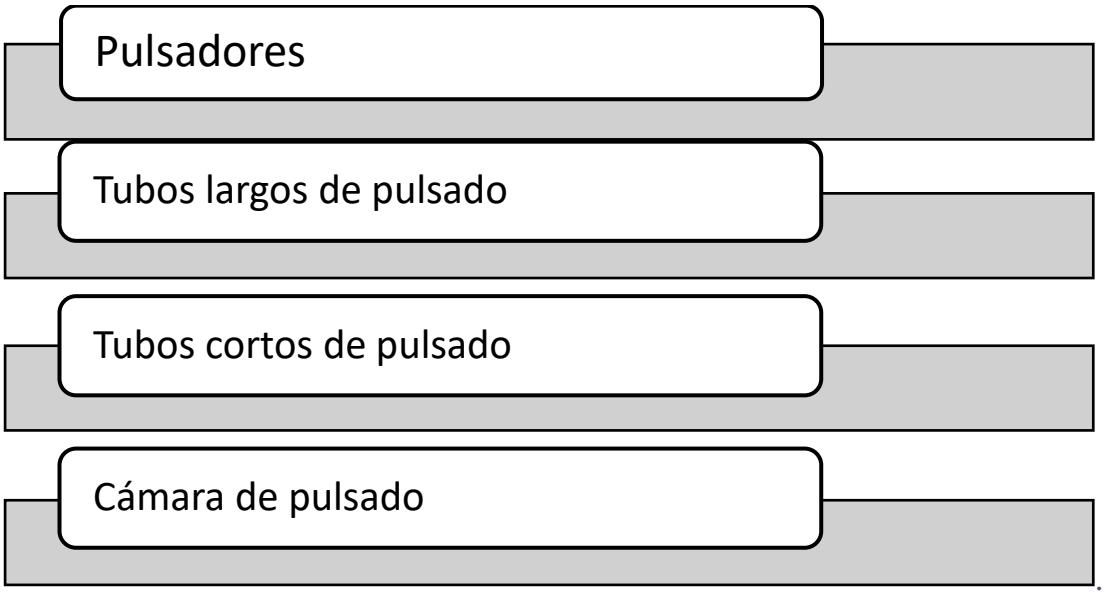


Figura 29. Componentes de sistema de pulsado [17]

- **Pulsadores**

Este dispositivo es el corazón del equipo de ordeño manteniéndolo estable, tanto las pulsaciones por minuto, como la relación de pulsación. El ordeño convencional en vacas se realiza a 55 o 60 ppm, con una relación de ordeño de 60:40. Para las instalaciones de línea alta y línea media, la regulación de vacío será de 48 a 50 KPa y para instalaciones de línea baja el vacío de ser de 42 a 46 KPa. [19]

La tabla 5 indica la clasificación de los pulsadores.

TABLA 5. CLASIFICACIÓN DE LOS PULSADORES

PULSADORES				
PULSADO CENTRAL			PULSADO INDIVIDUAL	
Pulsación simultánea (4x0)	**Pulsador principal**	**Repetidores**	**Pulsación simultánea (4x0)**	**Pulsación alternada (2x2)**
Envían una sola señal para las cuatro pezoneras	Genera los cambios cíclicos de presión	Reciben la información del pulsador principal y provocan la superposición de vacío – presión de la atmósfera en la cámara de pulsado	Envía una sola señal para cuatro pezoneras	Se envía la señal por medio de dos canales las cuales se encuentran desfasadas la una de la otra en 0.5 s

Los equipos de ordeño pueden trabajar con cualquiera de los dos tipos de pulsadores, ya sea pulsado central o individual. [12]

Los pulsadores actúan como válvulas que permiten abrir y cerrar el paso de vacío a las pezoneras, que son las que permiten succionar la leche y al mismo tiempo dar masaje para la estimulación de la ubre, por esta razón se explicará los tipos de pulsadores que con normalidad se trabajan en el campo ganadero.

- **Tipos de pulsadores**
  - Neumáticos
  - Electrónicos
  - Hidroneumático

- **Pulsadores neumáticos**

El pulsador neumático es un artefacto invaluable para todos los equipos. No se necesita de electricidad, únicamente funciona con el vacío generado de las bombas. Su rendimiento es óptimo y se caracteriza por tener una alta fiabilidad con una duración máxima. Se ajusta al ritmo de pulsación de hasta 180 ppm y se adapta divinamente a los entornos de vacío de los equipos. [19] Ver figura 30.

Figura 30. Pulsador neumático Euromilk [16]

- **Pulsadores electrónicos**

La razón principal del incremento de mastitis se debe a la fluctuación de vacío en la sala de ordeño. El pulsador electrónico funciona para reducir al mínimo el sobre ordeño. Las características que posee este pulsador mejoran totalmente en la pulsación ya que con este la calibración es programable adaptándose a cualquier tipo de ordeño. Se puede conectar directo a la tubería de filtración evitando la entrada de impurezas que deterioran el funcionamiento del mismo. Como se observa en la figura 31.

Figura 31. Pulsador electrónico Euromilk [16]

- **Pulsadores hidroneumáticos**

Funciona con pulsación alternada, de igual manera permite trabajar de manera simultánea y con bajo gasto de vacío, perfeccionando así la permanencia de vacío de la máquina y la duración en la punta de los pezones, previniendo la mastitis. [12] Ver figura 32.

Figura 32. Pulsador hidroneumático DeLaval [12]

- **Funciones de los tipos de pulsadores**

La tabla 6 indica el funcionamiento correspondiente de los tres tipos de pulsadores con los que normalmente se trabajan en el campo ganadero ecuatoriano.

TABLA 6. FUNCIONES FAVORABLES DE LOS TIPOS DE PULSADORES

Pulsador neumático	Pulsador electrónico	Pulsador hidroneumático
• Pulsación alternada- más saludable para el pezón de la vaca • Mantenimientos menos ejecutados • Sistema de pulsado comandado por HP101, EP 100 o EP 2090	• Frecuencia de pulsado de 60 ppm • Menor riesgo de mastitis • Estabilidad de vacío • Relación de 65/35	• Periodicidad de 90 a 180 ppm • Para todo el carácter de máquinas • Costos bajos de mantenimientos • Pulsación eficaz en toda situación

En el sector ganadero por la diferenciación de máquinas se pueden utilizar cualquiera de estos pulsadores según las especificaciones del equipo. [12]

1.14 Tubos largos de pulsado

Tubería de PVC no tóxica para uso alimentario, en el mercado se la conoce como manguera doble, porque por una línea se conduce el vacío y por la otra pasa la leche a la tubería de leche. Comercialmente se la encuentra en dos presentaciones de medidas una de diámetro Ø 5/8 y de Ø 9/16.

1.15 Tubos cortos de pulsado

También conocidos como tubos cortos de vacío ya que se conectan con la cámara de pulsado de la tapa colectora. Son cuatro mangueras cortas de goma no tóxica para uso alimentario. Como se observa en la figura 33.

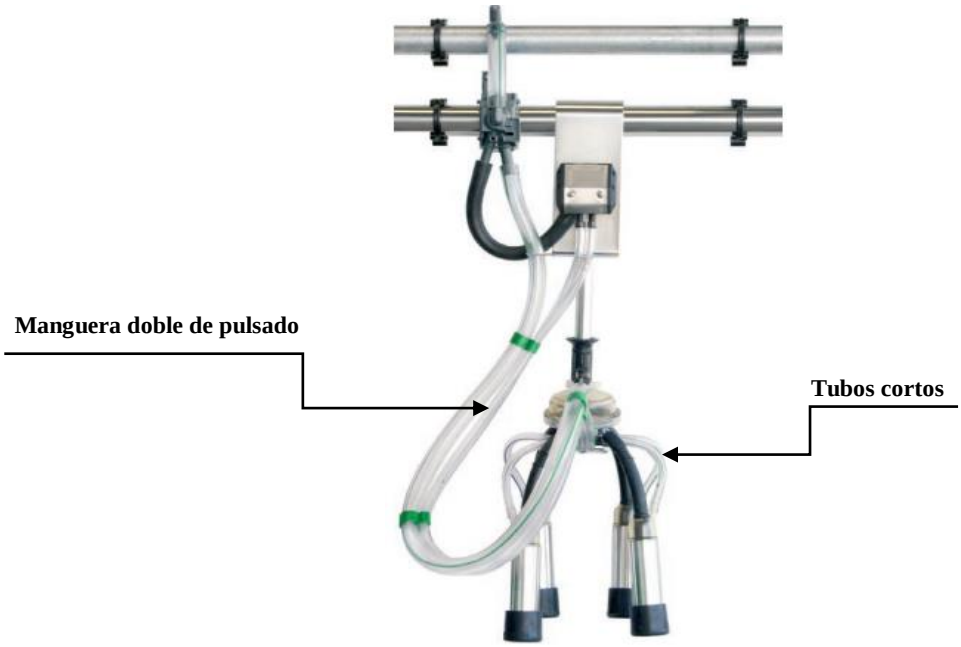


Figura 33. Tubos largos y cortos de pulsado [16]

1.16 Cámara de pulsado

La cámara de pulsado se ubica desde la pezonera y el porta pezoneras, es habitualmente completada con aire o vacío de los pulsadores a través de los tubos largos de pulsando, creando alternativamente una faz de ordeño y una faz de masaje.

- **Faz de ordeño:** Cuando el pulsador genera vacío en la cámara de pulsado con apertura de pezoneras y salida de flujo de leche.

- **Faz de masaje:** Cuando el pulsador admite aire a la cámara de pulsado logrando el cierre de las pezoneras alrededor de la punta del pezón. [19]

1.17 Sistema de leche

El sistema de leche particularmente tiene dos funciones, la de proveer vacío al ordeño y la de conducir la leche por la tubería hacia el tanque frío de almacenamiento. En la siguiente figura 34 se indican los componentes de un sistema de leche.

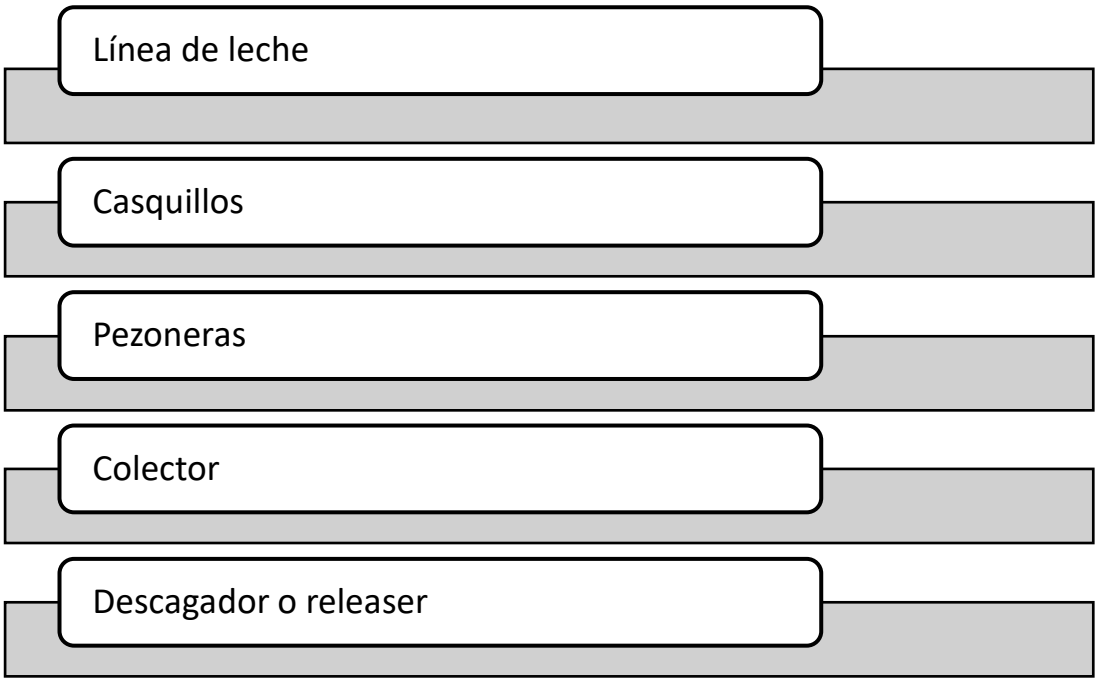


Figura 34. Componentes de un sistema de leche [17]

- **Línea de leche**

Se traslada el vacío y la leche paralelamente. La tubería de leche va conectada a cada lado del descargador o común mente llamado unidad final, para que se lo pueda almacenar en el tanque frío. [17]

Por lo tanto, el nivel de vacío con el que se trabaja es el mismo que se lo ha explicado con anterioridad:

- **Línea alta:** 48 – 50 KPa
- **Línea media:** 46 – 48 KPa
- **Línea baja:** 42 – 44 KPa

- **Casquillo**

El casquillo es un protector de acero inoxidable de alta calidad, diseñado para conseguir el peso ideal y garantizar su duración en los ordeños. Su función desempeña junto con la pezonera formando así la cámara de pulsado. [16] Ver figura 35.

Figura 35. Casquillos de acero inoxidable Euromilk [16]

- **Pezoneras**

Únicamente la pezonera es el elemento del equipo de ordeño que tiene relación continúa con la ubre de la vaca y la leche durante todo el ordeño. Por esta razón los componentes o propiedades de la pezonera tienen gran influencia en el proceso de ordeño en sí, tanto en la eficacia de la leche y en el cuidado del pezón. [19]

El uso de pezoneras proporciona un flujo alto de leche durante todo el proceso de ordeño. Está diseñado para realizar masajes muy suaves al pezón, estimulando a la vaca y consiguiendo así un apurado total de la ubre.

El material de la pezonera es de caucho natural y están preparadas para trabajar 3000 ordeños, manteniendo sus propiedades durante todo el ciclo del trabajo. La figura 36 muestra sus dimensiones.

Figura 36. Pezonera de caucho natural Euromilk [16]

- **Colector**

Su función es receptar la leche de las 4 pezoneras y canalizar la tubería larga de leche. Tiene una gran capacidad de 300ml y una capacidad de flujo de 15 L/Min, asegurando así una correcta evacuación de flujo y manteniendo al mínimo las fluctuaciones de vacío.

Está fabricado en acero inoxidable y polisulfona ultra resistente para soportar golpes o caídas. Tiene un peso total de 440g haciéndola muy ligera y de fácil manipulación. [16] Ver figura 37

Figura 37. Colector Euromilk [16]

- **Descargador o releaser**

También conocido como unidad final, su función es evitar la formación excesiva de espuma, produciendo un tratamiento suave de la leche y evitando las formaciones de ácidos grasos libres, por lo que permitirá un pasaje normal a través del sistema de placas. Ver figura 38.

Figura 38. Descargador o unidad final Euromilk [16]

Adquirir un equipo de ordeño no es un requisito que garantice que a tener mejor calidad de leche y aún más cantidad alta de leche. Se sabe que el equipo de ordeño es una herramienta de trabajo que ayuda en la extracción de leche de varias vacas a la vez en el menor tiempo posible y con mejores condiciones de trabajo, y por sí sola no asegurará un buen resultado final. [7]

Para que un equipo de ordeño funcione de la mejor manera, dependerá de la capacitación del personal, las recomendaciones de los técnicos, las rutinas de limpieza y el más importante los mantenimientos.

El equipo es una mejora laboral, es progreso y un adelanto importante que beneficia al ganadero tanto en lo productivo como en lo económico, y es por eso que el productor debe invertir en detergentes de limpieza, reemplazar las pizas que han cumplido con su tiempo útil como gomas, plásticos, metal, mangueras, y proporcionar los mantenimientos adecuados para prolongar la utilidad de los equipos y sus componentes.

De tal manera a continuación se explicará los diferentes tipos de mantenimientos que la empresa Alfa Técnica aplica en el sector ganadero dando una definición breve de cada uno.

1.18 Mantenimiento

El mantenimiento se describe como el vínculo de actividades y técnicas que permiten prevenir afecciones o averías en los equipos causadas por el uso y el tiempo. Los mantenimientos aseguran cumplir con cuatro objetivos básicos que son la disponibilidad, fiabilidad, vida útil y costos.

Para el buen funcionamiento de los equipos y para que la empresa no genere pérdidas por piezas con defectos o paralización de las máquinas a continuación veremos los tipos de mantenimientos que garantizarán un óptimo desempeño según su tipo de reparación. [20]

- Mantenimiento Preventivo
- Mantenimiento Correctivo
- Mantenimiento Predictivo

- **Mantenimiento preventivo**

Este tipo de sostenimiento, como bien dice su nombre, desempeña una actividad programada para brindar sostenimiento de los equipos de ordeño antes de que sucedan cualquier daño o deterioro, bajo la supervisión del técnico encargado.

Por el hecho de sugerir el mantenimiento preventivo se obtendrá ventajas que facilitarán el desempeño óptimo y el correcto funcionamiento de la máquina ordeñadora. [21] Y estas son:

- **Costos:** A diferencia de los otros tipos de mantenimientos, aplicando el sistema preventivo se podrán disminuir los costos por reparación de los equipos.

