 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE PRÁCTICAS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

# **SISTEMA AUTOMATICO DE ORDEÑO ROTATIVO PARA BOVINOS**

Jorge Mario Londoño Tobón

Ingeniería Mecatrónica

Asesor práctica profesional: Adrián Felipe Martínez

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO**

**Medellín, febrero de 2017**

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## RESUMEN

---

En este artículo se presentará un sistema automático de ordeño para bovinos. El sistema se caracteriza por la robustez, en la cual se evalúan diversos factores que van ligados a la eficiencia en la producción de leche. El equipo automático de ordeño se constituye de subsistemas, los cuales trabajan en conjunto bajo el mismo objetivo. Como sistema principal se encuentra el equipo de ordeño rotativo (AutoRotor Performer E) de alta tecnología, el cual está compuesto generalmente de un sistema de identificación automática de animales, dosificación automática de alimento a granel y por último un sistema de monitoreo computarizado de cantidad y calidad de leche de cada animal (gestión del rebaño). Además se cuenta con un moderno instrumento de detección de celo de las vacas, un empujador automático de vacas en la sala de espera y un equipo de compuertas inteligentes ubicado en los corrales de la instalación, permitiendo una clasificación post-ordeño de los animales por corral según los requerimientos del operario.

En este trabajo se profundizó el funcionamiento de los subsistemas que comprenden el equipo de ordeño, debido al alto impacto que genera la aplicación de esta tecnología en el sector agroindustrial. Las salas rotativas se han convertido en la tecnología de vanguardia en aquellos países de gran desarrollo en el agro, debido a que maneja un alto volumen de vacas en ordeño sin la necesidad de tener muchos operarios y reduce el uso de espacio con respecto a otros tipos de infraestructura de salas de ordeño como equipos Tándem, espina de pescado, estabulación de amarre y demás.

**Palabras clave:** ordeño tándem, ordeño espina de pescado, ordeño estabulación de amarre, ordeño rotativo, hato lechero, agroindustria.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## TABLA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Pezonera de una sola cámara. ....	14
<b>Figura 2.</b> Pezonera de doble cámara.....	15
<b>Figura 3.</b> Esquema de una instalación de ordeño. ....	17
<b>Figura 4.</b> Esquema línea de leche-doble función. ....	18
<b>Figura 5.</b> Bomba de vacío tipo anillo líquido.....	20
<b>Figura 6.</b> Bomba de vacío de lóbulos. ....	21
<b>Figura 7.</b> Bomba paletas rotativas, westfalia y vista interior.....	22
<b>Figura 8.</b> Sistema de recibidor de leche. ....	23
<b>Figura 9.</b> Mecanismo de extracción de leche.....	24
<b>Figura 10.</b> Generaciones pulsadores marca westfalia. ....	26
<b>Figura 11.</b> Sala de ordeño tipo brete a la par. ....	28
<b>Figura 12.</b> Esquema sala de ordeño tipo autotándem.....	29
<b>Figura 13.</b> Sala de ordeño tipo Tándem. ....	30
<b>Figura 14.</b> Sala de ordeño tipo Espina de pescado. ....	31
<b>Figura 15.</b> Esquema instalación sistema rotativo. ....	33
<b>Figura 16.</b> Carrusel sistema rotativo. ....	33
<b>Figura 17.</b> Esquema sistema de identificación y detección de celo.....	35
<b>Figura 18.</b> Dosificador de alimento de paletas rotativas. ....	36
<b>Figura 19.</b> Dosificador de alimento de tornillo sinfín.....	37
<b>Figura 20.</b> Medidor proporcional o porcentual. ....	38
<b>Figura 21.</b> Medidor electrónico marca Delaval.....	39
<b>Figura 22.</b> Medidor electrónico marca westfalia. ....	39
<b>Figura 23.</b> Esquema puerta selectora de animales automática.....	40
<b>Figura 24.</b> Diferentes tipos de empujador 1 ....	41
<b>Figura 25.</b> Componentes del sistema de lavado implementado. ....	43
<b>Figura 26.</b> equipo robótico para ordeño automático “Mlone” .....	44
<b>Figura 27.</b> Brete a la par pasante y común. ....	45
<b>Figura 28.</b> Sala de ordeño tipo espina de pescado. ....	46
<b>Figura 29.</b> Sala de ordeño tipo tándem.....	47
<b>Figura 30.</b> Sala de ordeño tipo rotativa. ....	47
<b>Figura 31.</b> DPS en el gabinete principal. ....	49
<b>Figura 32.</b> Gabinete de arrancadores suaves.....	52
<b>Figura 33.</b> Dosificador estándar de alimento.....	54
<b>Figura 34.</b> UPS 10KVA y Banco de baterías.....	55
<b>Figura 35.</b> Bombas de vacío y motores eléctricos.....	57
<b>Figura 36.</b> Válvula reguladora de vacío.....	58
<b>Figura 37.</b> sistema motor-reductor plataforma giratoria. ....	59

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Figura 38.** Gabinete de control sistema de accionamiento. .... 60

**Figura 39.** Dosificador de alimento..... 61

**Figura 40.** Implementación puerta de selección de animales. .... 62

**Figura 41.** Empujador de animales. .... 63

**Figura 42.** Sistema estructural del carrusel rotativo..... 64

**Figura 43.** Tubería línea leche y lavado en sistema rotativo. .... 65

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## RECONOCIMIENTOS

---

En este trabajo quiero hacer un reconocimiento a todas aquellas personas y entidades que han contribuido en la formación profesional y humana a lo largo de mi vida; ya que no sería igual mi experiencia de vida sin todas las enseñanzas y atenciones en este lapso de tiempo.

Agradezco en particular a:

- Mi familia, pues sin el apoyo sentimental, moral y económico de estas personas hubiese sido un poco difícil mi buen desempeño académico y social.
- Mi universidad que me han brindado grandes conocimientos por medio de sus docentes, laboratoristas y demás; también agradezco el apoyo de la universidad con recursos varios como laboratorios, material bibliográfico, equipos de cómputo y por supuesto espacios libres y recreativos.
- Mis compañeros de carrera, los cuales me ayudaron en muchas ocasiones compartiendo sus conocimientos e ideas para así lograr mis metas.
- Mis compañeros de prácticas por enseñarme a interpretar y analizar problemas cotidianos, y de igual forma a orientar y enfocar los diseños para dar solución a los problemas que nos rodean.

A todas estas personas muchas gracias ya que cada una han aportado un grano de arena en mi experiencia técnica y personal para lograr así un excelente desarrollo profesional.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## ACRÓNIMOS

---

UPS: Uninterruptible Power Supply - Sistema de alimentación ininterrumpida.

DPS: surge protective device- Protector de sobretensión.

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	9
1.1 Generalidades.....	9
1.2 Objetivos.....	10
1.2.1 General. ....	10
1.2.2 Específicos.....	10
1.3 Organización del informe. ....	11
2. MARCO TEÓRICO.....	13
2.1 ANTECEDENTES Y CONCEPTOS BÁSICOS. ....	13
2.1.1 Historia de los sistemas de ordeño.....	13
2.2 GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE ORDEÑO.....	15
2.2.1 Definición sistemas de ordeño. ....	15
2.2.2 Clasificación de los sistemas de ordeño. ....	26
2.2.2.1 Diferentes disposiciones para líneas de leche.....	26
2.2.2.2 Sala de ordeño tipo brete a la par. ....	27
2.2.2.3 Sala de ordeño tipo autotándem o tándem. ....	28
2.2.2.4 Sala de ordeño tipo espina de pescado.....	30
2.2.2.5 Sala de ordeño rotativa. ....	32
2.3 NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LOS SISTEMAS DE ORDEÑO. ....	35
2.3.1 Identificación automática de animales.....	35
2.3.2 Dosificación automática de alimento. ....	36
2.3.3 Medición automática de leche. ....	37
2.3.4 Selección automática de animales post-ordeño. ....	40
2.3.5 Empujador de vacas.....	40
2.3.6 Software de gestión de información del rebaño. ....	41
2.3.7 Lavado automático de las líneas de transporte de leche. ....	42
2.3.8 Sala de ordeño automático.....	43
3. METODOLOGÍA.....	45
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	56

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.1 RESULTADOS.....	56
4.1.1 Sistema de vacío. ....	56
4.1.2 Sistema de accionamiento del carrusel. ....	58
4.1.3 Sistema automático de lavado. ....	60
4.1.4 Montaje del sistema de alimentación. ....	60
4.1.5 Implementación puerta selectora: .....	61
4.1.6 Empujador automático de vacas (Puerta arreadora). ....	62
4.1.7 Sistema estructural del carrusel. ....	64
4.2 DISCUSION. ....	64
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO .....	67
5.1 CONCLUSIONES.....	67
5.2 RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO. ....	68
6. REFERENCIAS .....	69



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

# 1. INTRODUCCIÓN

---

## 1.1 Generalidades.

En la actualidad, la creciente globalización de la economía ha obligado a los países a crecer en muchos sectores entre ellos el sector primario, en el campo agroindustrial y ganadero, para así mantenerse en un margen de competitividad y sostenibilidad con respecto a las economías internacionales; todo esto implica un mejor desarrollo y mejoramiento en los procesos de producción, los cuales cada día deben ser más eficientes, es decir, deben tener mayor volumen de producción con igual o menor cantidad de recursos y mejor calidad. Colombia a pesar de ser un país clasificado como “subdesarrollado”, gracias a la ingeniería ha presenciado importantes avances en cuanto a la implementación de nuevas y rentables tecnologías para sectores tan importantes como el ganadero. Inicialmente se han mejorado algunos procesos de cosecha, producción de pastos y suministro de alimento a los animales, pero aún queda por solucionar algunas problemáticas como la calidad de vida y cantidad de animales, que surgen cuando el alimento permite incrementar el número de hatos en las explotaciones ganaderas. La calidad de vida de los bovinos es un aspecto muy controversial en nuestra época actual, pues factores como un óptimo ordeño, una alimentación de concentrado adecuada y un registro de datos y eventos de cada animal, son cruciales para determinar el éxito de estas explotaciones.

Actualmente se utilizan métodos algo “rústicos”, pues a pesar de la incursión de tecnologías que facilitan la explotación de la actividad agrícola, los procesos se realizan de manera “artesanal” como el ordeño manual, el cual trae algunas consecuencias para la salud de las vacas cuando hay rotación de empleados, dado que la rutina de ordeño del animal cambia y se vea reflejado en algunas complicaciones de su organismo; de manera similar ocurre con el suministro de concentrado, presentando consecuencias como disminución en la producción de leche y estado corporal (pérdida de peso), por último se encuentra como pilar importante el manejo de eventos de cada animal, el cual tiene como objetivo registrar

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

información como: cantidad y calidad de leche , partos, celos y servicios de cada vaca, ya que de acuerdo a estos datos se da la alimentación y al mismo tiempo se puede identificar enfermedades en el hato. En la gran mayoría de explotaciones la información se convierte en un gran inconveniente, debido a que se recopila en cuadernos donde el manejo de datos se dificulta un poco y además de esto no se registra rigurosamente cada evento, representando a largo tiempo pérdidas económicas incalculables.

Para mejorar los aspectos mencionados anteriormente, se implementará un novedoso sistema de ordeño, el cual gracias a la tecnología de vanguardia diseñada especialmente para explotaciones ganaderas busca solucionar la mayor cantidad de eventualidades inesperadas y así lograr altos niveles de eficiencia. El equipo en mención consiste en un sistema de ordeño rotativo, su nombre se debe a que el área donde se ubica el animal es circular (anillo) llevando a la vaca al lugar de trabajo de los operarios, caso totalmente diferente a las salas de ordeño tipo espina de pescado, tándem y planas en donde los espacios lineales necesitan de grandes áreas y por ende el desgaste de los operarios es evidente gracias al excesivo desplazamiento para desarrollar el trabajo, las características más importantes de este equipo se exhiben mediante instrumentos de medición automática de leche, dosificación automática de concentrado, identificación automática de animales para el ingreso y la salida de la sala de ordeño y corrales aledaños, detección automática de celo y finalmente el software informativo del hato y módulos de red encargados de llevar toda la información de cada animal al computador.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 General.**

Plantear e identificar las variables que intervienen en un sistema automático de ordeño, para dar soluciones técnicas a procesos agroindustriales mediante sistemas mecatrónicos.

