

Pontificia Universidad Javeriana Cali  
Facultad de Ingeniería y Ciencias.  
Ingeniería Electrónica.

Diseño de sistema automático de monitoreo alimenticio de bajo costo para productores ganaderos de reses estabuladas en proceso de ceba

Luis Felipe Guevara Gómez

Director: Dr. Eugenio Tamura Morimitsu

13 de junio de 2019





# Agradecimientos

Un mensaje dedicatorio a mi familia.



# Glosario

Para el correcto entendimiento de este proyecto es necesario recalcar la definición de los siguientes términos:

- **Algoritmo:** Conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema. [8].
- **Arduino:** Es una plataforma electrónica de código abierto basado en software y hardware de fácil uso. Las placas de Arduino están en la capacidad de leer entradas, manipular sensores y transmitir información de manera remota, entre otros. Estas placas son reprogramables mediante una serie de instrucciones al microcontrolador y se pueden programar con múltiples lenguajes de programación [2].
- **Ciclo de Ceba:** Consiste en el engorde de ganado destinado para la producción de carne, principalmente en bovinos machos jóvenes denominados novillos [13].
- **Estabulación:** Es una forma de crianza de ganado en la cual los animales pasan la mayor parte del tiempo en establos en los cuales realizan sus actividades diarias. En estos establos se recrea la vida del ganado con la diferencia que el mismo se encuentra protegido bajo techo sin tener exposición directa al sol y a las condiciones medio ambientales. En este sistema se pretende una mayor producción y mejor calidad de la carne en el menor tiempo posible [25].
- **Silvopastoreo:** Es una forma de cultivo agropecuario que involucra la presencia de árboles interactuando con gramíneas y los animales sometidos a un manejo determinado para incrementar la productividad y el beneficio neto de la explotación a mediano y corto plazo [22].
- **Software de Código Abierto OSS (Open Source Software):** Es un concepto relativamente reciente que abarca un modelo de desarrollo de software basado en colaboración abierta en Internet, donde un propietario de software permite a los usuarios utilizar, cambiar y redistribuir el software para cualquier propósito. [1].



# Resumen

Este proyecto consiste en el desarrollo de un sistema automático de bajo costo para el monitoreo de la alimentación especializada e intensiva de ganado estabulado involucrado en el ciclo productivo en la denominada "Ganadería de la Carne", es decir, reses que se encuentren en proceso de engorde o Ceba. El sistema se plantea como herramienta de ayuda para productores de carne que presenten falencias en la toma y manipulación de datos en sus actividades de ganadería. Adicionalmente se toma como referencia de usuarios potenciales, a ganaderos del municipio de Sotara, Cauca, que practican este tipo de ganadería.

El sistema, realizado en la plataforma Arduino puede, con la ayuda de una variedad de dispositivos electrónicos y mecánicos (peso, presencia y/o detección, RFID, nivel, servomotores, celdas de carga, entre otros); obtener información pertinente con la que se puede monitorear el proceso alimenticio respectivo de cada cabeza de ganado de forma particular e independiente de las demás, mediante la toma y registro de datos en bases de datos físicas y/o en la nube. Esto quiere decir que con los datos almacenados se pueden proyectar y analizar comportamientos de peso que ayudan a la toma de decisiones sobre si un bovino en particular presenta dificultades en su crecimiento de peso o si ha alcanzado un peso idóneo para ser convertido en carne para consumo.

El sistema consta de 2 partes principales, la primera parte abarca la identificación del bovino y dosificación correspondiente de alimento a cada animal en particular, y la segunda parte abarca la obtención de datos de cada res, los cuales son registrados en la(s) base(s) de datos.

Para el diseño del mecanismo dosificador se utilizó SolidWorks, un software especializado de alto procesamiento gráfico con el que se pudo generar en un modelo 3D un tornillo sin fin con su eje, paso y número de hélices así como también el ensamblaje del mismo mediante la conexión de las 2 partes tipo hembra que conforman la pieza. Este software facilitó que la fabricación del tornillo fuese menos costosa y más precisa que por otros métodos manuales de fabricación.

En lo que respecta a la construcción de algunas partes físicas para la dosificación, se utilizarán los modelos simulados en SolidWorks, para ser impresos en una impresora 3D del Centro de Automatización de Procesos (CAP) de la Pontificia Universidad Javeriana, con el material biodegradable PLA de 1.75mm. Otras partes que conforman el sistema fueron, de igual forma, diseñados en SolidWorks y fueron fabricadas manualmente o compradas con productos comerciales similares como la tubería de PVC.

**Palabras y Conceptos Clave:** Almacenamiento en Nube, Bases de Datos, Ciclo productivo de cebado, Comunicación remota, Dosificación, Estabulación, Ganadería de Carne, Tasa de pesaje y crecimiento, Lector RFID, Jaquima RFID, SIM800L.



# Abstract

This project consists in the development of a low-cost automatic system for specialized and intensive feeding of stabled cattle involved in Cattle raising meat productive cycle, that is, bulls in process of fattening or Ceba. The system is considered as a helping tool for Meat producers that have data acquisition and manipulation flaws in their daily activities. Furthermore, cattle raisers from the municipality of Sotara-Cauca, are considered as potentially users, because they practice this type of farming and they are easy access for the developer of this project.

The system, developed in Arduino platform can, with help of wide variety of electronic and mechanical devices (Weight, presence and/or detection, RFID, level, servomotors, load cells, among others); obtain relevant information used to monitor the respective feeding process of each beast, particularly and independent from others, through data acquisition and registration in physical or Cloud databases. This means that stored data can be used to project and analyze weight behaviours that help in decision making on if a particular bovine presents difficulties in its growth of weight or if it has reached an ideal weight to be turned into meat for human consumption.

The system is divided in 2 main parts, the first one covers bovine identification and its respective food dosification, the second part covers data acquisition of each bull, which will be registered in the database(s).

For the dosification mechanism, SolidWorks was used, and specialized software for high graphic processing in which 3D models of an endless screw with its axis, step and number of propellers was designed, as well as its assembly by connecting 2 female parts that conform the entire piece. This software facilitated that the endless screw manufacturing would be less expensive and more precise than with manual manufacturing.

In regards of some physical parts for food dosification, models simulated in SolidWorks were used, and then printed in a 3D printer from CAP at Pontificia Universidad Javeriana, with PLA 1.75mm biodegradable material. Other parts that conform the system were, as well as the mentioned above, designed in SolidWorks and were manufactured manually or bought with similar commercial products i.e the PVC pipes.

**Keywords:** Cloud Storage, Databases, Ceba productive cycle, Wireless communication, Dosage, Stabling, Meat cattle raising, Weight and growth rate, RFID reader, Jaquima RFID, SIM800L.



# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Visión global del sistema</b>	<b>3</b>
2.1. Contexto ganadero en Colombia . . . . .	3
2.1.1. Ciclo productivo de la carne . . . . .	4
2.2. Marco de referencia . . . . .	5
2.2.1. Alimentación . . . . .	5
2.2.2. Almacenamiento . . . . .	6
2.2.3. Mecanismos de Dosificación . . . . .	6
2.2.4. Leyes y Normatividad . . . . .	8
2.2.5. Conceptos adicionales . . . . .	8
2.3. Descripción general del sistema . . . . .	10
2.3.1. Subsistema ID . . . . .	12
2.3.2. Subsistema Sensado . . . . .	19
2.3.3. Subsistema Actuadores . . . . .	19
2.3.4. Subsistema Manipulación de datos . . . . .	19
2.4. Objetivos . . . . .	20
2.4.1. Objetivo General . . . . .	20
2.4.2. Objetivos Específicos . . . . .	20
2.5. Justificación . . . . .	21
2.6. Delimitaciones y Alcances . . . . .	22
2.6.1. Entregables . . . . .	23
<b>3. Descripción del Problema</b>	<b>25</b>
3.1. Planteamiento del Problema . . . . .	25
3.1.1. Formulación . . . . .	26
3.1.2. Sistematización . . . . .	26
3.2. Objetivos . . . . .	27
3.2.1. Objetivo General . . . . .	27
3.2.2. Objetivos Específicos . . . . .	27
3.3. Justificación . . . . .	28
3.4. Delimitaciones y Alcances . . . . .	29
3.4.1. Entregables . . . . .	30

<b>4. Desarrollo del Proyecto</b>	<b>31</b>
4.1. Marco de Referencia . . . . .	31
4.1.1. Áreas Temáticas . . . . .	31
4.1.2. Marco Teórico . . . . .	31
4.1.3. Trabajos Relacionados . . . . .	37
4.2. Metodología . . . . .	39
4.2.1. Tipo de Estudio y Metodología a usar . . . . .	39
4.2.2. Actividades . . . . .	40
4.3. Resultados Esperados . . . . .	42
4.4. Cronograma . . . . .	42
4.5. Recursos . . . . .	44
4.5.1. Humanos . . . . .	44
4.5.2. Económicos . . . . .	44
<b>Bibliografía</b>	<b>47</b>

# Índice de figuras

2.1. Mecanismo de Tornillo sin fin. Tomada de [16]	7
2.2. Mecanismo de Compuerta Rotativa.	7
2.3. Mecanismo de Compuerta Deslizante. Tomada de [16]	8
2.4. Almacenamiento en nube.	9
2.5. Base de datos.	9
2.6. Ganadería de carne.	10
2.7. Sistemas RFID.	10
2.8. Diagrama de Bloques general.	11
2.9. Diagrama Funcional del sistema.	12
2.10. Marca de hierro en ganado.	13
2.11. Anillo nasal o Nariguera.	13
2.12. Arete o Crotal.	14
2.13. Collar / Jaquima de color o función.	15
2.14. Chip subcutáneo.	15
2.15. Collar con imán.	16
2.16. Primer modelo 3D del compartimento RFID.	17
2.17. Fisionomía de razas comunes en el ciclo productivo de la Carne.	17
2.18. Argolla de conexión.	18
2.19. Prototipo de accesorio RFID para la Jaquima.	19
4.1. Mecanismo de Tornillo sin fin. Tomada de [16]	33
4.2. Mecanismo de Compuerta Rotativa.	34
4.3. Mecanismo de Compuerta Deslizante. Tomada de [16]	34
4.4. Almacenamiento en nube.	35
4.5. Base de datos.	36
4.6. Ganadería de carne.	36
4.7. Sistemas RFID.	37
4.8. Unidad completa de dosificación. Tomada de [19]	37
4.9. Unidad completa de dosificación. Tomada de [15]	38
4.10. Sistema Feedstar. Tomada de [10]	38
4.11. Sistema alimenticio de la Finca Molina. Tomada de [17]	39



# Índice de cuadros

4.1. Cronograma del proyecto. . . . .	43
4.2. Consideraciones del proyecto respecto a la Pontificia Universidad Javeriana . . . . .	44
4.3. Consideraciones del proyecto respecto al estudiante. . . . .	45
4.4. Presupuesto del proyecto. . . . .	45



# Capítulo 1

## Introducción

---

En los últimos años, el sector agropecuario ha ido retomando gran importancia en Latinoamérica y el mundo, debido a múltiples factores entre los cuales se puede resaltar el crecimiento poblacional que lleva consigo el incremento del consumo de alimentos. Esto representa una necesidad que puede y debe ser resuelta con el crecimiento de la producción agropecuaria de hasta un 70 % para satisfacer la demanda alimenticia a nivel mundial. Para ello es de vital importancia que los países en desarrollo como Colombia, entren a formar parte del mercado altamente productivo y competitivo haciendo uso de las fuentes que le aportan una ventaja comparativa en la región que radican, siendo estas la abundancia de recursos hidráticos y terrestres [7].

Actualmente, Brasil es el segundo mayor proveedor de alimentos y productos agropecuarios a nivel mundial y cuenta con mejoras continuas en los procesos de producción, que respaldan el rápido crecimiento de las exportaciones. La investigación agropecuaria ha sido uno de los factores clave para el incremento de la productividad en la región durante las últimas décadas con el fin de monitorear los resultados y el desempeño de los sistemas de investigación y desarrollo agropecuario. Estos datos son una herramienta indispensable cuando se trata de evaluar el aporte de la I+D agropecuaria y de manera más general el crecimiento económico del país.

En América Latina y más precisamente en Colombia, sobresale la formación de 55 Comités de Investigación Agrícola elegidos Localmente (CIAL), los cuales están constituidos por agricultores experimentados que administran y conducen investigación y desarrollo en beneficio de toda la comunidad [12]; con lo cual se representa la alta participación colombiana en este ámbito de desarrollo.

En Colombia también se han incorporado nuevas entidades que aportan al desarrollo investigativo, productivo y competitivo como la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSIVA), que de mano con la expedición de la Ley 1876 de 2017, por la cual se crea el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA), busca integrar la ciencia, y el desarrollo tecnológico del sector junto con la formación y prestación del servicio de extensión agropecuaria. En este sentido, la ciencia permite lograr avances en términos productivos, de innovación y de competitividad [6].

En el Cauca, de acuerdo con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, los suelos del departamento presentan casi todos los pisos térmicos de variadas fertilidades y profundidades y con diversas vocaciones para su uso [4]. Por otra parte, aunque comúnmente pueda considerarse un sector primitivo o de poca inversión tecnológica, el sector agropecuario cuenta con el mayor potencial tecnológico y es uno de los más tecnificados. Esto debido a la inclusión de nuevas tecnologías, no solo para la ejecución de procesos, sino también para la gestión de la información y las comunicaciones, impulsando

el trabajo de campesino y promoviendo su producción a nivel mundial.

No obstante, la inclusión de las actuales tecnologías puede significar una gran inversión económica para pequeños y medianos productores y cultivadores. Los altos costos significan un impedimento a la participación competitiva en el mercado ganadero y de cultivos varios, con lo que el mejoramiento de pequeñas partes del sistema total puede manifestarse en mejoras significativas en el día a día de los nuevos emprendedores ganaderos. Los costos totales pueden segmentarse en costos de producción, mantenimiento, transporte y control que diariamente aportan al consumo de recursos económicos limitados. Para ello se requiere de nuevas alternativas que permitan mejorar algunas de las condiciones de trabajo de los cultivadores agrícolas promoviendo de igual forma, la integración científica, innovadora y competitiva.

Con base en todo lo anterior, se considera viable la inclusión de tecnologías re-programables de bajo costo como los microprocesadores y microcontroladores que mediante la programación de algoritmos computacionales, pueden manipular dispositivos electrónicos de baja potencia y que ayudan de igual forma y a menor escala, a cumplir con algunas tareas de producción ganadera.

# Visión global del sistema

---

## 2.1. Contexto ganadero en Colombia

El sector ganadero abarca diferentes especies de ganado tales como, los bovinos, los ovinos, los porcinos, entre otros. En Colombia se tiene una alta presencia de producción de estos tipos especialmente en el ganado bovino y ovino. De igual forma, estos tipos de ganado tienen diferentes modalidades, entre las cuales se pueden mencionar el ganado para crianza, para producción de leches y sus derivados y ganadería de la carne. En Colombia y el mundo se presentan constantes inversiones en materia tecnológica para mejorar la forma en cómo el ganado es productivo y puede participar de forma competitiva en un mercado de consumo de calidad.

