

Integración de un sistema dosificador de alimento para ganado bovino

Duván Alejandro Suarez Aguirre
C.C 1 088 338 022

David Manrique Pérez
C.C. 1 094 933 414

Facultad de Tecnologías
Programa de Ingeniería Mecatrónica
Ciclo II, Tecnología en Mecatrónica
Universidad Tecnológica de Pereira
Pereira - Risaralda
Mayo, 2016

Integración de un sistema dosificador de alimento para ganado bovino

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
TECNOLOGO EN MECATRONICA**

**Autores. Duvan Alejandro Suarez Aguirre
David Manrique Pérez
Director.
Ing. Cristian Daniel Molina**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGIAS
PEREIRA
2016**

AGRADECIMIENTOS

A Dios. Por habernos permitido llegar hasta este punto y habernos dado salud para lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A nuestras madres. Por habernos apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, su dedicación, por la motivación constante que nos ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su entrega, compromiso y amor.

A nuestros padres. Por los ejemplos de perseverancia, constancia y dedicación que siempre lo han caracterizado y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante.

A nuestro director. El Ing. Cristian Daniel Molina por su gran apoyo y motivación para la culminación de nuestro estudio tecnológico y para la elaboración de este proyecto.

A nuestros amigos. Que nos apoyaron mutuamente en nuestra formación tecnológica y que hasta ahora, seguimos siendo amigos: Andrés Holguín, Daniel E. García y Luis Fernando López, gracias por habernos ayudado de alguna manera a realizar este proyecto.

¡GRACIAS A USTEDES!

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo a nuestras madres y padres que siempre han estado en todo momento y lugar para poder nosotros llevar a cabo nuestros sueños, nuestros logros y nuestras metas día a día.

Contenido

RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	8
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	9
JUSTIFICACIÓN	10
MARCO DE REFERENCIA	11
Marco teórico.....	11
Tipos de comederos según el principio de funcionamiento.	11
Dosificación de alimento.....	12
GENERALIDADES DEL GANADO BOVINO	14
Características generales.	14
Entidades representativas en el ganado.....	15
Alimentación Bovina.	16
Bienestar animal.	18
El comportamiento del bovino y su manejo.	19
Instalaciones.	21
ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA	23
Instrumentación.....	23
Identificación.	23
Protocolos y opciones.....	26
Escenario de la telemetría.	26
Obtención del peso.....	29
Diseño estructural.....	31
Instalaciones.	31
Selección y orientación.....	32
Control de dosificación	37
Dispensador de alimento.....	38
Control de dosificación.	44
CONCLUSIONES	51
BIBLIOGRAFÍA.....	52

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 MEDIDAS BASICAS DEL GANADO.....	14
Ilustración 2 alimentación bovina	17
Ilustración 3 manejo del bovino fuente ica.	19
Ilustración 4 cuidado animal fuente: ica.	18
Ilustración 5 distribución del ganado fuente: ica.....	20
Ilustración 6 distribución del ganado fuente: ica.....	20
Ilustración 7 instalaciones. fuente: ica.....	21
Ilustración 8 instalaciones. fuente: ica.....	22
Ilustración 9 RFID fuente: internet	27
Ilustración 10 sistema RFID, conectividad. fuente: internet.....	28
Ilustración 11 báscula para bovinos fuente: internet.	30
Ilustración 12 sección y orientación para el ordeño y alimentación.	33
Ilustración 13 medidas estándares de un bovino fuente: federan.....	34
Ilustración 14 piso de cubículo del bovino.....	35
Ilustración 15 vista superior de los cubículos.	35
Ilustración 16 sistema completo de alimentación (comedero)	37
Ilustración 17 diseño de la tolva.....	39
Ilustración 18 soporte de la tolva	40
Ilustración 19 tolva con soporte y coca.	41
Ilustración 20 coca.....	42
Ilustración 21 válvula guillotina	43

RESUMEN

En este trabajo se realizó el diseño de una integración de un sistema dosificador de alimento para ganado bovino. Este tipo de sistemas son de especial relevancia en las empresas que dedican su actividad a la lechería especializada. La alimentación de las vacas especializadas en producción láctea es una tarea importante y representativa en los hatos lecheros, dado que es una variable que causa efectos económicos, reproductivos en variables que convierten en factores importantes para lograr la competitividad de la empresa lechera. Es así que un desbalance, entendido como un exceso o disminución en la ración de concentrado causa desordenes en la fisiología de la vaca lo que se traduce en trastornos en la producción y en la rentabilidad del sistema de negocio [1].

Por consiguiente, se realizó el diseño de un sistema dosificador de alimento para ganado bovino, que mediante un sistema de control que se le implemente, permita identificar el animal por medio de algún sistema de selección (Identificación por radio frecuencia (RFID), WI-FI o BLUETOOTH) y con la información pertinente de cada animal y la información acertada para el sistema que calcula las raciones de acuerdo a la producción y la etapa de lactancia en la que se encuentre el animal, se le dosifique la porción de alimento necesario para mantener el bovino en excelentes condiciones y entregue diariamente la leche estimada; de tal forma que se cuente con un sistema que mantenga un equilibrio en lo económico, mejorando la eficiencia del hato lechero, igualmente manteniendo el estado fisiológico del animal.

INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta que actualmente el consumidor busca productos con estándares altos de calidad; se exige a la industria, en este caso la industria lechera, que en sus diferentes procesos, realice una revisión, evaluación y mejoras para conseguir un mejor producto terminado que cumpla con las expectativas de cada consumidor.

Con la integración de un sistema dosificador de alimento para ganado bovino, se logrará mejorar procesos de control de calidad de una forma más precisa, más segura y eficaz; garantizando un buen producto y así dando mejores ganancias a la empresa y asegurando mejores productos al consumidor final.

Por consiguiente, el proyecto busca mejorar significativamente las condiciones alimenticias del ganado bovino dado que es evidente que su manejo no es el más adecuado en cuanto se refieren a alimentación, aportando un componente bioético que favorecerá el bienestar animal el cual impacta notablemente en el estado económico y social de la empresa. De igual forma es importante mencionar algunas de las ventajas que este proyecto aportaría a la explotación ganadera las cuales se nombran a continuación.

Ventajas:

1. Mantiene los niveles adecuados de componentes en el rumen.
2. Reducción de la tasa de mortalidad por desbalance energético.
3. Permite conocer la cantidad que come cada animal día a día.
4. Posibilita la trazabilidad del animal desde el primer día de producción.
5. Evita el deterioro de los animales por el descuido del hombre.
6. Le permite al veterinario hacer un seguimiento detallado de la evolución en la producción y en la alimentación.
7. Mayores ganancias de peso recuperación del estado corporal.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En toda explotación lechera el objetivo central es lograr las máximas utilidades y estabilidad de la empresa en el tiempo. Para ello, es necesario que se realice una buena administración de los recursos un control de calidad y se desarrolle un sistema que lo realice [2].

Las empresas evalúan e identifican los diferentes puntos críticos de calidad, después de esto se podrá implementar el procedimiento que más se adecue, ayudando a que disminuyan los riesgos evidentes del producto no conforme para el cliente, optimizando la calidad del producto. De acuerdo a estas etapas se determina el aumento o disminución de alimento. Para obtener la máxima producción de leche, se requiere mantener un balance adecuado de nutrientes, maximizar la digestión de los alimentos y permitir un flujo constante de nutrientes a la glándula mamaria.

Formulación del problema

¿Es posible integrar sistemas mecatronicos para estructurar un comedero en bovinos?

PREGUNTAS ORIENTADAS

- ¿Se tiene la información para establecer los requerimientos necesarios para el diseño de los módulos físicos estructurales de un comedero para bovinos?
- ¿Cuáles son los módulos requeridos para un sistema de comedero de bovinos?
- ¿Qué software permite la realización del diseño del comedero para el ganado bovino?
- ¿Cuáles son los requerimientos básicos para este tipo de sistemas?

JUSTIFICACIÓN

Actualmente los negocios agropecuarios deben emigrar hacia la construcción de sistemas empresariales bien establecidos, donde la organización es el factor predominante para el éxito de la empresa, de tal forma que es necesario brindarle a este sector, herramientas (sistemas informáticos) para que se hagan más competitivas. Indudablemente el bienestar de una empresa puede extenderse y reflejarse en los empleados que en ella laboran y en el núcleo familiar de cada uno, es así que la eficiencia de una empresa se construye teniendo procesos exactos, confiables, donde la tecnología (mecatrónica) es un gran aporte para lograrlo.

Año tras año se han desarrollado nuevas ciencias aplicadas que abarcan todos los intereses tecnológicos e innovadores como lo son sistemas informáticos, redes de comunicación, electro medicina, electromecánica, nanotecnología inteligente y por su puesto electrónica industrial para los procesos más grandes y significativos en dicha área, así mismo presentan un interés particular la aplicación de estas tecnologías a los procesos agropecuarios dado que cada día es necesario que sean más eficientes y estandarizados siendo Colombia uno de los países de interés debido al auge y crecimiento económico en el que se encuentra actualmente.

Es por estas razones entre otras de gran interés que la ganadería colombiana debe contar con herramientas eficaces y tecnológicas (mecatronicas) que logren dicho objetivo, es así que el sistema planteado busca convertirse en una herramienta que aporte al mejoramiento del sector ayuda al sector ganadero del país el cual últimamente se ha visto afectado por el invierno, así mismo las políticas gubernamentales no impactan en los pequeños y medianos productores. Por lo tanto este proyecto está enfocado en brindar una herramienta que ayude a mejorar las condiciones actuales del medio.

MARCO DE REFERENCIA

Marco teórico.

Tipos de comederos según el principio de funcionamiento.