- **Vida útil:** Al realizar mantenimientos programados la vida útil de los equipos aumentará.

- **Seguridad:** La máquina ordeñadora bajo las normas de mantenimiento preventivo trabajarán en mejores condiciones de seguridad.

- **Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo es unos de los más ejecutados en la mayoría de las haciendas y se lo establece una vez ocurrido el daño del equipo o cuando este es ya inminente.

Recurrir a un chequeo donde no se produzca ningún tipo de falla la intervención será nula, por lo que ocasionará tiempos muertos o pausas no previstas de los equipos o aún peor, costos no presupuestados de mantenimientos por manipular sin ningún tipo de programación. [22] Y es por esto por lo que se identifica dos tipos de mantenimientos correctivos, son:

- **Mantenimiento de inspección:** Se corrigen las fallas sin afectar al sistema correctivo.

- **Mantenimiento de emergencia:** Se identifican daños o afecciones en el equipo y requiere de una rápida intervención para no afectar a los demás componentes que conforman la máquina.

- **Mantenimiento predictivo**

La función del mantenimiento predictivo es identificar el problema o la falla antes de que suceda, para repararla en el algún tiempo en el que no se vea afectado la producción. La intervención del sistema predictivo puede llevarse a cabo de manera parcial o continua siempre y cuando no genere costos adicionales o tiempos perdidos.

Es por ello que se usan utensilios de diagnóstico, ensayos no destructivos, e instrumentos de medición para comprobar la temperatura, medir los niveles de los lubricantes, sistemas electrónicos, análisis de vibraciones, además de proporcionar un monitoreo de las condiciones del equipo mientras se encuentra trabajando. La aplicación de este sistema de mantenimiento permite obtener grandes ventajas para el correcto funcionamiento de los equipos. [23]

- No se generan tiempos muertos.
- Prolonga la vida útil de las máquinas y componentes.
- Se destina un tiempo necesario para ejecutar la intervención del mantenimiento sin perjudicar a la producción.
- Se abre un historial del comportamiento de los equipos y posibles fallos que se pueden solucionar en un tiempo establecido.

- Apertura en invertir nuevos equipos gracias a las manutenciones programadas por el sistema predictivo.
- Facilita el análisis de fallas y averías.

1.19 Comparación de costes de los tipos de mantenimientos

Cuando se habla de máquinas o equipos siempre lo relacionamos al cuidado que se debe tener para que siempre rindan el mayor tiempo posible y lo más eficaces posible, es por tal razón que las empresas o en este caso los ganaderos optan por contratar técnicos especializados para asistir en mantenimientos a sus equipos para que estos funcionen con mayor precisión y se prolonguen su vida útil.

De esta manera, un mantenimiento debe cumplir con todas las normas de estandarización nacionales o internacionales de mantenimiento e instalación, con la finalidad de garantizar una instalación correcta en los equipos de ordeño. De tal manera, es necesario conocer las normas con las que el personal de mantenimiento debe realizar su trabajo. Ver la tabla 7.

TABLA 7. COMPARACIÓN DE COSTOS

COSTOS	PREVENTIVOS	CORRECTIVOS	PREDICTIVOS
Por efectuar	Mediano	Bajo	Altos
Ineficaces	Mediano	Altos	Muy bajos
Tiempo de paro	Predefinidos	Altos e indefinidos	Mínimos
Respuestas existentes	Gran consumo y definidos	Gran consumo e indefinidos	Consumo mínimo

Se compara en relación con los tres tipos de mantenimientos cual genere menor gasto para las haciendas y cual le conviene mejor. [21]

1.20 Norma ISO

ISO significa internacional standard organization (Organización internacional de estándares), y es un esfuerzo cooperativo de muchas organizaciones nacionales para racionalizar diferencias en recomendación de estándares. Las recomendaciones referentes a producción lechera están destinadas para mejorar seguridad, higiene, productividad y estandarización. [12]

- **Norma ISO 6690:2007**

Esta norma internacional es explicita para el desarrollo de instalaciones mecánicas de equipos de ordeños que se componen de requisitos de precisión para instrumentos de medición donde se aplica el ensayo de nuevas instalaciones que verificarán la eficiencia de operación.
La metodología que se describe es para ensayos en laboratorios que permitirá reducir el esfuerzo y el tiempo involucrados en la prueba. [24]

El tipo de mediciones que se deben realizar a los equipos de ordeño por lo que es necesario desarrollar pruebas de medición para tener una precisión de un error máximo que junto a la habilidad del operador asegurará los requisitos dados por la ISO 5707 (que menciona la construcción y rendimiento en las instalaciones de equipos de ordeño) Cabe mencionar que, todos los instrumentos de medición se calibrarán habitualmente para garantizar las recomendaciones dadas. [25]

1.21 ¿Qué es un diagrama P&ID?

Por sus siglas en inglés el P&ID se lo conoce como (Piping and Instrumentation Diagram). Un diagrama de instrumentación y tuberías enseña las tuberías y sus mecanismos afines del flujo de procesos del producto y su instrumentación. La simbología que identifica a cada componente y que son utilizados en estos diagramas se rigen a las normativas ISO 14617-6. [26]

La implementación de un diagrama P&ID será muy útil ya que ayudará a comprender de mejor manera el funcionamiento general de un proceso, en este caso el funcionamiento del proceso de los equipos de ordeño.

1.22 ¿Qué es la metodología AMEF?

Se lo nombra al igual que su abreviatura en inglés FMEA (FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS), y se lo conoce también como metodología de análisis de modo de fallas y efecto. El AMEF está comprendido para establecer con los procesos que detectan los riegos comenzando con el análisis de fallas potenciales, permitiendo que se apliquen gestiones para evitar que las fallas aparezcan para dar paso a que la calidad mejore.

También se lo puede definir de la siguiente manera:

- **Análisis:** Métodos exactos de los elementos de un sistema, proceso y producto.
- **Modo:** Maneras en que la falla se compone.
- **Efecto:** Secuelas de la falla.
- **Falla:** El desperfecto que ocasiona un resultado no planificado. [27]

1.23 ¿Cuáles son los tipos de AMEF?

Anteriormente se explicó que la metodología AMEF se puede aplicar sobre un sistema, proceso o producto, dentro del enfoque de la metodología de análisis de modo de fallas y efecto. A continuación, los tipos de AMEF.

- **AMEF de procesos (P-AMEF)**

Procesos de metodología de análisis de modo de fallas y efecto, inspecciona todas las fases que genera un proceso al equiparar los fallos y riesgos de diferentes sitios comunes, las más conocidas son: Medio ambiente, maquinaria, materias primas, repuestos, materiales de medición, etc. [27]

- **AMEF de sistema (S-AMEF)**

Se lo nombra en inglés como Software Failure Mode and Effect Analysis, por tal razón primero lleva la letra S. Este análisis prioriza dirigir las fallas que puedan generarse en el desarrollo del software aseverando que los componentes múltiples sean los correspondientes y trabajen como se esperaba, y estos son: (Interfaz de usuario, funciones, mantenimientos, etc.) [27]

- **AMEF de diseño (D-AMEF)**

También llamado AMEF de producto, el Diseño de análisis de modo y efecto de fallas, está encaminado para asemejar los riesgos que se producen en un nuevo diseño o en el momento en el que varíen los servicios o productos. [27]

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Generalidades

En este capítulo se da a conocer el desarrollo de la estructura metodológica donde se hablará de los procesos que se requieren implementar para dar función al manual de instalación y mantenimiento para la empresa Alfa Técnica, abarcando ciertos puntos que ayudarán al mejor entendimiento del capítulo, iniciando con una introducción de los inicios de función de la empresa, la realidad efectiva de las máquinas de ordeño con intervención de asistencia técnica, codificación de los equipos, diseño del diagrama P&ID para equipos de ordeño, implementación de normas internacionales tales como ISO 6690, ISO 5707 y la norma ASAE, para la correcta instalación de las partes y piezas que componen el equipo de ordeño.

2.2 Historia de Alfa Técnica S.C

El señor Miguel Ángel Bonilla Yánez, quien a la edad de 15 años trabajó para la organización reconocida nacionalmente como Iván Bohman, empresa que se dedicaba a la importación de equipos de ordeños directo de Alfa Laval, una empresa sueca que capacitó a los trabajadores de Bohman dentro y fuera del país para la instalación y mantenimiento de máquinas de ordeño.

Miguel Bonilla a sus 20 años instaló su primer equipo de ordeño bajo la supervisión de los técnicos suecos en la Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca, siendo así una de varias instalaciones y mantenimientos que proporcionó durante 25 años para Iván Bohman. A la edad de 40 años y yaciendo uno de los pocos Técnicos calificados en todo el Ecuador Bohman decide jubilarlo, y es ahí donde Miguel empieza su trabajo como persona independiente por 3 años. Dentro de este tiempo y con la visión de montar su propio negocio, decide capacitarse en la elaboración de desinfectantes de limpieza para máquinas de ordeño con formulación sueca para implementar a su empresa y así obtener otra fuente de ingresos.

Gracias a la especialización y experiencia de Miguel su trabajo fue siendo reconocido debido a las más de 400 instalaciones de equipos de ordeño marca Alfa Laval que ensamblo en las ciudades de Tulcán, Ibarra, Cayambe, Quito, Machachi, Latacunga, Riobamba, Cuenca y algunas ciudades de la Costa.

En el año de 1998 Alfa Técnica es constituida legalmente y gracias a la ayuda de sus 6 hijos la empresa puedo expandirse, dedicándose a la elaboración y comercialización de los detergentes de desinfección y a brindar servicio de soporte de mantenimiento técnico a los equipos de ordeños, de igual manera en la mayor parte de haciendas ganaderas de toda la región Sierra hasta Cuenca y una parte de la Costa ecuatoriana.

En él año 2012 la casa comercial de fabricación de equipos de ordeño de procedencia Europea reconocida nacional e internacionalmente como la marca "Flaco" toma el contacto de Alfa Técnica para proponer a la empresa asumir la representación exclusiva de la nueva línea de equipos de ordeño marca "Euromilk" que contaba con la fabricación de un amplio portafolio de accesorios y repuestos que se acoplaban a las otras marcar existentes de equipos con las que trabajaban aquí en el país.

Actualmente, Alfa Técnica cuenta con un almacén matriz en el sector de Machachi y una sucursal en Cayambe, almacenes que se dedican a la comercialización de accesorios, repuestos y equipos de ordeños que importan desde España, añadiendo también a sus productos Insignia de desinfección que han logrado posicionarse en el transcurso de estos años en el mercado de la ganadería ecuatoriana, siendo estos, Alfa Detergente Alcalino Clorado, Alfa desincrustante Ácido, Alfa Sellador de Ubres, Alfa Sanitizante y Alfa Jabón Desengrasante, cinco productos estrellas que además de ser vendidos en los locales, también son comercializados por los distribuidores directos a nivel nacional. La comercialización de detergentes y repuestos de los equipos de ordeño también son mercantilizados por su venta directa en las haciendas, ya que cuenta con personal calificado quienes brindan este servicio a "domicilio", por así llamarlo. Ver figura 39.

Figura 39. Empresa Alfa Técnica [37]

2.3 Situación actual de los equipos de ordeño

Alfa Técnica inicia su acción comercial en la venta e importación de equipos de ordeño en el año 2012, gracias a la representación otorgada por Euromilk, empresa de origen español que labora en la fabricación de partes y repuestos de equipos de ordeño con distribución a nivel mundial. Con una amplia cartera de clientes y en base a la necesidad de cada uno de ellos Alfa Técnica ofrece equipos de ordeños para pequeños, medianos y grandes productores de leche.

Con un registro de ventas generado en el año 2021 la empresa importó alrededor de 20 equipos de ordeño, entre ellos 10 equipos transportables con un costo de $ 5000 dólares cada uno, dichos equipos se abastecieron a 10 clientes con una producción de leche baja, es decir con productores que mantienen de entre 5 a 10 cabezas de ganado.

Se registra la venta de 5 equipos fijos con descarga a tarros, entre ellos de 4 y 6 puestos de trabajo a un precio de $ 18000 y $22000 dólares cada uno, instalados a clientes con una producción mediana de leche con promedio de 15 a 25 vacas. Así mismo se contempla la venta de 5 equipos con conducción fija de 8 y 12 puestos de ordeño para una capacidad de 80 y 150 vacas a un costo de $35000 y $45000 dólares cada equipo a grandes productores de leche.

La compañía hace relación a su mejor año de ventas en el 2019 en comparación a las ventas generadas en los años 2020 y 2021, debido a la situación emergente que declaró la OMS a nivel mundial como coronavirus, pandemia que afecto a los sectores estratégicos no solo a la empresa si no a todas las empresas a nivel mundial. Es por esta razón que Alfa Técnica no registra un crecimiento en la actualidad, más bien, su porcentaje de ventas en los dos últimos años se mantuvieron, es decir, la compañía no declaró pérdidas económicas.

2.4 Sistemas de codificación de los equipos de ordeño

En primera instancia se va a efectuar la codificación de los equipos de ordeño, de tal manera se necesitarán de todos sus componentes, elementos, partes, accesorios y repuestos para poder identificar uno por uno ya que cuentan con un código único.

En el instante de ejecutar la categorización de una máquina de ordeño se manejan dos alternativas a suponer y estas son las siguientes:

- **Sistema de codificación no significativo:** También conocidos como codificación alfanumérica y se establece una enumeración con letras como código correlativo a cada elemento que conforma un equipo, pero este código no contribuye con más búsqueda añadida, por lo que este código sirve para situar al equipo y sus accesorios.

- **Sistema de codificación significativa:** también se la conoce como codificación numérica o inteligente, a comparación con el otro tipo de codificación esta es todo lo contrario, debido que esta manera de codificar ayuda con información relevante de la máquina, una de ellas puede ser el área donde se desempeña el trabajo o en que sección se encuentra ubicado con exactitud. [28]

2.5 Codificación de los equipos de ordeño

Una vez tomado el concepto a lo referente de la codificación significativa y no significativa, procederemos a realizar el modelo de cómo codificar según este establecido cada parte o pieza que conforma el equipo de ordeño.

Se demostrará con un solo ejemplo de una sala de ordeño en general la codificación respectiva de lo que conlleva un equipo de ordeño con sus partes y piezas y que elementos son necesarios para una instalación con o sin tubería y con o sin pulsación neumática o electrónica. Para este prototipo tomaremos la sala de ordeño 2x6 (12) doble, que hace referencia a una sala tipo fosa o espina de pescado, donde se usaran los dos tipos de codificación, la no significativa para agregar únicamente la codificación de 4 dígitos o números y la significativa para agregar al

código los dígitos alfanuméricos, sin antes mencionar que su uso también representa localizar la mercadería de manera más fácil como tal en las bodegas o en lugares de almacenamiento o al equipo de ordeño como tal. Como se observa en la tabla 8.