### **1.2.2 Específicos.**

- Identificar componentes y variables que intervienen en un sistema mecatrónico para el ordeño de vacas.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Analizar desde la mecánica, la electrónica y el control la sinergia de los sistemas de identificación, alimentación, ordeño e información de bovinos, para minimizar tiempos de operación y facilitar el manejo del proceso.
- Determinar la aplicación de cada equipo de ordeño evaluado y seleccionar el sistema que proporcione las mejores condiciones para darle solución a una necesidad.
- Implementar la gestión de información dentro del sector agro ganadero para optimizar la producción mediante el uso de los sistemas de ordeño automático.

### **1.3 Organización del informe.**

En este trabajo se analizará y se desarrollará un sistema automático de ordeño para bovinos, en el cual su particularidad radica en la infraestructura del equipo y en sistemas automáticos de apoyo para un óptimo manejo del hato; en dicho trabajo se hablará de los criterios tenidos en cuenta desde su fase investigativa hasta el montaje final del equipo. También se hará un detallado análisis de funcionamiento y comportamiento mecatrónico del sistema con respecto a su entorno y sus correspondientes variables, con el objetivo de presentar la relación intrínseca que tiene cada uno de ellos para en conjunto convertirse en un equipo eficaz en las explotaciones lecheras. Este informe está organizado de la siguiente manera:

En el capítulo 1 se hace una introducción al trabajo a realizar, donde se describen ciertas generalidades, para tener un conocimiento previo del tema a tratar, luego en la justificación se muestra cómo se solucionó el problema abordado, por último en este capítulo se presenta los objetivos propuestos en el informe.

En el capítulo 2 se expone la fundamentación teórica del informe, en primer lugar se habla un poco de historia de los sistemas de ordeño que se han desarrollado a través del paso de los años, luego se tendrá alguna generalidades de los equipos como son, clasificación, donde se presentan de forma resumida las características de los tipos de sala de ordeño desde áreas como la mecánica, electrónica y control. Finalizando este capítulo se habla de

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

las nuevas tecnologías que se están aplicando a los sistemas de ordeño para conseguir de ellos altos niveles de eficiencia y productividad en el sector agroindustrial.

En el capítulo 3, se explica detalladamente como fue realizado el proyecto, se presenta el paso a paso del proceso de implementación, los criterios necesarios previos al montaje, las pruebas realizadas y las investigaciones necesarias hasta llegar al cumplimiento de los objetivos inicialmente planteados.

En el capítulo 4, se presenta los resultados obtenidos en la metodología efectuada, donde se mostrarán los logros relevantes obtenidos y los inconvenientes encontrados con sus respectivas medidas correctivas, las cuales permitieron dar solución al problema y alcanzar los objetivos sugeridos en el trabajo.

En el capítulo 5, se muestra las conclusiones que deben responder a los objetivos propuestos en el trabajo, lo cual debe incluir las fortalezas, limitaciones y restricciones que se tuvieron mediante el desarrollo del estudio elaborado. También en este capítulo se describen las recomendaciones que fueron encontradas en el transcurso del proyecto, las cuales permiten generar propuestas de mejora permanente durante el montaje del proyecto. Por último se habla de los trabajos futuros que pueden ser realizados de acuerdo al estudio ejecutado, la implementación en otras aplicaciones o incluso las mejoras en el desarrollo de proyectos de este tipo.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 2.MARCO TEÓRICO

---

Actualmente, el sector agroindustrial ha sufrido cambios significativos en cuanto a su desarrollo y ha evidenciado importantes avances, a pesar de esto, un país como Colombia aún se encuentra muy distante en cuanto a niveles de tecnología que llevan otros países, un ejemplo de esto son los equipos de ordeño que aún conservan modelos que no van de la mano con los usados en el resto del mundo. Los equipos de ordeño, son sistemas robustos de diferentes tipos y con un número considerable de elementos que se combinan y acoplan para formar cada sistema.

### 2.1 ANTECEDENTES Y CONCEPTOS BÁSICOS.

#### 2.1.1 Historia de los sistemas de ordeño.

Para tener una buena contextualización del tema a tratar, es necesario hablar que es un proceso de ordeño, como se hace y para qué sirve. Según (EcuRed, 2017) este es un procedimiento para extraer leche de la vaca o de otros animales por medios manuales o mecánico, el cual se realiza presionando los pezones con la mano o con un mecanismo imitando la forma en que lo ejecuta el ternero o becerro.

El ser humano aprendió a extraer la leche de los animales con el objetivo de alimentarse, con el paso del tiempo el ordeño manual se adoptó como una práctica culturista y hasta hoy se realiza pero como actividad económica de una sociedad. El ordeño manual todavía se realiza en pequeñas explotaciones, pero si se quiere mayor productividad es necesario implementar modernas instalaciones dotadas de máquinas automáticas. El desarrollo de soluciones tecnológicas innovadoras para la industria láctea en todo el mundo, no es un tema que aparece en la última década, pues la invención de este tipo de máquinas data de muchos años atrás y es muy claro y evidente que los niveles de tecnología actual han superado las expectativas que en un inicio fueron planteadas, las cuales quizás en su

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

momento solo eran ideas utópica del desarrollo de un sistema de ordeño. Al inicio, los equipos de ordeños eran conocidos como ordeños mecánicos por su funcionamiento e infraestructura, este concepto en nuestra época actual se ha convertido en un recuerdo, ya que se han incorporado otras áreas de la ingeniera como la electrónica, la neumática, la hidráulica, creando sistemas más robustos y complejos que satisfacen cada día más necesidades del mercado y facilitan el manejo de un rebaño, convirtiendo el sector lácteo en un sector innovador y competitivo.

Los inicios de los sistemas mecánicos de ordeño se dan aproximadamente para el año 1836 con Willian Blurton, donde se realizaron investigaciones e implementaciones de equipos, los cuales funcionaban por gravedad y presión intramamaria; desde este año hasta aproximadamente el año 1902 se dio la primera etapa del desarrollo de los equipos de ordeño, para esta época las pezoneras tenían una sola cámara (figura 1) y provocaban endurecimiento y estrangulamiento del pezón.

**Figura 1.** Pezonera de una sola cámara.

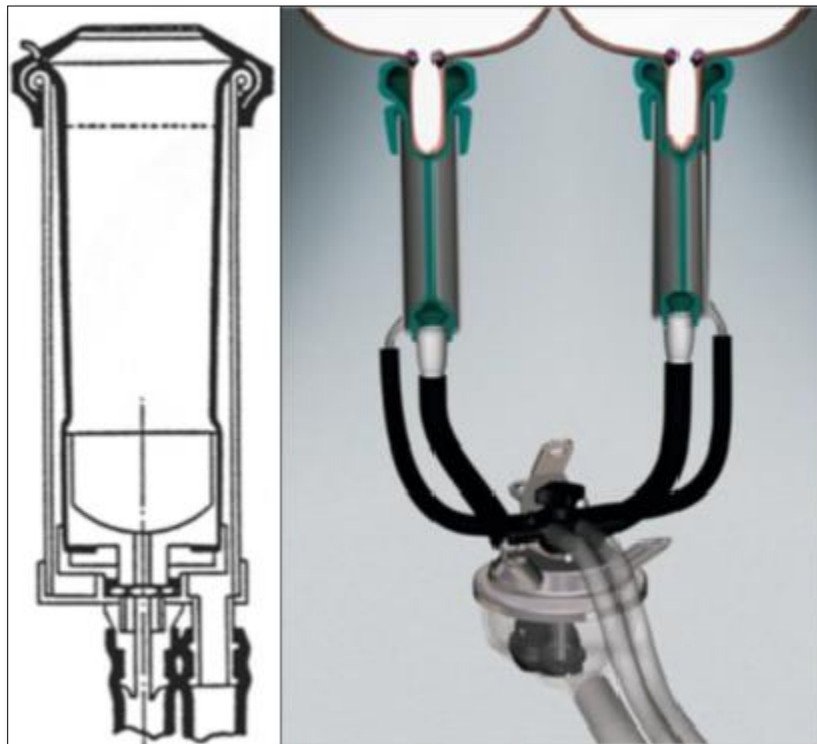


Fuente:Imágenes cortesía de GEA Farm technologies Academy.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Los problemas mencionados anteriormente dieron inicio a indagaciones para mejorar el ordeño y en la que los resultados obtenidos llevó revolucionar los equipos, creando pezoneras de doble cámara (figura 2) y dando inicio a una nueva etapa, en la cual, aún siguen vigentes estos diseños, pero se ha ido mejorando esto con una serie de parámetros externos como, rangos de vacío y caudal que complementen el adecuado funcionamiento.

**Figura 2.** Pezonera de doble cámara.



Fuente:Imágenes cortesía de GEA Farm technologies Academy.

## **2.2 GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE ORDEÑO.**

### **2.2.1 Definición sistemas de ordeño.**

Los sistemas de ordeño sistemas o equipos de ordeño como también son conocidos, son dispositivos conformados de elementos mecánicos, eléctricos, electrónicos y algunos con

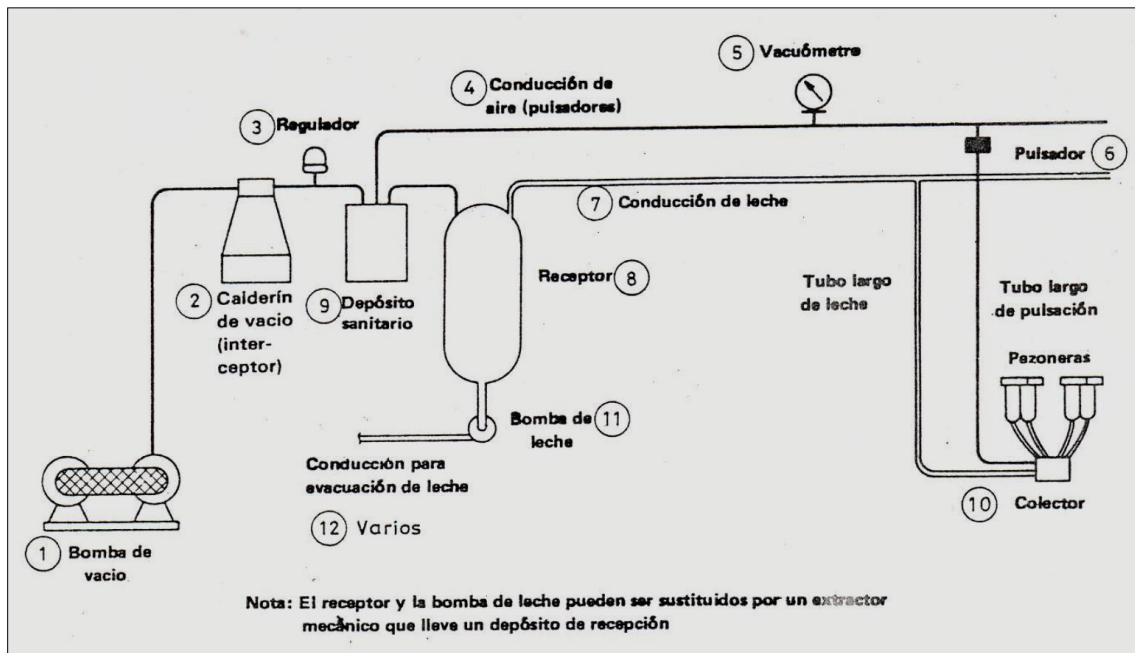
	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

software y controladores que mejoran el desempeño del sistema. El objetivo de los equipos de ordeño, es extraer la leche de las vacas de manera muy similar a como lo hacen sus crías, este proceso se realiza gracias a la succión mediante presión de vacío. “Si se observa el comportamiento de una cría durante una tetada se verá que la succión es intermitente y va acompañada por un masaje del pezón, que queda entre la lengua y el paladar” (Ponce de Leon Esteban, 2013).

El funcionamiento de las máquinas de ordeño, consiste en extraer la leche mediante presiones de vacío cercanas entre 40-50 Kpa acompañadas de un masaje intermitente justo en el pezón de la vaca por un periodo de tiempo determinado. La combinación de estas actividades simula el proceso de amamantamiento que tiene una cría sobre la vaca, este proceso requiere de un conjunto de elementos que trabajen de manera sincrónica sin producir efectos negativos en la salud de la vaca. A continuación se muestra un esquema general de una máquina de ordeño.