- **Comedero Automático de tornillo sin fin:** se compone de un tornillo que gira dentro de un tubo de acero o de un canal de madera dura o de acero. El alimento cae al comedero, situado debajo, a través de orificios o de ranuras hechos en la envuelta del tornillo. El rendimiento de transporte de tornillo aumenta con el diámetro, la velocidad de giro y el paso de rosca. Un llenado insuficiente del transportador origina un mayor desgaste en las instalaciones aumentando también el ruido. Debido a esto no son apropiados para establos con reses sujetas pero sí lo son en caso de estabulación libre. Por lo demás, los tornillos sin fin son poco sensibles a las averías y requieren pocos cuidados y mantenimiento.
- **Comedero automático de varillas de empuje:** consta de un listón de arrastre afectado de un movimiento de vaivén que lleva a los lados las varillas de empuje del alimento. Estos transportadores son idóneos para forrajes picados, tanto verdes como ensilados hasta una longitud de 15 cm.
- **Comedero automático de cadena:** funciona en circuito cerrado y lleva unos listones de arrastre a intervalos de 60-70 cm. El canal de transporte sirve al mismo tiempo de comedero. Las instalaciones de cadenas son apropiadas, además para piensos granulados, para forrajes verdes, ensilados y para heno picado cuya longitud no sobrepase los 12 cm, no permitiendo una dosificación diferente para las distintas plazas del ganado.

Requiere un cuidado más especial que los demás comederos automáticos por tener que volver a tensar de cuando en cuando las cadenas.

- **Comedero automático de banda móvil suspendida:** la banda móvil se desplaza y distribuye el pienso a un lado y a otro según el sentido de avance.
- **Comedero automático de espiral:** se utiliza fundamentalmente para la distribución de alimentos en gallineros y granjas de cerdos. El hecho de no tener eje interior y ser un elemento elástico hace que tengan menos averías.

Dosificación de alimento.

- **DOSIFICACIÓN EXCESIVA DE CONCENTRADO:** la dosificación excesiva de concentrado trae consigo dos problemas asociados, uno de ellos es una pérdida económica significativa por el uso indebido; y el segundo acarrea aun más problemas, dado que un excesivo consumo de concentrado en el animal puede causar trastornos ruminales como la denominada acidosis del rumen (Es un trastorno digestivo que más afecta a los bovinos lecheros. Numerosos factores influyen en la presentación de esta patología, que van desde el tipo y proporción de ingredientes de la ración, hasta la temperatura y el agua consumida. En este trabajo encontrará explicados, en forma clara y concisa, los mecanismos fisiológicos involucrados así como las principales pautas a tener en cuenta para evitar que esta patología afecte la producción del rodeo) [3], lo que se traduce en una disminución de la cantidad de leche que produce la vaca.
- **Dosificación insuficiente de concentrado:** la dosificación insuficiente de concentrado es aún más perjudicial, dado que la vaca en su labor de productora inyecta elementos

necesarios para su mantenimiento en la leche como son el calcio, magnesio y fósforo entre otros. Así mismo la demanda de energía para ejecutar este proceso es alta por lo tanto si el animal no cuenta con una fuente de suplementación adecuada para su producción se genera un proceso en el cual el bovino empieza a sacar el calcio de sus huesos para inyectarlos a la leche, y paralelamente las reservas de grasa de su cuerpo para generar la energía suficiente para mantenerse, dando como resultado un deterioro en la condición corporal lo que puede causar la muerte del animal.

GENERALIDADES DEL GANADO BOVINO

Características generales.

El ganado bovino es aquel tipo de ganado que está representado por un conjunto de vacas, bueyes y toros que son domesticados por los seres humanos para su aprovechamiento y producción (sea en carne o leche); estos poseen una altura de alrededor de (120 – 150) cm y con aproximadamente 600 a 800 kg como peso promedio. Este tipo de animales han sido criados por el hombre desde tiempos remotos, alrededor de 10.000 años en el Oriente Medio, seguidamente como actividad se impulsó alrededor de todo el mundo en los siguientes años. En sus inicios fueron utilizados más que todo para la producción de leche y carne junto con el tratado de la tierra, seguido fue el aprovechamiento de sus derivados como sus cuernos, su excremento como una clase de fertilizante o combustible o por su parte la piel para la producción de vestimenta; además tiempo más tarde se dio inicio a la realización de espectáculos taurinos en diversos países.

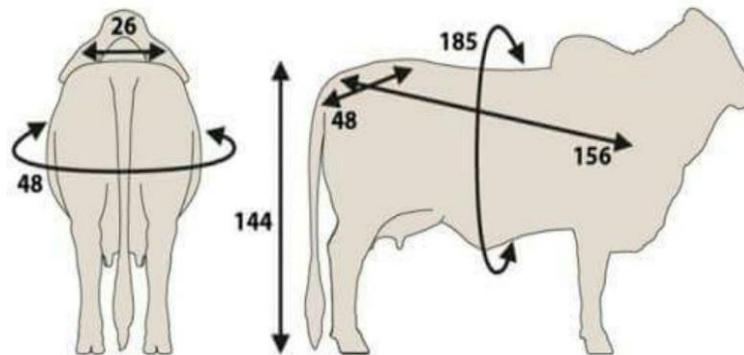


ILUSTRACIÓN 1 MEDIDAS BASICAS DEL GANADO.

Fuente. Federación Colombiana de ganaderos.

Entidades representativas en el ganado.

ICA. El ICA (Instituto Colombiano Agropecuario) es el ente principal que verifica y certifica las condiciones en las que se encuentra el ganado bovino y que tiene estrategias principales ante las condiciones sanitarias las cuales son: las revisiones referentes a los normativos nacionales e internacionales, la conformación de grupos técnicos interinstitucionales e intersectoriales, y la consulta pública nacional e internacional [4].

- Formular las políticas para el desarrollo del Sector Agropecuario, Pesquero y de Desarrollo Rural.
- Orientar y dirigir la formulación de los planes, programas y proyectos que requiere el desarrollo del sector Agropecuario, Pesquero y de Desarrollo Rural, y en general de las áreas rurales del país.
- Presentar los planes y programas del sector que deban ser incorporados al Plan Nacional de Desarrollo.
- Preparar y presentar al Congreso de la República, de acuerdo con la agenda legislativa del Gobierno Nacional, los proyectos de ley relacionados con las funciones del sector.
- Definir, en coordinación con los Ministerios de Relaciones Exteriores y de Comercio Exterior, la negociación o convenios internacionales del sector.
- Crear, organizar, conformar y asignar responsabilidades a grupos internos de trabajo, mediante resolución, teniendo en cuenta la estructura interna, las necesidades del servicio y los planes y programas trazados por el Ministerio, y designar al funcionario que actuará como coordinador de cada grupo.
- Crear, conformar y asignar funciones, mediante resolución, a los órganos de asesoría y coordinación que considere necesarios para el desarrollo de sus funciones.

- Dirigir y coordinar lo relacionado con el Control Interno Disciplinario.
- Las demás previstas en la ley y las que por su naturaleza le correspondan o le sean delegadas por el Presidente de la República [5].

FEDEGAN. La Federación Colombiana de Ganaderos, es una organización gremial sin ánimo de lucro, creada el 13 de diciembre de 1963 con sujeción al derecho privado colombiano y como decisión del IX Congreso Nacional de Ganaderos.

En su condición de gremio cúpula de la ganadería colombiana, FEDEGAN agrupa, en calidad de afiliadas, a las organizaciones gremiales ganaderas regionales y locales, como también a otro tipo de entidades vinculadas a la actividad ganadera nacional [6].

La salud y bienestar animal está alineada con la política pública dirigida a las cadenas láctea y cárnica, considerando la urgencia de avanzar en actividades necesarias para solucionar problemas relacionados con el estatus sanitario del país, para acceder a mercados priorizados, e impulsar el fortalecimiento de la salud pública y el mejoramiento de la competitividad de las cadenas productivas en beneficio del consumidor [7].

Alimentación Bovina.

El ganado bovino es aquel tipo de ganado que está representado por un conjunto de vacas, bueyes y toros que son domesticados por el ser humano para su aprovechamiento y producción.



ILUSTRACIÓN 2 ALIMENTACIÓN BOVINA

Fuente: FEDEGAN

Hay programas para la alimentación bovina, los cuales se deben de cumplir unos requisitos básicos. El Programa de Alimentación Bovina (PAB), pertenece a FEDEGAN; busca generar acciones de transferencia de tecnología a través de sistemas integrales de alimentación amigables con el medio ambiente, tendientes a mejorar la productividad y la calidad de los forrajes que son la principal fuente de alimento para el ganado, con el propósito de impulsar el mejoramiento de los indicadores productivos y reproductivos de las empresas ganaderas.

Dentro de sus objetivos principales podemos mencionar:

- Incrementar los índices de producción de carne y leche de empresas ganaderas en forma rentable y sostenible.
- Contribuir a mejorar y diversificar los sistemas de alimentación mediante la introducción y utilización de nuevas especies de gramíneas y leguminosas herbáceas y arbóreas de corte y pastoreo.
- Reducir los efectos de la estacionalidad y vulnerabilidad de los sistemas de producción asociados a la variabilidad climática, mediante el mejoramiento de pasturas, conservación de forrajes y suplementación alimenticia.

- Diseñar nuevos sistemas de alimentación acordes con la oferta ambiental de diferentes conglomerados ganaderos [8].

Bienestar animal.

Es obligación de todo propietario o encargado del ganado, brindar un trato humanitario a los animales. Toda persona que se dedique a la cría de ganado, está obligada a emplear los medios y procedimientos más adecuados, con el propósito de que los animales en su desarrollo reciban buen trato de acuerdo con los adelantos tecnológicos disponibles ajustados al comportamiento natural de su especie. Así, todo propietario o encargado de un animal debe procurarle alimentación y manejo apropiado, cuidados sanitarios preventivos y atención de las enfermedades propias de la especie [9]



ILUSTRACIÓN 3 CUIDADO ANIMAL
FUENTE: ICA.