TABLA 8. EJEMPLO DE CODIFICACIÓN GENERAL DE EQUIPOS DE ORDEÑO

Codificación de equipos de ordeño (Sala de ordeño 2x6 (12) doble)

Cód.	Denominación	Doble 2x6(12) con tuberías P. Electrónica	Doble 2x6(12) con tuberías P. Neumática	Doble 2x6(12) sin tuberías P. Electrónica	Doble 2x6(12) sin tuberías P. Neumática
EUR21065	Grupo de vacío de 1400 litros con calderín colgante	1	1	1	1
EUR22130	Unidad final de 65 litros. (Trifásica)	1	1	1	1
9730	Filtro de leche completo. Entrada: Ø40 mm. Longitud: 620 mm.	1	1	1	1
8302	Filtro 620 x 58 mm. Caja de 200 unidades.	1	1	1	1
EUR25015	Juego de lavado con soporte reclinable. (Completo).	12	12	12	12
8901	Pila de lavado inox. De 80 litros con soportes y desagüe.	1	1	1	1
EUR01430	Pulsador neumático. (Completo)	_	12	_	12
EUR01483	Pulsador FLATRONIC F-20-PRO. (Completo).	12	_	12	_
1451	Fuente de alimentación conmutada. 24V. (16,6 A).	1	_	1	_
1473	Machón ½" de latón para pulsadores.	12	_	12	_

1526	M/Tubo de goma. (Leche y vacío). 13,5 x 24,7 mm. (Distrib. Rollos 20 m.)	9	6	9	6
5011	Adaptador con presa-vacío. Alimentación directa al grifo.	_	12	_	12
1602	Grifo recto de latón a ½".	2	14	2	14
3317	Empalme inox. Ø40 mm.	16	16	16	16
3319	Empalme inox. Ø63 mm.	6	6	6	6
3327	Empalme inox. Llave palanca. Ø63 mm.	2	2	2	2
7910	Toma recta. Ø18 mm. (Ø50-70 mm). (Completa).	24	24	24	24
7954	Gancho inox. Para sujeción de tubería-equipo ordeño sala.	12	12	12	12
7955	Soporte inox. Para sujeción de equipo (Tubería horizontal).	12	12	12	12
8503	Codo de goma. Ø40 mm.	2	2	2	2
8505	Codo de goma (Reducción). Ø50 / Ø40 mm.	2	2	2	2
8513	Llave de goma de dos vías. Ø40 mm.	1	1	1	1
8518	Tapón exterior para tubería. Ø38-40 mm.	4	4	4	4
8522	"T" de goma. Ø40 mm.	3	3	3	3
8527	Válvula de drenaje.	3	3	3	3
8534	Filtro de aire completo.	4	4	4	4
8538	Tapón interior. Ø40 x Ø16 mm.	2	2	2	2
8544	Manguito de goma reductor. Ø90 x Ø75 mm.	3	3	3	3
8602	Soporte de tubería 1½" x ½".	23	23	23	23
8603	Consola para instalación ½".	25	25	25	25
8703	Abrazadera de plástico para tubo de Ø40 mm.	20	20	20	20
8704	Abrazadera de plástico para tubo de Ø51 mm.	5	5	5	5
8720	Abrazadera de chapa 2".	3	3	3	3
8726	Abrazadera PVC tipo CLIP Ø40 mm.	22	22	22	22

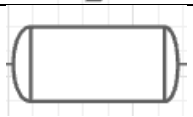
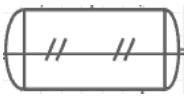
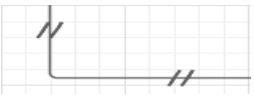
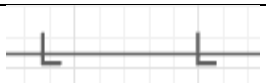
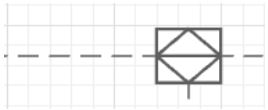
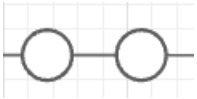
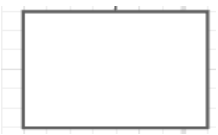
8728	Abrazadera PVC tipo CLIP Ø63 mm.	15	15	15	15
8743/A	Corredera inox. 400 mm. Especial.	14	14	14	14
8751	Pletina cuadrada roscada.	37	37	37	37
8752	Tornillo de sujeción.	37	37	37	37
9109	Curva inox. 90º. Tubería Ø40 x 1 mm. Desarrollo 1.000 mm.	9	9	9	9
9114	Curva inox. 90º. Tubería Ø63, 5 x 1,5 mm. Desarrollo 1.000 mm.	2	2	2	2
9202	M/Tubo pulido exterior e interior Ø40 x 1 mm. Longitud: 6 m.	24	24	_	_
9208	M/Tubo pulido exterior e interior Ø63, 5 x 1,5 mm. Longitud: 6 m.	18	18	_	_
25605	Control electrónico de inyectores de lavado.	1	1	1	1
25710	Inyector de lavado doble.	1	1	1	1
40233	Codo de PVC. 45º tubería Ø75 mm.	4	4	4	4
40241	Curva de PVC. 90º tubería Ø75 mm.	10	10	10	10
40261	Manguito de unión de PVC. Ø75 mm.	4	4	4	4
40272	Enlace de unión de PVC. Ø75 mm.	12	12	12	12
40291	Válvula de bola de PVC. Ø75 mm.	2	2	2	2
40302	Collarín de toma en PVC Ø75 mm. ½".	45	45	45	45
40331	"T" Mixta 90º Reductora en PVC Ø75 mm. 1 ½".	1	1	1	1
40352	Manguito de unión mixto de PVC. Ø75/63. 2".	1	1	1	1
40402	Curva 90º M·H. 2". (Galvanizado).	1	1	1	1
40423	Tuerca Unión 2” (Fig. 340) Galvanizada	1	1	1	1
40310	Tapón macho de PVC. Ø47.5 mm. 1½"	1	1	1	1
40467	M/Tubo de presión (10 atm.) de PVC. Ø75 mm. Longitud: 6 m. Aboc. Azul.	54	54	_	_

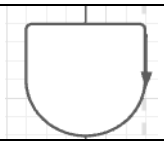
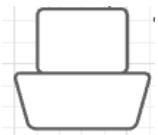
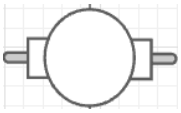
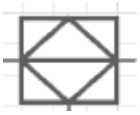
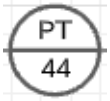
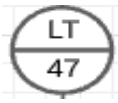
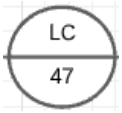
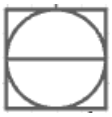
Se considera tomar como ejemplo la codificación de la sala de ordeño doble 2x6 (12) con sus partes y piezas con o sin tubería y con o sin pulsación electrónica o neumática, siendo una de las más instaladas por la empresa Alfa Técnica S.C [29]

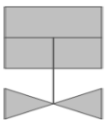
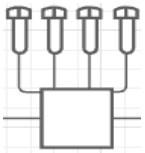
2.6 Simbología P&ID para equipos de ordeño

A continuación en la tabla 9 se muestra la simbología que corresponde a cada elemento compuesto por partes y piezas del equipo de ordeño.

Tabla 9. Simbología P&ID para la elaboración del diagrama

Simbología P&ID		
Simbología de equipos		
Símbolo		Motor
Símbolo		Tanque
Símbolo		Tanque acumulador de vacío
Simbología de tuberías		
Símbolo		Línea de señal neumática
Símbolo		Línea de señal hidráulica
Símbolo		Señal Sónica
Símbolo		Señal Analógica
Símbolo		Enlace mecánico
Simbología de contenedores		
Símbolo		Tanque de enfriamiento

Símbolo		Filtro de leche
Símbolo		Trampa de vacío
Simbología de bombas		
Símbolo		Bomba de vacío
Símbolo		Bomba centrífuga de leche
Simbología de instrumentos		
Símbolo		PLC
Símbolo		Transmisor de presión
Símbolo		Indicador de presión
Símbolo		Transmisor de nivel
Símbolo		Controlador de nivel
Símbolo		Control compartido
Símbolo		Transmisor de flujo
Símbolo		Medidor de leche
Simbología de válvulas		

Símbolo		Válvula de bola
Símbolo		Válvula de alivio
Símbolo		Válvula check
Símbolo		Válvula solenoide
Símbolo		Válvula doble efecto
Simbología adaptada		
Símbolo		Unidad de ordeño -Pezoneras -Colector -Tubos cortos

Para el desarrollo del diagrama es necesario la investigación de la simbología de procesos para el diseño P&ID para equipos de ordeño. (**Autor:** Joshua Martínez)

2.7 Diagrama P&ID del equipo de ordeño

A continuación, se elabora un diagrama P&ID para comprender de mejor manera la estructura de instalación de un equipo de ordeño

Para el desarrollo del diagrama se tomará como ejemplo un equipo de ordeño con retiradores automáticos y pulsación electrónica, y por esta razón debe existir un control lógico programable que mandará una señal senoidal para los componentes electrónicos.

De igual manera habrá una señal neumática que representará el paso del vacío por la tubería, y la señal hidráulica que hará mención del sistema de leche y de lavado que es el que representará el paso de los fluidos por la tubería. Ver figura 40

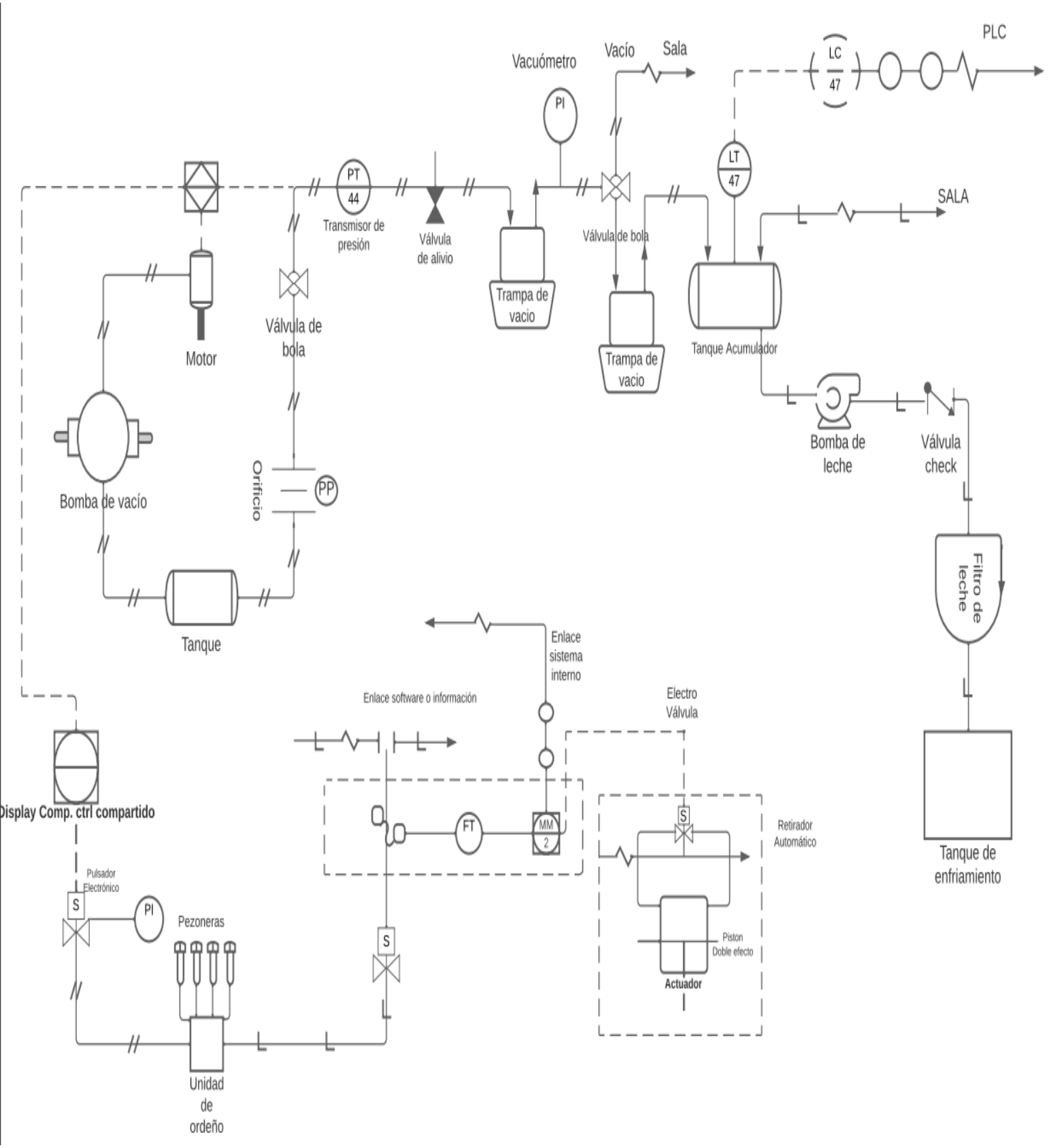


Figura 40. Diagrama P&ID de equipos de ordeño (**Autor:** Joshua Martínez)

2.8 Instalación de equipos de ordeño

Para el desarrollo del manual que se implementará a la empresa Alfa Técnica S.C, se necesita conocer las normas de estandarización para poder instalar un equipo de ordeño, y es por esto que el manual se elaborará bajo las normas ISO 6690, ISO 5707 y la norma ASAE. Siendo normas de gran importancia para la industria ganadera y para todo el proceso que conlleva el ensamblaje de estas máquinas.

Se explicará el proceso de instalación con los sistemas que componen a un ordeño y estos son: Sistema de vacío, Sistema de pulsado y sistema de leche.

2.9 Sistema de vacío

Un nivel constante de presión es importante para proporcionar un ordeño satisfactorio. Dicho de otra manera, la bomba de vacío tiene la capacidad necesaria para cumplir con todas las demandas durante el año, tales como la reserva suficiente para cualquier exceso de demanda temporal accidental.

- La demanda total consiste:

Reserva efectiva
+ Demanda de equipo en operación
+ Demanda de equipo auxiliar

- **Reserva efectiva**

La bomba tiene la cabida apropiada para satisfacer las necesidades operativas de ordeño y lavado (como se lo hablo anteriormente) y además debe tener un mínimo de capacidad de reserva efectiva en el vacío de trabajo determinado.

Esta capacidad está determinada por una fórmula de instalaciones con tubería, donde se establece de (100+25) multiplicado por el número de unidades de ordeño. Es decir, para una

instalación de 10 unidades, que vendría a hacer 350 litros de aire libre por minuto. En los establos con más de 10 unidades se necesita 10 litros por minuto por cada unidad adicional. En instalaciones de tipo balde se proporciona (40+25) veces el número de unidades. [30]

Mediante la representación de este cuadro se colocan las fórmulas con las que se debe instalar los equipos según su capacidad, unidades de ordeño hasta 10 puestos y más de 10 puestos de trabajo.

Reserva Efectiva = 100+25n L/min (Incluido hasta 10 unidades de ordeño). 250+10n L/min (Para más de 10 unidades, aire libre para equipos de tubería, equipos con cubos y equipos transportables independientes de aire y leche). 40+25n L/min aire libre para cubeta y directo a tarro. n = número de unidades de ordeño

- **Demanda de equipo en operación**

La demanda de operación de aire libre para un equipo nuevo puede calcularse se la siguiente manera:

Requerimiento de operación	
Equipo por tubería:	
• Regulador de vacío	30 L/min
• Sistema de vacío	15 L/min
• Sistema de ordeño	20 L/min
• Total	65 L/min

Requerimiento de operación	
Equipo a tarro:	
• Regulador de vacío	30 L/min
• Sistema de vacío	15 L/min
• Total	45 L/min

Consumo de aire de la unidad de ordeño:

• Pulsador	25 L/min
• Entrada de aire	10 L/min
• Total	35 L/min

- **Demanda de equipo auxiliar**

La demanda del equipo que usa aire durante el ordeño estará sujeta a la norma ISO, multiplicándola por 1.5 (según la norma – reserva efectiva). Para las bombas de vacío esta categoría crea una demanda como se explicará a continuación:

Bomba RP 600 : 50 L/min x 1.5 = 75 L/min

Bomba RP 1100 : 100 L/min x 1.5 = 150 L/min

Bomba de leche manejada por vacío:

250 L/min x 1.5 = 375 L/min

Retirador Automático:

35 L/min (Independiente del número de unidades de ordeño e incluyendo el factor 1.5)

Alimentadores por vacío:

Siempre tienen bomba separada

- **Demanda total**

Reserva efectiva: Tubería
100+25n L/min (Incluido hasta 10 Unidades de ordeño).
250+10n L/min (Para más de 10 unidades de ordeño).
40+25n L/min aire libre para cubeta directo a tarro
Demanda de operaciones
Tubería 65+35n L/min
Cubeta 45+35n L/min
Equipos por tubería
100+25n+65+35n = 165+60n (Incluyendo hasta 10 unidades de ordeño)
Equipos de cubetas
40+25n+45+35n = 85+60n

2.10 Niveles de vacío de trabajo

El nivel de vacío en el sistema de leche es primordial para transportar la leche desde la vaca y conducirla a la unidad final, permitiendo el completo funcionamiento de distintos mecanismos de las máquinas de ordeño, como, por ejemplo: los pulsadores.

El nivel de vacío determinado se asocia con respecto a la altura de la tubería de leche sobre las ubres de las vacas, si la línea de vacío es más alta, mayor será el requerimiento de vacío para conducir a la leche a la tubería de leche.

El nivel de vacío de la línea debe ser sencilla para todas las elevaciones de vacío en el equipo de ordeño. Las investigaciones y experiencias en el campo mencionan que en término medio el nivel de vacío de trabajo en el colector está dentro del rango de 32 a 42 KPa. Durante el pico de flujo de leche, este es el nivel de compromiso correcto para asegurar un ordeño rápido, adecuado y eficiente. [30]

El nivel de vacío nominativo para los ensambles en general depende de ciertos factores:

- De que los grifos se coloquen en la parte superior al igual de la medida de las ubres de la vaca
- Intermedio de los picos de leche del rodeo.
- Medidas correctas del tubo largo de leche.
- Restricciones adicionales al flujo de leche y aire debido a máquinas auxiliares en el tubo largo de leche.
- Suficiente aire aceptado en el colector.
- Particularidades del sistema de pulsado.
- Distintivos de las pezoneras.

Se debe tomar como referencia a la tabla 10.

TABLA 10. RECOMENDACIÓN DE PRESIÓN DE TRABAJO

ALTURA DE LÍNEA DE LECHE	NIVEL DE VACÍO DE TRABAJO
A tarro	40 – 42 KPa
Baja	40 – 45 KPa
1.4 mts	44 – 46 KPa
1.6 mts	46 – 48 KPa
Alta	48 – 50 KPa

El nivel de vacío de trabajo depende de la altura de la línea de leche [12]

2.10 Requerimientos de vacío mínimo para el funcionamiento del equipo de ordeño. Normas ISO

La bomba de vacío debe ser eficiente para reunir las intimaciones de trabajo, es decir (el ordeño y el lavado), de la instalación de ordeño, ambas junto a otros equipos que operen cíclica o continuamente en todo el proceso del ordeño los cuales proporcionan una demanda de aire.