**Figura 3.** Esquema de una instalación de ordeño.



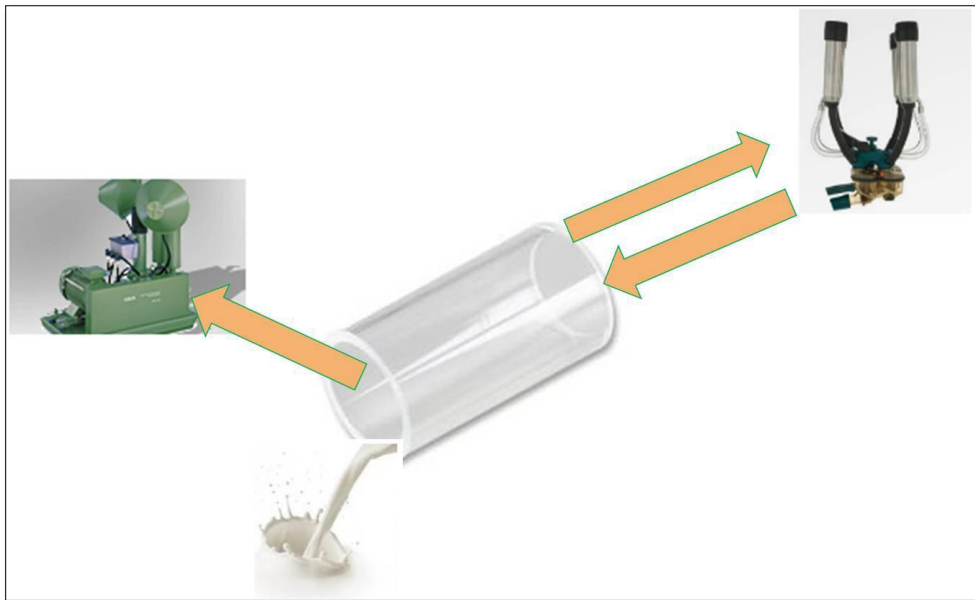
Fuente: (Ponce de Leon Esteban, 2013), pág. 10.

En la imagen anterior se observa en el numeral 10 el “colector” encargado de recoger la leche de la ubre de la vaca para dirigirla al depósito, pero este requiere de otro elemento complementario y son las pezoneras (figura 2); estas son encargadas de imitar la función de la cría al introducir el pezón de la vaca al interior del conducto.

De manera general, los equipos de ordeño se encargan de extraer la leche de la vaca por medio de una presión negativa en el pezón de esta para llevarla a un depósito y a partir de esto realizar el procesamiento de este líquido lácteo en diferentes productos. En la siguiente imagen se observa un esquema básico de un sistema de ordeño, en el cual la tubería cumple dos funciones, la primera función es transportar el aire con presión negativa que es generado por la bomba de vacío hacia la unidad de ordeño para succionar la leche, por otro lado la presión generada hace que la leche pueda transportarse por este tubo hasta un recipiente de recuperación de la leche.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Figura 4.** Esquema línea de leche-doble función.



Fuente: Imagen cortesía de GEA Farm technologies Academy.

- **Bomba de vacío.**

Las bombas de vacío realizan un trabajo inverso al de un compresor, estas se encargan de generar una presión negativa para poder extraer la leche de la vaca. Con el avance tecnológico en los sistemas de ordeño el propósito general de dichas bombas ha sido ampliado, ya que se han creado dispositivos que facilitan el ordeño y funcionan con la presión generada por la bomba, como es el caso de los cilindros neumáticos utilizados para retirar el juego de ordeño de manera automática a la vaca. En el mercado se pueden ofertar muchas marcas de bombas de vacío, de muchos tamaños y capacidades, pero en general por su diseño se conocen tres tipos de bombas utilizadas en la producción lechera.

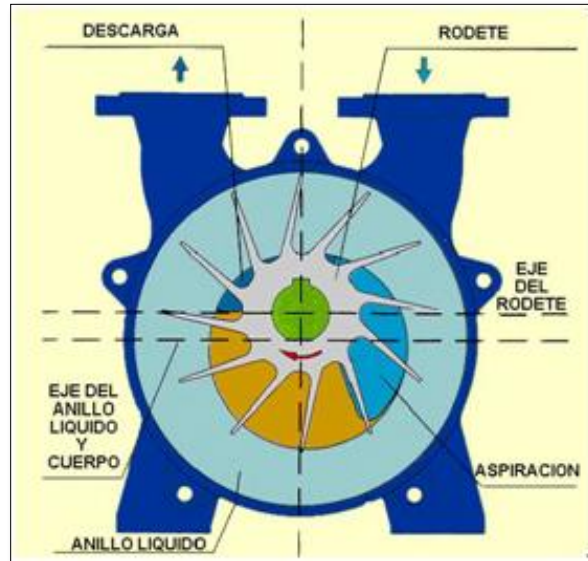
- ❖ Bombas de vacío de anillo líquido: según la empresa BUSCHVACUUM las bombas de vacío de anillo líquido son de una sola etapa. Suele emplearse agua como líquido de funcionamiento, aunque también es posible el uso de otros líquidos si así lo exigen las condiciones del proceso. “Un disco impulsor de paletas gira excéntricamente en el interior de una cámara. Esta cámara se llena de agua hasta su eje de forma que el impulsor quede parcialmente sumergido. La rotación del impulsor crea, por fuerza centrífuga, el llamado

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

anillo líquido. El gas se vehicula a través de los espacios creados entre las paletas y el anillo líquido, de forma que gracias a la posición excéntrica del impulsor los volúmenes de estos espacios varían dando como resultado la aspiración del gas, su compresión y su descarga” (Busch, 2017).

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Figura 5.** Bomba de vacío tipo anillo líquido.



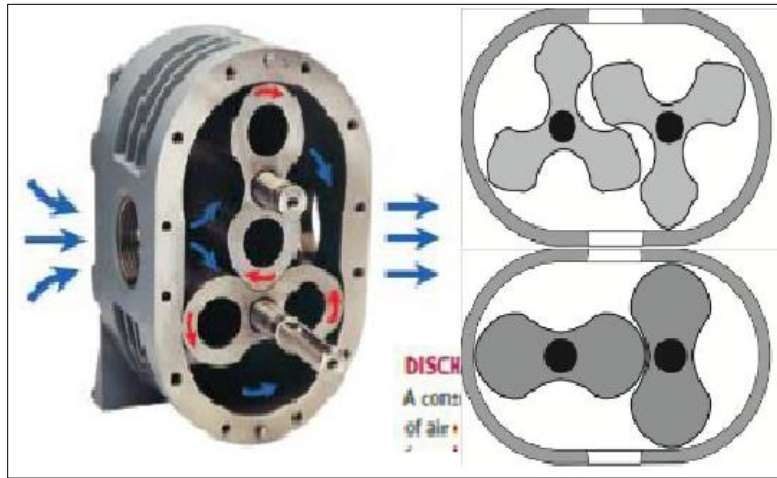
Fuente: <http://www.equirepsa.com/productos/bombas-de-vacio/>

Estas bombas tiene la característica de que pueden alcanzar altos niveles de vacío cercanos a los 80kpa y con la gran ventaja que se mantiene refrigerada gracias al anillo líquido.

❖ Bombas de vacío de lóbulos: Según la empresa BUSCHVACUUM las bombas de triple lóbulo, funcionan gracias a dos rotores trilobulares, montados en paralelo, giran coordinados en sentidos opuestos en el interior de una cámara. El medio a bombear queda atrapado en los espacios entre los lóbulos y la cámara y es vehiculado, por medio del movimiento rotativo de los rotores, a través de la cámara hacia el escape donde es descargado. Un silenciador, con filtro de aspiración integrado, está conectado en la parte superior de la etapa de compresión. Una vez que el medio ha sido comprimido, dentro de la etapa, éste fluye hacia el silenciador de escape situado en la parte inferior de la misma. Estas bombas existen de triple lóbulo o doble lóbulo.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Figura 6.**Bomba de vacío de lóbulos.



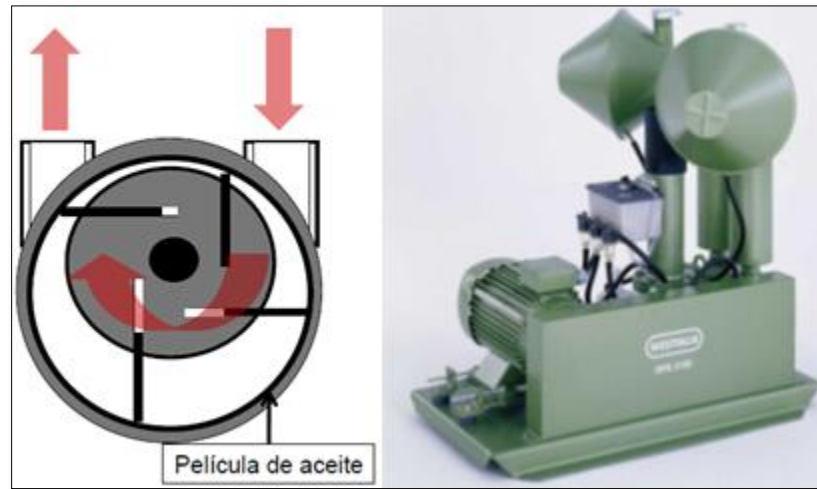
Fuente: Imagen cortesía de GEA Farm technologies Academy.

Las bombas de lóbulos consumen menos energía con respecto a la de anillo líquido y paletas rotativas; además no requieren de un riguroso mantenimiento y son muy amigables con el medio ambiente por ser tan silenciosas; la desventaja de estas es que al aumentar la altitud sobre el nivel del mar pierden de manera significativa la capacidad de generar vacío, por lo tanto solo son óptimas a nivel del mar.

❖ Bomba de vacío de paletas rotativas: las bombas de paletas rotativas constan de un rotor excéntrico con paletas sueltas que son empujadas hacia la carcasa por la fuerza centrífuga generando una presión negativa por el tubos de succión; dichas bombas son lubricadas con aceite por medio de goteo y son las más utilizadas en las explotaciones lecheras por los buenos niveles de vacío los cuales puede alcanzar valores de 58kpa, además mantienen un vacío regular con el cambio de altura, sin tener tantas perdidas como la de lóbulos.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Figura 7.** Bomba paletas rotativas, westfalia y vista interior.



Fuente: Imagen cortesía de GEA Farm technologies Academy.

El manejo de la leche después de extraída de la vaca es un proceso de mucho cuidado el cual requiere no solo del receptor de leche sino de un completo sistema recibidor.

- **Regulador de vacío.**

Este dispositivo tiene un orificio conectado con el exterior (presión atmosférica), en el que se ajusta una válvula con un peso (un muelle o una combinación de peso y membranas), cuyo movimiento puede cerrar la entrada de aire o dejarla abierta, parcial o totalmente. Por otra parte, el regulador está conectado directamente a la conducción principal de aire (**Ponce de Leon Esteban, 2013**). En la figura 36 se muestra como está diseñado estructuralmente.

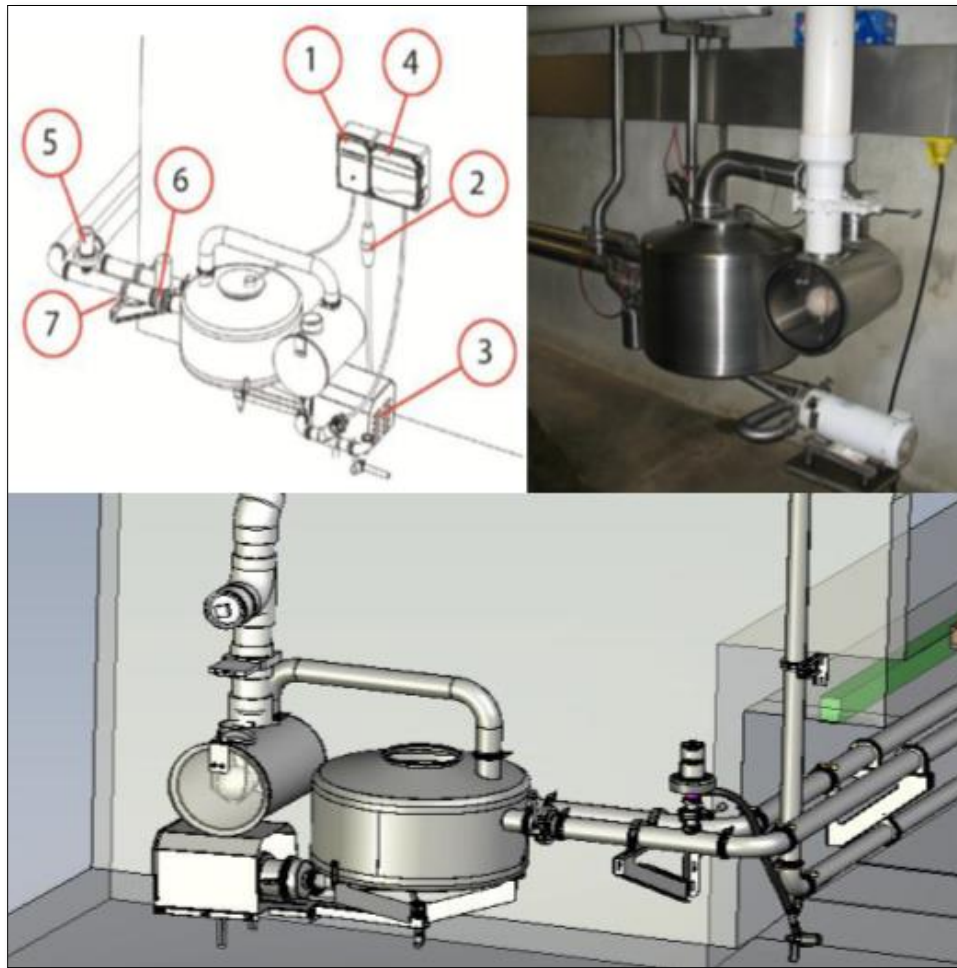
- **Sistema recibidor de leche.**

El sistema de recepción de leche es clave en las salas de ordeño, pues es el que permite una rápida evacuación de la leche de las tuberías hacia el depósito de almacenamiento llamado tanque de enfriamiento. Para hacer la impulsión de la leche, se utiliza una bomba centrífuga diseñada especialmente para líquidos de baja viscosidad, cualquier tipo de bomba no funcionaría de manera adecuada, ya que la leche almacenada en el recibidor está sometida

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

a una presión de vacío y en caso de pequeñas entradas de aire en el acople de bombeo, la acción de evacuación no se ejecuta de manera exitosa.