ILUSTRACIÓN 4 MANEJO DEL BOVINO
FUENTE ICA.

El comportamiento del bovino y su manejo.

El conocimiento de la naturaleza y el comportamiento del ganado bovino son fundamentales para el establecimiento de Buenas Prácticas de Bienestar Animal. La Etología es el estudio del comportamiento de los animales bajo condiciones naturales. En este sentido cabe precisar que el bovino es un animal de manada, no es un ser de comportamiento individual y de carácter dominante como el humano. Inicialmente si un animal se aísla de la manada, se debe colocar con otros de su misma especie para procurar su manejo adecuado. El bovino instintivamente tiende alejarse de las especies predatoras o dominantes. La manada ofrece seguridad a los bovinos, por esta razón siempre tenderán a refugiarse en ella, por lo tanto es más difícil trabajar con un animal aislado, que con un grupo de animales [10].



ILUSTRACIÓN 5 DISTRIBUCIÓN DEL GANADO

FUENTE: ICA.



ILUSTRACIÓN 6 DISTRIBUCIÓN DEL GANADO

FUENTE: ICA.

Instalaciones.

Requerimientos básicos de las instalaciones.

Muchos factores pueden generar estrés en los animales y atentar contra su bienestar, desde los potreros donde son criados y levantados, hasta las mangas, bretes y corrales de trabajo. Los animales deben contar con acceso constante a una fuente de alimentación y agua de buena calidad, que satisfaga sus requerimientos nutricionales. Así mismo se les debe proporcionar sombrío y protección frente a las condiciones climáticas adversas, por ejemplo el uso de barreras vivas y el silvopastoreo las cuales favorecen esta condición. Se debe procurar que las cercas estén en buen estado; las mangas, bretes y corrales de trabajo deben tener superficies lisas, sin salientes que puedan lesionar los animales. Los pisos de los corrales deben tener superficies antideslizantes y deben permitir un adecuado drenaje, para minimizar las caídas y contusiones de los bovinos [11].



ILUSTRACIÓN 7 INSTALACIONES.

FUENTE: ICA.



ILUSTRACIÓN 8 INSTALACIONES.
FUENTE: ICA

ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA

El sistema de integración para dosificar alimento de ganado bovino, se divide en 3 etapas.

- Etapa 1. Instrumentación.
- Etapa 2. Diseño estructural.
- Etapa 3. Control de dosificación.

Instrumentación.

En esta etapa de instrumentación, se tuvo en cuenta dos parámetros necesarios para el proceso de dosificación, el peso y la identificación del bovino. Se escogió una estrategia de identificación y toma del peso; en el caso de identificación se tuvo en cuenta 3 maneras de captura y envío de datos hacia la base o módulo de control (tarjeta electrónica principal), estas fueron:

- Bluetooth.
- Wi-fi.
- Módulos RFID.

Identificación.

La identificación tendrá la tarea de reconocer el bovino, y así poder saber toda su información (peso, edad, litros de leche dados el día anterior, etc.). Se pretende implementar un sensor capaz de hacer un reconocimiento de cada animal por vía inalámbrica; cada animal tendrá un dispositivo instalado en alguna parte de su cuerpo (cuello, orejas, cabeza, o extremidades), esto podría ser mediante una

etiqueta receptora de información. Los tres tipos de sistemas de identificación que se proponen para la adecuación de dicho sistema son: Bluetooth, Wi-Fi y módulos RFID.

Wi-Fi.

Se trata de una tecnología de transmisión inalámbrica por medio de ondas de radio con muy buena calidad de emisión para distancias cortas (hasta teóricamente 100 m). Este tipo de transmisión se encuentra estandarizado por la IEEE, Para la transmisión es necesario el uso de antenas integradas en las tarjetas, además este tipo de ondas son capaces de traspasar obstáculos sin necesidad de estar frente a frente el emisor y el receptor [12].

Bluetooth.

Se trata de una tecnología de transmisión inalámbrica por medio de ondas de radio de corto alcance (1, 20 y 100 m a la redonda dependiendo la versión). Las ondas pueden incluso ser capaces de cruzar cierto tipo de materiales, incluyendo muros. Para la transmisión de datos no es necesario el uso de antenas externas visibles, sino que pueden estar integradas dentro del mismo dispositivo. Este tipo de transmisión se encuentra estandarizada de manera independiente y permite una velocidad de transmisión de hasta 1 Mbps. Para el uso de redes Bluetooth es necesario que los dispositivos dispongan de un emisor integrado o agregado para el uso de este tipo de red [12].

RFID.

Por otra parte la tecnología RFID (Radio Frequency Identification) permite la identificación de objetos de forma inalámbrica, sin necesidad de que exista entre el lector y el objeto una línea de visión directa o un contacto. Esta identificación se realiza mediante la incorporación o fijación de una etiqueta, el cual transmite los datos que contiene cuando detecta que está siendo interrogado por un lector RFID.

Los avances técnicos de esta tecnología en aspectos como seguridad, almacenamiento o velocidad, nos permiten adecuar esta tecnología como la más apropiada para la identificación de objetos tales como los bovinos.

Algunos beneficios que ofrece esta tecnología es: control de acceso, identificación, localización, y monitorización de los animales.

¿CÓMO FUNCIONA?

Todo sistema RFID se compone de un interrogador o sistema de base que lee y escribe datos en los dispositivos y un “transponder” o transmisor que responde al interrogador. El interrogador genera un campo de radiofrecuencia, normalmente conmutando una bobina a alta frecuencia. Las frecuencias usuales van desde 125 KHz hasta la banda ISM de 2.4 GHz, incluso más. El campo de radiofrecuencia genera una corriente eléctrica sobre la bobina de recepción del dispositivo. Esta señal es rectificadora y de esta manera se alimenta el circuito.

Cuando la alimentación llega a ser suficiente el circuito transmite sus datos. El interrogador detecta los datos transmitidos por la tarjeta como una perturbación del propio nivel de la señal. La señal recibida por el interrogador desde la tarjeta está a un nivel de -60 db por debajo de la portadora de transmisión. El rango de lectura para la mayoría de los casos está entre los 30 y 60 centímetros de distancia entre interrogador y tarjeta.

Podemos encontrar además dos tipos de interrogadores diferentes:

- Sistemas con bobina simple, la misma bobina sirve para transmitir la energía y los datos. Son más simples y más baratos, pero tienen menos alcance.
- Sistemas interrogadores con dos bobinas, una para transmitir energía y otra para transmitir datos. Son más caros, pero consiguen unas prestaciones mayores.

Protocolos y opciones.

Normalmente el sistema de modulación usado es modulación de amplitud (AM) con codificación tipo Manchester NRZ.

Tres Chips.

Para conseguir mayor alcance y más inmunidad al ruido eléctrico se utilizan sistemas más sofisticados. En algunos casos se divide la frecuencia del reloj de recepción. La mayor parte de los sistemas tienen una memoria EEPROM donde se almacenan datos. En algunos casos llevan datos grabados de fábrica y en otros también hay datos que puede grabar el usuario.

Algunos sistemas utilizan encriptación de clave pública para conseguir mayor seguridad ante posibles escuchas maliciosas. Por otro lado podemos encontrar sistemas anticolidión que permiten leer varias tarjetas al mismo tiempo. En caso de que varias tarjetas estén en el rango de alcance del interrogador y dos o más quieran transmitir al mismo tiempo, se produce una colisión. El interrogador detecta la colisión y manda parar la transmisión de las tarjetas durante un tiempo. Después irán respondiendo cada una por separado por medio de un algoritmo bastante complejo [13].

Escenario de la telemetría.

Después de saber las 3 tecnologías existentes que se facilitan para la identificación del animal (Bluetooth, Wi-Fi y RFID), se decide tomar la tecnología RFID por las siguientes características, por su costo, manejo y diversidad de implementaciones. A continuación se realizara una breve descripción de la misma.

Identificación por radiofrecuencia (RFID).

RFID es la utilización de un código RFID incorporado para identificar y realizar seguimiento de un objeto de forma inalámbrica. Los códigos RFID pueden leerse hasta en un rango de varios metros y fuera de la línea de visión del lector RFID. Los códigos pasivos se activan mediante un lector RFID. Los códigos activos transmiten sin activación externa. Los códigos activos deben tener una fuente de alimentación eléctrica. Los códigos pasivos pueden utilizar una fuente de alimentación eléctrica para aumentar su rango de alcance.



ILUSTRACIÓN 9 RFID
FUENTE: INTERNET

RFID se utiliza en muchas aplicaciones, y los tipos de escenarios varían enormemente. Los escenarios de RFID y los de supervisión del paciente en el hogar y el de supervisión y control de electricidad en el hogar tienen algunas similitudes y diferencias.

IMPERCEPTIBILIDAD.

En muchos escenarios, se despliega el lector RFID en grandes cantidades y debe funcionar sin intervención del usuario. El lector incluye un cliente MQTT incorporado para la comunicación con un punto de control central. En algunos escenarios en los que se utiliza RFID, el lector cuenta con un entorno de sistema informático estándar, como por ejemplo Java™ ME. En algunos casos, el cliente MQTT puede desplegarse con una configuración distinta a la de fabricación.

CONEXIÓN ASIMÉTRICA

Los lectores RFID pueden estar separados del dispositivo de control local que contiene el cliente MQTT o pueden estar incorporados al cliente MQTT. La elección de cada tipología depende de factores generales, geográficos y relativos a las comunicaciones.