IMPORTANTE: además de reunir los requerimientos de trabajo, la bomba de vacío tiene el suficiente volumen para que la caída de vacío junto a la unidad final no exceda los 2 KPa durante el curso del ordeño normal, incluido la distribución y el recogimiento de las unidades de ordeño, deslizamiento y caídas de pezoneras. [31]

A continuación, se desarrolla las secuencias a seguir para determinar la capacidad de bomba de vacío mínima requerida para los distintos equipos de ordeño:

- Calcular la demanda para todas las máquinas de ordeño que trabajan continuamente o demanda de aire durante el ordeño y durante el lavado, como es en el caso de pulsadores, ingresos de aire y de bombas de leche operadas por el vacío. Las unidades de ordeño y los pulsadores deben ser consideradas como trabajo continuo.
- Reserva real de vacío de trabajo.
- Reserva de vacío de la tubería de leche.
- Consumo de vacío de la línea de leche (10 Lts/min + 2 Lts/min x unidad de ordeño).
- Consumo de vacío de la línea de vacío (5% de la soporte de la bomba de vacío).
- Consumo de vacío del sistema de regulación (10% de la reserva manual de vacío).
- Calcular el desplome de vacío en la principal tubería de aire para un diseño no mayor de 1 KPa. Los valores derivados para el nivel de vacío y flujo de aire son la base para la determinación de la bomba de vacío.
- Corregir el valor obtenido acorde a la altura con respecto al nivel del mar.

La demanda de aire total debe ser multiplicada por el factor de corrección según la tabla 11.

TABLA 11. CORRECCIÓN PARA ALTITUD CON RESPECTO AL NIVEL DEL MAR

Altura sobre el nivel del mar (mts)	Factor de corrección KPa				
	42	**44**	**46**	**48**	**50**
0 – 300	0.83	0.87	0.91	0.95	1.00
300 – 700	0.87	0.92	0.96	1.01	1.07
700 – 1200	0.92	0.97	1.03	1.09	1.16
1200 – 1700	0.99	1.05	1.11	1.19	1.28
1700 – 2200	1.07	1.14	1.23	1.33	1.45
2200 – 2700	1.18	1.28	1.40	1.54	1.71
2700 – 3200	1.33	1.47	1.65	1.87	2.15

Como la presión atmosférica es una función de altura que sobrepasa el nivel del mar, la demanda total del aire estará en función de la altitud sobre el nivel del mar [11]

2.11 Capacidades de las bombas de vacío. Norma ISO 6690

La capacidad de las bombas de vacío está medidas en litros de aire libre sobre minuto (l/min), aire en condiciones de ambiente.

Las capacidades nominales de las bombas de vacío son válidas a nivel del mar, en cuanto más sea la altura los rendimientos de las bombas decrecen.

A continuación, en la tabla 12 se establece la capacidad de las bombas según las normas de instalación con la que se trabaja. [30]

TABLA 12. CAPACIDAD DE LA BOMBA DE VACÍO SEGÚN LA NORMA ISO 6690

ITEMS	NÚMERO DE UNIDADES DE ORDEÑO								
A. Total, de unidades	2	4	6	8	10	12	14	16	20
B. Consumo de vacío 40 litros/min por Unidad	80	160	240	320	400	480	560	640	800
C. Reserva efectiva N=2-10:200+30n N=10:500+10(n-10)	260	320	380	440	500	520	540	560	600
D. Consumo de vacío en línea de leche 10+2n	14	18	22	26	30	34	38	42	50
E. Pérdida de regulación (0.1/0.9) C	29	36	42	49	56	58	60	62	67
F. Pérdida de vacío. Línea de vacío 5/95 (B+C+D+E)	20	28	35	44	52	57	63	69	80
G. Total, demanda lts/min	403	562	720	879	1037	1149	1261	1373	1596
H. A la fórmula N= 2-10 250+80n N > 10: 1050+55 (n-10)	410	570	730	890	1050	1160	1270	1380	1600

ITEMS	NÚMERO DE UNIDADES DE ORDEÑO							
A. Total de unidades	22	24	26	28	30	32	34	36
B. Consumo de vacío 40 litros/min por Unidad	880	960	1040	1120	1200	1280	1360	1440
C. Reserva efectiva N=2-10:200+30n N=10:500+10(n-10)	620	640	660	680	700	720	740	760
D. Consumo de vacío en línea de leche 10+2n	54	58	62	66	70	74	78	82
E. Pérdida de regulación (0.1/0.9) C	29	36	42	49	56	58	60	85
F. Pérdida de vacío. Línea de vacío 5/95 (B+C+D+E)	86	92	97	703	108	114	119	125
G. Total, demanda lts/min	1706	1822	1933	2045	2158	2268	2380	2492
H. A la fórmula N= 2-10 250+80n N > 10: 1050+55 (n-10)	1710	1820	1930	2040	2150	2260	2370	2480

La norma ISO 6690 de la capacidad de las bombas de vacío se establece según las unidades o puestos de ordeño con las que trabajen los equipos de ordeño. [30]

2.12 Capacidad de las bombas de vacío. Norma ISO 5707

La capacidad del vacío que genera un equipo de ordeño, va a depender de los puestos de trabajo y del consumo de vacío de cada uno, por lo tanto la tabla 13 nos indica con que capacidades trabajar según sus unidades de ordeño.

TABLA 13. CAPACIDAD DE LA BOMBA DE VACÍO SEGÚN LA NORMATIVA ISO 5707

ITEMS	NÚMERO DE UNIDADES DE ORDEÑO					
A. Total, de unidades	2	4	6	8	10	12
B. Consumo de vacío 40 litros/min por Unidad	40	80	240	320	400	480
C. Reserva efectiva N=2-10:200+30n N=10:500+10(n-10)	260	320	380	440	500	520
D. Consumo de vacío en línea de leche 10+2n	14	18	22	26	30	34
E. Pérdida de regulación (0.1/0.9) C	29	36	42	49	56	58
F. Pérdida de vacío. Línea de vacío 5/95 (B+C+D+E)	20	28	35	44	52	57
G. Demanda total lts/min	403	562	720	879	1037	1149
H. A la fórmula N= 2-10 250+80n N > 10 : 1050+55 (n-10)	con4 10	180	220	260	300	340
I. MILKMASTER	140	180	220	260	300	340

Colectores con corte de vacío (Línea de leche con MILKMASTER) [30]

Como se observa en la tabla 14, el consumo de vacío y la demanda total de vacío se calcula según sus puestos de trabajo, de acuerdo con la normativa ISO 5707.

TABLA 14. CAPACIDAD DE LA BOMBA DE VACÍO SEGÚN LA NORMATIVA ISO 5707

ITEMS	NÚMERO DE UNIDADES DE ORDEÑO					
A. Total, de unidades	1	2	3	4	5	6
B. Consumo de vacío 40 litros/min por Unidad	40	80	120	160	200	240
C. Reserva efectiva N=2-10:200+30n N=10:500+10(n-10)	105	130	155	180	205	230
D. Consumo de vacío en línea de leche 10+2n	-	-	-	-	-	-
E. Pérdida de regulación (0.1/0.9) C	12	14	17	20	23	26
F. Pérdida de vacío. Línea de vacío 5/95 (B+C+D+E)	8	12	15	19	23	26
G. Demanda total lts/min	165	236	307	379	451	522
H. A la fórmula N = 10 95+71n	166	237	308	379	450	521
I. Total demanda	166	237	308	379	450	521

Colectores con corte de vacío (Equipos con final o descarga a tarros o cubos) [30]

2.13 Requerimientos de vacío mínimo para el funcionamiento de los equipos de ordeño. Norma ASAE

La norma establece que para la capacidad de las bombas de vacío para nuevas instalaciones se deben basar bajo los siguientes conceptos.

A. 1000 litros/minuto para disponer de una reserva efectiva básica se debe adicionar un aproximado de 60 a 70 litros por minuto por cada unidad de ordeño (para este consumo se toma como referencia de 20 a 30 litros por unidad + 30).
Litros por pulsador + 10 litros de admisión de aire por el colector.

B. Pérdida de aire:

B1. Pérdidas en el sistema = 5 al 10% de la capacidad de la bomba de vacío.
B2. Pérdida del sistema de regulación 5% de la capacidad de la bomba de vacío.
B3. Fuga de vacío por fricción n: 3% de la capacidad de la bomba de vacío.
B.4 del 5 al 10 % por desgaste prematuro de la bomba de vacío. [30]

- La suma de B1 + B2 + B4 = 18 al 28% lo cual es de 1.2 a 1.3 como factor de corrección. En equipos instalados correctamente y con pocas pérdidas de vacío, se debe considerar que el 20% es el más propicio, el cual debe tener un factor de corrección de 1.2.

- El resultado final es: 1000 Lts/minuto + 1.2 x 70 Lts/minuto = 1000 + 85n lts/min
  N = el número de unidades de ordeño.

A este último valor se le debe añadir consumos de los elementos adicionales como:

- Reguladores de vacío lubricado por aire (requiere un extra de 200 a 800 litros/min).
- Algunos medidores de leche su consumo debe ser (de 15 litros/minuto en cada uno).
- Black – flush que funciona por vacío.
- Inspeccionar el dato final, con el requerimiento de lavado y seleccionamos el dato mayor. [30]

- **Fórmula para obtener el requerimiento de lavado.**

- **QC + (N X QS)**
- **QC =** Admisión de aire en el ciclo, que genera un slug a una velocidad de 7 mts/segundo. En cada línea de leche en anillo.

- **N =** Es en Nº de unidades de ordeño.
- **QS =** Consumo de aire por unidad de ordeño.

La tabla 15 indica: Flujos de aire / Velocidad de 7 mts / segundo

TABLA 15. REQUERIMIENTOS DE VACÍO PARA LAVADO

Diámetro de línea de leche	Flujos de aire
48 mm	390 Lts / minuto
60 mm	570 Lts / minuto
73 mm	790 Lts / minuto
98 mm	970 Lts / minuto

En las instalaciones de tubería, para cada diámetro corresponde un flujo de aire diferente. [30]

2.14 Recomendaciones de bombas de vacío

En la tabla 16, se especifica los requerimientos con los que se debe trabajar cada bomba según el tamaño del establo y de cuantas unidades de ordeño se encuentran instaladas con un CFM requerido y un volumen de trabajo de litros x minuto.

El CFM es una unidad de medida anglosajona que medirá la velocidad o creciente de los líquidos indicando el volumen en pies cúbicos, con respecto a una medida con el tiempo. [30]

1 CFM = 28.4 LITROS

TABLA 16. REQUERIMIENTO DE VACÍO - NORMA ASAE

Tamaño de la sala	N.º de unidades	CFM requerido	Litros x minuto
Dbl 3	6	53	1505
Dbl 4	8	59	1675
Dbl 5	10	65	1846
Dbl 6	12	71	2016
Dbl 7	14	77	2186

Dbl 8	16	83	2357
Dbl 9	8	89	2527
Dbl 10	20	95	2698
Dbl 12	24	107	3038
Dbl 14	28	119	3380
Dbl 16	32	131	3720
Dbl 18	36	143	4061
Dbl 20	40	155	4402
Dbl 24	48	179	5083
Dbl 25	50	185	5254
Dbl 26	52	191	5424
Dbl 28	56	203	5765
Dbl 30	60	215	6106
Dbl 32	64	227	6446
Dbl 34	68	239	6787
Dbl 36	72	251	7128
Dbl 38	76	263	7469
Dbl 40	80	275	7810
Dbl 42	84	287	8150
Dbl 44	88	299	8491
Dbl 46	92	311	8832
Dbl 48	96	323	9173
Dbl 50	100	335	9514

Según el tamaño de cada salón se establecerá un volumen de trabajo diferente [30]

2.15 Tabla comparativa entre normas internacionales

Para el desarrollo de la tabla 17 se debe utilizar las fórmulas que requiere cada norma internacional y bajo sus requerimientos mínimos.

Fórmulas utilizadas:

- **Normas ASAE:** 85 litros x unidad + 1000 litros adicionales
- **Normas ISO:** N = 2 – 10: 250 + 80n

  N > 10 = 1050 + 55 (n - 10)

TABLA 17. CAPACIDAD DE BOMBAS DE VACÍO (REQUERIMIENTOS MÍNIMOS)

Número de unidades	ASAE	ISO
6	1505	830
8	1675	890
10	1846	1050
12	2016	1305
14	2186	1355
16	2357	1405
20	2698	1600
22	2868	1710
24	3038	1820
26	3209	1930
28	3380	2040
30	3550	2150
32	3720	2260
34	3890	2370
36	4061	2480

La tabla está establecida para las necesidades de las máquinas de ordeño con línea alta de leche o baja. [30]

2.16 Selección de bombas de vacío

Se debe considerar algunos aspectos lo cual asegurará hacer una elección correcta de la bomba de vacío y una de ellas es el elegir el tamaño adecuado que dependerá de:

- Altitud
- Agua disponible
- Electricidad disponible

- Temperatura de operación
- Flujos de aire requerido

- **Bombas de vacío rotativas tipo "VANE"**

Este tipo de bombas de vacío rotativas deben ser lubricadas con aceite y el aire se conduce del interior de las líneas de vacío y la leche de manera externa generando el vacío necesario y correspondiente. Y de esta manera se debe considerar lo siguiente:

- Todas las bombas de vacío deben ser instaladas con un silenciador.
- Recicladores de aceite pueden ser instalados para reducir el consumo.
- Las bombas deben ser instaladas con válvulas check o de no retorno, para disminuir el riesgo de fracturas de paletas y para no permitir el ingreso de líquidos en las líneas de vacío.
- Implementar puntos de verificación o control en el ingreso y salida de la bomba de vacío.
- El piso tiene pendientes adecuadas. [30]

SE RECOMIENDA

- Las bombas de vacío y los motores eléctricos deben estar protegidas bajo cubierta de las inclemencias del clima, como por ejemplo (la lluvia).
- El montaje de la bomba de vacío debe colocarse fuera del área habitual de trabajo de ordeño, esto ayudará a disminuir el ruido para los operarios y las vacas.
- La posición del escape debe ser tal que evite la contaminación y daño de otros equipos de condensación de frío.
- Las bombas de vacío no deben ser ensambladas en lugares que tienen materiales inflamables
- Su ubicación debe ser la adecuada para el ingreso del operario y el personal que requiera realizar el respectivo mantenimiento.
- Las bombas de vacío deben ser instaladas en lugares ventilados. [30]

Posteriormente, cuando hablamos sobre la selección de bombas y de su funcionalidad encontramos varias marcas con distintos proveedores que manejan sus normas y sus diseños siendo muy diferentes de acuerdo a lo que recomienda el fabricante al momento de la instalación, y es por esta razón que gracias a la ayuda de DeLaval podemos tener una gran información variada de bombas de vacío con diferente capacidad y diferente fabricante de otros países para demostrar su función según los requerimientos de vacío de cada instalación.

2.17 Capacidades de bombas de vacío según el fabricante

Para demostrar con ejemplos, de las capacidades de las bombas de vacío según cada fabricante tomaremos a dos de ellas de dos países distintos para generar tablas y verificar los requerimientos de cada una con diferentes tipos de bombas y variando sus capacidades según sus necesidades. [30] Como se observa en las tablas 18 y 19.

A continuación, se establecerán sus unidades de medida y su equivalencia:

- 1 KPa = 0.2953 Pulgadas de mercurio
- 1 pulgada de mercurio = 3.37685 KPa

TABLA 18. BOMBA DE VACÍO DE SUECIA

Tipos de bombas de vacío	**Capacidad de las bombas de vacío – Lts / min**				
	Bombas de vacío lubricadas con aceite				
	42 KPa	**44 KPa**	**46 KPa**	**48 KPa**	**50KPa**
VP 500/ 2CV (VP 74)	603	580	556	533	510
VP 700/ 2CV (VP 76)	822	791	761	730	700
VP 900/ 3CV (VP 76)	1057	1015	977	938	900
VP 1300/4CV (VP 1300)	1526	1470	1413	1657	1300
VP 1600/ 5.5CV (VP 77)	1878	1809	1739	1670	1600
VP 2000/ 7.5CV (VP 78)	2348	2261	2174	2087	2000
VP 2500/ 10CV (VP 78)	2935	2826	2717	2609	2500

Las capacidades de las bombas están medidas sobre el nivel del mar. [12]

TABLA 19. BOMBAS DE VACÍO DE ESTADOS UNIDOS

Capacidad de las bombas de vacío en Lts / min								
Bombas de vacío lubricadas con aceite								
Modelo	**HP**	**RPM**	**34KPa**	**37KPa**	**40KPa**	**44KPa**	**47KPa**	**50KPa**
18	1	1525	409	389	366	343	321	298
777	5	1000	2226	2099	1971	1846	1718	1590
78	5	800	2226	2098	1970	1846	1718	1590
78	7.5	1090	3124	2953	2783	2612	2442	2272
78	10	1270	3890	3680	3470	3260	3050	2840
84	10	760	4657	4458	4203	3919	3635	3408
84	15	950	5850	5566	5225	4913	4544	4260
86	15	760	6219	5964	5594	5225	4856	4544
86	20	950	7781	7440	6989	6532	6077	5680
Bombas de vacío lobulares								
LVP 10	10.10	2040	-----	-----	-----	3124	-----	2612
LVP 10	10.30	2040	-----	-----	-----	3124	-----	2612
LVP 15	15.30	2020	-----	-----	-----	4970	-----	4260
LVP 20	20.30	2430	-----	-----	-----	6248	-----	5538
LVP 25	25.25	1760	-----	-----	-----	7952	-----	7100
LVP 30	30.30	2060	-----	-----	-----	9656	-----	8520
Bombas de vacío lobulares (Eco bombas)								
LVP – ECO 5	5	4300	2186	-----	1902	1732	1590	1420
LVP – ECO 7.5	7.5	4750	3322	-----	2868	2669	2442	2215
LVP – ECO 10	10	4550	4260	-----	3692	3521	3209	2897

Las capacidades de las bombas están medidas sobre el nivel del mar. [12]

2.18 Regulador de vacío

Dentro del sistema de vacío encontramos diferentes mecanismos que son relevantes para el desempeño correcto de los equipos de ordeño y uno de ellos es el regulador de vacío, un mecanismo que en el capítulo anterior ya explicamos. Su función es indispensable ya que se debe seguir y cumplir con los siguientes procesos de instalación rigiéndose a las normas que amparan el correcto ensamblaje de los equipos.