**Figura 8.** Sistema de recibidor de leche.



Fuente: Imagen cortesía de GEA Farm technologies Academy.

#### Componentes del recibidor.

1. mando para bombas de leche
2. Cuerda para conexión rápida de la bomba.
3. Motor de la bomba de leche de acero.
4. Control para las válvulas de aire del recibidor.

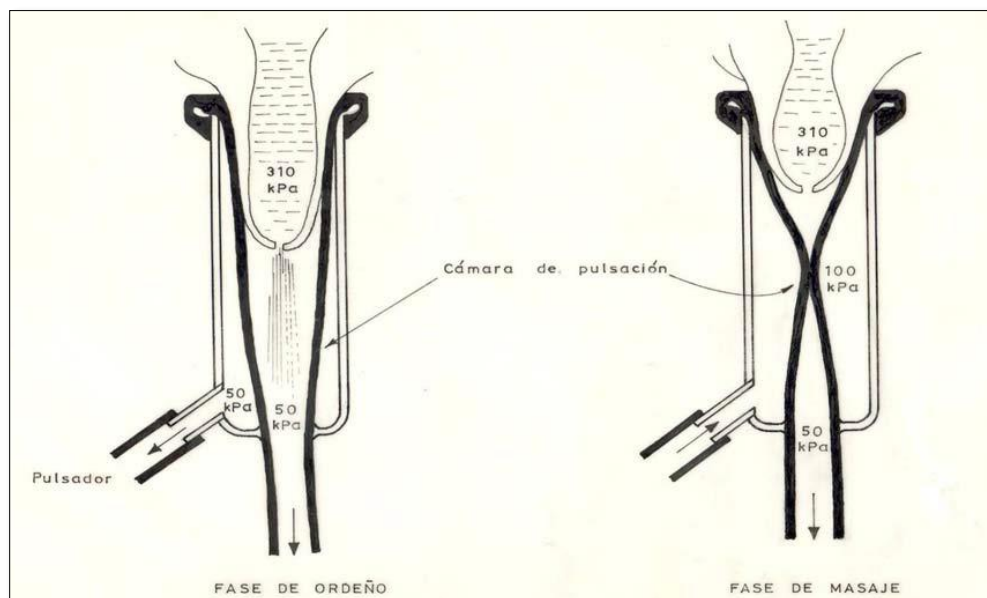
	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. Inyector de aire accionado por aire comprimido.
6. Válvulas de leche con drenaje interno.
7. Sistema de soportes.

- **Mecanismo de extracción de leche (pezoneras).**

Las pezoneras están construidas de dos materiales, uno de ellos es flexible, el cual se mantiene en contacto directo con el pezón y el otro es un material rígido, ambos tienen una constitución geométrica circular alargada basada en la forma del pezón. El material flexible se expande o se contrae de manera alternada dentro del material rígido, realizando presión sobre el pezón y al mismo tiempo se ejerce una presión de vacío al interior de este succionando la leche de la vaca.

**Figura 9.** Mecanismo de extracción de leche.



Fuente: (Ponce de Leon Esteban, 2013), pág. 9.

El colector y la pezonera son conocidos como un solo elemento llamado unidad de ordeño, dicha unidad de ordeño se acopla a dos líneas de transporte de fluidos las cuales son:



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

❖ Línea de pulsación: En esta línea, sólo se encuentra aire con una presión de vacío cercana a los 50kpa, que permite que el material flexible se pueda contraer y expandir de manera alternada, generando la fase de ordeño y masaje mostrada en la figura anterior. La línea de pulsación se comprende de dos canales o mangueras que cada uno maneja dos pezoneras (dos pezones de la vaca) y entre ellos dan paso al vacío de manera intermitente, primero por un canal y luego por el otro, pero en un corto tiempo. El tiempo de paso de vacío y la frecuencia de alternancia entre canales se da gracias a un dispositivo llamado *pulsador*.

❖ Línea de leche: Por esta línea se mueve la leche de la unidad de ordeño a las tuberías, gracias al vacío entre 42-50Kpa que hay al interior de las mangueras.

- ***Sistemas de pulsación.***

Los sistemas de pulsación, son los encargados de generar las fases en el ciclo de ordeño de la vaca, es decir, se encarga de masajear el pezón y luego ordeñar, haciendo estas tareas de manera repetitiva durante el tiempo de ordeño de la vaca. Los sistemas de pulsación pueden ser neumáticos o electro-neumáticos, pero en uno y otro su funcionamiento es similar, pues en ambos equipos los que se tiene son válvulas encargadas de dar paso al aire el momento adecuado.

Inicialmente se conocieron los pulsadores neumáticos, pero actualmente están tomando fuerza la utilización de los pulsadores electro-neumáticos, ya que las señales eléctricas son más precisas que las señales neumáticas y adicional no necesitan de una calibración periódica como es necesario en los pulsadores neumáticos, que la impureza en el aire entorpecen su funcionamiento.

**Figura 10.** Generaciones pulsadores marca westfalia.



Fuente: Imagen cortesía de GEA Farm technologies Academy.

Un equipo de ordeño tiene un número de elementos constitutivos que pueden variar de acuerdo al nivel de tecnología, el cual es proporcional al confort y eficiencia y de acuerdo a estos parámetros se clasifican en diversos tipos.

### **2.2.2 Clasificación de los sistemas de ordeño.**

Existen múltiples formas de clasificar los sistemas de ordeño, las diferentes formas pueden ser por su nivel de tecnología, por la marca, la forma de montaje según el fabricante y finalmente por su configuración estructural, siendo esta la más adecuada y más utilizada, pues desde los inicios, los equipos de ordeño se orientaban a la diversidad en la estructura, es decir, se clasificaban de acuerdo a la construcción civil que dependía de la posición de la vaca y números de puestos en ordeño, conocido esto generalmente como *ordeños individualizados y colectivos*. En nuestra época actual continua siendo así, pero adicional a esto se suma la importancia de la disposición en la línea de leche.

#### **2.2.2.1 Diferentes disposiciones para líneas de leche**

Cada sala de ordeño tiene una ubicación de la línea de leche de acuerdo a su configuración, este factor es muy importante para realizar la clasificación de los equipos de ordeño, porque la ubicación de este influye directamente sobre el tipo de bomba, la presión y el caudal que

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

se debe manejar. A continuación se muestran las posibles disposiciones para las líneas de leche.

- ❖ Línea alta: para salas en las cuales la tubería de leche este ubicada a una altura entre 1,8 -2m del piso del área de trabajo, ejemplo de estas son estabulación de amarre, brete a la par.
- ❖ Línea media: Utilizadas en salas de ordeño donde la ubicación de la tubería este a una altura cercana a 1,2 m, por ejemplo en explotaciones salas tipo SwingOver (espina de pescado).
- ❖ Líneas baja: para producciones lecheras que requieren de una ubicación alrededor de 0,5m, como por ejemplo salas de ordeño tipo tándem, rotativas, sistema de ordeño voluntario.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente se pueden obtener las siguientes clasificaciones para las salas de ordeño.

#### **2.2.2.2 Sala de ordeño tipo brete a la par.**

Las salas de ordeño brete a la par de ordeño individualizado, son las menos usadas en la época actual, pues el espacio de trabajo y la comodidad del operario en las explotaciones lecheras juegan un gran papel, y este tipo de configuración no es ideal para seguir estos objetivos. Las salas de este tipo requieren que el ordeñador tenga que desplazarse mucho para dar la alimentación a la vaca, adicionalmente el operario debe ponerse de sentadilla para poner la unidad de ordeño (pezonera) a cada vaca y pararse de nuevo, para realizar la rutina de ordeño en los demás animales, lo que se convierte en una tarea desgastante y poco eficiente. Otro factor muy importante en este tipo de sala es la ubicación de las tuberías de leche y pulsación, las cuales deben estar a una altura superior de 1,90 metros del suelo, para que la vaca no se obstaculice con los tubos. La altura de estas tuberías implica un aumento en la presión de vacío para poder subir la leche desde la unidad de ordeño a la tubería principal de leche.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Los niveles de tecnología que son implementados en este tipo de explotación son pocos, debido a que la configuración estructural limita bastante la disposición de elementos como actuadores y sensores.

**Figura 11.** Sala de ordeño tipo brete a la par.



Fuente: <http://agritech.com.ve/orde%C3%B1o-refrigeracion/salas-ordeno>

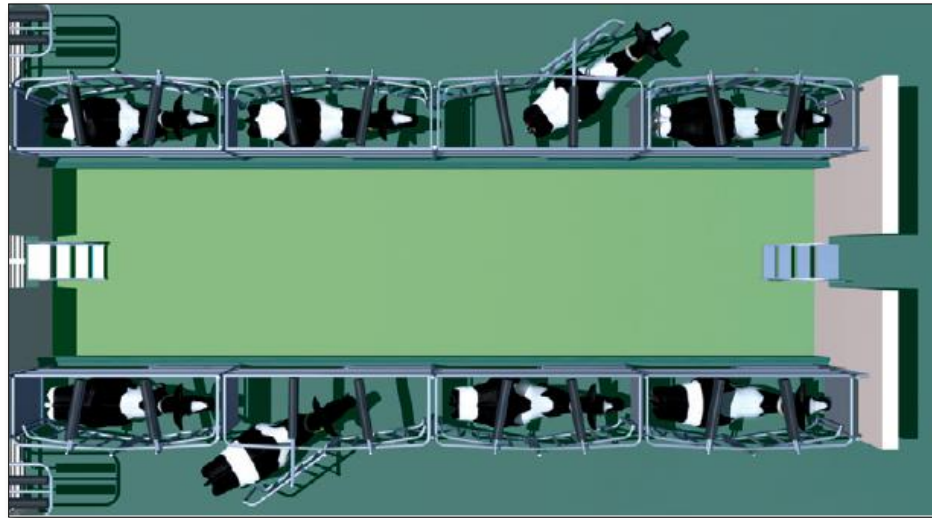
### **2.2.2.3 Sala de ordeño tipo autotándem o tándem.**

Este tipo de salas también se encuentra dentro del grupo de salas de ordeño individualizado, en el cual cada vaca se halla en un cubículo aislado de los demás como se ve en la figura 12. En la época actual es muy utilizada para explotaciones lecheras, donde el número de animales lactando no sea superior a 110 vacas y el número de puestos de ordeño ideal para estas explotaciones puede variar desde 2 a 8 puestos, un número mayor de puestos o cubículos de ordeño hacen ineficiente el sistema, puesto que las distancias lineales por cada lado de la sala son bastante grandes, disminuyendo la visibilidad del operario y por ende la omisión de eventualidades durante el ciclo de ordeño, además del

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

aumento de tiempo que tarda el operario para desplazarse para hacer la rutina de ordeño a cada vaca.

**Figura 12.** Esquema sala de ordeño tipo autotándem.



Fuente: Imagenes cortesía de GEA Farm technologies.

Las salas tándem poseen la característica de que el operario se mueve por una zona central rectangular (zona de trabajo) delimitada por los puestos de ordeño y es conocida como foso, dado que el operario se encuentra a una altura menor a la que se ubica la vaca (Figura 13), resultando beneficioso para el empleado, porque a diferencia de un brete a la par no es necesario ponerse de sentadillas y la vaca queda a una altura de trabajo estándar.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Figura 13.** Sala de ordeño tipo Tándem.