Debido a que el ciclo productivo de la carne consta de diferentes etapas con diferentes requerimientos, necesidades y cantidad de áreas verdes, se considera aportar el diseño de un sistema que pueda simplificar tareas de obtención de datos y gastos por mano de obra en cultivos de reses destinados al engorde, los cuales pueden desempeñarse en espacios cerrados como establos, dando paso al monitoreo por condiciones de estabulación, en donde se garantiza el suministro de forraje verde, minerales, vitaminas y dietas específicas para el ganado y adaptándose a espacios cercanos a la casa matriz de administración de los productores [18].

En el Cauca, aunque se cuente con bastas hectáreas de diferentes fertilidades y condiciones térmicas apropiadas para el cultivo y desarrollo de la ganadería, se presentan muchas falencias en materia tecnológica y económica, en donde los movimientos migratorios de campesinos desplazados y los efectos colaterales del conflicto armado que se ha presentado en el país, son las principales causas de estas falencias. Sin embargo, el emprendimiento de los pequeños y medianos productores da paso a nuevas oportunidades de intervención por parte de la Ingeniería electrónica y el manejo aplicativo de nuevas tecnologías que permitan tener un contacto más cercano con la población campesina.

El manejo de software sofisticado y maquinaria industrial puede presuponer brechas para con los usuarios campesinos debido a la falta de capacitación técnica o por la complejidad de uso de los programas para el manejo de datos. Sin embargo, el desarrollo de nuevas tecnologías ha dado paso a una era digital con la que se espera lograr avances significativos. Como se menciona en [6], [12] y [7] la inclusión de las ciencias y la formación de entidades de apoyo al sector agrario pueden aportar significativamente al desempeño de los cultivos ganaderos. Como alternativa a facilitar al

usuario software o herramientas más amigables se plantea el manejo de microprocesadores y micro-controladores como Arduino o Raspberry Pi [2]. Estos dispositivos son fácilmente re-programables y pueden adaptarse no solo a las necesidades de pequeños productores ganaderos sino también al uso por parte de grandes cultivadores del ganado de la carne.

Mediante la posibilidad de acceder a los datos de manera remota mediante las redes de Internet y datos, y estableciendo un sistema automático de suministro y supervisión alimenticio, se espera reducir gastos por transporte, personal de seguimiento y tiempo y claridad en el registro de datos dando así, paso para que estos tiempos y recursos puedan ser redistribuidos en otras o nuevas tareas del productor ganadero. Lo anterior se diseña, y se plantea acorde con el manual de Buenas Prácticas de Ganadería (BPG) y con las legislaciones pertinentes al manejo de alimentos para el consumo humano establecidas por la ley colombiana mencionados en la sección 4.1.2.4.

### 2.1.1. Ciclo productivo de la carne

El ciclo productivo de la carne de un ganado destinado para tal fin consta de 3 etapas principales que abarcan desde el nacimiento de la cría, su desarrollo y crecimiento y finalizando en el momento en que alcanza las condiciones apropiadas para ser transformado en carne para consumo humano [?]. Estas etapas son brevemente descritas a continuación:

- Ganadería de Cría: Es la etapa de producción temprana en donde el animal, que generalmente son crías macho llamadas bovinos, es alimentado y criado desde su nacimiento hasta los primeros seis (6) meses de edad.
  - En esta etapa se requiere de grandes extensiones de tierra para producir crías
  - No requiere de estaciones climatológicas específicas y se puede dar en todo el año.
  - Los elementos principales en la dieta de estas criaturas son los nutrientes provenientes del Calostro y la leche materna.
- Ganadería de Levante: Es la etapa inmediatamente siguiente a la etapa de crianza, en donde el bovino se desarrollara entre los siete (7) y diez y ocho (18) meses de edad.
  - En esta etapa se estima que el peso del animal puede alcanzar un mínimo de 230[kg] de peso en adelante.
  - Es considerada como la etapa mas rentable debido a las pocas exigencias en materia de calidad alimenticia.
  - El objetivo de esta etapa es que el sujeto en cuestión alcance el peso estimado peso deseado en el menor tiempo posible con el menor esfuerzo posible
  - El alimento se basa en pasturas de calidad, provenientes de las extensiones de tierra donde comen las reses y se crían.
  - El animal gana mayor peso debido a su etapa de crecimiento, por lo que entre mejor sea su alimentación se obtendrán mejores resultados.

- Es de vital importancia que el animal se encuentre en la capacidad de alimentarse Ad Libitum, es decir a placer y a voluntad.
- Ganadería de engorde o Ceba: Es la etapa final que abarca desde los 19 meses de edad hasta los 24 o 36 meses, dependiendo de su crecimiento y otros factores como el interés del productor, la demanda del mercado, entre otras. En sus características principales se pueden mencionar:
  - El límite se define por los intereses del productor, la demanda del mercado y en general por el peso ideal del animal, el cual es aproximadamente mayor o igual a los 450[kg].
  - Para la alimentación se requieren de buenas, grandes y controladas cantidades con el fin de mejorar la carne. Para esto se utilizan dietas que requieren pasturas y concentrados dietarios.
  - Se debe monitorear la alimentación tomando registro en la ganancia de gramaje diaria de cada uno de los animales.

## 2.2. Marco de referencia

### 2.2.1. Alimentación

La alimentación de un cultivo de ganado requiere de una dieta o ración con diferentes componentes básicos o nutrientes que deben ser suministrados día a día de forma balanceada para lograr un crecimiento óptimo y que los animales puedan expresar su potencial genético [24]. Los componentes principales que conforman la dieta alimenticia del ganado son:

#### ■ Componentes básicos de la dieta

- Agua: Componente principal de la alimentación. Esta debe ser suministrada en cantidad y calidad para ser aprovechada por cada animal llegando a ocupar más del 50 % de la masa corporal de un ejemplar adulto y hasta un 90 % de un recién nacido.
- Energía: Este componente se suministra mediante azúcares, almidones, celulosa, entre otros, los cuales aportan grandes cantidades de energía más no de proteína, razón por la cual se deben suministrar de forma complementaria.
- Proteínas: Estos nutrientes son fundamentales especialmente durante los períodos de sequía para lo cual se optan por fuentes altas en proteína como leguminosas forrajeras como el Maní, Leucaena y el más común, los pastos de forraje verde.
- Minerales: Son indispensables en la ganancia de peso de los novillos durante la etapa de Cría y Levante. Este complemento alimenticio debe estar siempre a la disposición para que el ganado pueda abastecer sus necesidades. Estos minerales se suelen proporcionar mediante mezclas de macrominerales y microminerales que se ofrecen de libre consumo al ganado.

- **Vitaminas:** Suministradas en cantidades pequeñas aplicadas comúnmente en animales cuya alimentación se basa en forrajes secos, o en animales enfermos convalecientes, desnutridos o durante épocas de sequía prolongada.
- **Balance de raciones y dietas especializadas** Estas dietas son suministradas por personal técnico calificado que prepara un dieta acorde a la cantidad de nutrientes de cada animal de forma particular e independiente, considerando su peso actual, su velocidad de crecimiento y estado fisiológico.

### 2.2.2. Almacenamiento

El alimento almacenado cae por gravedad al mecanismo de dosificación y este debe ser adaptado a su tamaño, densidad y peso [19]. Aparte del mecanismo, se debe tener en cuenta el material de construcción, entre los materiales de fabricación más comunes se encuentran el Poliestireno, Vidrio y Cerámica, Acero Inoxidable, Plástico, entre otros. Estos deben garantizar resistencia y que cumpla con los requerimientos generales de almacenamiento de alimentos [9]:

- El material de fabricación no debe modificar la composición, color, sabor, ni olor del producto contenido y no puede ceder componentes al medio interno ni externo que constituyan un riesgo para la salud.
- Fabricación con polímeros y aditivos que están incluidos en las listas positivas de las regulaciones alimentarias.
- Cumplir con los requisitos específicos de migración total en casos de compuestos químicos y componentes en el material plástico.