- Su instalación debe ser posteriormente entre el balde trampa y la trampa sanitaria, permitiendo que su capacidad cubra la capacidad de la bomba de vacío.
- VRM (Regulador de vacío) se ubica cerca de la bomba de vacío y VRS (censor de vacío) se ubica cerca de la unidad final.
- Tolerancia mínima y máxima de distancia entre VRM – VRS. [30] Ejemplo:

Servo 900	2 – 6 mts
Servo 1500	1 – 15 mts
Servo 2500 – 4000	2 – 6 mts

- En el momento que se instala más de un VRM, de ser posible conectarlo a un solo VRS
- Si se instalan más de dos VRM, su distancia mínima entre si corresponde a 50 cm.
- Su longitud mínima entre VRM y curvas del regulador de vacío son las siguientes:

Ø 50	≥	0.5 mts
Ø 75	≥	0.75 mts
Ø 90	≥	0.9 mts
Ø 110	≥	1.1 mts

- Se debe ubicar al VRM por fuera de la sala de ordeño, para disminuir el ruido que puede ocasionar a las vacas y operarios.
- El regulador debe ser calibrado correctamente para mantener el vacío estable todo el tiempo. Su variación no debe pasar de 1 KPa, en el test estático.
- El consumo de vacío por ninguna razón debe superar el 10% de la reserva de vacío manual de trabajo.

- El consumo de vacío debe ubicarse dentro de los siguientes parámetros: Ver tabla 20.

TABLA 20. CONSUMO DE VACÍO DE LOS SERVO REGULADORES

REGULADOR DE VACÍO	DIÁMETRO MÍNIMO REQUERIDO (PVC)	TOLERANCIA MÁXIMA
SERVO 900	50 mm	50 lts / min
SERVO 1500	50 mm	65 lts / min
SERVO 2500	75 mm	120 lts / min
SERVO 4000	75 mm	170 lts / min

Diferentes capacidades de los distintos tipos de reguladores de vacío. [30]

2.19 Válvula límite de vacío

- La función de la válvula es proporcionar seguridad al desempeño de la bomba de vacío en el caso que es sistema de regulación no funcione correctamente, ya que actúa como un regulador de vacío.
- La válvula de seguridad trabaja a un nivel de 55 KPa a 60 KPa.
- La válvula de seguridad debe instalarse entre el balde trampa y la bomba se vacío.
- Se debe utilizar una válvula cada 1500 lts, de capacidad de la bomba de vacío. [31]

2.20 Vacuómetro de vacío

- Debe instalarse en un lugar que le permita ser visible al operario durante el ordeño.
- Cuando son equipos de demasiadas unidades de ordeño (es decir más de 16 unidades) se debe colocar uno cerca del censor de vacío (VRS) y el otro en el centro de la sala de ordeño.
- El error de medición no debe exceder en 1 KPa, con respecto al nivel de vacío de trabajo.
- El vacuómetro debe ser bastante visible para el operario cuando se encuentre en el ordeño. [31]

2.21 Tanque distribuidor de vacío

- Este tanque distribuidor horizontal tiene como finalidad colectar los líquidos y distribuir el vacío en equipos de muchas bajadas. El tanque cuenta con una capacidad de 150 lt y con un diámetro de conexión de 3 a 4 pulgadas.
- El sensor del regulador del vacío no debe ser conectado en el tanque distribuidor, ya que perdería sensibilidad.
- El tanque debe ubicarse en un punto de chequeo y control para la revisión y mantenimientos de este.
- Se debe incorporar válvulas de drenaje automáticas.

- **Línea principal de vacío**

  - Se debe evitar los diámetros con exceso de tolerancia y la instalación de numerosas curvas de tal modo que en las últimas se originan fricciones y puede provocar la pérdida de vacío.
  - Las pérdidas que se generan en el camino producen reducción de la capacidad de vacío disponible en las unidades de ordeño.
  - La caída de vacío que está ubicado entre el punto de sensibilidad del regulador y el punto de chequeo de la unidad final deberá no exceder de 1 KPa.
  - La diferencia de vacío máximo permitida entre el releaser y el valor máximo de vacío en la cámara de pulsado es de 2 KPa.
  - El consumo de vacío de la línea principal no debe exceder del 5% de la capacidad de la bomba de vacío.
  - La tubería de vacío principal se encuentra instalado desde la bomba de vacío y la trampa sanitaria.
  - Las líneas deben tener válvulas automáticas de drenaje en los puntos más bajos. [31]

Para la tabla 21 se usan dos tipos de tuberías de PVC y se establecerán de la siguiente manera:

- **TUBERÍA PVC Ø 50/45 mm (para los diámetros que no están subrayados con NEGRITA)**

- **TUBERÍA PVC Ø 75/68.5 mm (para los diámetros que si están subrayados con NEGRITA)**

TABLA 21. DIÁMETRO MÍNIMO RECOMENDADO - NORMAS ISO

METROS	LITROS POR MINUTO							
	500	**600**	**700**	**800**	**1000**	**1200**	**1300**	**1400**
10	32	34	36	38	40	44	**46**	**47**
15	33	36	38	40	42	**46**	**48**	**49**
20	35	38	40	42	44	**48**	**50**	**51**
25	36	39	41	43	**45**	**50**	**52**	**53**
30	37	40	42	44	**46**	**51**	**53**	**54**

Son tuberías básicas de PVC con una caída de vacío no mayor de 2 KPa. [30]

METROS	LITROS POR MINUTO							
	1500	**1600**	**1700**	**1800**	**1900**	**2000**	**2500**	**3000**
10	**48**	**49**	**51**	**52**	**53**	**54**	**58**	**62**
15	**51**	**52**	**53**	**54**	**55**	**56**	**61**	**65**
20	**53**	**54**	**55**	**56**	**57**	**58**	**63**	**68**
25	**55**	**56**	**57**	**58**	**59**	**60**	**65**	70
30	**56**	**57**	**59**	**60**	**61**	**62**	**67**	72

Son líneas básicas de PVC con una caída de vacío no mayor de 2 KPa. [30]

Para la tabla 22 se debe aclarar lo siguiente:

- En sistemas con dos unidades finales, el máximo flujo de aire debe ser en dos líneas separadas.
- Se debe considerar la mitad entre el tanque distribuidor y la trampa sanitaria.

TABLA 22. DIÁMETRO MÍNIMO RECOMENDADO - NORMAS ASAE

Capacidad de la bomba de vacío.	Longitud de la línea principal de vacío (metros)						
	10	**20**	**40**	**60**	**80**	**100**	**200**
1400 Lts	2”	2”	3”	3”	3”	3”	3”
1981 Lts	3”	3”	3”	3”	3”	3”	3”
2830 Lts	3”	3”	3”	3”	4”	4”	4”
4245 Lts	4”	4”	4”	4”	4”	4”	4”
5660 Lts	4”	4”	4”	4”	4”	4/6”	6”
7075 Lts	4”	4”	6”	6”	6”	6”	6”
8490 Lts	6”	6”	6”	6”	6”	6”	6”
11320 Lts	6”	6”	6”	6”	6”	6”	6”

Son tuberías básicas de PVC con una caída de vacío no mayor de 2 KPa. [30]

2.22 Bombas de leche

La bomba de leche debe cumplir con la capacidad de direccionar la leche al momento que sale del esfínter del pezón de la vaca, pasando por la unidad final y dirigiéndose al tanque frío de almacenamiento sin sufrir ninguna alteración de vacío, y es por eso que se debe cumplir con los siguientes procedimientos.

- La bomba de leche debe estar acompañado de un sistema de drenaje manual o automático para la succión de muestra de leche o simplemente para vaciar correctamente el agua que se almacena luego del lavado.
- También debe contar con un nivel para prevenir el exceso de aireación con la acumulación de ácidos grasos libres y uso excesivo de la misma.
- La implementación de válvulas o niples reductores es aconsejable usar en ciertas ocasiones para poder tener un correcto enfriado de la leche y lavado correcto del equipo de ordeño.
- Debe contar con un switch de 14 V de corte colocado en la fosa de ordeño para operar manualmente la bomba de leche en el ordeño o a la hora del lavado.
- En el proceso del lavado, la bomba debe contar con la capacidad de remover las soluciones de limpieza. [30]

Gracias a la información que se logró reunir del tipo de bombas con la recomendación de sus fabricantes DeLaval [30] indica los tipos de bombas de leche con sus diferentes capacidades y características mostrándonos que tan útiles son para desempeñar un apropiado trabajo de extracción de leche. Ver tablas 23 y 24.

TABLA 23. CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS DE LECHE (ORIGEN SUECIA)

Modelo	Diámetro de entrada	Diámetro de salida	Capacidad en Lts/h
PLMP37	32 mm	13 o 17 mm	4700 Lts
FMP55	32 mm	40 mm	5100 Lts
FMP110	50 mm	40 mm	13200 Lts

La capacidad de la bomba varía del número de unidades de ordeño y de sus diámetros. [30]

TABLA 24. CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS DE LECHE (ORIGEN USA)

HP	Cabeza de 20 pie Litros/minuto	Cabeza de 30 pie Litros/minuto	Entrada / Salida	Peso	Nº de unidades aconsejadas
2	41.6	34	2” / 1.5”	23 kg	< 20 unidades
5	113.5	94.6	3” / 2”	55 kg	< 40 unidades
7.5	132.4	123	3” / 2”	76 kg	<100 unidades
10	151.4	132.4	3” / 2”	83 kg	------

La capacidad de la bomba varía del número de unidades de ordeño y de sus diámetros. [30]

2.23 Sistema de leche

Como anteriormente ya se lo explico, el sistema de leche cumple con dos funciones fundamentales, la primera es la de proporcionar vacío al equipo de ordeño, y la segunda de transportar la leche que se recolecta y conducirla por la tubería para que así llegue a almacenarse al tanque frío.

- **Diámetros y tuberías**

➢ **Tubo largo de leche**

Para que la leche y el aire circulen satisfactoriamente no se debe interrumpir el nivel de vacío en el pezón por lo que es aconsejable colocar una longitud adecuada de tubo largo de leche que no exceda a los 3 metros para simple inspección de línea media, para equipos de línea baja a conducción no mayor a 1.5 metros, y para equipos de línea alta su diámetro interno debe ser de 12.5 mm, con un máximo de 16mm para dicho equipo. [32] Como se observa en la figura 41.

Figura 41. Tubería larga de leche y vacío

2.24 Selección de unidad final

Para el elegir el tamaño adecuado de la unidad final primero debemos obtener el trazo de la línea de leche, la capacidad de la bomba de leche y el número de bajadas. Así mismo elegir el tamaño correcto de la unidad final nos permitirá tener algunas ventajas y dos de ellas y las más importantes sería la de evitar la generación de espuma y la generación de ácidos grasos, permitiendo una conducción normal por medio del sistema de placas.

Por otro lado, la unidad final se deberá instalar en la fosa de ordeño para tener accesibilidad al control, limpieza y altura de la línea de leche no excediéndose de 1.6 a 1.8 metros, del piso de la vaca en instalaciones de línea media.

Por tal razón se debe considerar en el momento de la instalación colocar un punto de control junto la unidad final o dentro de la unidad para determinar el vacío de trabajo y la reserva real de vacío de trabajo. [32]

2.25 Diámetro de la línea de leche

Las normas establecen que la línea de leche tiene un fin significativo en base a su dimensionamiento, y esta es la de evitar que se formen tapones de leche que produzcan alteraciones de vacío durante el ordeño.

Para conjeturar el diámetro de la tubería de leche se debe conocer la capacidad de transporte, dicha capacidad se sujeta a múltiples factores que se parecen entre sí, es de mucha importancia que estos factores se los considere de la siguiente manera al momento de una planificación:

- Velocidad de flujo de leche (pico de flujo)
- Flujo de aire transitorio (pérdida de aire en la instalación de unidades de ordeño)
- Intervalo de tiempo en el ensamble de unidades de ordeño
- Pendiente de la línea de leche seleccionada
- Número de unidades de ordeño [32]

Si el diseño del equipo de ordeño difiere de la actual, se debe realizar las modificaciones adecuadas.

DeLaval [32] establece que, la tubería de leche debe estar diseñadas para trabajar un mínimo de 4 Lt / min refiriéndose (a la velocidad de flujo promedio por vaca).

El modelo de 4 litros de flujo por minuto se basa en el promedio de vacas de producción alta de leche de la raza Holstein de ganados de Francia y Estados Unidos. Suponiendo que demora 30 segundos desde la colocación de la unidad de ordeño al comienzo del periodo del flujo, a un intervalo de flujo de 120 segundos de duración y un tiempo establecido de ordeño de 5 minutos y medio por vaca lo cual pertenece a un flujo de más de 2.6 litros por minuto.

El mecanismo para un alto pico de flujo estándar se basa en un aproximado del 20% de vacas las cuales fueron las más rápidas en ser ordeñadas en ganados de USA y Francia, siendo que su tasa promedio de ordeño fue de 5 litros por minuto por vaca. El término preferente es del 95% del intervalo de confianza para grupo de vacas de rápido ordeño con un 5.5 litros por minuto por vacas de Estados Unidos.

Como guía general el pico de 4 litros por minuto es capaz para la totalidad de ganados, por ejemplo, en ganados de producción alta de leche, o para ganados poco comunes de rápido ordeño, tomando en cuenta que los cálculos se deben basar en un pico de flujo de 5 litros por minuto.

Una tubería de leche instalada correctamente debe estimar un flujo de leche óptimo durante el ordeño con una caída de vacío no mayor a los 2 KPa entre la unidad de ordeño final y un punto de la línea de leche con todas las unidades de ordeño funcionando.

El consumo de vacío de una línea de leche es de 10 Lt / min más 2 Lt / min por unidad de ordeño. [31]

Los datos obtenidos de las tablas 25, 26 y 27 muestran diferentes contextos de la mayor cantidad de unidades de ordeño, asegurando un flujo estratificado.

IMPORTANTE: (“) Indica una cantidad pareja de unidades de ordeño y la numeración que se encuentra en paréntesis () indica un número máximo con un momento de ocupación de unidades de ordeño de 5 seg/pendiente.