Fuente: Imagenes cortesía de GEA Farm technologies

Las salas tipo tándem necesitan de una menor presión de vacío ejercida por la bomba, debido a que las tuberías de transporte de leche quedan ubicadas a un nivel inferior de la vaca y la leche que sale de la ubre se deposita más fácilmente en las tuberías, gracias a la gravedad.

#### **2.2.2.4 Sala de ordeño tipo espina de pescado**

Las salas tipo espina de pescado, se clasifican dentro de la categoría de ordeños colectivos o grupales, dado que el ordeño se realiza por grupos de animales los cuales ingresan y salen todos al mismo tiempo al lugar de ordeño, facilitando el manejo y aumentando la velocidad de ordeño más que en otros tipos de salas (bretes y tándem). Se constituye de menos



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

elementos estructurales y las vacas quedan en contacto una de la otra, lo que en consecuencia se pueden tener más animales en menos espacio, adicionalmente el posicionamiento del animal en la sala es curvo o diagonal con respecto al operario, para evitar que el estiércol y la orine llegue al peón. Este tipo de sala es ideal para rebaños superiores a 100 animales y el número de puestos de ordeño se encuentra desde los 4 hasta 32 puestos por lado en la sala.

**Figura 14.** Sala de ordeño tipo Espina de pescado.



Fuente: <http://agritech.com.ve/orde%C3%B1o-refrigeracion/salas-ordeno/agriep800>

Al igual que en las salas tipo tándem, usualmente se construye un foso para la comodidad del operario quedando la vaca a una altura de trabajo ideal. De manera similar el foso contribuye con la presión necesaria de la bomba, la cual es menor que en salas tipo brete a la par o pasante.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

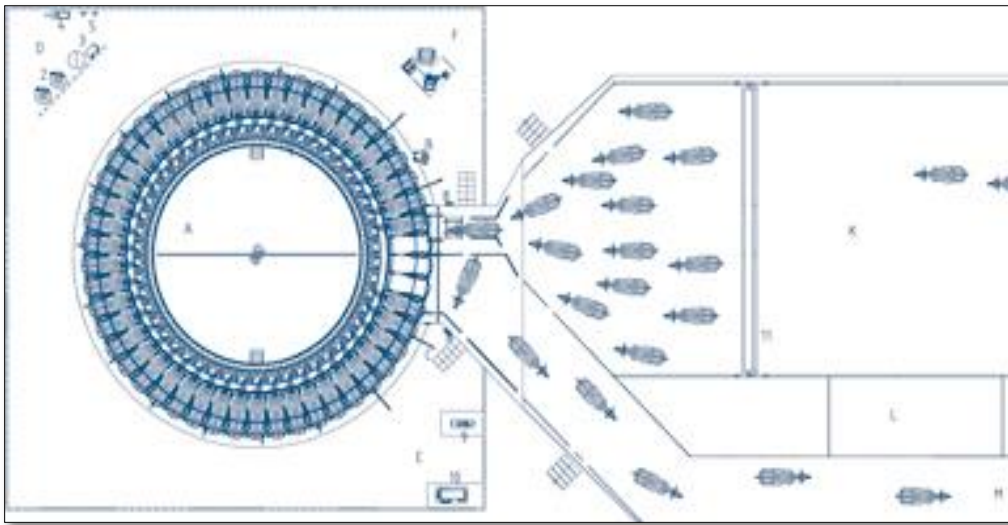
#### **2.2.2.5 Sala de ordeño rotativa.**

Los sistemas de ordeño rotativo son cada vez más utilizados en las explotaciones ganaderas, en las cuales se pretende aumentar la producción de lácteos de manera considerable. Las salas rotativas se encuentran en el mercado aproximadamente desde los años sesenta y a partir de ese momento, han sufrido considerables transformaciones para convertirse hoy en día, en los equipos más eficientes para las lecherías, debido a que permite manejar flujos de animales superiores a los 200 semovientes lactando, dependiendo de los puestos de ordeño de la sala. El número de puestos para estas salas se encuentra entre 14 y 80, siendo ideal para una explotación de 200 vacas, una sala de 14 puestos y para una explotación cercana a las 1500 vacas, la sala de 80 puestos; estas relaciones se dan de acuerdo a la cantidad de vacas que se ordeñan en una hora.

La gran diferencia de este sistema a los mencionados anteriormente, es el carrusel o plataforma rotativa, la cual tiene una forma de anillo que va girando lentamente sobre unos rieles, las vacas ingresan y se retiran de la plataforma por un sector específico mientras esta se mantiene en movimiento, permitiendo así un flujo constante en la entrada y la salida de animales, de manera que el tiempo de ordeño disminuye considerablemente. Adicionalmente cuando una vaca ingresa al carrusel experimenta un recorrido de casi 360° y lo que esto hace, es que la vaca va al lugar donde se encuentran los operarios y ellos no deben desplazarse hacia cada una de las vacas, ayudando esto a la deducción de tiempo para el ordeño. A continuación se muestran algunas imágenes de los sistemas de ordeño rotativo.



**Figura 15.**Esquema instalación sistema rotativo.




Fuente:<http://www.delaval.com.ar/-/ProductInformation1/Milking/Products/Stallwork/Rotary-platforms/HBR2/>

**Figura 16.**Carrusel sistema rotativo.



Fuente: imagen tomada por el autor.

	INFORME FINAL DE PRÁCTICAS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Algo muy particular de estos equipos de ordeño, es que están dotados de dispositivos y sistemas altamente tecnológicos, debido a los avances científicos y a la rentabilidad que generan estos sistemas en las explotaciones lecheras. En todas las salas de ordeño la automatización de procesos, juega un gran papel a la hora de ser competitivos y eficientes y es por esta razón que los ganaderos han permitido nuevos desarrollos en sus fincas. Sistemas como pesaje automático de leche, dosificación de alimento por animal, detección de celo automática son algunos de los desarrollos que se puede encontrar en una sala convencional con alta tecnología. Los sistemas rotativos por la cantidad de animales requieren de estos sistemas y otros más como se menciona a continuación:

- Identificación automática de animales mediante chip.
- Dosificación automática de alimento
- Medición automática de leche.
- Selección automática de animales post-ordeño.
- Empujador de vacas.
- Software de gestión de información del rebaño.
- Lavado automático de las líneas de transporte de leche.

Todos estos sistemas están conectados entre ellos, lo cual permite tener un proceso armónico, ágil y organizado con el objetivo de mejorar la productividad de las explotaciones.

Del anterior listado se pueden tener una serie de combinaciones, las cuales se pueden encontrar en sistemas convencionales, pero es difícil encontrar la sinergia de todos en una sola de estas salas de ordeño. La implementación de estos sistemas es similar en cualquiera que sea nuestro tipo de sala de ordeño, por eso se dará una breve explicación de estas nuevas tecnologías buscando un mejor entendimiento de los equipos de ordeño.

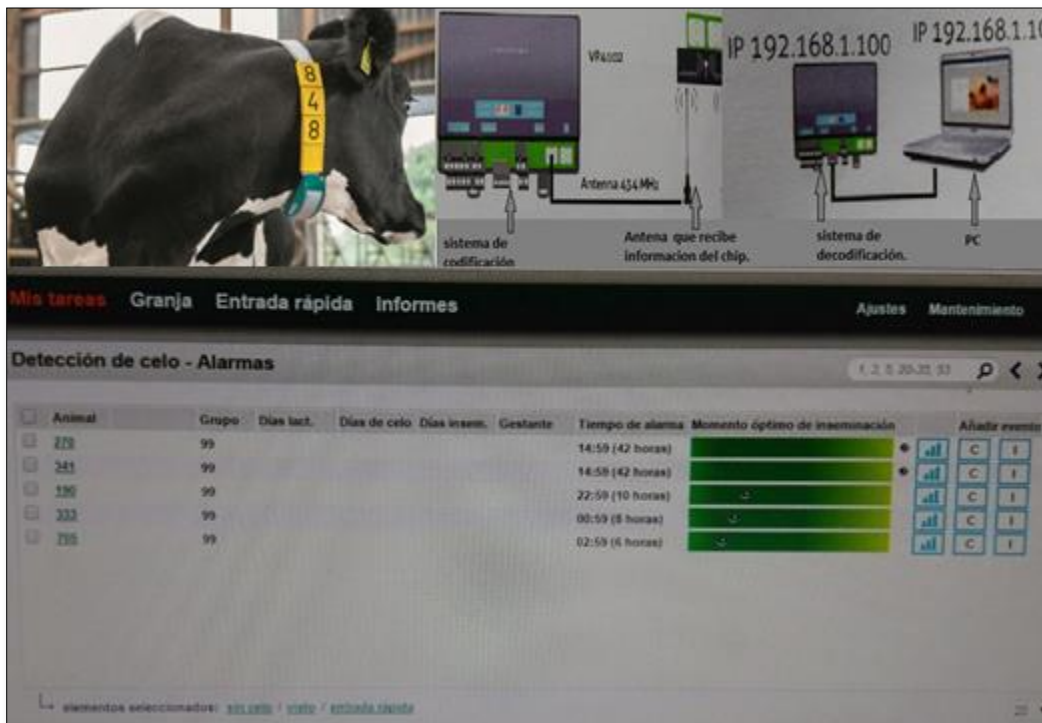
	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 2.3 NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LOS SISTEMAS DE ORDEÑO.

### 2.3.1 Identificación automática de animales.

La identificación automática de cada semoviente se logra gracias a un pequeño chip que porta cada una de las vacas, ya sea en su cuello, pata u oreja; este chip tiene una variabilidad en sus funciones que influye directamente en el precio. Los sistemas de identificación sencillos, vienen diseñados para identificar las vacas al ingreso de la sala de ordeño y en algunos casos a corrales externos, por otro lado se puede obtener una identificación más robusta con los conocidos cowScout, los cuales son chip que porta la vaca y además de permitir la identificación para el ingreso de la sala, emite señales de radio de manera constante a un receptor, para monitorear la actividad de cada animal. Las ventajas que trae este último es que el usuario puede ver cuando sus vacas están en celo y cuando pueden presentar alguna anomalía como una enfermedad.

**Figura 17.** Esquema sistema de identificación y detección de celo.



Fuente: imagen tomada por el autor.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El sistema de detección de celo “Cowscout” tiene un alcance máximo para la vigilancia de actividades igual a 700 metros a nivel radial.

### **2.3.2 Dosificación automática de alimento.**

La dosificación de alimento por vaca, es un novedoso sistema el cual regula la cantidad de pienso a suministrar de acuerdo al promedio de leche producida en los dos últimos ordeños, esta relación de concentrado y leche la define el usuario. Los sistemas más comunes para la dosificación de cuido son:

- ❖ Paletas rotativas: consiste en un motor- reductor que mueve unas paletas soldadas a su eje y al realizar movimiento rotacional el alimento granulado ubicado sobre las paletas cae sobre el comedero del animal.

**Figura 18.** Dosificador de alimento de paletas rotativas.



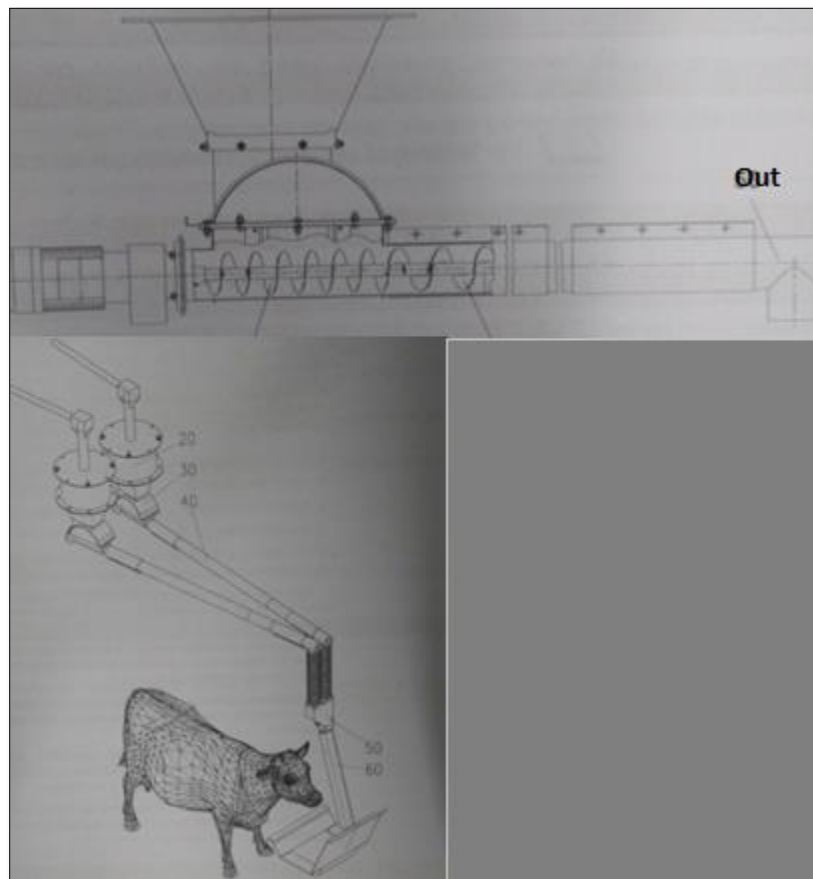
Fuente: imagen tomada por el autor.