### 2.2.3. Mecanismos de Dosificación

El suministro de los alimentos del ganado cultivado se realiza mediante dispositivos electrónicos, mecánicos, electromecánicos y manuales. Estos dispositivos regulan el despacho del alimento en las diferentes etapas del cultivo de carne. A modo general, están compuestos por servomotores, motores eléctricos, cilindros neumáticos y/o reguladores electrónicos y mecánicos [19]. También pueden ser clasificados acorde a la naturaleza de la sustancia a manipular. Más propiamente dentro de la categoría de dosificadores volumétricos de sólidos secos, existen una gran variedad de mecanismos de dosificación [23], como algunos mencionados a continuación:

#### ■ **Dosificadores de Tornillo**

En estos dosificadores (Ver figura 4.1) se tiene un Tornillo sin fin que actúa como dosificador, éste se suele encontrar en la parte inferior de la tolva de alimentación y libera un volumen determinado de sustancia en cada vuelta; su velocidad y precisión de dosificación dependen de la velocidad de giro con la que se esté manipulando [23]. Este sistema de dosificación es el más utilizado debido a su implementación simple y porque se adapta a la naturaleza de la mayoría de las sustancias dosificadas.

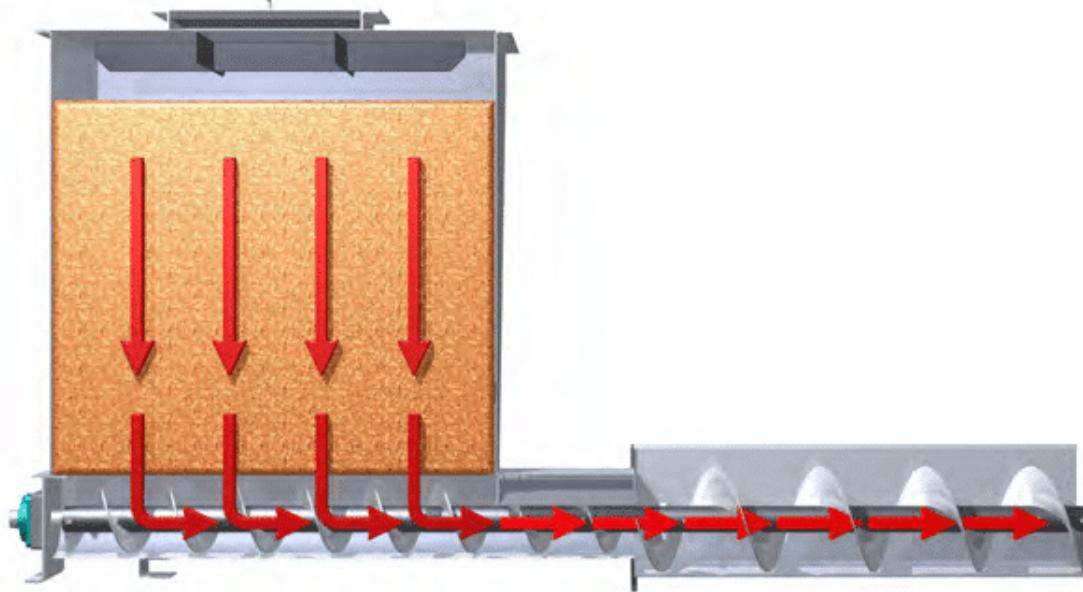


Figura 2.1: Mecanismo de Tornillo sin fin. Tomada de [16]

#### ■ Dosificadores de Compuerta Rotativa

En este caso se tiene una compuerta rotativa como elemento principal de dosificación, permite una construcción simple y robusta, aunque presenta menor precisión que el mecanismo de tornillo sin fin. Una representación de este tipo de mecanismo se puede ver en la Figura 4.2.

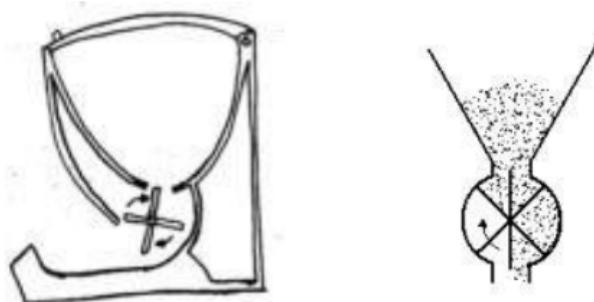


Figura 2.2: Mecanismo de Compuerta Rotativa.

#### ■ Dosificadores de Compuerta deslizante

Son compuertas deslizantes usadas para descargar material de tolvas, transportadores o compartimientos. La compuerta deslizante consta de un marco rígido con una lámina deslizante

ubicada en el interior que se abre y se cierra contra el flujo de material (Ver Figura 4.3). La placa deslizante puede ser accionada por medios manuales, neumáticos, eléctricos o hidráulicos. La lámina puede ser implementada de diferentes maneras y puede estar apoyada por rodamientos en 2 de sus extremos para facilitar la transición reduciendo así la fricción con las paredes del marco.

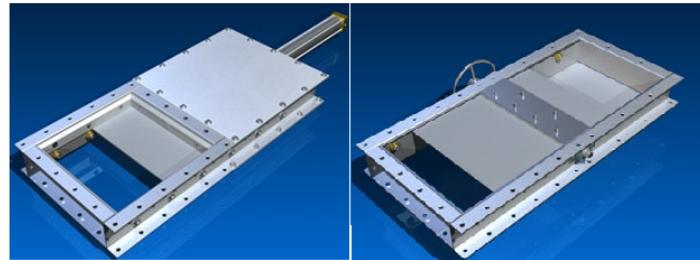


Figura 2.3: Mecanismo de Compuerta Deslizante. Tomada de [16]

#### 2.2.4. Leyes y Normatividad

Requerida para que el avance ganadero se realice de manera coordinada o estandarizada basada en las buenas prácticas ganaderas en pro de mejorar la productividad y ayudarla a alcanzar niveles de ganadería bovina del mundo [11].

- **Decreto 1500 de 2007:** Reglamento técnico a través del cual se crea el Sistema Oficial de Inspección, Vigilancia y Control de la Carne y otros productos comestibles y derivados cárnicos destinados para el consumo humano.
- **Decreto 072 de 2007:** Por el cual establece el manual de buenas prácticas de manejo para la producción de ganado bovino.
- **Decreto 2905 de 2007:** Por el cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios y de inocuidad de la carne y productos cárnicos comestibles de las especies bovina y bufalina destinados para el consumo humano.
- **Decreto 18119 de 2007:** Por el cual se reglamenta los requisitos del plan gradual de cumplimiento para las plantas de beneficio y desposte de bovino y bufalinos.
- **Decreto 2278 de 1982:** Reglamentación parcial en el título V de la ley 09 de 1979 que se refiere al sacrificio de animales de abasto público o para consumo humano y el procesamiento, transporte y comercialización de su carne.

#### 2.2.5. Conceptos adicionales

- **Algoritmos Computacionales:** Los algoritmos son un conjunto de instrucciones o reglas predefinidas de manera ordenada que permiten llevar a cabo una actividad mediante pasos

consecutivos secuenciales o paralelos de manera no ambigua para poder realizar una actividad [5]. Los algoritmos computacionales son algoritmos más sofisticados y precisos que permiten aprovechar las nuevas tecnologías y que al depender de una memoria finita deben ser lo mas optimizados posible para que puedan procesar grandes cantidades de datos con limitaciones finitas y generalmente a bajo costo.