TABLA 25. NÚMERO MÁXIMO DE UNIDADES DE ORDEÑO POR PENDIENTE

A. Doble línea de leche – Entrada de aire transitoria 100 Lt/min (50 litros por pendiente)				
Diámetro interno nominal (mm)	**0.5 %**	**1 %**	**1.5 %**	**2 %**
48.5	3	6	7	9
60	7	11	15	19
73	14	26	“(25)	“(31)
98	“(33)	“	“	“
B. Línea simple de leche – entrada de aire transitoria de 100 litros por pendiente				
48.5	2	4	6	7
60	5	9	12	16
73	11	21	“(23)	“(28)
98	“(33)	“(60)	“	“
C. Línea simple de leche - entrada de aire transitoria de 100 litros por pendiente				
48.5	1	2	4	5
60	3	6	9	11
73	8	15	23	“(23)
98	“(24)	“(45)	“	“

Cantidad máximo de unidades de ordeño por pendiente en sala de ordeño – intervalo de colocación de unidades de 10 segundos y pico de flujo de leche de 4 Lt/min. [32]

TABLA 26. NÚMERO MÁXIMO DE UNIDADES DE ORDEÑO POR PENDIENTE

A. Doble línea de leche – Entrada de aire transitoria 100 Lt/min (50 litros por pendiente)				
Diámetro interno nominal (mm)	**0.5 %**	**1 %**	**1.5 %**	**2 %**
48.5	3	4	6	7
60	6	9	11	15
73	10	19	“(20)	“(23)
98	“(33)	“	“	“
B. Línea simple de leche – entrada de aire transitoria de 100 litros por pendiente				
48.5	2	4	6	7
60	5	9	12	16
73	11	21	“(23)	“(28)
98	“(30)	“(60)	“	“
C. Línea simple de leche - entrada de aire transitoria de 100 litros por pendiente				
48.5	1	2	3	4
60	3	5	7	9
73	6	11	17	25
98	“(30)	“(34)	“(58)	“

Cantidad máxima de unidades de ordeño por pendiente en sala de ordeño – intervalo de colocación de unidades de 10 segundos y pico de flujo de leche de 5 Lt/min. [32]

TABLA 27. DIÁMETROS INTERNOS CON RELACIÓN AL NÚMEROS DE UNIDADES DE ORDEÑO

Número de unidades por lado	Pendiente en %			
	0.5 %	**1 %**	**1.5 %**	**2 %**
2	50 milímetros	50 milímetros	50 milímetros	50 milímetros
4	60 milímetros	50 milímetros	50 milímetros	50 milímetros
6	60 milímetros	60 milímetros	50 milímetros	50 milímetros
8	73 milímetros	60 milímetros	60 milímetros	50 milímetros
10	73 milímetros	60 milímetros	60 milímetros	50 milímetros
12	73 milímetros	60 milímetros	60 milímetros	50 milímetros
14	73 milímetros	60 milímetros	60 milímetros	50 milímetros
16	73 milímetros	60 milímetros	60 milímetros	50 milímetros
18	73 milímetros	60 milímetros	60 milímetros	50 milímetros
20 - 40	73 milímetros	60 milímetros	60 milímetros	50 milímetros

El intervalo de colocación de unidades es = 30 segundos = pico de flujo de leche de 4 litros/minuto con una entra de aire imprevista = 100 litros/minuto. [32]

2.26 Sistema de pulsado

Como anteriormente ya lo vimos, el equipo de ordeño depende de la generación de vacío por parte de la bomba de vacío, y el vacío que proporciona el equipo servirá para forzar la apertura del canal del pezón y permitir la salida de la leche. Por tal razón cíclicamente en el proceso del ordeño es importante interrumpir en periodos cortos de tiempo el vacío sobre el pezón, permitiendo una circulación sanguínea normal para evitar la formación de congestión y edema. La acción que permite abrir y cerrar la pezonera es generada por los pulsadores.

- **Faz de ordeño:** Cuando el pulsador genera vacío en la cámara de pulsado con apertura de pezoneras y salida de flujo de leche.
- **Faz de masaje:** Cuando el pulsador admite aire a la cámara de pulsado logrando el cierre de las pezoneras alrededor de la punta del pezón. [19]

El sistema de pulsado debe ser eficaz y preciso en el proceso de ordeño, es por esto que se deben seguir las siguientes especificaciones.

- **Performance de pulsado**

- Las pulsaciones por minuto no deben desviarse en no más de (+ / -) 3 ciclos / minuto = 60.
- La relación de masaje / ordeño no debe diferir en más de (+ / -) 5 unidades en % = 60:40 – 65:35 – 70:30.
- La faz (b) de ordeño debe ser no menor al 30% de un ciclo de pulsado.
- La faz (d) de masaje no debe ser menor al 15% de un ciclo de pulsado y no menor a 0.15 segundos.
- Dentro de una misma unidad dos pezoneras no pueden variar entre ellas más que 5 unidades en porcentaje, excepto cuando la unidad es diseñada para abastecer distintas semejanzas entre los 4 delanteros y posteriores.
- Caída de vacío en la faz (b) no sobrepasar más que 4 KPa de vacío mayor en cámara de pulsado.
- La caída de vacío en la faz (d) no sobrepasar mayor a 4 KPa. [33] Como se observa en la figura 42.

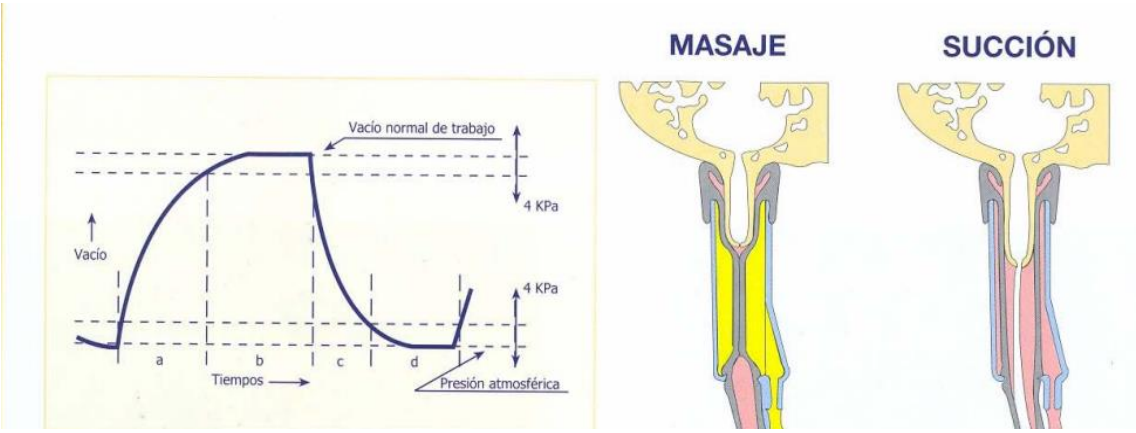


Figura 42. Performance de pulsado - Faz de ordeño - Faz de masaje. *[9]*

2.27 Línea de vacío para pulsadores (Línea de pulsado)

La línea de pulsación se debe seleccionar de acuerdo a los requerimientos del sistema pulsado en cada oportunidad, pero como regla general se tiene en cuenta la caída de vacío que está en el punto de medición del nivel de vacío de trabajo en la unidad final y el nivel de vacío máximo en la cámara de pulsado, diferencia no mayor a los 2 KPa.

La tubería de pulsado se usa primordialmente para dar vacío a los pulsadores, pero de igual forma se utiliza para proporcionar vacío a otras máquinas como los retiradores de pezoneras.

Para determinar cuál es el diámetro correcto de la cañería que alimenta al sistema de pulsado y sus accesorios es importante conocer el consumo de vacío de cada uno de ellos, en general se puede decir:

- **Pulsadores:** 30 litros por minuto / pulsador
- **Retiradores de pezoneras:** 20 litros por minuto

En las tablas 28, 29, 30, 31 y 32 se evidencia los diámetros de la línea de pulsado y la función de los tipos de pulsadores, a continuación, especificando cada una de ellas. [33]

TABLA 28. PULSADOR INDIVIDUAL HP 102

Diámetro PVC	**LONGITUD TOTAL EN METROS**				
	Nº de pulsadores	**40**	**60**	**80**	**100**
PVC 50/45 mm	4	20	22	23	24
	5	20	22	23	24
	6	22	24	26	27
	8	24	26	28	29
	10	26	28	30	31
	12	27	30	31	33
	16	31	32	34	36

***PVC 75/68.5 mm**	20	33	36	38	40
	24	35	38	41	43
	32	40	44	***46**	***49**

Diámetro interno mínimo de la línea de pulsado en anillo en PVC, con caída de vacío de 1 KPa. [33]

TABLA 29. PULSADOR INDIVIDUAL HP 102 CON ACR 5000

Diámetro PVC	**LONGITUD TOTAL EN METROS**				
	Nº de pulsadores	**40**	**60**	**80**	**100**
PVC 50/45 mm	4	22	24	26	27
	5	24	26	28	29
	6	26	28	30	31
	8	29	31	33	35
	10	31	34	36	38
	12	33	36	38	40
	16	37	40	43	45
***PVC 75/68.5 mm**	20	40	44	***46**	***49**
	24	43	***47**	***50**	***52**
	32	48	***52**	***55**	***58**

Diámetro interno mínimo de la línea de pulsado en anillo en PVC, con caída de vacío de 1 KPa. [33]

TABLA 30. PULSADOR EP 100 B

Diámetro PVC	**LONGITUD TOTAL EN METROS**				
	Nº de pulsadores	**40**	**60**	**80**	**100**
PVC 50/45 mm	4	26	28	30	31
	5	27	30	31	33
	6	30	32	34	36
	8	33	36	38	40
	10	35	38	41	43
	12	37	40	43	45

***PVC 75/68.5 mm**	16	43	***47**	***50**	***52**
	20	45	***49**	***52**	***59**
	24	***48**	***52**	***55**	***58**

Diámetro interno mínimo de la línea de pulsado en anillo en PVC, con caída de vacío de 1 KPa. [33]

TABLA 31. PULSADOR EP 100 / B CON CAJA CENTRAL C / ACR 5000

Diámetro PVC	**LONGITUD TOTAL EN METROS**				
	Nº de pulsadores	**40**	**60**	**80**	**100**
PVC 50/45 mm	4	29	30	31	33
	5	30	32	34	36
	6	31	34	36	38
	8	35	38	43	43
	10	40	40	43	45
	12	43	***47**	***46**	***49**
	16	*45	***49**	***52**	***55**
***PVC 75/68.5 mm**	20	***48**	***52**	***55**	***58**
	24	***52**	***56**	***60**	***63**
	32	***60**	***65**	69	73

Diámetro interno mínimo de la línea de pulsado en anillo en PVC, con caída de vacío de 1 KPa. [33]

TABLA 32. MILKMASTER C / EP 100

Diámetro PVC	**LONGITUD TOTAL EN METROS**				
	Nº de pulsadores	**40**	**60**	**80**	**100**
PVC 50/45 mm	4	30	32	34	36
	5	31	34	36	38
	6	33	36	38	40

	8	37	40	43	45
	10	40	44	***46**	***49**
	12	43	***47**	***50**	***52**
	16	***48**	***52**	***55**	***58**
	20	***52**	***56**	***60**	***63**
***PVC 75/68.5 mm**	24	***52**	***56**	***60**	***63**
	32	***60**	***65**	69	73

Diámetro interno mínimo de la línea de pulsado en anillo en PVC, con caída de vacío de 1 KPa. [33]

2.28 Requerimientos de para la línea de pulsado. Norma ASAE

IMPORTANTE: La norma ASAE instaura para todos los pulsadores, ver tabla 33:

TABLA 33. LÍNEA DE PULSADO - NORMA ASAE

Número de unidades	Diámetro
1 a 14	50 mm
15 en adelante	75 mm

Recomendaciones mínimas para la línea de pulsado. [33]

Es importante seguir los siguientes parámetros:

- Se aconseja instalar dobles líneas de vacío acoplándose en la parte posterior.
- Los diferentes elementos del sistema deben instalarse con acoples de goma o similares para poder desarmar para su respectivo mantenimiento.
- Se debe colocar válvulas de drenaje por cualquier ingreso de algún líquido, como, por ejemplo: rebalse del releaser o la rotura de pezoneras.
- El ingreso de vacío por medio de los pulsadores debe de ser de 16mm para un funcionamiento eficaz de ellos.

- Es importante aconsejar en el momento que dimensionemos el diámetro de la cañería de vacío vislumbremos para un futuro incorporar válvulas para los retiradores de pezoneras.
- No instalar a la línea de pulsado el sistema de desinfectante por spray, ya que el mismo se debe situar entre la trampa sanitaria y la bomba de vacío.
- Un equipo instalado correctamente se determina checando los pulsadores en un test de máquina de ordeño obteniendo como resultado:

    - Vacío equivalente en la línea de pulsado y leche.
    - Gráfica de pulsado normal sin deformación.
    - Gráfica de vacío en línea de pulsado recto, fluctuaciones [33]

- Si cualquiera de los procesos indicados no es el correcto se puede interpretar a un mal funcionamiento de los pulsadores con consecuencias muy graves sobre los animales como:
    - Eversión de la punta de pezón
    - Congestión de punta y base de pezón + alto de % de mastitis
    - Micro hemorragias petequiales
    - Hiperqueratosis

- **Línea central de filtración para los pulsadores**

La filtración de aire se recomienda instalar en todo el sistema de pulsado.

El objetivo es lograr una mayor exactitud y precisión de la operación en el tiempo, esto conlleva un mejor performance sobre los ordeños y un reducido mantenimiento de los pulsadores. [33]

Se recomienda:

- No se debe incluir más de 8 pulsadores por cada filtro.
- El tubo de goma de conexión debe tener un diámetro mínimo interno de 11 mm y una longitud no mayor de 50 cm
- El diámetro de la línea de filtrado es similar al diámetro de la línea de pulsado, pero en una sola línea de vacío.
- Una cañería de filtración central no debe exceder el vacío dentro del rango de 0.5 KPa (+ / -) 0.5%, si el nivel de vacío sobrepasa 1 KPa, se debe reemplazar el filtro o limpiar la cañería.
- La tubería de filtrado debe tener un punto de drenaje.
- La instalación de la tubería debe permitir el mantenimiento y la limpieza del sistema.
- La posición de los filtros debería ser en un ambiente con aire limpio. [33]

CAPÍTULO III

3. DESARROLLO DE ANÁLISIS

3.1 Generalidades

Para el desarrollo de análisis del presente trabajo se establecerá el procedimiento a seguir en el servicio técnico en base al control estático del mantenimiento en conjunto con la metodología AMEF que cumplirá con el análisis de modo y efecto de fallas. Por consiguiente, se plantea cumplir con el proceso de mantenimientos efectuando con las preguntas que requiere proponer la metodología AMEF para el desarrollo de este.

3.2 Controles dinámicos y estáticos

Los equipos de ordeños son las únicas máquinas que trabajan sobre un organismo vivo, y estas son operadas todos los días del año en dos ciclos sin descanso alguno, con el objetivo de recaudar lo invertido en el tiempo, es decir, la producción lechera conlleva algunos procesos de inversión como balanceado, melaza, sal, granos, pastos, genética y entre otros, todo está alteración se traduce en leche y después en dinero, siendo la parte fundamental del sistema productivo.

Por cualquier razón alguna si el equipo de ordeño se avería dejando de funcionar correctamente es más que probable que las vacas retengan su leche teniendo como consecuencia la reducción de lactancia, y esto generaría el aumento desmedido de mastitis e infecciones. Según el aporte de medios científicos mencionan que el no ordeñar un litro de leche dentro de los 90 a 120 días del parto, se concebirá una pérdida de 200 a 350 litros por lactancia.

El equipo de ordeño en mal estado no aprovechará el tiempo de succión de leche que genera la vaca ya que causaría un efecto neuro hormonal que responde a un tiempo aproximado de 1 a 6 minutos provocando que la glándula mamaria se tapone y no se pueda ordeñar luego de este lapso de tiempo, ni si quiera con la intervención de un ordeño manual, ni con el operario más experimentado.

En las máquinas de ordeño subdimensionadas o con problemas de mantenimiento, es normal visualizar vacas con estado corporal alto, puesto que, al ser ordeñadas correctamente su leche, toda la alimentación recibida lo absorbe su organismo como depósito de grasa. [34]

De lo antes mencionado es de vital importancia contar con mantenimientos programados operando con equipos y materiales adecuados para realizar el servicio técnico, además de tener al personal correctamente capacitado. Los controles periódicos se deben aplicar con el propósito de prevenir inconvenientes y no específicamente en el sentido de la reparación del equipo.

Dentro de los controles que se deben realizar a los equipos de ordeño, se debe diferenciar las dos formas de hacerlo:

- **Control dinámico:** Se lo debe realizar con la presencia de vacas para determinar el efecto de los problemas mecánicos sobre ellas controlando la incidencia del trabajo de los operarios sobre los equipos de ordeño.
- **Control estático:** No se necesita la presencia de las vacas para detectar la presencia de fallas mecánicas. [34]

3.3 Materiales necesarios para el mantenimiento de control

- Pulsógrafo
- Flujímetro
- Ampliación de flujímetro para bombas de vacío de más de 3000 lts de capacidad
- Tacómetro
- Columna de mercurio
- Tapones artificiales
- Estetoscopio para filtración de vacío
- Termómetro
- Tapones de goma de diámetros 38 – 50 – 73 y 100 mm
- Acoples de plástico
- Nivel
- Calibre
- Caja de herramientas

En todo mantenimiento debe prevalecer el orden y limpieza de todas las herramientas a utilizar y el puesto de trabajo. Las labores de mantenimiento no solo se evalúan por el conocimiento o la respuesta obtenida, sino también por la presencia del personal, higiene y orden de trabajo. [34]

COMIENZO DEL ANÁLISIS PARA EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ORDEÑO

3.4 ¿Cuál es la diferencia en los niveles de vacío? (Prueba estática)

En un procedimiento estándar los niveles de vacío entre los componentes se deben mantener dentro de los requerimientos y parámetros normales de funcionamiento. Ver figura 43.

Figura 43. Niveles de vacío recomendados según la instalación de las tuberías
(**Autor:** Joshua Martínez)

La tabla 34 indica la diferencia de vacío en cada componente que intervenga la presión de trabajo.