- ❖ Tornillo sinfín: La alimentación por tornillo sinfín consiste en un sistema de dosificación multietapa, la primera consta de un tornillo sinfín el cual transporta el alimento

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

peletizado (granulado) desde una tolva de almacenamiento principal, de una capacidad aproximada de 120 Kg, hacia una tolva más pequeña de una capacidad aproximada a 8-10Kg, esta última tiene una compuerta que se maneja con un cilindro neumático doble efecto, permitiendo dar el alimento de manera inmediata a la vaca. Este método está diseñado esencialmente para salas de ordeño rotativas.

**Figura 19.** Dosificador de alimento de tornillo sinfín.



Fuente: Imagenes tomadas de manual número 7057-9055-000 GEA Farm technologies.

### **2.3.3 Medición automática de leche.**

La medición de leche juega quizás uno de los papeles más importantes en las ganaderías, ya que de acuerdo a la producción láctea de cada animal se toman una cadena de decisiones

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

como por ejemplo, tiempo del destete, cantidad de alimentos, posibles enfermedades y demás. De los sistemas de medición se conocen dos básicamente.

❖ **Medición proporcional o porcentual:** se realiza mediante recipientes por los cuales pasa una cantidad de la leche producida por animal y permite relacionarse con la cantidad real. Tienen la desventaja de que son poco precisos, pues en 10 litros reales su rango de tolerancia se encuentra en  $\pm 2$  litros.

**Figura 20.** Medidor proporcional o porcentual.



Fuente: <http://equiposdeordeno.co/index.php/equipos-sec-ganadero/medidores-de-leche-porcentales>.

❖ **Medición electrónica:** la medición electrónica es la aplicación más utilizada en la época actual por su alta precisión (tolerancia  $\pm 0.01$  litros) y demás características, como los niveles de conductibilidad en la leche, la cual permite determinar la salud del animal. La medición de la leche se efectúa cuando ingresa a un recipiente y es sensada por unos electrodos, que envían las señales captadas a una tarjeta electrónica y muestra la cantidad en una pequeña pantalla.



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Figura 21.** Medidor electrónico marca DeLaval.



Fuente: <http://www.delaval.es/-/Product-Information1/Milking/Products/Milking-point/Milk-recording/DeLaval-milk-meter-MM27BC/>

**Figura 22.** Medidor electrónico marca westfalia.



Fuente: <http://agritech.com.ve/dematron-70>

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 2.3.4 Selección automática de animales post-ordeño.

Este es un proceso de clasificación o separación de animales, con el propósito de tener diferentes grupos de semovientes de acuerdo a la necesidad, por ejemplo para la aplicación de medicamentos, evaluación del celo y especialmente separación por grupos según la categoría de producción láctea. La selección se ejecuta gracias a una combinación de puertas ubicadas en un pasillo, las cuales son accionadas por cilindros neumáticos y dan vía a la vaca según se estipule.

**Figura 23.**Esquema puerta selectora de animales automática.



Fuente: Imagenes cortesía de GEA Farm technologies

### 2.3.5 Empujador de vacas.

La implementación de equipos para el arreado automático de animales al ingreso en la sala de ordeño, es un desarrollo quizás de las últimas décadas donde los sistemas rotativos han tenido gran impulso, pues la aplicación específica de este elemento es para equipos rotativos, donde se requiere del ingreso constante de las vacas al lugar de ordeño. El empujador se trata de un puente grúa y desde su soporte principal pende una cortina que se desplaza con lentitud para estimular el avance del rebaño.



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Figura 24.** Diferentes tipos de empujador 1



Fuente: Imágenes cortesía de GEA Farm technologies.

### **2.3.6 Software de gestión de información del rebaño.**

Los software de gestión de información son quizás el principal componente que debe tener un ganadero en su explotación si desea alcanzar altos niveles de productividad, pues el éxito de un rebaño radica en la cantidad de información que se maneja porque de acuerdo a esto se toman acciones correctivas o preventivas, las cuales buscan mejorar los procesos y ser competitivos. Dichos software funcionan de la siguiente forma: todos los eventos que ocurren durante y fuera del ordeño son captados por sensores y demás sistemas mecatrónicos, para convertirlos en datos y llevarlos al pc donde el usuario los puede

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

manipular. Para esto se usan diferentes protocolos de red como Profinet- Ethernet, DPnet obteniendo cada vez más información de los dispositivos asociados a la red y lo que está sucediendo en todo instante con ellos, como es el caso de las tarjetas de control de ordeño, las cuales se pueden monitorear desde el computador.

### **2.3.7 Lavado automático de las líneas de transporte de leche.**

Los sistemas automáticos de lavado son la mejor muestra de la automatización de procesos en el sector agro-ganadero, pues acá se tiene una combinación de sensores y actuadores que realizan el lavado de las tuberías y elementos por los que circula leche. El lavado automático se compone de una tarjeta de control, electroválvulas, sensores de nivel y temperatura, dosificadores de químicos y otros.

El funcionamiento del sistema inicia cuando la tarjeta efectúa los ciclos de lavado donde se regula el nivel de agua, la temperatura de agua, la cantidad de químicos y el tiempo de circulación de esta mezcla por las tuberías. A continuación se muestra un sistema de lavado de la marca GEA.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Figura 25.** Componentes del sistema de lavado implementado.



Fuente: imagen tomada por el autor.

### **2.3.8 Sala de ordeño automático.**

Los sistemas de ordeño automático o voluntario, son un nuevo concepto de ordeño que han cambiado la cultura de los otros sistemas tradicionales, debido a que son modelos híbridos entre una sala de ordeño tándem y un sistema robótico. Lo que se tiene en este tipo de equipos es un cubículo de ordeño tipo tándem, es decir, solo un animal puede ingresar a la vez a este y allí se realiza la rutina de ordeño totalmente automática y sin intervención alguna del ser humano.

En cuanto a la alimentación del animal, cantidad de leche, identificación y todos estos tipo de información y acciones se realizan de manera automática, pero lo más particular de este sistema es que cuenta con un brazo robótico capaz de colocar de manera autónoma la

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

pezonera a la vaca, realizar un proceso de desinfección pre y post ordeño y retirar las pezoneras en el momento indicado.

Según la empresa multinacional GEA “aunque la demanda de sistemas de ordeño robótico varía según el país y las necesidades individuales, solo hay una fórmula para el éxito, Mlone, el sistema de ordeño automático que garantiza mayor fiabilidad, confort y rendimiento”.

**Figura 26.** equipo robótico para ordeño automático “Mlone”.



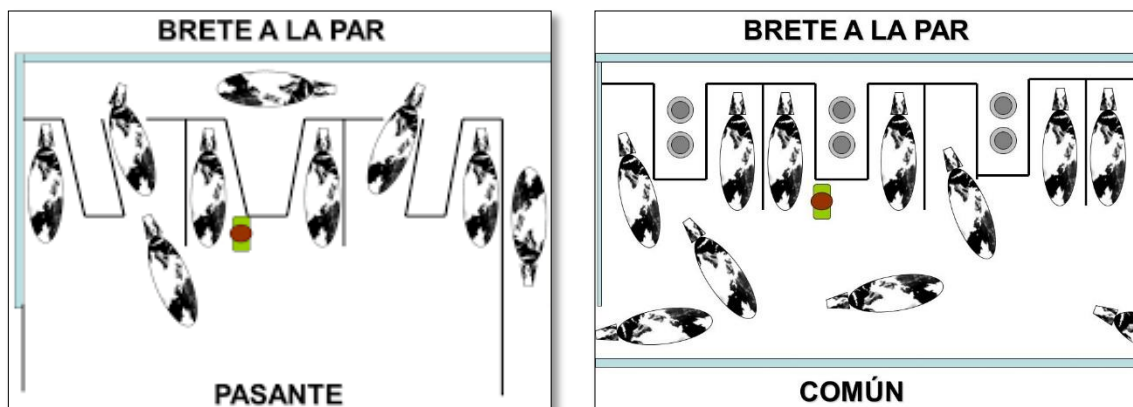
Fuente: Imagenes cortesía de GEA Farm technologies

### 3.METODOLOGÍA.

En este trabajo, se realizó una investigación previa de los sistemas de ordeño existentes en el mercado tanto a nivel mundial como a nivel nacional, con el objetivo de identificar el funcionamiento del equipo y aplicarlo de manera satisfactoria según los requerimientos del cliente y del proceso.

Dentro de la investigación efectuada, se encontró que existen diferentes tipos de equipos de ordeño, los cuales son clasificados según su construcción estructural y funcional. Algunos de los equipos más relevantes encontrados son: estabulación de amarre, brete a la par, espina de pescado, tándem y finalmente rotativa. Para los primeros cuatro sistemas se encontró, que son usualmente utilizados para explotaciones ganaderas pequeñas o medianas, es decir, hasta un número máximo aproximado de 200 o 230 vacas en lactancia. En nuestro país actualmente son usados los primeros cuatro equipos mencionados, debido a que las ganaderías comúnmente no manejan un número de hatos lecheros superior al mencionado anteriormente, adicional a esto la tecnología en cuanto al sector agroganadero apenas viene presentado cambios importantes e innovadores. En las siguientes imágenes se muestran los tipos de equipos de ordeños más usuales.