- **Almacenamiento en la nube:** La nube, también denominada como "Cloud Storage" (Ver Figura 4.4), se refiere tanto a las aplicaciones entregadas como servicios a través de internet y el software del hardware y sistemas en los centros de datos que proporcionan estos servicios [3].



Figura 2.4: Almacenamiento en nube.

- **Bases de datos digitales:** Es un conjunto de datos interrelacionados y almacenados de forma ordenada y sistemática (Ver Figura 4.5) para un uso posterior[20]. Debido al desarrollo tecnológico de la informática y la electrónica, estas bases de datos suelen ser digitales y por lo general se almacenan en la nube (Cloud). Por otra parte, es considerado un modelo de almacenamiento de datos basado en redes de computadoras, donde los datos están alojados en espacios de almacenamiento virtualizados [21].



Figura 2.5: Base de datos.

- **Ganadería de carne:** Es un ciclo productivo de cabezas de ganado destinadas al engorde que comprende un proceso prolongado en el tiempo que consta de varias etapas que abarcan desde

el nacimiento vivo de la cría, siguiendo con su crecimiento y finalmente su comercialización en producto final, ya sea en carne, lácteos o sus derivados (Ver Figura 4.6).



Figura 2.6: Ganadería de carne.

- **RFID:** La identificación por radiofrecuencia (Ver Figura 4.7), es un sistema reprogramable de almacenamiento y recuperación de datos de manera inalámbrica mediante etiquetas, tarjetas o transpondedores en general, que pueden ser adheridas a productos, animales e incluso a personas sin necesidad de alimentación interna. Este sistema tiene una gran variedad de aplicaciones entre las cuales se pueden mencionar logísticas de distribución, servicios industriales, control de acceso, entre otros [14].



Figura 2.7: Sistemas RFID.

### 2.3. Descripción general del sistema

El sistema realizado para este proyecto se denomina EndlessID, diseñado para fincas ganaderas del municipio de Sotara-Cauca pero adaptable para otros sectores ganaderos del país. Esta compuesto por el trabajo interconectado de diferentes dispositivos electrónicos y electromecánicos que trabajan de forma conjunta para que el sistema esté en la capacidad de registrar datos de manera automática en bases de datos físicas o en la nube, que sirvan para monitorear el proceso alimenticio

de reses pertenecientes al ganado estabulado que se encuentre en la etapa de engorde en el ciclo productivo de la carne, en una finca de un productor ganadero.

La obtención de estos datos se logra mediante un proceso complementario de dosificación y sensado, que inicia desde la verificación de alimento suficiente para abastecer las necesidades del ganado estabulado, seguido de la identificación de las cabezas de ganado mediante un dispositivo de identificación por radio frecuencia asociado a cada animal, con los que se podrá llevar un registro y monitoreo de datos de manera independiente; procedido de la dosificación del alimento desde el tanque de almacenamiento hasta el plato de comida para posteriormente pesar el animal y registrar los datos obtenidos de manera inmediata; reduciendo así, falencias humanas por registro y manipulación de datos erróneos.

Como ayuda gráfica para comprender el sistema, se considera el siguiente diagrama de bloques mostrado en la Figura 2.8:

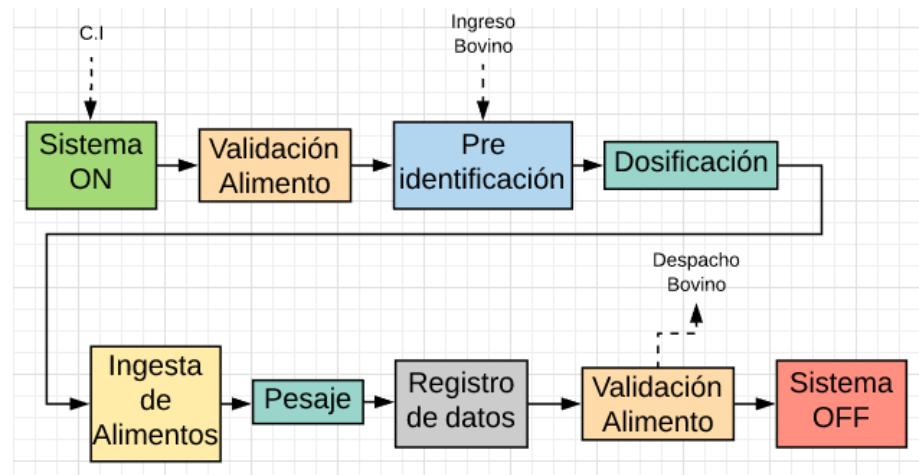


Figura 2.8: Diagrama de Bloques general.

Por otra parte, el sistema está compuesto por 4 subsistemas diferentes: ID, Sensado, Actuadores y Manipulación de datos, los cuales pueden apreciarse en la Figura 2.9:

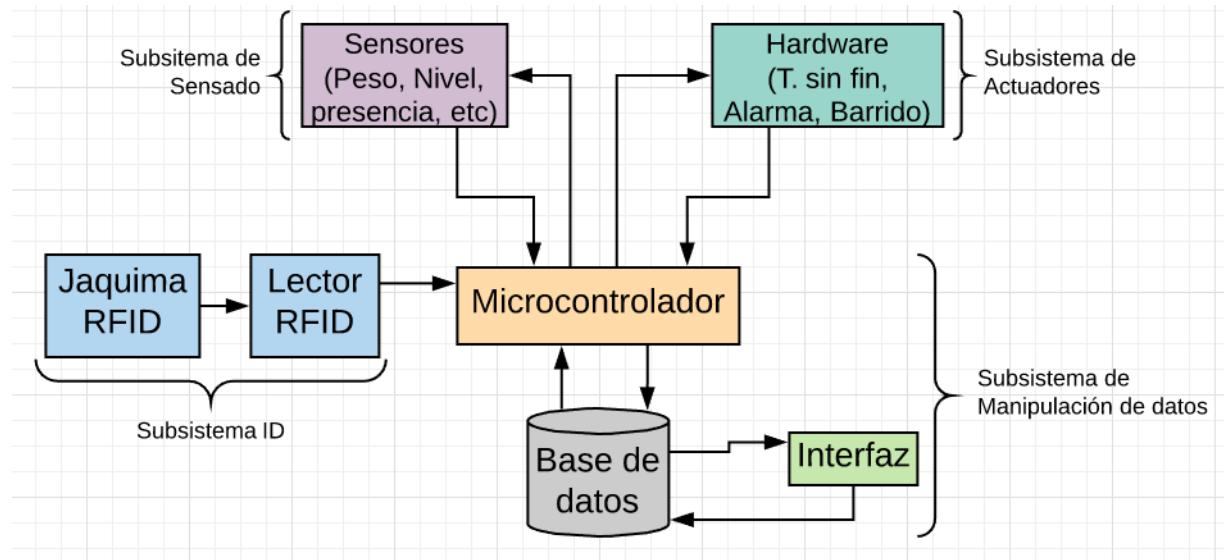


Figura 2.9: Diagrama Funcional del sistema.

### 2.3.1. Subsistema ID

En el subsistema ID se realiza la identificación de cada novillo mediante un accesorio RFID que contiene un documento de identidad único (UID), el cual se encuentra grabado en la memoria de la etiqueta RFID añadida al mismo. La identificación de ganado se ha realizado en diferentes modalidades con el paso del tiempo y depende de diversos factores tanto culturales como comerciales, entre otros. Entre las modalidades mas comunes de clasificación ganadera que se practican en Colombia y el mundo se pueden establecer:

- **Identificación por Marcado** : Esa es una de las mneras de identificación de ganado mas antiguas, aunque sigue siendo utilizada en distintas partes del mundo como Norte America, Europa y Latinoamerica. Estas marcas son hechas mediante la presión de hierro caliente al rojo vivo sobre la piel gruesa del animal dejando una marca sobre éste tal y como se puede apreciar en la figura 2.10, dando paso a que pueda ser clafisicado o identificado en ranchos compartidos [?]. Las marcas pueden representar la finca a la que pertenecen así como también el número de lote o cabeza de ganado comercializada.