TABLA 34. PRUEBA ESTÁTICA DE LOS DIFERENTES COMPONENTES

COMPONENTE	DIFERENCIA
Bomba – Recibidor	2 KPa
Regulador – Recibidor	0.7 KPa
Línea de pulsación – Recibidor	2 KPa

Para la regulación de vacío se trabajará con los requerimientos correspondientes. [30]

La regulación de vacío corresponde a los tipos de altura de instalación, como se observa en la tabla 35.

TABLA 35. NIVELES DE VACÍO RECOMENDADOS PARA REGULACIÓN EN EL MANTENIMIENTO.

Línea baja de leche	(42.2 – 45.6 KPa)
Línea media de leche	(45.6 – 48 KPa)
Línea alta de leche	(48 – 50.7 KPa)

Requerimientos de vacío según el tipo la instalación de ordeño. [30]

3.5 ¿Cómo se evalúa el funcionamiento de los equipos de ordeño?

- Evaluación del funcionamiento del sistema de ordeño.

- Evaluación del mantenimiento.

    - Control estático
    - Control dinámico

3.6 Pasos a realizar el análisis al sistema de ordeño

1. Instalación de puntos de chequeo	Estático
2. Diferencia en los niveles de vacío	Estático
3. Capacidad de remoción de la bomba	Estático
4. Nivel de vacío en el recibidor	Estático
5. Vacío en la máquina de ordeño	Dinámico
6. Medición de reserva efectiva	Estático
7. Medición de reserva manual	Estático
8. Eficiencia de regulador	Estático
9. Consumo de aire por componentes del sistema	Estático
10. Pruebas de pulsación	Estática y Dinámica
11. Pruebas dinámicas	--------

12. Fluctuaciones de vacío en unidad final	Dinámico
13. Fluctuaciones de vacío en línea de leche	Dinámico
14. Fluctuaciones de vacío en grifo de colector	Dinámico
15. Fluctuaciones de vacío en interior de colector	Dinámico
16. Fluctuaciones de vacío en anillo de la pezonera	Dinámico

3.7 Análisis Estático

- Desconectar los yeters
- Introducir los pezones falsos en el interior de las pezoneras en todas las unidades
- Abrir las válvulas de corte de vacío de los colectores
- Colocar la etapa del recibidor para prueba
- Colocar el medidor del flujo de aire con su vacuómetro sobre la tapa en el recibidor
- Colocar las mangueras con el tapón en los puntos de prueba (bomba de vacío y sensor)
- Encender el equipo puesto en modo ordeño
- Comenzar el análisis [34]

  Ver figuras 44, 45, 46.

3.8 Preparación de la unidad de ordeño

Figura 44. Colocar pezones falsos (**Autor:** Joshua Martínez)

Figura 45. Abrir las válvulas de vacío de los colectores (**Autor:** Joshua Martínez)

3.9 Preparación del recibidor

Figura 44. Colocar el medidor de flujo de aire (**Autor:** Joshua Martínez)

- Tomar la lectura del vacío en el tanque del recibidor, regulador o sensor, bomba de vacío, línea de pulsación y vacuómetro principal colocado con todas las unidades de ordeño tapadas.

- Se deja ingresar aire por la unidad de ordeño, dos unidades abiertas únicamente para equipos con más de 32 unidades de ordeño. En sistemas de ordeño con dos recibidores se abre una unidad de ordeño para cada recibidor (2 unidades de ordeño en el supuesto caso de que cada lado disponga de más de 32 unidades de ordeño)

- Las diferencias de vacío deben estar dentro de los requerimientos y lineamientos anteriores. [34]

- **Cuando las diferencias exceden los límites de vacío establecido se puede suponer lo siguiente:**

    - Tuberías con diámetros reducidos para el ingreso del flujo de aire
    - Restricciones en la tubería principal de vacío (“T”, codos)
    - Tuberías demasiado largas
    - Excesivo flujo de aire para el sistema

- **Las diferencias excesivas entre el recibidor y el regulador o sensor pueden ser debido a:**

    - Ubicación inadecuada del regulador o sensor
    - Exceso de restricciones entre el regulador y recibidor. [31]

3.10 Lectura del nivel de vacío con todas las pezoneras tapadas

- Diferencia entre el recibidor y regulador o sensor no mayor a 0.7 KPa
- Diferencia que van desde el recibidor y la bomba de vacío no mayor a 2KPa
- Diferencia entre el recibidor y la línea de pulsado no mayor a 2 KPa

- **Lectura del nivel de vacío que accede ingresar de aire por una unidad de ordeño (hasta 32 unidades de ordeño)**

Todo sistema de ordeño debe contar con suficiente reserva para soportar la caída de por lo menos una unidad de ordeño sin que la diferencia en el vacío de trabajo del equipo sobrepase los 2 KPa bajo las condiciones de carga en un 95% del tiempo que dura el ordeño. [31] Ver figura 47.

Figura 45. Ingreso de aire para lectura de vacío (**Autor:** Joshua Martínez)

- Diferencia entre el recibidor y el regulador o sensor no mayor a 0.7 KPa
- Diferencias generadas desde recibidor hasta la bomba de vacío no mayor a 2 KPa

3.11 Capacidad de remoción de bomba (Prueba estática)

- Establece la cantidad de aire removida por la bomba a 50.7 KPa
- Se puede esperar una remoción de 10 CFM (bajo el requerimiento de norma ASAE) o 51 KPa, por cada HP del motor. Ver figura 48.

Figura 46. Comprobación de vacío de la bomba (**Autor:** Joshua Martínez)

- Se coloca el medidor del flujo de aire lo más cerca posible de la bomba, se permite el ingreso de aire hasta marcar 51 KPa en el manómetro el cual debe instalarse en un lugar de baja turbulencia de aire (5 veces el diámetro de la tubería)
- Esta medición únicamente indicará si la bomba está removiendo el aire de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. [34]

3.12 Nivel del vacío en el recibidor (Prueba estática o dinámica)

Se determina el nivel de vacío el cual se utilizará como referencia para realizar las pruebas relacionadas con el funcionamiento de componentes del sistema. La prueba se realiza con el medidor de flujo cerrado y el vacuómetro se instala en un lugar de aire en calma cerca del recibidor. Como se observa en la figura 49.

Figura 47. Chequeo de vacío en el recibidor (**Autor:** Joshua Martínez)

3.13 Vacío en el equipo de ordeño (Prueba dinámica)

Esta prueba se realiza en el interior del colector en flujo máximo de leche utilizando una aguja de número 12 o 14 o una "T" conectada en la manguera de leche.

- Durante el máximo flujo de leche el vacío se debe mantener entre 39 a 42 KPa
- Para línea alta las fluctuaciones de vacío durante esta medición no deben sobrepasar los 10.14 KPa.
- Para línea baja las fluctuaciones de vacío en el instante de la medición no deberán exceder los 6.76 KPa. [31]

3.14 Reserva efectiva (Prueba estática)

Este procedimiento indica el aumento de ingreso de aire disponible en el régimen para poder ser compensado cuando ingresa accidentalmente aire en el momento de la colocación y retiro de las unidades de ordeño, así como en siniestros durante un ordeño normal como la caída de las unidades.

- Esta prueba se efectúa simulando un ordeño normal, la cual consiste en provoca una caída de vacío de 2 KPa por debajo del nivel normal de trabajo.
- La caída máxima d vacío-permitida sin causar ningún efecto sobre el equipo es de 2 KPa provocando una respuesta del regulador de vacío para mantener la presión normal de trabajo.
- La cantidad de aire permitida por el medidor de flujo representa la reserva efectiva.
- El procedimiento para poder calcular la reserva efectiva en los sistemas de ordeño son los siguientes:
    - NORMA ASAE S538= 35 CFM (990.5 LPM) + 1 CFM (28.3 LPM) / unidades de ordeño.
    - NORMA ISO 6690 = Para equipos de 2 a 10 unidades de ordeño = 200 + 30(n).
    - NORMA ISO 6690 = Para equipos de 10 o más unidades de ordeño = 500 + (n – 10) [34]

3.15 Reserva manual (Prueba estática)

La diferencia que existe con la reserva efectiva es que la reserva manual se desconecta el regulador o sensor de vacío.

Con esta prueba se establece la capacidad de reserva de la bomba de vacío que conserva el nivel de vacío dentro de los 2 KPa del vacío de ordeño cuando el regulador está completamente cerrado. [31] Como se observa en la figura 50.

Figura 48. Desconectar el regulador de vacío (**Autor:** Joshua Martínez)

3.16 Eficiencia del regulador (Prueba estática)

- Esta prueba se determina en base a la función de la reserva manual

$$Eficiencia\,del\,regulador = \frac{\mathrm{Re}\,serva\,efectiva}{\mathrm{Re}\,serva\,manual\,x100}$$

- La eficiencia del regulador debe exceder del 90 %
- Esta prueba indica lo siguiente:

    - Sensibilidad del regulador
    - Remoción de aire de la bomba
    - Efecto del tamaño de las tuberías
    - Restricciones de flujo de aire entre el regulador y el lugar donde se realiza la prueba

- Cuando la eficiencia del regulador no sobrepasa el 90% es importante conocer el nivel de vacío en el lugar donde está instalado el sensor de vacío y poder establecer si el problema es debido a las restricciones del paso del aire o problemas con el funcionamiento del regulador.
- Si al provocar una caída de vacío de 2 KPa del nivel de vacío de trabajo en el recibido (el flujómetro colocado en el recibidor), el nivel de vacío es menos del 67% se considerará lo siguiente:

    - El diámetro de la tubería del regulador de vacío esta reducido.
    - El regulador de vacío está demasiado lejos de la trampa sanitaria.
    - La bomba de vacío remueve demasiado aire para el tamaño del regulador.

- Si al provocar una caída de vacío de 2 KPa del nivel de vacío de trabajo en el recibidor, instalado el flujómetro, teniendo que el nivel de vacío es más del 67 % se deberá considerar:

- El regulador está sucio
- El diafragma esta perforado
- El diseño del regulador con la bomba es inadecuado
- El regulador está atascado [34]

3.17 Consumo de aire usado por los componentes del sistema (Prueba estática)

Con la aplicación de esta prueba se propone aislar algunos componentes del sistema, desconectando los componentes sistemáticamente, luego de estabilizar el vacío dentro de 2 KPa del vacío de trabajo.

El procedimiento consiste:

- Desconectar el regulador o sensor de vacío y ajustar con el flujómetro la presión de trabajo, anotar la lectura del flujómetro (CFM o LPM) Ver Figura 51.

Figura 49. Desconexión del regulador de vacío por requerimiento de la prueba estática (**Autor:** Joshua Martínez)

- Apagar los pulsadores, ajustar de nuevo con el flujómetro la presión de trabajo, registrar la lectura del flujómetro (CFM o LPM). Hacer la resta de (b) menos (a) y se obtiene el total de aire utilizado por los pulsadores. Normalmente cada pulsador con sume entre 21.2 a 42.5 LPM (0.75 a 1.5 CFM)

- Cortar el vacío de las unidades de ordeño para ajustar el flujómetro a la presión de trabajo, registrar la lectura para hacer la resta de (c) menos (b) y se obtiene el total de aire usado por las unidades de ordeño que básicamente cada unidad de ordeño consume entre 0.3 a 0.5 CFM.
- Separar el regulador de vacío del equipo de ordeño, ajustar el flujómetro a la presión de trabajo y registrar la lectura que arroja el flujómetro, para hacer la resta de (d) menos (c) este aire se usa por el regulador para su lubricación.
- Aislar del vacío los sensores, ajustar el flujómetro a la presión requerida de trabajo, registrar la lectura para hacer la resta de (e) menos (d), el resultado del aire es el comprimido por estos componentes. [34]

3.18 Pruebas de pulsación

Se deben realizar dos pruebas de pulsación, en las dos primeras mediciones se lo debe realizar en el tubo corto de pulsación.

- **Prueba de frecuencia:** La repetitividad diaria de cada ordeño entre los pulsadores individuales mantiene una desviación máxima tolerada de +/- 3 ciclos entre el pulsador y otro.

- **Prueba de proporción del pulsador:** la desviación de este requerimiento no debe sobrepasar 5 unidades porcentuales entre pulsadores ni de las explicaciones del fabricante.

- En el momento usarse un analizador gráfico se corre la prueba de velocidad baja.

    - La fase B debe ser ≥ de 30 %
    - La fase D debe ser ≥ a 15 % y no debe durar menos de 150 milisegundos. [31]

3.19 Pruebas dinámicas

- **Fluctuaciones de vacío en tanque del recibido:** consiste en colocar un punto de prueba en el recibidor (tapa de acrílico) o lo más cerca del recibidor. El nivel de vacío no deberá pasar los 2 KPa.

- **Fluctuaciones en la línea de leche:** se trata de colocar una T en el grifo de la línea de leche y la manguera de conducción de leche. La T deberá contar con un pequeño grifo para conectar el analizador gráfico o digital para la toma de la lectura. En nivel de vacío no debe exceder los 2 KPa.

- **Fluctuaciones de vacío en el grifo del colector:** Colocar de nuevo una T entre el grifo del colector y la manguera de conducción de leche. La T debe estar conectada al analizador y realizar la medición del flujo máximo de leche. El nivel de vacío requerido debe de ser de 38 a 42 KPa y no deberá a ver fluctuaciones mayores a 10.14 KPa.

- **Fluctuaciones de vacío en el interior del colector o (punta de pezón):** ingresar por un tubo corto de leche una aguja de número 12 o 14 hasta el interior del colector. La medición se la debe realizar durante el flujo máximo de leche, el rango de precisión aceptable es de 40 y 42 KPa.

- **Fluctuaciones de vacío en anillo de la pezonera:** introducir por la cámara de la embocadura de la pezonera una aguja de menor calibre, de tal forma que no pinche el pezón, conectar el analizador gráfico y tomar la lectura de presión en el máximo flujo de leche, la presión deberá mantenerse en 10.14 KPa, y al final del ordeno no deberá exceder de 38 KPa. [34]

3.20 Análisis del costo beneficio en la implementación del manual

Para la comprensión del siguiente análisis se utiliza información que emiten los técnicos de Alfa Técnica como informe o bitácora de todo el trabajo que se realiza en una hacienda, como por ejemplo en los servicios de mantenimientos o las instalaciones de nuevos equipos, es por tal motivo que se necesita la explicación de ambos procedimientos para evaluar los beneficios que aportan al guiarse del manual que se ha implementado y de las afecciones que se generan por no usar la guía del manual efectuado.

3.21 Análisis del costo beneficio de mantenimientos

Se ejecuta el análisis del costo beneficio de mantenimientos estableciendo tres actividades que permiten realizar una descripción para luego evaluar el costo por horas con y sin el uso del manual, luego se valora la comparativa que permite observar una mejora de los mantenimientos en relación con las ventajas de usarlo. Ver tabla 36.

TABLA 36. ANÁLISIS DEL COSTO BENEFICIO DE MANTENIMIENTOS

Actividades de mantenimiento		Uso del manual		Sin manual		comparativa
Sistema	Descripción	Horas	costo	Horas	Costo	
Sistema de vacío	Lectura del nivel de vacío en el recibidor. Lectura de vacío de la bomba. Lavado interno de la bomba. Regulación de vacío en la línea de vacío.	2h30	$80	3h	$120	Mejor tiempo. Mejor desempeño.
Sistema de pulsado	Verificación de pulsado. Regulación en la línea de pulsado. Calibración de pulsadores. Cambio de membranas. Cambio de placas. Cambio de cauchos.	2h	$120	2h30	$160	Optimización de recursos. Mejora el proceso de producción.
Sistema de leche	Mantenimiento de válvulas automáticas de cierre de leche. Chequeo de la unidad final. Nivelación de tubería de leche. Chequeo de unidades de ordeño.	1h30	$40	2h30	$60	Reduce el tiempo de ejecución de actividades
Total		6h	$240	8h	$340	

La evaluación del costo beneficio por aplicación del manual se lo emplea en el desarrollo de las actividades de mantenimiento. (**Autor:** Joshua Martínez)

3.22 Análisis del costo beneficio de instalaciones

Con el mismo fin de presentar un análisis costo beneficio de instalaciones de equipos de ordeño se proponen 3 actividades que se sujetan a ser evaluadas con el uso o no del manual para así garantizar el beneficio que conlleva seguir una guía que permite facilitar los tiempos de ensamblaje, así como la calibración de los componentes de los sistemas de ordeño. En este caso para el desarrollo de la tabla es necesario especificar que su evaluación se lo realiza mediante los puestos de ordeño que requieran ser instalados, poniendo como ejemplos equipos de 8, 12 y 24 puestos. Ver tabla 37.