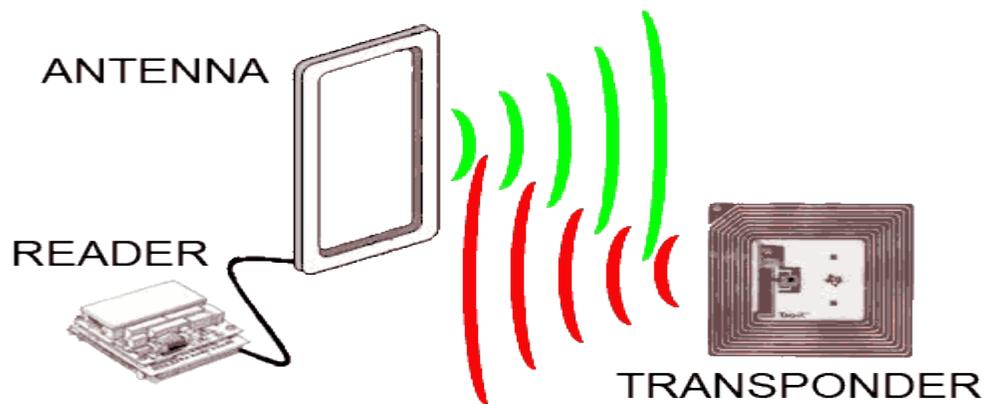


ILUSTRACIÓN 10 SISTEMA RFID, CONECTIVIDAD.

FUENTE: INTERNET

SEGURIDAD

La privacidad y autenticidad son asuntos que van unidos a los códigos RFID. Los códigos RFID son discretos y pueden controlarse, falsificarse o ser forzadas de forma secreta. La solución a los temas de seguridad de RFID aumenta la posibilidad de despliegue de nuevas soluciones RFID. Aunque la seguridad está expuesta en el código RFID y el lector local, la utilización del proceso de información central puede contrarrestar diferentes amenazas. Por ejemplo, puede detectarse un intento de forzar el código relacionando directamente los niveles de mercancía con las entregas y los envíos.

CONECTIVIDAD

Las aplicaciones RFID utilizan normalmente el almacenamiento y envío por lotes de información recopilada a partir de lectores RFID y las consultas inmediatas. En el escenario del almacén de distribución, el lector RFID está conectado todo el tiempo. Cuando se lee un código, éste queda publicado junto con la información sobre el lector. La aplicación del almacén publica una respuesta y la devuelve al lector.

La información anterior se obtuvo a partir de este enlace [14].

Obtención del peso.

Para obtener el peso del animal, se implementara básculas industriales adecuadas para este tipo de procesos. La báscula ganadera será la encargada de dar ingreso y de tomar el peso de cada animal, este dato se registrará en el sistema de manera automática y será almacenada de manera continua.

A continuación se presenta una báscula para bovinos.



Capacidad máxima	1500 kg
Sensibilidad	0,5 kg
Peso	654 kg
Altura	2,22 m
Área	2,63x 1,85 m ²
Corraleja (espacio interior m)	2,65 x 0,8 x 1,8

ILUSTRACIÓN 11 BÁSCULA PARA BOVINOS
FUENTE: INTERNET.

Principios de las galgas extensiométricas.

Galgas extensiométricas para medición en un eje Cuando se aplica una fuerza externa a un objeto estacionario, se produce tensión y estrés sobre él. El estrés se define como las fuerzas internas de resistencia del objeto, y la tensión se define como el desplazamiento y la deformación que se producen.

Las galgas extensiométricas son una de las herramientas más importantes en la técnica aplicada de medición eléctrica de magnitudes mecánicas. Como su nombre indica, se utiliza para la medición de tensiones. "Tensión" como término técnico consiste en la deformación por tracción y compresión, que se distingue por un signo positivo o negativo. Por lo tanto, las galgas extensiométricas se pueden utilizar para medir la expansión y la contracción.

La tensión de un cuerpo siempre es causada por una influencia externa o un efecto interno. La tensión es causada por fuerzas o cambios estructurales provocados por el peso de los bovinos. Si se cumplen determinadas condiciones, la cantidad o el valor de la cantidad se puede calcular con el valor de tensión medido. En el análisis experimental de la tensión, esta característica es usada ampliamente. El análisis experimental de la tensión utiliza los valores de tensión medidos en la superficie o en alguna parte estructural del cuerpo, para indicar la tensión en el material y también para predecir su seguridad y la resistencia. Se pueden diseñar transductores especiales para la medición de las fuerzas o de otras magnitudes derivadas, por ejemplo, momentos, presiones, aceleraciones y desplazamientos, vibraciones y otros. El transductor contiene generalmente un diafragma sensible a la presión, con galgas extensiométricas unidos a la misma [16].

Diseño estructural.

En esta etapa, se diseñó una estructura en la cual el bovino ingresa a un espacio donde se le dosificara su alimento, previamente ya se le hizo su identificación y el pesado del mismo. Para el diseño de esta etapa se realizó un estudio de campo para tomar medidas adecuadas e instalaciones de un hato lechero. A continuación se explicara paso a paso el diseño de cada etapa que este diseño estructural contiene.

Instalaciones.

La CONPES 3376 (política sanitaria para y de inocuidad para la cadena de producción de carne bovina y de leche) y la resolución 2341 del ICA del 2007 reglamenta las instalaciones y áreas.

Según el CAPÍTULO III de la resolución 2341 del ICA (ESTÁNDARES DE EJECUCIÓN SANITARIA EN PREDIOS DE PRODUCCIÓN PRIMARIA) en el ARTÍCULO 8o. REQUISITOS SANITARIOS PARA LAS INSTALACIONES Y ÁREAS, se tienen en cuenta los siguientes artículos.

- Disponer de cercos, broches, puertas y otros mecanismos con cierres en buen estado, que permitan delimitar la propiedad y limitar el paso de animales ajenos al predio.
- En función del número, raza y categoría de animales, contar con corrales, mangas, bretes, embarcadero y demás áreas adecuadas que permitan a los operarios realizar con comodidad y seguridad los distintos procedimientos de manejo y brinden bienestar a los animales.
- Si posee corrales y construcciones de confinamiento, estos deben contar con el espacio requerido por cada animal en función de su bienestar. Los pisos deben ser de un material que evite caídas y problemas pódales y facilite la limpieza y el drenaje de excretas [17].

Selección y orientación.

Después de la identificación y la obtención de peso, el bovino ingresa a un proceso donde se identificara el cubículo donde debe ingresar; esta selección se realizará por medio de puertas que impedirán o darán acceso para el ingreso al cubículo que este libre. Después de que el animal ingrese al cubículo disponible, se le dosificara la porción necesaria del alimento, para dar un mayor rendimiento en su producción de leche. Las puertas serán manejadas manualmente por un operario quien tendrá la tarea de verificar el sistema constantemente para hacer la labor

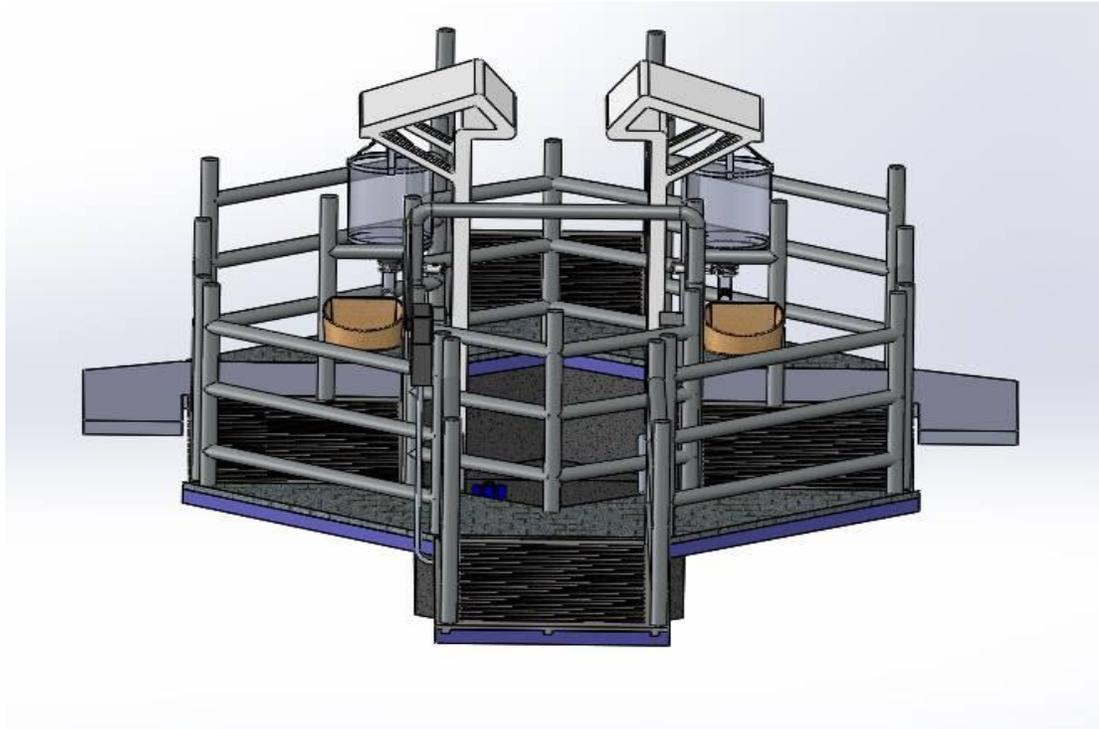


ILUSTRACIÓN 12 SECCIÓN Y ORIENTACIÓN PARA EL ORDEÑO Y ALIMENTACIÓN.

El diseño anterior cuenta con secciones tales como: pisos y pasillos, paredes, puertas, estribos, cercas laterales, báscula ganadera, comederos, unidad de dispensación.