Figura 2.10: Marca de hierro en ganado.

- **Anillo nasal o nariguera:** Como su nombre lo dice, son anillos puestos en la nariz de los semovientes, especialmente para aquellos que presentan comportamientos agresivos que pueden significar grandes riesgos para el personal ganadero (Ver Figura 2.11). De acuerdo con el medico veterinario de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales y especialista en grandes animales, Jorge Torres Vanegas, estos anillos son puestos en el tabique nasal del animal, alrededor de una pulgada de la punta de la nariz; su ubicación en esta área se da debido a la alta sensibilidad de esta zona en las reses, lo que significa una medida de prevención y manejo del hato garantizando control del animal y seguridad para productores y mayordomos [?].

Estos anillos pueden ser de diferentes materiales y diferentes tamaños lo que facilita la clasificación de los animales por su nivel de agresividad para con el personal de trabajo en la finca de explotación ganadera.

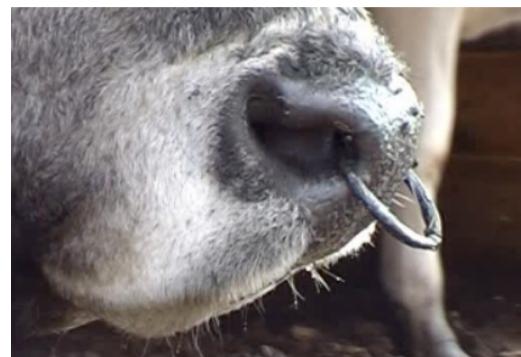


Figura 2.11: Anillo nasal o Nariguera.

- **Arete o Crotal:** Es un colgante plástico donde se registra un número asociado e irrpeticible de varios dígitos (Ver Figura 2.12). En Chile, este proceso permite identificar oficialmente

un animal mediante el Dispositivo de Identificación Individual Oficial (DIO) [?]. El DIO permanece con el animal durante toda su vida y no puede ser alterado, adulterado, copiado ni falsificado. Esta modalidad de reconocimiento animal requiere de 2 partes, en primer lugar, de un accesorio visual tipo doble paleta, y en segundo lugar, un accesorio visual tipo botón, con igual número de identificación que el de doble paleta y en algunos casos puede incorporar un Chip de radiofrecuencia RFID. Este tipo de reconocimiento permite conocer la condición trazable de cualquier animal, además de identificar mediante un número asociado una res en particular.



Figura 2.12: Arete o Crotal.

- **Collar / Jaquima de color o función:** En esta modalidad, se utilizan collares de diferentes colores, los cuales están referenciados a diferentes aspectos del ganado tales como el tipo de ganadería (Lechera, Carne, Reproducción o Crianza), raza, edad, genero, entre otros (Ver Figura 2.13). Adicionalmente, los avances tecnológicos de los últimos años han dado paso a nuevas aplicaciones tales como collares de monitoreo del comportamiento posicional del animal permitiendo saber cuánto come, camina y descansa; collares de detección de enfermedades, collares de detección de celo, entre otros [?].



Figura 2.13: Collar / Jaquima de color o función.

- **Identificación Electrónica o Chip Subcutaneo:** Es una pequeña cápsula de cristal especial que tiene un tamaño pequeño de aproximadamente un grano de arroz y que contiene un transpondedor con un UID que permite la identificación de animales. Este dispositivo es usado en diferentes tipos de ganado especialmente en equinos (Ver Figura 2.14). En Colombia, el Instituto Colombiano Agropecuario ICA, mediante la Libreta Sanitaria Equina (LSE), y mediante la resolución 20174 de 2016, establece que este dispositivo es de uso obligatorio para transportar y establecer trazabilidad del equino. Por otra parte, los animales que utilicen este tipo de identificador electrónico no pueden ser destinados a consumo [?].



Figura 2.14: Chip subcutáneo.

Estas modalidades junto con la aplicación de nuevas tecnologías y adicionando la constante necesidad de ayudar a mejorar las actividades agropecuarias en Colombia y el mundo, han dado paso al desarrollo de variantes como lo podemos apreciar en el trabajo realizado por los médicos veterinarios Hernan Agüero y Carlos Pedraza del Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile (INIA), en el que usan collares equipados con imanes asociados al animal [?] como se puede ver en la figura 2.15 y esto sirve también para la dosificación de alimento del mismo, como se explica mas adelante en la sección 2.3.3.



Figura 2.15: Collar con imán.

Con base en las modalidades estudiadas se procede a hacer una selección de modalidad que más se acomoda a las necesidades y limitantes del proyecto. Por su parte, el sistema planteado en este proyecto también presupone variaciones a las modalidades arriba mencionadas con consideraciones adicionales de diseño tal y como se describe a continuación:

- **Chaleco ó “Backband”:** En primera instancia se consideró un chaleco usable, portable Y reutilizable, que sería utilizado por cada individuo perteneciente al ganado estabulado desde su ingreso hasta su salida en la etapa de Ceba, es decir, hasta que alcance un peso adecuado para ser transformado en carne para consumo humano y una vez esto ocurriera, el chaleco sería re asignado a un próximo miembro de la etapa de engorde. Como los equinos, bovinos y otros animales domésticos ya utilizan accesorios en su día a día, se consideró posible que el ganado usase este tipo de complemento. Por otra parte, uno de los objetivos principales de este proyecto es que se pueda identificar cada una de las reses de manera automática, por lo que el uso de etiquetas RFID fue uno de los influyentes mas importantes en este diseño.

Ahora bien, en la infraestructura general de un comedero para ganado estabulado, se tienen algunas observaciones que por lo general son añadidas a la misma, como por ejemplo la separación de cada cabeza mediante barras a los costados que sirven para separar a los animales entre sí evitando disputas en la manada. Estas barras también rodean la nuca del animal dejando un espacio apropiado para que éste pueda ingresar su cabeza y cuello hasta el comedero.

Además, para que el lector RFID no dependa de un personal encargado de la lectura de cada etiqueta en los chalecos, es necesario que el lector se encuentre en una posición fija. Con esto en mente, se presupuso que el lector debería estar en un punto estratégico que facilitara la proximidad de la etiqueta RFID sin incomodar al individuo que sería alimentado; por lo tanto el lector RFID se encontraría en la barra superior que bordea la nuca del bovino ocasionando que la etiqueta RFID del chaleco se encontrara en la nuca del novillo.

Se diseñó un primer bosquejo en 3D del compartimento del chaleco que contendría la etiqueta RFID y de la cual se colocarían las correas ajustables que bordearían el cuerpo del novillo (Ver Figura 2.16), lastimosamente se detectó una primer falencia a este diseño. Esto debido

a que no todas las razas de bovinos más usados en este tipo de ganadería en Colombia son iguales en altura, contextura y fisionomía [?].

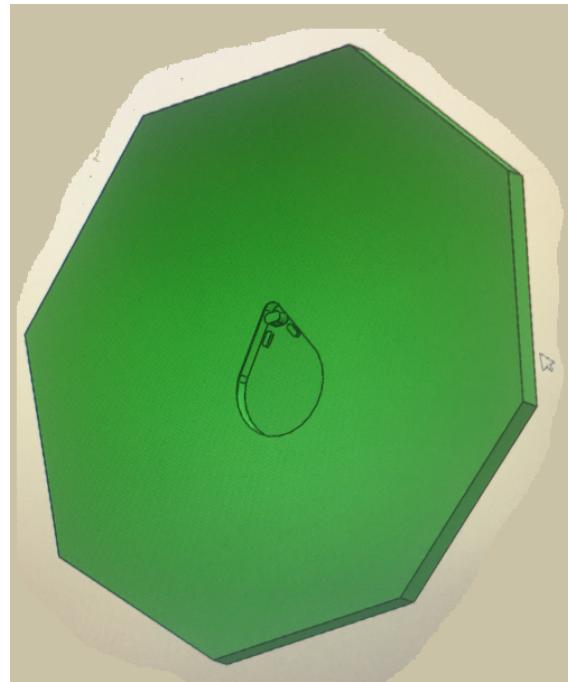


Figura 2.16: Primer modelo 3D del compartimento RFID.