TABLA 37. ANÁLISIS DEL COSTO BENEFICIO DE INSTALACIONES DE ORDEÑO

Instalación de equipos de 12 puesto (6x2)		Uso del manual		Sin manual	
Sistema	Descripción	Puestos de ordeño	costo	Puestos de ordeño	Costo
Sistema de vacío	Selección de bombas de vacío. Instalación de bombas de vacío. Cálculo de la demanda total. Instalación de regulador de vacío. Instalación de tuberías de vacío Instalación de vacuómetro. Colocación de tanque distribuidor, Balde trampa.	(4x2)	$1000	(4x2)	$1300
Sistema de pulsado	Instalación de tubería de pulsado. Instalación de pulsadores. Instalación de repetidores de ser necesario.	(6x2)	$1500	(6x2)	$1750
Sistema de leche	Instalación y nivelación de tuberías de leche. Selección de unidad final. Diámetros de tuberías de leche. Instalación de unidades de ordeño.	(12x2)	$3000	(12x2)	$3400

Para el análisis de instalaciones el método de trabajo cambia y se evalúa según los puestos de ordeño. (**Autor:** Joshua Martínez)

¿Es de vital importancia explicar que el costo beneficio que se obtiene en la implementación del manual, para la empresa se lo ve reflejado en la satisfacción que mantiene el cliente con el buen trabajo proporcionado por la empresa Alfa Técnica, de qué manera?

Al momento que Alfa Técnica decidió optar por la elaboración de un manual que facilita a la capacitación de sus empleados, la empresa se ve comprometida a brindar servicios profesionales a cada hacienda que requiera de un servicio técnico o de instalaciones de nuevos equipos. Con el personal altamente calificado es más fácil proporcionar confiabilidad en el cliente y eso nos abre lugar a más recomendaciones en el medio, generando más trabajo, de manera que se ha visto beneficiado por el uso correcto de un manual instructivo que dispone de la información necesaria para dar soporte de asistencia a todas las haciendas a nivel nacional.

3.23 Aplicación de la metodología AMEF para un equipo de ordeño Euromilk de 2x6 doble

Actividades	Modos de fallo	Efectos	S	Causa	O	Controles	D	NPR	Acciones	S	D	O	NPR
Chequeo y mantenimiento de bombas de vacío	Pérdidas de vacío en el equipo de ordeño	Sobre ordeños Mastitis	8	Ingreso de leche a la bomba y Rodamientos desgastados Recalentamiento de la bomba por falta de lubricación	9	Calibración de la bomba de vacío por medio del caudalímetro.	5	360	Cambio de rodamientos luego de 2000 horas de trabajo o 180 días. Cambio de paletas cada 2 años Lubricación semanal	7	7	4	196
Chequeo y mantenimiento de bombas de leche	Fallas en la descarga de leche obstruyendo el paso al tanque frío	Se suspende el ordeño y se debe realizar la descarga de leche a tarros de manera manual	7	Daño de carbones por falta de mantenimientos programados Entrada de fugas en unidad final, llaves de cierre	6	Por medio del cheque estático se verifica la caída de presión en unidad final y línea de leche.	4	168	Inspección de admisión y salida de leche con cambio de retenedores cada 6 meses. Cambio de carbones una vez al año	6	5	3	90
Chequeo y mantenimiento de pulsadores	Paralización de unidades o puestos de ordeño	Desabastecimiento de vacío para la succión de leche	6	Daño de membranas Empaques rotos Cauchos desgastados	7	Verificación de pulsadores con Pulsógrafo, análisis de la curva de funcionamiento	6	252	Desarmado completo de pulsador 1 vez al año. Cambio de membranas cada 6 meses	5	6	5	150
Chequeo y cambio de unidades de ordeño	Fugas de vacío y leche	Falta de presión para la succión de la leche	8	Pezoneras desgastadas Colectores fisurados por golpe de vacas	5	Inspección de pezoneras, colectores y tubos cortos para cambio de repuesto según las horas de uso de trabajo recomendado.	5	200	Cambio de pezoneras y tubos cortos cada 3000 horas de trabajo. Cambio de colector por cualquier rotura.	6	5	4	120
Chequeo y cambio de bandas	Desgaste de las bandas	Paralización de la bomba y el motor	6	No realizar mantenimientos ni inspecciones antes de utilizarlos	4	Recomendación de vida útil de bandas recomendadas por el fabricante	5	120	Cambio de bandas cada 5000 horas de trabajo.	5	4	4	80

3.24 Listado de actividades de mantenimientos

La tabla 38 muestra todas las actividades de mantenimiento y sus cambios de partes y piezas luego de su vida útil.

TABLA 38. ACTIVIDADES Y FRECUENCIAS DE MANTENIMIENTOS

Actividades de mantenimiento	Frecuencia
Evaluación e inspección inicial de todo el equipo	Cada que requiera un mantenimiento preventivo o correctivo.
Mediciones de vacío del equipo, y mediciones de pulsado.	Cada que requiera un mantenimiento preventivo o correctivo.
Evaluar el estado de las partes	Cada que requiera un mantenimiento preventivo o correctivo.
Aplicación de mantenimiento preventivo o correctivo	Según la necesidad de las máquinas de ordeño.
Mantenimiento de bombas de vacío	Cada 600 horas de trabajo
Bombas de leche	Cada 600 horas de trabajo
Mantenimiento de pulsadores	Cada 1200 horas de trabajo
Mantenimiento de unidades de ordeño	Cada 3000 horas de trabajo.

El mantenimiento general de un equipo de ordeño se lo realiza bajo la programación de los técnicos, estableciendo las horas de trabajo de cada componente. (**Autor:** Joshua Martínez)

CONCLUSIONES

- Se concluye que, al realizar el análisis de la situación actual de los equipos de ordeño y en base a un estudio de ventas que se registraron en el años 2021 Alfa Técnica importa 20 equipos de ordeño para ser todos instalados, entre ellos son 10 equipos transportables que se ensamblo a los pequeños productores de leche con un costo aproximado de $5000 cada uno, a los clientes de producción mediana de leche se vendieron 5 equipos de ordeños con descarga a tarros con el costo de cada uno de $20000 aproximadamente, y de igual manera se vendió 5 equipos de ordeños completos con conducción directa a clientes con gran producción leche, equipos de 10 y 12 puestos de trabajo a un valor de $45000 aproximadamente.

- Se desarrollaron treinta actividades de mantenimiento que permitieron evaluar los efectos logrados en la diligencia de la metodología AMEF, entre ellas se demostró que las causas y efectos de los modos de fallos se presentaron por una mala planificación de mantenimientos programados, arrojando una puntuación bastante severa en el NPR, como por ejemplo, en la actividad de chequeo y mantenimiento de bombas de vacío se presentaron daños no previstos arrojando una puntuación de 360, una valoración que el AMEF lo resalta como un resultado crítico, luego de a ver tomado las acciones que involucraban realizar el cambio de los accesorios según las horas de trabajo perpetrado, la puntuación del NPR disminuye dando un puntaje de 196 donde el AMEF indica que se ha generado una solución para el correcto desempeño de la bomba.

- Se determinó que, los resultados obtenidos de acuerdo a las normas internacionales como la norma ISO 6690, mostrara cuan efectiva es regirse bajo los parámetros y requerimientos de cada sistema de ordeño, como se muestra en la tabla 11 y tabla 12 del capítulo 2 del marco metodológico, donde se puede encontrar el factor de corrección según la altura sobre el nivel del mar, como por ejemplo, a la altura sobre el nivel del mar de 1200m a 1700m nuestro factor de corrección a una presión de 50 KPa nos da como resultado un FR de 1.28, lo mismo que nos indica la tabla 12, que para un ordeño de 12 puestos, la demanda total es de 1149 lts/min con un consumo de vacío de 480 lts/min.

- Finalizando con el análisis del costo beneficio que representa evaluar los resultados obtenidos al implementar el manual de mantenimientos e instalación de equipos de ordeño, se demostró que el uso de la guía accede a la empresa obtener un gran beneficio permitiéndole obtener mejoras en los tiempos de mantenimientos, como por ejemplo, la tabla 36 indica que con el uso del manual el tiempo total a trabajar es de 6 horas con un costo de $240, en cambio no usar el manual genera más tiempos de mantenimientos y los costos de igual manera se elevan, y los datos son, 8 horas con un costo de $340, lo mismo pasa en la tabla 37, cuando requerimos usar el manual para la instalación de nuevos equipos, la forma de evaluar es determinando la ejecución en base a la cantidad de puestos que se deben instalar, con un equipo de doce puesto se obtiene un valor de $1500 en comparación de la instalación sin el uso de la guía que genera un gasto de $1750 denotando los beneficios que se obtiene gracias a la implementación del manual.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los técnicos del área de mantenimiento aplicar el manual en sus próximos servicios técnicos, en el cual encontrarán toda la investigación relevante del desarrollo e implementación de la tablas de requerimientos donde se puede encontrar desde la instalación de bombas de vacío con sus demandas totales y su consumo de vacío ya calculadas, para el sistema de pulsado se encuentra ya la sugerencia de la instalación de pulsadores según los puestos de ordeño, y así mismo los diámetros y longitudes necesarias para la instalación del sistema de leche y vacío.

- Es necesario poder establecer la puntuación de S.O.D antes de la toma de acciones, para poder analizar correctamente las actividades y los modos de fallos, es imperativo calcular el primer NPR, debido a que en la aplicación de las acciones el cálculo del segundo número prioritario de riesgos puedan bajar su puntaje y así demostrar que el uso correcto de planificación de mantenimientos preventivos son de mucha ayuda para no ocasionar daños y alargar la utilidad de las máquinas de ordeño, y por ende es necesario que los técnicos elaboren la metodología AMEF en las haciendas con equipos de ordeños fijos o transportables, siendo un análisis muy importante para resolver inconvenientes de fallos potenciales, se lo usa para tener experiencia en otros establos y poder identificar los modos de fallos de una manera más rápida.

- Es necesario revisar el manual para basarse en las normativas de trabajo y así emplear cada norma ya sea ISO o ASAE según las recomendaciones de cada fabricante, es por tal razón que el manual debe ser indispensable para cada técnico ya que debe fijarse en las actualizaciones que establecen cada norma y así aplicar al manual y en caso de ser necesario actualizarlo.

- Es recomendable que, se priorice emplear el análisis del costo beneficio en función a la necesidad de efectuar buenas prácticas de instalación y mantenimiento bajo la instrucción de la aplicación del manual que se implementó para mejorar la eficacia del servicio y del trabajo.

LISTA DE REFERENCIAS

[1] D. y. Pinto-Santini, «Fisiología de la Lactancia y Ordeño,» 2016. [En línea]. Available: http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Producion_Animal/Fundamentos_II/Eyecci%C3%B3n_lactea_y_Ordeno.pdf. [1]

[2] F. M. WANDURRAGA, «REPOSITORIO UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA,» 2019. [En línea]. Available: https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/14684/1/2019_diseno_adecuacion_sistema.pdf. [2]

[3] A. Torres, «Instituto Canario de investigación Agrarias (GanAfrica),» marzo 2013. [En línea]. Available: https://www.icia.es/icia/GanAfrica/Ordeno.pdf. [Último acceso: marzo 2013]. [3]

[4] M. Simão, «BUENAS PRÁCTICAS DE MANEJO DE ORDEÑO,» febrero 2015. [En línea]. Available: http://www.grupoetco.org.br/arquivos_br/manuais/manual_buenas_practicas_de_manejo-ordeno.pdf. [Último acceso: febrero 2015]. [4]

[5] V. C. R. MOROCHO, «REPOSITORIO ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO,» 10 mayo 2017. [En línea]. Available: http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/7196/1/27T0359.pdf. [5]

[6] A. Montenegro, «REPOSITORIO UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA,» marzo 2015. [En línea]. Available: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8289/6/UPS-KT01055.pdf. [6]

[7] D. N. -. R. Berisso, «Manual de Buenas Prácticas de Ganadería Bovina para la agricultura familiar,» 2012. [En línea]. Available: https://www.fao.org/3/i3055s/i3055s.pdf. [7]

[8] E. M. Ramírez, «Servicio nacional de aprendizaje SENA,» 05 1985. [En línea]. Available:

https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/473/vol2_ordeno_mecanico_op.pdf?sequence=12. [8]

[9] M. S. Rodríguez, «Producción Animal e Higiene Veterinaria,» 2008. [En línea]. Available: http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/16_20_02_tema_9chico2.pdf. [9]

[10] A. Postos, «FUNEP,» 10 2015. [En línea]. Available: https://livraria.funep.org.br/product/e-book-buenas-practicas-de-manejo-ordeno/. [10]

[11] A. Laval, «Equipos y rutinas de ordeño,» 01 2008. [En línea]. Available: https://pdf.industry.es/pdf/alfa-laval-equipos/ordeño. [Último acceso: 01 2008]. [11]

[12] DeLaval, Equipos de ordeño y productos de limpieza, Buenos Aires - Argentina: Libro Nº C10625 Sp 2 / 7904, 2013. [12]

[13] L. E. C. G., «L.E.C.G,» 18 07 2017. [En línea]. Available: https://luisenriquecubillos.com/equipo-con-conduccion-de-leche/. [13]

[14] L. Martínez, «Campo Galego,» 13 04 2021. [En línea]. Available: https://www.campogalego.es/claves-sobre-la-maquina-de-ordeno-y-su-mantenimiento/. [14]

[15] D. Ortiz, «De ordeño- Equipos, soluciones y repuestos,» 10 10 2019. [En línea]. Available: https://www.xn--deordeo-9za.com/ordeno-mecanico/sistema-de-conduccion-de-leche/. [15]

[16] Euromilk, Catálogo general de sistemas y componentes de ordeño mecánico, Socuéllamos. Ciudad Real España: J. Delgado, 2016. [16]

[17] U. N. D. CÓRDOBA, «Máquina de ordeño,» 2016. [En línea]. Available: http://www.agro.unc.edu.ar/~wpweb/pleche/wp-content/uploads/sites/8/2016/04/Practico-Maquina-de-Orde%C3%B1o-2016.pdf. [17]

[18] B. INGELHEIM, «Solo mamitis,» 02 06 2016. [En línea]. Available: https://www.solomamitis.com/page/maquina-de-ordeno. [18]

[19] J. Delgado, Consejos prácticos para el ordeño, Socuéllamos C.Real. España: Euromilk - J.Delgado, 2019. [19]

[20] M. Heintzelman, «Mantenimiento win,» 06 06 2017. [En línea]. Available: https://mantenimiento.win/. [20]

[21] J. C. V. Torres, «Repositorio Universidad Politécnica Salesiana,» 2010. [En línea]. Available: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/831/12/UPS-CT001680.pdf. [21]

[22] Infraspeak, «Infraspeak,» 09 01 2021. [En línea]. Available: https://blog.infraspeak.com/es/tipos-de-mantenimiento/. [22]

[23] AEC, «aec,» 28 02 2019. [En línea]. Available: https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/mantenimiento. [23]

[24] N. Española, «UNE,» 09 02 2007. [En línea]. Available: https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/iso?c=037191. [24]

[25] E. ISO, «Instalaciones de máquinas de ordeño,» 02 08 2007. [En línea]. Available: https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/0b52dee7-29fa-4172-9940-0867594b46c5/iso-6690-2007. [25]

[26] M. Carrera, «Control Real Español,» 17 01 2019. [En línea]. Available: https://controlreal.com/es/diagramas-de-tuberias-e-instrumentacion-pid/#google_vignette. [Último acceso: 17 01 2019]. [26]

[27] D. Bentacourt, «Ingenio Empresa,» 08 06 2021. [En línea]. Available: https://www.ingenioempresa.com/analisis-modo-efecto-fallas-amef/. [Último acceso: 08 06 2021]. [27]

[28] G. Cisneros, «Repositorio Pontificia Universidad Católica del Ecuador,» Junio 2014. [En línea]. Available: https://core.ac.uk/download/pdf/143438912.pdf. [35]

[29] J. C. V. Torres, «Repositorio Universidad Politécnica Salesiana Cuenca,» 02 2010. [En línea]. Available: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/831/12/UPS-CT001680.pdf. [28]

[30] J. Delgado, Sistemas, Componentes, respuestos, partes y piezas de equipos de ordeño, Socuellamos, Ciudad Real, España: Euromilk - J. Delgado, 2018. [29]

[31] DeLaval, Equipo de ordeño - Grupo de vacío, Buenos Aires: Alfa Laval Agri, 2016. [30]

[32] A. Laval, Normas ISO para instalaciones de ordeño a máquina, Suecia: FARM EQUIPMENT, 1996. [31]

[33] DeLaval, Sistema de leche - Diámetros y tuberías, Buenos Aires - Argentina: Alfa Laval Agri, 2016. [32]

[34] DeLaval, Sistema de pulsación - Diámetros y tuberías, Suecia: Alfa Laval Agri, 2016. [33]

[35] S. S. -. R. Serra, «Revista MG Mundo ganadero,» 06 1992. [En línea]. Available: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_MG/MG_1992_6_92_36_45.pdf. [36]

[36] M. Á. B. Yánez, «Alfa Técnica». Ecuador Patente 1791702603001, 1998. [37]

[37] GEA, «GEA,» 17 01 2020. [En línea]. Available: https://www.gea.com/es/products/milking-farming-barn/dairyrotor-milk-rotary/index.jsp. [Último acceso: 17 01 2020]. [38]