Los pisos tanto de los pasillos y del cubículo están diseñados en concreto y piedra ya que este material es antideslizante y evita que el animal se lastime sus cascos o se sienta incomodo; también es adecuado para una fácil limpieza y así tener un ambiente con una higiene y una sanidad adecuada; permite la posibilidad de crear ampliaciones posteriores o mejoras en el diseño, se hace de tal manera de que sea flexible.

La pendiente del suelo desde la parte frontal hasta la trasera debe ser de aproximadamente 100mm. El diseño en forma de rectángulo a la salida del corral, se diseñó la puerta en diagonal, ya que este es común en los corrales de los hatos

lecheros, porque esta crea un espacio más amplio y cómodo para el bovino, y permite que la vaca pueda pasar con más facilidad.

Las dimensiones del corral de alimentación fueron diseñadas en función del tamaño y del peso del animal. De acuerdo a la federación de ganaderos (FEDEGAN) las medidas promedio son las siguientes:

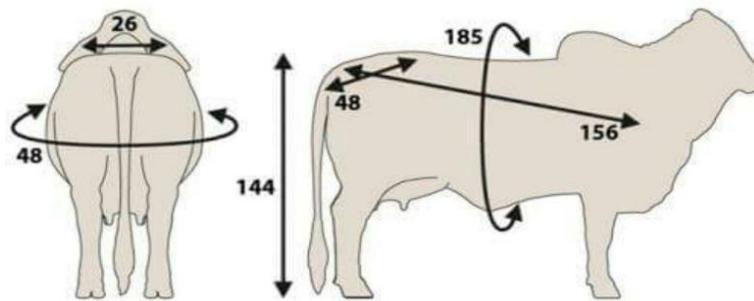


ILUSTRACIÓN 13 MEDIDAS ESTÁNDARES DE UN BOVINO

FUENTE: FEDERAN.

A continuación se mostrara las medidas y la forma que tiene la base del cubículo donde estará el bovino.

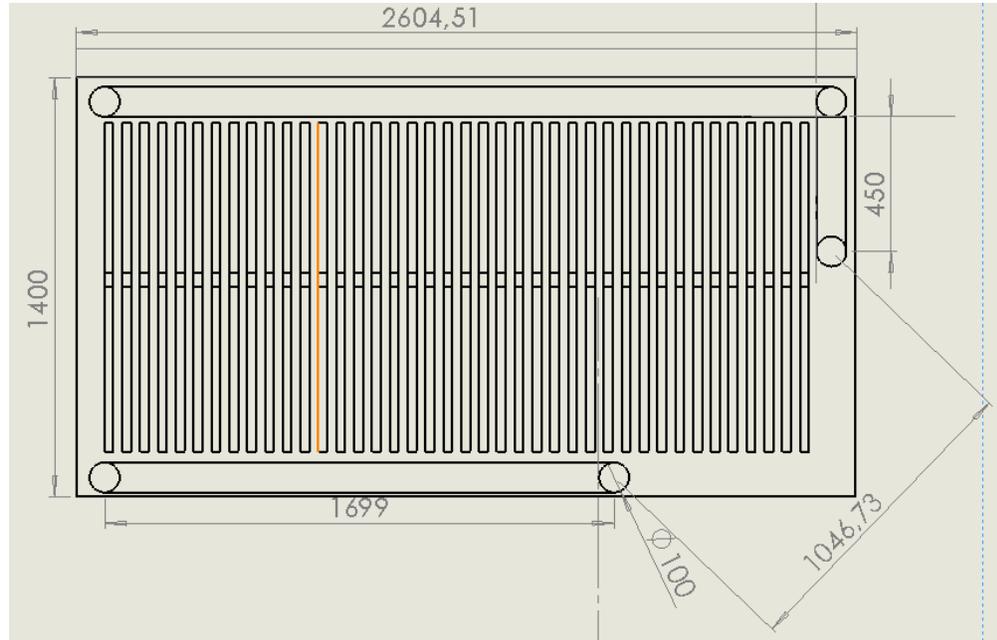


ILUSTRACIÓN 14 PISO DE CUBÍCULO DEL BOVINO.

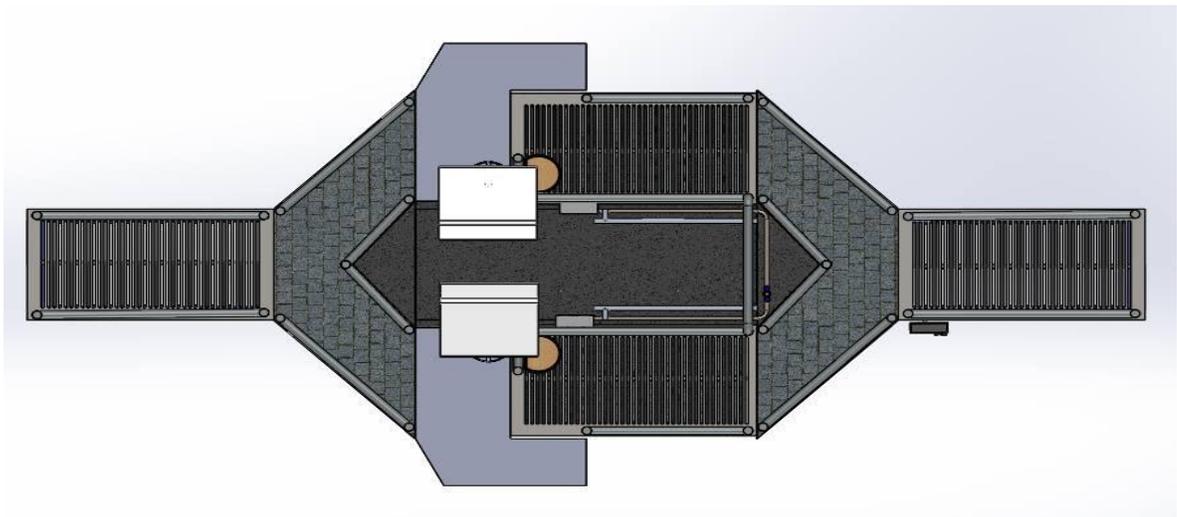


ILUSTRACIÓN 15 VISTA SUPERIOR DE LOS CUBÍCULOS.

Puertas y laterales.

Para el diseño tanto de las puertas como las cercas laterales se optó por un diseño de tubos en acero de 2 pulgadas con un tratamiento superficial para asegurar la resistencia a la intemperie y a los factores que pueden debilitar la estructura, como lo es la misma fuerza que ejerce el bovino por intentar salir del cubículo.

La puerta consta de un marco con 2 bisagras reforzadas en acero que permiten que el animal al momento de retroceder o avanzar con la puerta cerrada no se rompa e impida el paso del animal. Cuenta con un sistema de cerrado sencillo con un pasador manual de barra, el cual será operado por la persona encargada de vigilar el proceso.

Las cercas laterales o paredes estarán ancladas al piso y sujetas con pernos para asegurarlas en el piso, se tuvieron en cuenta los tubos de acero ya que son apropiados para asegurar que el animal no sufra ningún golpe o laceración con esquinas, bordes o filos.

La barra inferior de la cerca está a 25 cm del piso, esto debido a que debe haber un espacio donde se le facilite al operario asear el piso de los pasillos y del corral con facilidad. La construcción de barras permite que el corral siempre esté aireado y libre de humedad ya que este es un factor enemigo de la producción de leche; también es adecuado porque crea un espacio con buena iluminación donde se puede ver con detalles el animal y percibir su estado o condición; y permite que el operario pueda realizar operaciones mientras el animal come tales, estas operaciones pueden ser: el ordeño del bovino, actividades veterinarias o de aseo.

El siguiente diseño cuenta con los espacios, vías y demás parámetros que este debe de tener y ese es el diseño propuesto para este proyecto.

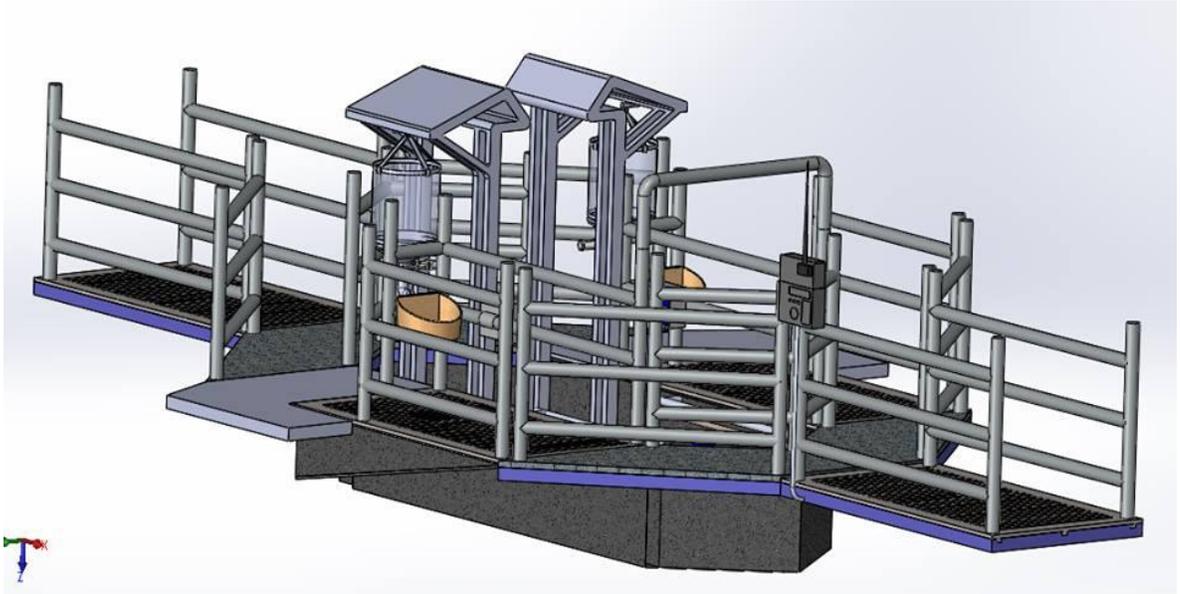


ILUSTRACIÓN 16 SISTEMA COMPLETO DE ALIMENTACIÓN (COMEDERO)

Control de dosificación

En esta etapa, se diseñó la tolva dosificadora de alimento para el bovino; este diseño es para el comedero en sala y para el comedero en potrero, es decir, se podrá transportar hacia el potrero para aquellas fincas que son demasiado grandes y el desplazamiento del bovino es dispendioso y agotador, y esto provoca una disminución considerable en la producción de leche, con este sistema, se mantiene la producción constante.