**Figura 27.** Brete a la par pasante y común.

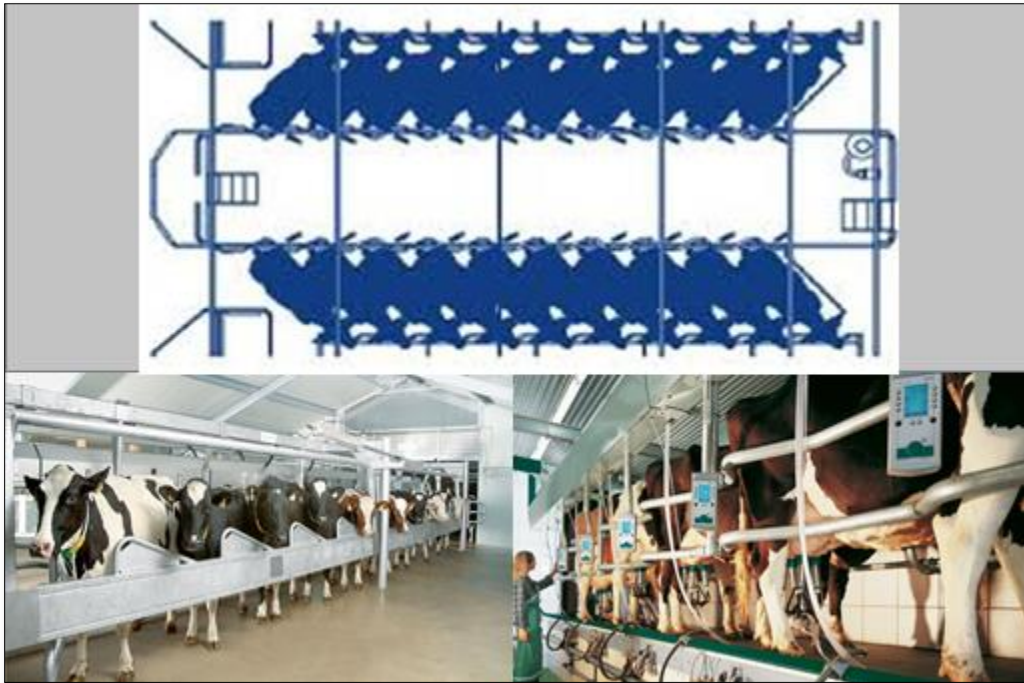


Fuente: <http://slideplayer.es/slide/1034308/>



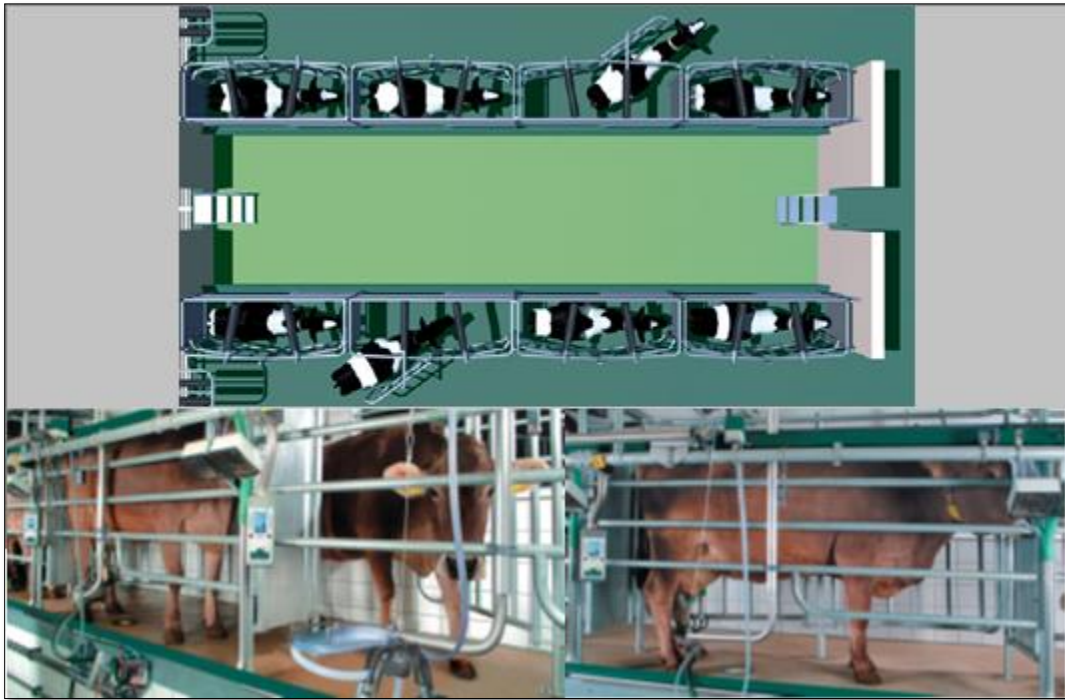
	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Figura 28.** Sala de ordeño tipo espina de pescado.



Fuente: <http://www.delaval.es/-/Product-Information1/Milking/Products/Stallwork/Herringbone-stalls/Eurostall-302/>

**Figura 29.** Sala de ordeño tipo tándem.



Fuente: Imagenes cortesía de GEA Farm technologies.

**Figura 30.** Sala de ordeño tipo rotativa.



Fuente: Imagenes cortesía de GEA Farm technologies.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Analizados los diferentes tipos de equipos de ordeño el siguiente paso que se realizó, fue mirar los requerimientos del proceso, pues es necesario saber cuáles son las condiciones que se tiene en la explotación ganadera a tratar y cuáles son los objetivos de trabajo del cliente. Desde la parte técnica se realizó un análisis para dicho proceso, en el cual se tiene una explotación lechera presupuestada para 300 vacas inicialmente, pero con una visión de crecimiento hasta llegar a un hato de 600 vacas en producción, teniendo en cuenta que el cliente requiere de un tiempo mínimo de ordeño y un buen manejo de información del proceso. Otro punto de análisis considerado fue la disponibilidad económica del cliente para realizar la inversión, el cual busca innovar tecnológicamente en el sector aprovechando las ventajas que ofrece este tipo de equipos.

Después de las consideraciones anteriores, se definió la implementación de un sistema de ordeño rotativo, pues este tipo de sistemas permite un procesamiento de vacas/hora muy considerable, sin la necesidad de tener gran cantidad de operarios como en los otros tipos de salas. Según la necesidad se definió un equipo de ordeño de 32 puestos, es decir, que de manera constante se están ordeñando 32 vacas, permitiendo ordeñar entre 180 y 200 vacas/hora. Por su parte este sistema tiene la ventaja que se pueden ordeñar aproximadamente entre 300 y 700 vacas por ciclo de ordeño, conservando la eficiencia del sistema dentro del rango ideal.

Dentro de lo investigado, los sistemas de ordeño rotativo permiten la implementación de una gama de opciones de acuerdo a la necesidad del medio; para el caso en mención se seleccionó un sistema equipado con: identificación automática de animales, dosificación automática de alimento, pesaje de leche, ciclo de ordeño automático, selección de animales mediante puertas automáticas, lavado automático de tuberías y elementos transportadores de leche, detección de celo de las vacas, sistema de información del rebaño y demás dispositivos que componen el equipo.

Para el correcto funcionamiento del equipo fue necesario una reforma en la red eléctrica que disponía la finca, pues se contaba con una red monofásica muy inestable, causa que con el tiempo tendría consecuencias irreversibles en los equipos, como distorsión de datos



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

en las tarjetas eléctricas e incluso cortocircuitos que dañarían está totalmente. A consideración de la parte técnica se recomendó al cliente cambiar el suministro eléctrico por una red trifásica, la cual se hizo efectiva de forma inmediata generando un impacto positivo no solo en el sitio del proyecto sino en gran parte de la región. Algo que vale la pena resaltar, es la implementación de un DPS en el gabinete de acometida para proteger toda la parte eléctrica y electrónica de sobre picos de corriente y voltaje.

**Figura 31.** DPS en el gabinete principal.



Fuente: Imagen de DPS tomadas en el montaje

El desarrollo del proyecto se ejecutó en dos grandes fases, siendo la primera fase la estructural, es decir, la construcción y adecuación del espacio donde se deseaba realizar el montaje del equipo; para esto se brindó al cliente un diseño preliminar, en el cual se especificaban algunos requerimientos como: áreas de cuarto y corrales y ductos subterráneos para conexión eléctrica de alta y baja potencia. Por otro lado la segunda fase se constituye del montaje del equipo y los componentes mencionados anteriormente.

Avanzado en gran parte la fase de adecuación del espacio, se procedió a realizar el montaje de los componentes mecánicos, electrónicos y eléctricos del equipo.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Para el sistema se tiene que la identificación de animales se hace al momento de ingreso a la sala de ordeño con la finalidad de identificar en qué estado (cantidad de leche, vaca en lactancia, vaca en no lactancia, entre otros) se encuentra la vaca. El funcionamiento del sistema se basa en un campo electromagnético, el cual se distribuye uniformemente sobre la puerta de entrada, de manera que cuando la vaca pasa por allí el campo electromagnético responde con una intensidad diferente según el chip que porte cada animal. La identificación, da paso a la siguiente etapa de dispensación de pienso, pues identificado el animal se sabe que cantidad de concentrado le corresponde, y gracias a un mecanismo de tornillo sinfín se suministra lo necesario. El mecanismo de tornillo sinfín fue seleccionado por las ventajas que tiene con respecto a otros sistemas como el dosificador de paletas rotativas, ya que es más rápido el suministro, pues el hecho de que el comedero de la vaca solo coincida un tiempo mínimo con el punto de dispensación debido a la rotación del carrusel, requiere rapidez y exactitud. El ciclo o tiempo de ordeño, determina en gran parte el éxito del proceso y para que esto se cumpla la unidad de ordeño debe ser retirada cuando el flujo de leche sea mínimo, de lo contrario se generaría efectos negativos en la salud de la vaca; por esta razón se montó un sistema electrónico de medición de leche, que a cambio de los sistemas de medición proporcionales (no electrónicos), nos brinda un valor de medición con altos niveles de exactitud, flujo de leche y propiedades de la leche, como conductibilidad (salud de la leche) y a partir de esto se toman acciones tan importantes como finalizar el ciclo de ordeño.

La principal característica del sistema de ordeño rotativo que fue desarrollado, radica en la gestión de información, para esto se investigaron que softwares permitían tener la mayor cantidad de información del rebaño y como resultado de esta, se decidió usar el software DairyPlan, debido a que por su diseño permite realizar una conexión con los subsistemas mencionados anteriormente y conocer los datos del proceso de manera automática, lo que permite al cliente tener la información necesaria del hato.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La eficiencia dentro del área de ordeño no se debe ver afectada por otros factores, como cuellos de botella con el manejo de animales post ordeño, por esto se determinó colocar un sistema automático de puertas (autoselect 5000), selector de animales en el pasillo de salida, y así después del ordeño se puede separar las vacas por corrales según lo requiera el operario.

En este equipo se usaron tres bombas de vacío con una capacidad aproximada de 2800 litros/min cada una, trabajando dos de ellas durante el funcionamiento normal del equipo y la otra usada como un backup (repuesto) en caso de emergencia. Estas bombas son accionadas por motores trifásicos de 10HP de potencia, a los cuales se les acopló un sistema de arranque controlado mediante arrancadores suaves (figura 31), buscando disminuir el consumo energético y aumentando la vida útil del conjunto motor-bomba. Se determinó utilizar arrancadores suaves y no variadores de velocidad, porque el costo de inversión inicial de estos últimos es significativamente alta con respecto a los arrancadores suaves, lo que haciendo una relación costo/beneficio del variador, serian inadecuados para el proceso.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Figura 32.** Gabinete de arrancadores suaves.



Fuente: Imagen tomada por el autor.

Un factor determinante en la producción de leche es el cuidado del equipo de ordeño y el pilar más importante es la limpieza; como se sabe en cualquier proceso de manipulación de alimentos es necesario la inocuidad del producto y para nuestro caso, un manejo inadecuado tiene efectos secundarios negativos como: la salud del animal, personas y pérdida en las ganancias por ventas del líquido lácteo. Por esta razón se realizó el montaje de un sistema de lavado automático, el cual está diseñado para realizar una mezcla entre agua y químicos, que son dosificados de manera exacta ayudando satisfactoriamente con la higiene de ductos y demás medio de transporte de leche.

El desarrollo de todo proyecto lleva consigo un número acontecimientos que van perturbando el avance normal del proyecto, existen una serie de eventos que no se encuentran dentro del diseño, y es allí el momento en el que la ingeniería debe buscar soluciones inmediatas y precisas al problema. Un ejemplo de esto, se presentó en el

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

montaje de las líneas de transporte de leche y agua, las cuales no se podían posicionar en el lugar adecuado, debido a que la estructura que la soportaba no estaba diseñada para el equipo en montaje; la solución que se dio a partir del análisis hecho por el grupo de trabajo, fue modificar las dimensiones de los soportes y reacomodar otros elementos, ya que salía más costoso cambiar los soportes directamente con el fabricante, porque esto implicaba enviarlos a otro país y traer de vuelta los adecuados, que asumir los costos para hacer la modificación en nuestro país.

Otro ejemplo de una eventualidad no presupuestada, se presentó en la puesta en marcha del proyecto, en la cual la glándula central de rotación del sistema y su tarjeta electrónica presentaban problemas con el envío y recepción de datos, lo que impedía el funcionamiento del sistema de identificación y alimentación. La acción tomada para la solución a este problema se efectuó de manera temporal desactivando el sistema de identificación y dando la misma cantidad de comida a todas las vacas mediante un sensor final de carrera, que se activa al llegar el animal al sitio de dispensación de alimento (figura 32).

**Figura 33.** Dosificador estándar de alimento.



Fuente: Imagen tomada por el autor.

De acuerdo a los dispositivos mencionados anteriormente, se puede intuir que en el desarrollo de este proyecto se tiene una gran cantidad de dispositivos electrónicos, los cuales se le debe suministrar una energía limpia y estable, de lo contrario el funcionamiento no sería óptimo y se perderían datos, se ejecutarían acciones erróneas y demás. Por tal razón se tomó la decisión de proteger el sistema no solo con el DPS mencionado al inicio, sino con una UPS ONLINE de 10KVA, la cual brinda una energía regulada y adicionalmente

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

tiene un banco de baterías que permite dar autonomía al equipo por varias horas en caso de falla en el suministro eléctrico.

**Figura 34.** UPS 10KVA y Banco de baterías.



Fuente: Imagen tomada por el autor.



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

### 4.1 RESULTADOS

En el presente trabajo, se propuso originalmente plantear e identificar las variables que intervienen en un sistema automático de ordeño, para dar soluciones técnicas a procesos agroindustriales.

En sentido al desarrollo general del proyecto, se puede decir que los objetivos planteados se han obtenido, ya que se ha logrado poner en funcionamiento el primer sistema de ordeño rotativo en Colombia, el cual cumple con las necesidades del sector agroindustrial. Con este sistema el sector ganadero puede alcanzar un nivel competitivo bastante alto debido a la implementación de alta tecnología en estos equipos. La decisión para implementar este tipo de ordeño en el país radica en la gran capacidad de manejo de animales y el desempeño en los subsistemas que los componen como lo es: la gestión de información, identificación automática de animales, dosificación automática de alimento, selección de vacas post-ordeño, empujador de vacas y por ultimo lavado automático de líneas de transporte de leche. A continuación se muestran algunos de los componentes más importantes del proyecto.