En la figura 2.17 se puede observar razas como la Cyr, Brahman y Nelore; estas poseen una especie de joroba en la nuca o tejido descolgado en la parte inferior del cuerpo, lo que complica el uso de los chalecos y de la posición de la etiqueta RFID en ellos.



Figura 2.17: Fisionomía de razas comunes en el ciclo productivo de la Carne.

- **“Armband”:** Como medida reactiva y correctiva al problema del diseño anterior, se consideró que la etiqueta RFID podría ubicarse a uno de los costados de las extremidades del individuo y por ende el lector, tendría una nueva ubicación acorde a este cambio. No obstante se presentaron otras complicaciones que evidenciaron fallas en este diseño. La abrazadera ubicada en la extremidad dificulta el movimiento articular de la misma y como en cualquier otro caso de interacción animal que vive en grupo, se presentan ocasiones de confrontación física entre sujetos del sexo masculino; estas confrontaciones pueden suponer un daño irreparable en el compartimento portable del ‘‘Armband’’ dificultando la identificación del bovino en ocasiones futuras.

Para satisfacer con las tareas de diseño concernientes a la identificación de ganado planteadas en este proyecto conservando factores característicos como la portabilidad, usabilidad y reutilización del identificador RFID y recalcando lo aprendido sobre las falencias de los diseños anteriores, se opta por considerar una modalidad híbrida entre la Jaquima y los 2 prototipos diseñados. Para el diseño de este nuevo prototipo se observa que un rasgo físico común entre las razas de bovinos usadas para engorde, es que poseen un gran espacio en la parte frontal del cráneo, por encima de los ojos, y que suele usarse con jaquimas comerciales, convencionales y modificables.

En la figura 2.18 se observa que las Jaquimas especializadas utilizan una argolla de conexión para unir y tensionar las correas ajustables. Teniendo esto presente se puede reemplazar esta argolla con un accesorio que se conecte a las correas de la Jaquima garantizando que el accesorio siga siendo usable y reutilizable y que pueda portar una etiqueta RFID de manera portable.



Figura 2.18: Argolla de conexión.

Nuevamente, el diseño 3D de este accesorio se realiza en SolidWorks. Para este caso, se requiere de 2 partes, una usada como base donde irá la etiqueta RFID y otra que servirá de tapa protectora. Es importante añadir que este accesorio permite cambiar la etiqueta RFID si lo requiere lo que evidencia la reutilización del prototipo para ganado en el futuro.

La base cuenta con un corte interno que sirve como almohadilla en donde se inserta la etiqueta RFID y también cuenta con 3 hendiduras para el acople de la tapa protectora. Por su parte, la tapa protectora cuenta con 3 salientes que sirven para acoplarse correctamente a la base y permitir que se conforme el accesorio en su totalidad.

Una vez impresas las piezas se obtienen resultados mientras que la tapa de obteniendo un modelo impreso de, apreciable en la Figura 2.19:



Figura 2.19: Prototipo de accesorio RFID para la Jaquima.

En la parte derecha se puede observar que para garantizar resistencia y robustez del producto impreso, es necesario considerar un relleno o “Infill” entre 15 y 20 % en forma de Linea.

la Jaquima que portan los animales en cuestión.

La Jaquima es un freno, cabestro o cabezada usado principalmente en la ganadería equina para identificar, amansar o manipular al animal. Para el desarrollo de este proyecto se optó equinos y ovinos

### 2.3.2. Subsistema Sensado

Hacer el mismo resumen exlicativo para los sensores

### 2.3.3. Subsistema Actuadores

Hacer el mismo resumen exlicativo para los actuadores

### 2.3.4. Subsistema Manipulación de datos

Hacer el mismo resumen exlicativo para la manipulación de datos y la lógica funcional del proyecto de sistemas digitales en MSC y SDL.

- ¿Qué tipo de herramientas tecnológicas se utilizarían para realizar el monitoreo alimenticio de las reses?
- ¿Cómo identificar cada cabeza de ganado por separado y evitar confusiones en grandes poblaciones de ganado?
- ¿Cómo saber los tiempos del día en los que se debe suministrar el alimento?
- ¿Cómo verificar que aún se cuente con alimento suficiente para ser suministrado al ganado?

- ¿Cómo saber la porción de alimento apropiada para cada animal de manera particular?
- ¿Cómo suministrar el alimento racionado?
- ¿Cómo verificar que no se otorgará de manera equívoca las porciones de alimento a animales erróneos?
- ¿Cómo verificar que una res en particular ha ingerido correctamente su porción de alimento?
- ¿Cómo verificar que una res determinada presenta (o no) un crecimiento de peso acorde a los intereses del productor?
- ¿Cómo verificar que una res en específico ha alcanzado su peso máximo o ideal de acuerdo con los intereses del productor?
- ¿Cómo notificar cuando no haya suficiente alimento para suministrarlo a el ganado?
- ¿Cómo registrar los datos sensados en una base de datos en la nube?
- ¿Cómo realizar el registro de forma automática?
- ¿Cómo mostrar al usuario los datos registrados en la base de datos?
- ¿Cómo representar los datos almacenados en la base de datos?
- ¿Cómo verificar que los resultados obtenidos son acordes al diseño planteado?

## 2.4. Objetivos

### 2.4.1. Objetivo General

Diseñar un sistema de monitoreo alimenticio con herramientas de bajo costo para ganado estabulado en proceso de ceba.

### 2.4.2. Objetivos Específicos

- Investigar, clasificar y seleccionar los dispositivos y herramientas que serán usadas para el sensado de la deformación.
- Asignar números, nombres o características de identificación para referenciar a cada res.
- Utilizar dispositivos de tiempo para poner en funcionamiento el alimentador a las horas deseadas por el productor.
- Comprobar la existencia de cantidad suficiente de alimento almacenado.
- Suministrar la porción de alimento respectiva a cada bovino mediante la cantidad especificada por su referencia de identificación.

- Entregar la ración de alimento mediante un actuador de dosificación.
- Identificar a la res mediante su referencia de identificación y corroborar si ya se le ha suministrado (o no) su respectiva porción de alimento en una franja horaria determinada.
- Corroborar que la res ha ingerido su porción de alimento
- Monitorear el crecimiento de peso de cada res y compararlo con el crecimiento ideal o deseado.
- Conocer el peso de cada cabeza de ganado diariamente.
- Notificar al personal encargado la insuficiencia de alimento almacenado.
- Registrar la información sensada en una unidad de almacenamiento en la nube.
- Realizar el registro de datos de forma automática.
- Permitir al usuario acceder a los datos almacenados.
- Representar los datos almacenados de manera gráfica.
- Realizar un plan de pruebas.