Dispensador de alimento.

El dispensador es la parte fundamental del sistema, ya que es el encargado de dosificar la comida al bovino. En este proceso de dosificación, se tendrán en cuenta los datos obtenidos durante el proceso de pesaje y seguimiento del bovino, tanto en tiempo real como datos tomados de días anteriores. Una tarjeta de desarrollo será la encargada de mantener una base de datos de cada variable física guardada diariamente por los distintos sensores de todo el sistema, y con base a esta información se ejecutara el proceso de dispensación de concentrado. La unidad está ubicada al frente del comedero y por fuera del corral. El alimento será distribuido desde la tolva por un tubo hasta el recipiente donde el animal comerá.

La unidad de dispensado está compuesta en varias partes:

- La tolva.
- Estructura de soporte.
- Actuador.
- Ductos de distribución.

Tolva.

La tolva es la encargada de almacenar el suministro de alimento donde posteriormente se distribuye a las cocas donde el bovino se alimenta. Se diseñó de forma de saco de boxeo ya que es una forma práctica para transportar y se prestaba para el diseño necesario del sistema. Se eligió esta forma ya que las paredes circulares son adecuadas para deslizar y no acumular el alimento.

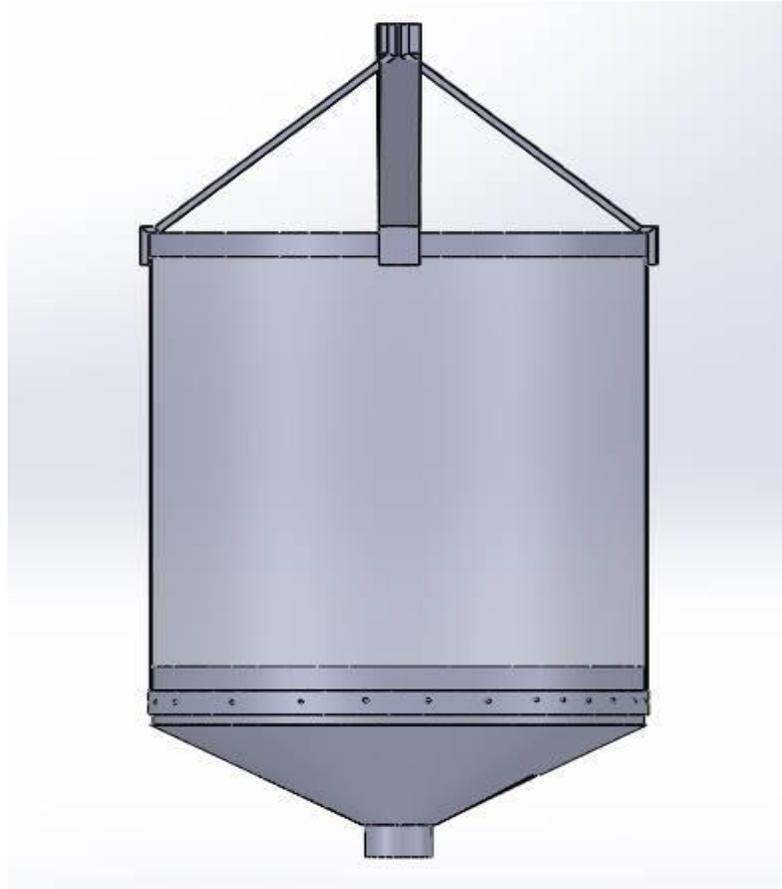


ILUSTRACIÓN 17 DISEÑO DE LA TOLVA

En la parte superior de la tolva, ira una celda de carga quien se encargara de censar el peso de la tolva y así controlar la cantidad de suministro hacia el bovino y la cantidad de alimento que hay dentro de ella. La forma de la tolva con poca altura y una base ancha permite que el concentrado no se comprima y se compacte, ya que este es el principal problema de la unidad de dispensación.

Se diseñó una base a la tolva, ya que esta también estará en el potrero y debe de tener protecciones de agua y sol.

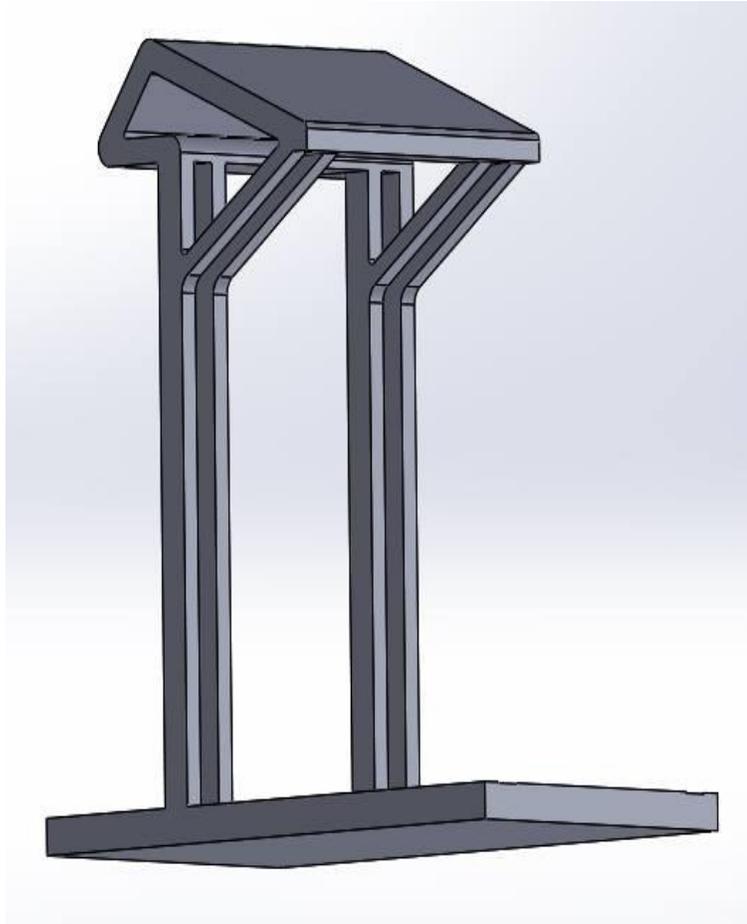


ILUSTRACIÓN 18 SOPORTE DE LA TOLVA

A continuación se mostrara el diseño de la tolva con su respectiva base y la ubicación de la misma.

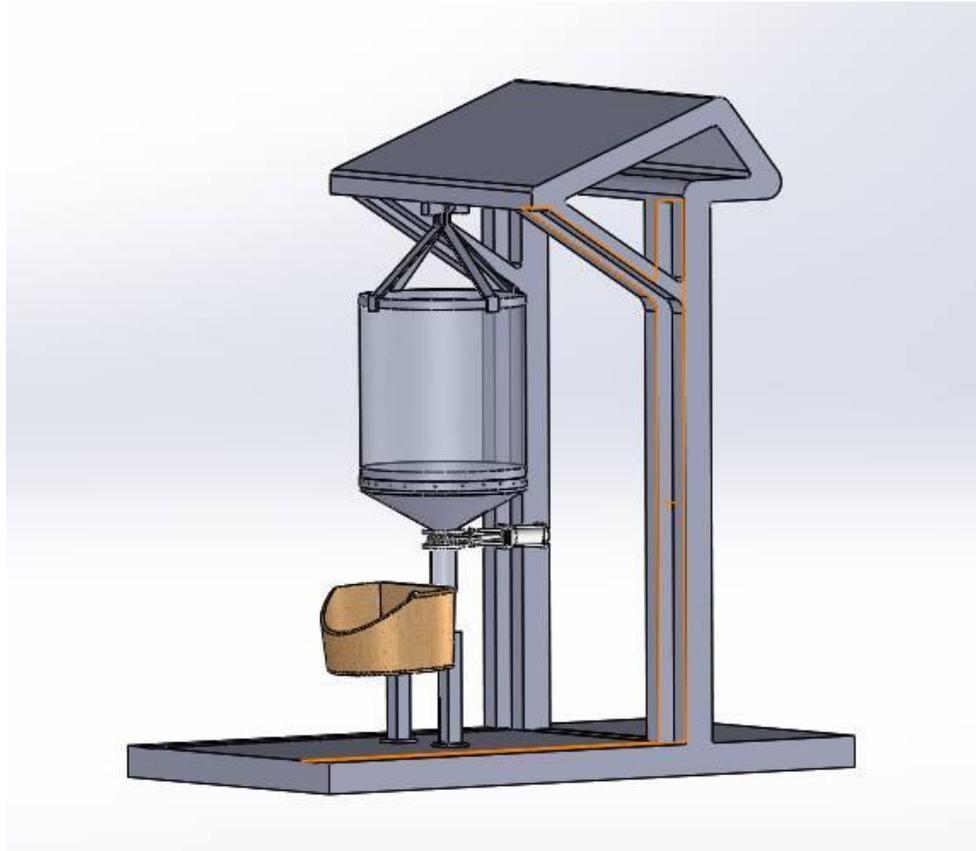


ILUSTRACIÓN 19 TOLVA CON SOPORTE Y COCA.