#### 4.1.1 Sistema de vacío.

De manera general el sistema de vacío de una sala rotativa es similar al de una sala convencional pero con la diferencia que sus equipos y elementos son muchos más grandes y de mayores capacidades. Para la sala rotativa se implementaron los siguientes elementos en el sistema de vacío.

- **Bomba de vacío:** El grupo de vacío utilizado en el montaje corresponde a un conjunto de 3 bombas de tipo RPS 2800 accionadas por motores trifásicos de 10 HP; de las 3 bombas solo trabajaran 2 de manera permanente y la otra será de repuesto. El funcionamiento de las bombas se hace de manera alternada es decir que se ira combinando el funcionamiento de una con otra cada semana con el objetivo de que todas tengan las



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

mismas horas de trabajo y no presenten problemas por poco uso. El tablero de control donde se encuentran los arrancadores suaves permiten elegir de manera manual cuál de las bombas habilitar.

**Figura 35.** Bombas de vacío y motores eléctricos.



Fuente: Imagen tomada por el autor.

- **Arrancadores suaves para bombas de vacío.** Cada una de las bombas mencionadas anteriormente está impulsada por motores eléctricos trifásicos de 10 HP con la particularidad de que estos no tienen un arranque directo (arrancador básico), sino un arranque dinámico generado por un arrancador suave como el mostrado en la figura 31, el cual genera una rampa de aceleración controlada.
- **Regulador de vacío:** debido a la gran cantidad de caudal que es necesario para una sala de 32 puestos de ordeño es necesario implementar un regulador de 10Kpa en serie para hacer un buen proceso de regulación y evitar recalentamientos en la bomba.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Figura 36.** Válvula reguladora de vacío.



Fuente: Imagen tomada por el autor.

#### **4.1.2 Sistema de accionamiento del carrusel.**

Los accionamientos son motor-reductores de 1.1Kw que reducen la velocidad del motor de 1735 a 13 RPM y proveen de movimiento al carrusel mediante dos ruedas que en su intermedio llevan una lámina de gran espesor dispuesta en toda la circunferencia y es llamada *rodadura*; una de estas ruedas se encarga suministrar el torque necesario para mover la plataforma y la otra sirve de tensor. Para este sistema se tienen tres motor-reductores de los cuales solo trabajan dos de manera permanente y el otro es de repuesto para casos de emergencia; los dos motores dispuestos para mover la plataforma se encuentran paralelo uno de otro (uno frente del otro). En las siguientes imágenes se evidencia como está montado el accionamiento.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Figura 37.** sistema motor-reductor plataforma giratoria.



Fuente: Imagen tomada por el autor.

En la siguiente imagen se muestran los variadores de velocidad encargados de la rotación del carrusel; esta velocidad cambia de acuerdo a lo seleccionado por el usuario. Los parámetros para la velocidad se comunican a través de la red DPNET (similar a red Ethernet) y se reciben mediante la tarjeta que se ve en la parte superior derecha.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Figura 38.** Gabinete de control sistema de accionamiento.



Fuente: Imagen tomada por el autor.

#### **4.1.3 Sistema automático de lavado.**

El sistema automático realiza ciclos de lavado con diferentes productos químicos y agua a diferentes temperaturas removiendo toda la leche de los medios transportadores y las bacterias que quedan allí. Este dispositivo, mostrado en la figura 24, puede armonizar sus funciones entre aproximadamente 10 elementos constituidos por sensores y actuadores, como por ejemplo sensores de nivel, temperatura, servo válvulas, electroválvulas y motores de baja potencia.

#### **4.1.4 Montaje del sistema de alimentación.**

La alimentación para el sistema de ordeño rotativo consiste en un sistema de dosificación multietapa como en mostrado en la figura 19; la primera etapa consta de un tornillo sinfín el cual transporta el alimento peletizado desde una tolva de almacenamiento principal de una capacidad aproximada de 120 Kg hacia una tolva más pequeña de una capacidad aproximada a 8-10Kg; esta última tiene una compuerta que se maneja con un cilindro neumático doble efecto permitiendo dar el alimento de manera inmediata a la vaca cuando su comedero coincide con la tolva de dispensación, sin la necesidad de parar el giro del carrusel.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Figura 39.** Dosificador de alimento.



Fuente: Imagen tomada por el autor.

**4.1.5 Implementación puerta selectora:** La puerta automática para la selección de animales es un elemento que mejora el manejo de animales, ya que permite separar los animales de acuerdo a los requerimientos del usuario. La puerta selectora implementada en este proyecto comprende 5 vías, es decir que podemos separar animales para 5 diferentes rutas, ya sean corrales o pasillos. Funciona con cilindros neumáticos, sensores ópticos y un sistema de control que se ejecuta desde un software llamado *dairyPlan* y el cual permite la selección de animales para tareas posteriores como por ejemplo para la inseminación, aplicación de medicamentos y otros.



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Figura 40.** Implementación puerta de selección de animales.



Fuente: Imagen tomada por el autor.

**4.1.6 Empujador automático de vacas (Puerta arreadora).** El mecanismo para arrear el ganado tiene como objetivo llevar las vacas a la zona de ordeño de una forma más activa; pues la puerta arreadora tiene un sistema de desplazamiento automático con una velocidad constante la cual puede variar de acuerdo al flujo de ordeño que tienen los operarios. La puerta se constituye de un moto-reductor a 24V y una serie de poleas y guayas las cuales permiten desplazar una cortina liviana de manera lineal por el patio de espera.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Figura 41.** Empujador de animales.



Fuente: Imagen tomada por el autor.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

#### 4.1.7 Sistema estructural del carrusel.

**Figura 42.** Sistema estructural del carrusel rotativo.



Fuente: Imagen tomada por el autor.

En esta imagen se puede observar la parte estructural de un sistema rotativo; lo que se evidencia con el desarrollo de un proyecto de este tipo en el cual se unen los sistemas mecánicos, electrónicos y de control es que esto constituye netamente un sistema mecatrónico que cumple el objetivo de mejorar la productividad en un proceso agroindustrial.

#### 4.2 DISCUSION.

A lo largo de la ejecución del proyecto fue necesario realizar algunas modificaciones en dispositivos o componentes como lo fue la geometría de los soporte de tubería de leche y



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

lavado, identificación automática de animales y dosificación automática de alimento; las fallas en estos sistemas se detallan a continuación.

Para el caso de la geometría de los soporte de la tubería de leche y lavado (figura 43), ocurrió que los importados por la casa matriz no estaban diseñados específicamente para este tipo de sala, lo que generaba fallas en la caída de las tubería perturbando el drenaje de líquidos según la necesidad; la solución a este problema fue modificar la geometría de los soportes en nuestro país ya que salía más costoso pedir un recambio al fabricante ubicado en otro país.

**Figura 43.** Tubería línea leche y lavado en sistema rotativo.



Fuente: Imagen tomada por el autor.

Por otro lado una eventualidad no presupuestada se presentó en la puesta en marcha del proyecto en la cual la glándula central de rotación del sistema y su tarjeta de control presentaban problemas con el envío y recepción de datos; esta glándula se constituye de

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

una serie de bobinas que permiten que cuando la plataforma gire los cables de control y potencia no se enrollen hasta fatigarse; adicional a esto en este dispositivo se encuentra el sensor de posición de la sala llamado “encoder” y el cual tenía una defecto de fábrica que impedía el funcionamiento del sistema de identificación y alimentación. La acción tomada para la solución a este problema se efectuó de manera temporal desactivando el sistema de identificación y dando la misma cantidad de comida a todas las vacas mediante un sensor final de carrera que se activa al llegar el animal al sitio de dispensación de alimento (figura 31), hasta ser reemplazado dicho elemento por uno nuevo.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

---

### 5.1 CONCLUSIONES.

- El proyecto realizado contribuye de manera significativa en el desarrollo del sector agroindustrial en nuestro país, ya que se puede tener altos niveles de competitividad con un sistema de ordeño rotativo.
- A lo largo de la investigación realizada previa al montaje del proyecto se pudo evidenciar que es de gran importancia conocer las necesidades tanto del cliente como del sector a intervenir, ya que de esto depende que tipo de sistema de ordeño se debe implementar.
- La ejecución de un sistema rotativo de ordeño en nuestro país, es catalogado como un proyecto innovador, debido a que hasta la fecha es el primer equipo de este tipo puesto en funcionamiento en Colombia. Por tal razón se puede decir que durante el desarrollo del proyecto se gozaron de muchas enseñanzas, las cuales pueden aportar en experiencias futuras.
- Se comprobó que una sala de ordeño rotativa es la mejor alternativa para las grandes explotaciones (más de 300 vacas en producción láctea), pues gracias al modelo circular rotacional en su estructura permite un tiempo de ordeño muy reducido en comparación con los demás tipos de salas; adicionalmente estos equipos cuentan con el buen manejo de información del hato que favorece en la administración eficiente requerida por los usuarios.
- Durante el proceso de montaje y puesta en marcha se optó por implementar un sistema de empuje automático de vacas, con el cual se obtuvo un flujo de ingreso constante de animales al lugar de ordeño; esto contribuye como aprendizaje para la planeación en trabajos futuros.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- En el montaje se presentaron inconvenientes con algunos componentes los cuales pueden venir con defectos de fábrica y adicional no son muy comercializados en nuestro país, lo que genera perturbaciones en el proyecto como lo son: retrasos en la entrega del proyecto, incrementos en costos de desarrollo y demás.
- La robustez de este tipo de proyecto requiere de una planeación inicial en la que se tenga presente las metodologías a usar para el óptimo manejo de los recursos, llevando a cabo de manera adecuada el ensamble del equipo y su puesta en marcha.

## **5.2 RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO.**

- Como recomendación a un trabajo futuro se sugiere una buena identificación de dispositivos y medios de comunicación (cableado) con el objetivo de facilitar el mantenimiento de los equipos y la detección de fallas en estos.
- El montaje de un banco de prueba sería de gran importancia para verificar el estado de algunos componentes antes y después de la puesta en marcha.
- En el caso de utilizar dispositivos poco conocidos se recomienda contar con elementos claves de soporte como lo son tarjetas electrónicas, sensores, actuadores y demás para evitar paros por fallas no programadas y programadas, no perturbando la operación normal del sistema y consiguiendo así la máxima eficiencia del equipo.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 6. REFERENCIAS

---

- IDEAestudio.com. (5 de Enero de 2017). *Agritech*. Obtenido de <http://agritech.com.ve/>
- Busch, G. (4 de Enero de 2017). *BuschVacuum: Busch bombas y sistemas de vacío*. Obtenido de <http://www.buschvacuum.com/co/es/technology/liquid-ring-vacuum-pumps>
- Denver, G. (4 de Enero de 2017). *NASH. Como funciona la bomba de anillo líquido*. Obtenido de <http://www.gdnash.com.br/esp/funciona.html>
- EcuRed. (4 de Enero de 2017). *Conocimiento con todos y para todos*. Obtenido de <http://www.ecured.cu/Orde%C3%B1o>
- GEA. (2016). *Engineering for a better world. Ordeño 24-7 con un sistema rotativo*. Obtenido de <http://www.gea.com/es/solutions/round-the-clock-milking-farm.jsp>
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio rural y Marino 2010 . (2010). Instalaciones de ordeño. *Plataforma de conocimiento para el medio rural y pesquero*, 1-5.
- Ponce de Leon Esteban, J. L. (2013). *Fundamentos físicos del ordeño mecánico*. Madrid: OpenCourseWare-Site.
- Sáens López, S., & Serra Sánchez, R. (1992). La máquina y las instalaciones de ordeño en el ganado vacuno lechero. *Mundo Ganadero*, 36-45.
- Valero, C., & Ortiz Cañavate, J. (s.f.). Evolucion de las maquinas de ordeño. En J. O. Cañavate, *Las maquinas agricolas y su aplicación*. (págs. 12-17). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Vearl R, S. (1962). *Fisiología de la lactancia*. Costa Rica: Servicio de intercambio Científico-SIC.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES Jorge Mario Londoño T

FIRMA ASESOR Adrián F. Martínez

FECHA ENTREGA: 13 de febrero de 2017

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD \_\_\_\_\_

RECHAZADO\_\_\_      ACEPTADO\_\_\_      ACEPTADO CON MODIFICACIONES\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD \_\_\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_