En la parte inferior tiene una forma piramidal que termina en una punta circular donde va unido un cilindro de 3" haciendo una forma de embudo; a este cilindro irá unido una platina cuadrada con perforaciones para posteriormente instalar la unidad del actuador (válvula tipo mariposa o guillotina).

El material escogido para este diseño es una tela tejida en nylon de alta resistencia estructural (poliamida alifática) ya que es el más común en el mercado y nos permite una fácil asepsia de este elemento, tanto el recipiente como las tiras que la sujetan. Sus costuras estarán echas de nylon.

Coca.

La coca tiene un diseño novedoso, el cual permite al animal comer sin inconvenientes, sintiéndose cómodo y comiendo de una manera más efectiva. Esta coca tiene un orificio en la parte trasera donde se le ingresara el alimento de manera automática. Estará ubicada a una altura del piso, la cual estará sujeta a unas barras fijas que soportaran el peso de la comida.

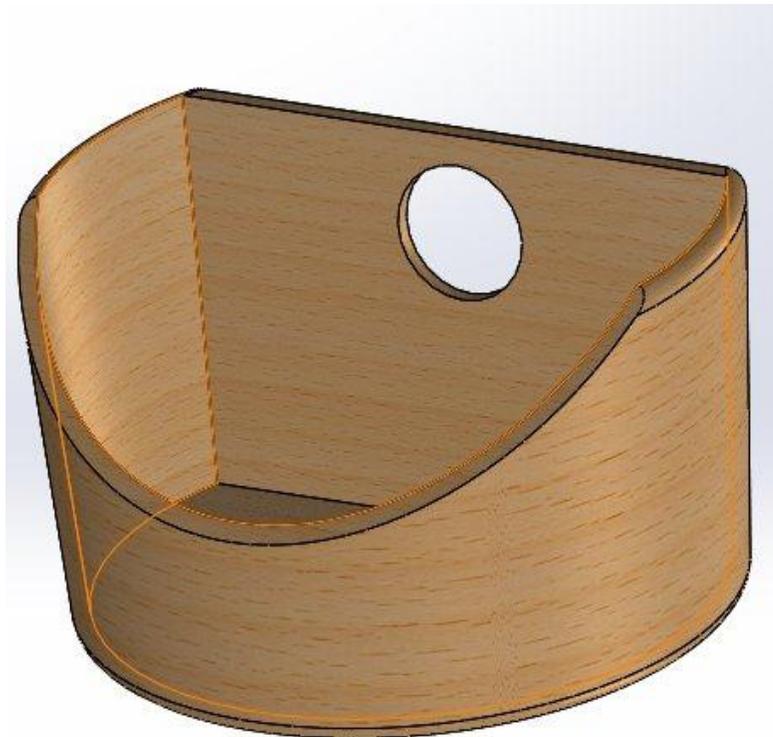


ILUSTRACIÓN 20 COCA.

Valvular (actuador).

El actuador es el encargado de dejar pasar el alimento o de restringir el paso por el conducto hasta el comedero (coca). Los actuadores más adecuados para el diseño son dos, la válvula tipo mariposa la cual consta de una base cilíndrica con una tapa que se inclina y permite un flujo. La otra opción es la válvula tipo cuchilla o guillotina, esta válvula consta de un cuerpo cilíndrico por donde se desliza una lámina; esto permite que el conducto se cierra o se abra de manera eficiente. La válvula más apropiada en el diseño es la tipo guillotina, ya que esta válvula es menos propensa a sufrir atascos y acumulación en la parte inferior de la tolva y también facilita un mejor control.

Los requerimientos para la válvula son:

- Accionamiento eléctrico (motorizado).
- [12 – 24] Vdc.
- Acero inoxidable
- Con un diámetro de 3”
- Bajo mantenimiento.
- Cierre unidireccional.

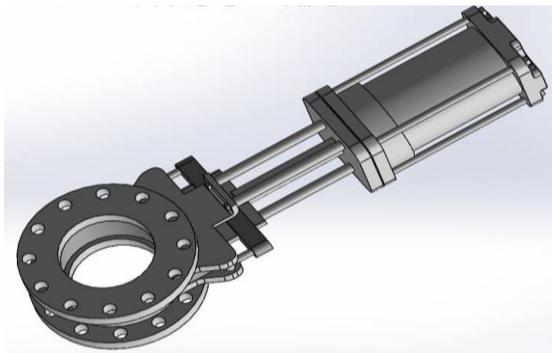
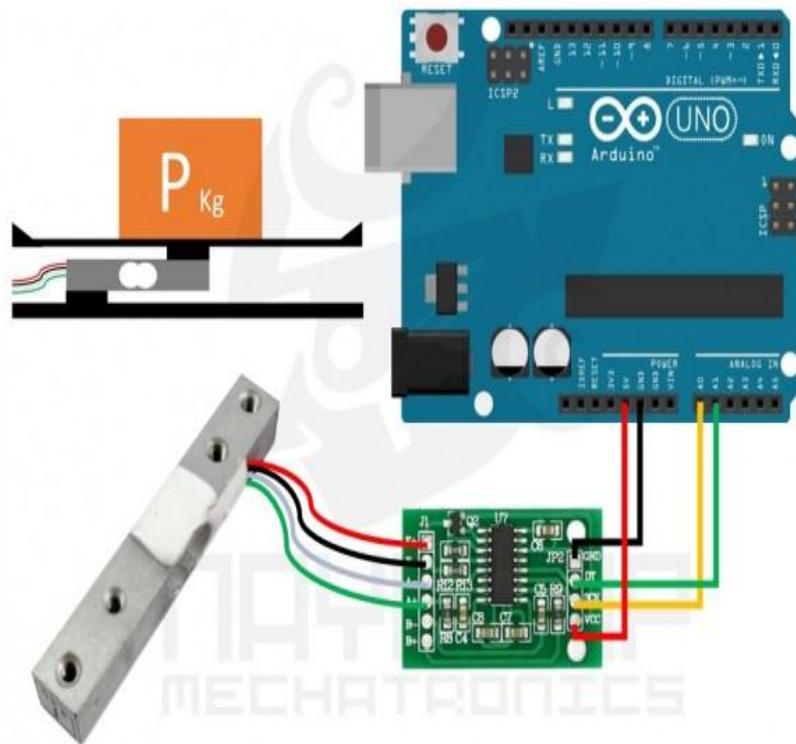


ILUSTRACIÓN 21 VÁLVULA GUILLOTINA

Circuito de acople y de control.

Para el diseño del control y circuito de acople del sensor (galga extensiometrica) se utilizo un modulo HX711 el cual permitio obtener el peso real que detecta la galga utilizando como conexión un arduino; en el cual se diseño un control on/off para el manejo de dosificacion del alimento.

A continuacion se muestra la imagen de conexión entre la galga, el modulo HX711 y el arduino. Vale aclarar que se puede utilizar cualquier arduino o microcontrolador que permita hacer el control on/off y la interpretacion de las señales de salida del modulo.



*Ilustracion x. Conexión del sensor, modulo y microcontrolador.
Fuente. Internet.*

Módulo HX711.

Este módulo permite trabajar fácilmente con el circuito integrado HX711, que facilita en gran medida la interfaz con celdas de carga para medir peso / fuerza. Al conectar el amplificador al microcontrolador es posible medir los cambios en la resistencia de la celda de carga y con algunas calibraciones y calculos, es posible obtener medidas bastante precisas. Esto es ideal para crear tu propia báscula en aplicaciones industriales, realizar sistemas de control de inventario, sistemas de detección de presencia, etc.

El HX711 usa una interfaz de 2 hilos para realizar la comunicación. Para esto es posible utilizar 2 pines de I/O de cualquier microcontrolador. Las celdas de carga utilizan un puente wheatstone que requiere de 4 conexiones con el HX711, los colores utilizados habitualmente son Rojo, Negro, Blanco, Verde y Amarillo. Cada color corresponde a una señal como se muestra a continuación:

- Rojo: Voltaje de excitación +, E+, VCC
- Negro: Voltaje de excitación -. E- GND
- Blanco: Amplificador +, Señal +, A+
- Verde: Amplificador -, Señal -, A-
- Amarillo: Tierra, normalmente no conectada a la celda, solo como protección contra interferencia electromagnética.

Características del HX711 Módulo amplificador para celda de carga

- Digitalización completa en el chip HX711
- Conexión a protoboard o tarjeta con header estándar
- 2 canales diferenciales de entrada
- Interfaz de salida digital serial
- Regulador integrado en chip para fuente analógica
- Voltaje de operación: 2.7 – 5 volts
- Corriente de operación : < 1.5mA

- Corriente en espera: <1 uA
- Operación seleccionable: 80 y 10 muestras por segundo
- Funciona con Arduino, Microcontroladores PIC y de otras marcas

Toda la información del módulo hx711 se encontró en el siguiente enlace [18].

Obtención del peso mediante software.

Mediante el siguiente código, permitió la obtención de los datos del módulo y su previa conversión e interpretación

```
#include "HX711.h"

#define DOUT A1
#define CLK A0

HX711 balanza(DOUT, CLK);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.print("Lectura del valor del ADC");
  Serial.println(balanza.read());
  Serial.println("No ponga ningún objeto en la galga");
  Serial.println("Actualizando datos ...");
  balanza.set_scale(); //La escala por defecto es 1
  balanza.tare(20); //El peso actual es considerado Tara.
  Serial.println("Coloque un peso conocido");
}

void loop() {
  Serial.print("Valor de lectura: t"); // Valor obtenido del modulo
  Serial.println(balanza.get_value(10),0);
  delay(100);
}
```

Con uno o el promedio de estos datos obtenidos anteriormente, se calculó el valor de la escala que se usó, para esto se implementó la siguiente formula:

$$ESCALA = \frac{\text{Valor de Lectura}}{\text{Peso Real}}$$

El valor del peso debe estar en las unidades con las que queremos que trabaje, por ejemplo podría ser 4Kg o 4000g para Kilogramo o gramos respectivamente.

Entonces el valor de la escala que se uso fue:

$$ESCALA = \frac{1757721}{4} = 439430.25$$

El valor 1757721 se obtuvo mediante el código anterior y fue el promedio del valor obtenido. Con este dato ya obtenido se paso a programar el sketch que se utilizo para obtener el peso real.

```
#define DOUT  A1
#define CLK  A0

HX711 balanza(DOUT, CLK);
int valor = 0, peso = 0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Valor = balanza.read();
  Serial.print("Lectura del valor del ADC:t");
  Serial.println(valor);
  Serial.println("No ponga ningun objeto sobre la balanza");
  Serial.println("Destarando...");
  Serial.println("...");
  balanza.set_scale(439430.25); // Establecemos la escala
  balanza.tare(20);           //El peso actual es considerado Tara.

  Serial.println("Listo para pesar");
}

void loop() {
  peso = balanza.get_units(20),
  Serial.print("Peso:t");
  Serial.print(peso,3);
  Serial.println("kg");
  delay(500);
}
```

Después de obtener el peso de la galga, se le realizó un control on/off, el cual permitía dosificar el alimento, para un mejor manejo del tema, se explicará brevemente que es un control ON/OFF.

Control ON/OFF.

El control ON-OFF, también llamado todo-nada o abierto-cerrado, es la forma más simple de control por realimentación, es un control de dos posiciones en el que el elemento final de control sólo ocupa una de las dos posibles posiciones, en el cual la salida del controlador va de un extremo a otro cuando el valor de la variable controlada se desvía del valor deseado.

Sistema de control ON-OFF expresada en forma matemática y ecuación:

Donde $e = Y_{sp} \pm Y$ (error de control) y $u(s)$ es la variable de entrada al proceso a controlar. Cuando la variable de salida Y es menor al set point Y_{sp} , se le asigna a la variable manipulada el valor máximo, mientras que cuando Y_{sp} es menor a Y se le asigna el valor mínimo. También puede darse el caso contrario.

Características del sistema de control ON-OFF:

- Modo de control depende del signo del error.
- Variación cíclica continua de la variable controlada.
- El controlador no tiene la capacidad para producir un valor exacto en la variable controlada para un valor de referencia.
- Funcionamiento óptimo en procesos con tiempo de retardo mínimo y velocidad de relación lenta.
- Tiene un simple mecanismo de construcción, por eso este tipo de controladores es de amplio uso, y mayormente son utilizados en sistemas de regulación de temperatura.

Ventajas del sistema de control ON-OFF:

- Es la forma más simple de control.
- Bajo precio de instalación.
- Fácil instalación y mantenimiento.
- Amplia utilización en procesos de poca precisión.

Desventajas del sistema de control ON-OFF:

- Mínima precisión.
- Desgaste del elemento final de control.
- Poca calidad con el producto terminado.
- No recomendable para procesos de alto riesgo

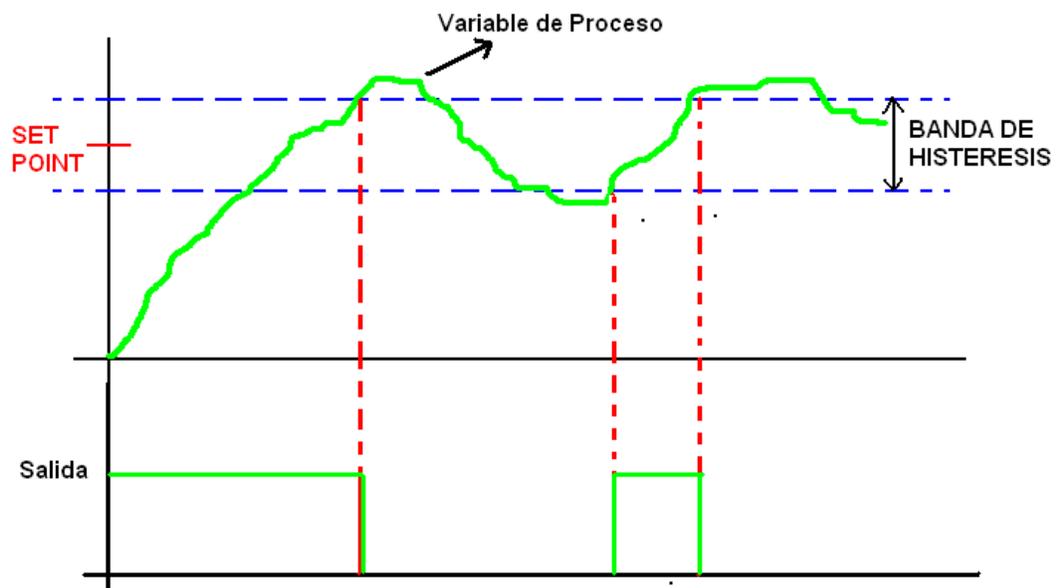


Ilustración 22. Gráfico de un control on/off
Fuente. Asignado en una asignatura del programa.

A continuación se muestra la función que se diseñó para dicho control; para este control, el usuario previamente debe de ingresar un SetPoint (valor deseado) y una histéresis (margen de error) para así generar una salida eficiente.

```
void control_on_off(setp,hist) {  
    // Control ON/OFF de peso  
  
    D = ((setp*hist)/ 100) / 2; // Diferencial  
    LI = (setp - D); // Limite inferior  
    LS = (setp + D); // Limite superior  
  
    if(peso < LI) {  
        valvula = 1; // Valvula activa  
    }  
  
    if(peso > LS) {  
        valvula = 0; // Valvula apagada  
    }  
}
```

CONCLUSIONES

- El diseño es para el comedero en sala y para el comedero en potrero, es decir, se podrá transportar hacia el potrero para aquellas fincas que son demasiado grandes y el desplazamiento del bovino es dispendioso y agotador, y esto provoca una disminución considerable en la producción de leche, con este sistema, se mantiene la producción constante.
- De acuerdo al diseño se concluye que es apto para ser construido en cualquier hato o finca lechera en la que quieran optimizar la calidad de la leche, la salud de los animales y reducir los costos por pérdida de alimento.
- Para este proyecto, el control on/off no es el más viable cuando se pretende implementar, ya que este contiene una mínima precisión y para este proyecto lo principal es la precisión del concentrado para obtener menor cantidad de pérdidas; también genera un desgaste del elemento final de control, en este caso la válvula guillotina. Por eso es adecuado implementar un control más robusto, que permita y genere mayor precisión y menor pérdidas. Un control propuesto, puede ser un control adaptativo de tipo PID.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] <http://adapecuarias.blogspot.com.co/> [On line].
- [2] <http://www.medvet.una.ac.cr/posgrado/gen/invest/MejgenUTN2013.pdf> [On line]
- [3] http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/3494/articulos-rumiantes_archivo/trastornos-ruminales-en-el-vacuno-lechero:-un-enfoque-practico.html
- [4] <http://www.ica.gov.co> [On line]
- [5] <https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/quienes-somos/Paginas/Funciones.aspx>
- [6] <http://www.fedegan.org.co/quienes-somos/fedegan>
- [7] <http://www.fedegan.org.co/programa/salud-animal>
- [8] <http://www.fedegan.org.co/programas/programa-de-alimentacion-bovina>
- [9] <http://www.ica.gov.co/getattachment/79b98e64-a258-46d5-9ce1-1375a8312434/Publicacion-20.aspx> (Pag.6)
- [10] <http://www.ica.gov.co/getattachment/79b98e64-a258-46d5-9ce1-1375a8312434/Publicacion-20.aspx> (Págs. 9,10)
- [11] <http://www.ica.gov.co/getattachment/79b98e64-a258-46d5-9ce1-1375a8312434/Publicacion-20.aspx> (Pág. 13)
- [12] http://www.informaticamoderna.com/Redes_inalam.htm
- [13] <http://www.ecojoven.com/dos/03/RFID.html>
- [14] http://www01.ibm.com/support/knowledgecenter/SSFKSJ_7.5.0/com.ibm.mq.pro.doc/q002800_.htm?lang=es
- [15] <http://www.prometalicos.com/bascula-cui-1500/>

- [16] <http://es.omega.com/prodinfo/galgas-extensiometricas.html>
- [17] <http://www.ica.gov.co/getattachment/0b5de556-cb4a-43a8-a27a-cd9a2064b1ab/2341.aspx> (Páginas 5 y 6).
- [18] https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf
- [19] Rosati, A. Mihina, S. Mosconi, C. Physiological and Technical Aspects of Machine Milking. ICAR Villa del Ragno (2001)
- [20] Wattiaux, M. Mastitis Prevención y Detección. Agriculture Hall, Instituto Babcock, Universidad de Winsconsin-Madison (2005).
- [21] Mottram, T. Rudnitskaya, A. Legin, A. *et al.* Evaluation of a Novel Chemical Sensor to Detect Clinical Mastitis in Bovine Milk. Biosensors and Bioelectronics (2007) Science Direct.
- [22] Viguier, C. Arora S., *et al.* Mastitis Detection: Current Trends and future Perspectives, Trends in Biotechnology (2009) Elsevier.
- [23] http://www.intermec.com.mx/learning/content_library/white_papers/localized/wpABC_MX.pdf (Página 2).
- [24] http://www.infocarne.com/bovino/alimentos_concentrados.asp
- [25] <http://www.slideshare.net/Fedegan/documento-pab>