## **2.5. Justificación**

La ganadería de la carne supone un ambiente apropiado para que los animales en cuestión puedan sacar provecho de sus cualidades genéticas y puedan producir los mejores productos en cuestión de calidad. Para ello, el cultivo de la carne debe ser debida y minuciosamente realizado lo que supone un constante trabajo de inspección tanto de la alimentación del ganado así como también del registro apropiado de los datos de seguimiento determinados por el ganadero y los intereses del mercado. Sin embargo, las fincas y los terrenos destinados para estabular el ganado suelen encontrarse en recintos separados lo que implica a los productores tener un constante transporte de bienes y recursos tanto físicos como personales, lo que conlleva a gastos de recursos en transporte y contratación de personal. Además se debe llevar un registro de las especificaciones alimenticias y dietarias de cada res con lo que se presuponen grandes tareas de registro de actividades y datos primarios sobre el proceso evolutivo de la alimentación del ganado. No obstante, estas tareas de registro son realizadas de manera general abarcando el comportamiento general del ganado alimentado y en ocasiones se presentan casos en donde se distribuye de manera desorganizada conjunta del alimento dietario, ocasionando que algunas reses puedan abastecerse de dietas más desproporcionadas que otras lo que conlleva de comportamientos en peso irregulares o poco deseados para los intereses de los productores.

En este trabajo se propone un alimentador automático de bajo costo para reses en proceso de engorde o ceba que permita, mediante sensores de peso, suministrar una cantidad de alimento de

manera automática para cada res, en horarios del día preestablecidos por el productor ganadero y cuya ración será respectiva a la dieta de cada animal basada en los intereses del propietario. Las reses estarían identificadas por un número ID unido directa o indirectamente a sus cuerpos con lo cual se supervisa cada bovino por separado generando un historial alimenticio en la nube para cada individuo. Este historial permitiría organizar de manera sistemática el proceso evolutivo de la alimentación de una res específica sin prestaciones a errores humanos por registro indebido o erróneo. Por medio de este alimentador se generaría un historial alimenticio de cada bovino que permitiría registrar la cantidad de porciones suministradas periódicamente, además de verificar, con sensores de presencia o detección, si éste ha ingerido su alimento o no con lo cual se podrá identificar aquellas cabezas de ganado que estarían presentando desordenes alimenticios que vayan en contra de los intereses del productor. Esto aportaría significativamente a un distribución más sistemática y eficiente del alimento del ganado.

Entre los datos fijos de cada historial se tendría registro de su Nombre, RFID, Sexo, Raza, Peso y Edad inicial, Peso y Edad final; y como datos de monitoreo se tendría registro diario peso, edad, peso máximo alcanzado, si ha alcanzado o no un peso ideal y su evolución del peso para verificar si está obteniendo un crecimiento positivo, o en caso contrario, proceder con la toma de decisiones respecto al sujeto en cuestión tales como su posible venta, tratamiento, o venta temprana, entre otros.

Al estar identificados con un número ID propio e independiente, mediante un sensor RFID, se ayuda a que el alimento se suministre al individuo correcto y que no se presentan casos en los que se suministren porciones repetidas en una misma franja horaria. Una vez el animal se encuentre en la zona de alimentación, estos serán pesados con el objetivo de hacer seguimiento del crecimiento de peso y verificar que esté cumpliendo con la tasa de crecimiento fijada por el productor y en caso de alcanzar un peso máximo preestablecido o presentar disminución de peso hacer la respectiva notificación y observación en la nube para la toma de decisiones futuras.

Por último el sistema verifica la cantidad neta de alimento suministrado y dará aviso preventivo, mediante un recordatorio o una alarma al personal encargado notificando si el alimento está próximo a acabarse. Es importante resaltar que este sistema se realiza con herramientas y sensores de bajo costo de Arduino.

## 2.6. Delimitaciones y Alcances

- La programación se realiza en Arduino como herramienta de procesamiento de los datos en crudo sensados.
- Se utilizarán módulos y sensores de bajo costo en comparación a sensores de nivel industrial.
- Los módulos actuadores y de sensado además de los parámetros de entrada usados en el prototipo, representarán (a escala) los valores y comportamientos de parámetros y sensores usados en trabajos de campo a nivel comercial.

- Se seleccionarán los dispositivos más acordes a las necesidades y recursos limitados de y para el desarrollo del proyecto.
- El (los) algoritmo(s) será(n) probado(s) en la construcción del prototipo maqueta a escala mas no en una implementación final en infraestructura ganadera ya establecida.
- El diseño del sistema final entregado da la posibilidad de implementar un sistema con hasta 4 dosificadores por 1 solo contenedor o almacenador de alimento.
- El prototipo final a entregar constaría de la funcionalidad del sistema para 1 solo punto de dosificación del alimento.
- La notificación se registra en una base de datos. En caso de ser física, en un archivo de texto con modalidad .csv; en caso de ser en la nube, en Google Drive. El registro de la notificación hace parte del prototipo realizado.
- El envío de los datos a la nube se realiza mediante módulos Wifi de Arduino Esp8266.
- Los registros en la base de datos se caracterizarían por los datos procesados obtenidos en el sensado.
- El sistema diseñado es prototipable o implementable para territorios con acceso a Internet.

#### 2.6.1. Entregables

Se establece diseñar un prototipo que constaría de:

- Diseño de un sistema automático de monitoreo alimenticio de reses estabuladas en proceso de ceba.
- Diseño de Prototipo funcional (a escala) del sistema diseñado con un único punto de dosificación.
- Construcción física (a escala) del prototipo diseñado con un solo dosificador funcional.
- Plan de pruebas.
- Documentación descriptiva, explicativa y argumentativa que evidencie el proceso de desarrollo del proyecto.



# Descripción del Problema

---

## 3.1. Planteamiento del Problema

El sector ganadero abarca diferentes especies de ganado tales como, los bovinos, los ovinos, los porcinos, entre otros. En Colombia se tiene una alta presencia de producción de estos tipos especialmente en el ganado bovino y ovino. De igual forma, estos tipos de ganado tienen diferentes modalidades, entre las cuales se pueden mencionar el ganado para crianza, para producción de leches y sus derivados y ganadería de la carne. En Colombia y el mundo se presentan constantes inversiones en materia tecnológica para mejorar la forma en cómo el ganado es productivo y puede participar de forma competitiva en un mercado de consumo de calidad.

Debido a que el ciclo productivo de la carne consta de diferentes etapas con diferentes requerimientos, necesidades y cantidad de áreas verdes, se considera aportar el diseño de un sistema que pueda simplificar tareas de obtención de datos y gastos por mano de obra en cultivos de reses destinados al engorde, los cuales pueden desempeñarse en espacios cerrados como establos, dando paso al monitoreo por condiciones de estabulación, en donde se garantiza el suministro de forraje verde, minerales, vitaminas y dietas específicas para el ganado y adaptándose a espacios cercanos a la casa matriz de administración de los productores [18]. En el Cauca, aunque se cuente con bastas hectáreas de diferentes fertilidades y condiciones térmicas apropiadas para el cultivo y desarrollo de la ganadería, se presentan muchas falencias en materia tecnológica y económica, en donde los movimientos migratorios de campesinos desplazados y los efectos colaterales del conflicto armado que se ha presentado en el país, son las principales causas de estas falencias. Sin embargo, el emprendimiento de los pequeños y medianos productores da paso a nuevas oportunidades de intervención por parte de la Ingeniería electrónica y el manejo aplicativo de nuevas tecnologías que permitan tener un contacto más cercano con la población campesina.

El manejo de software sofisticado y maquinaria industrial puede presuponer brechas para con los usuarios campesinos por la falta de capacitación técnica o por la complejidad de uso de los programas para el manejo de datos. Sin embargo, el desarrollo de nuevas tecnologías ha dado paso a una era digital con la que se espera lograr avances significativos. Como se menciona en [6], [12] y [7] la inclusión de las ciencias y la formación de entidades de apoyo al sector agrario pueden aportar significativamente al desempeño de los cultivos ganaderos. Como alternativa a facilitar al usuario software o herramientas más amigables se plantea el manejo de micro controladores como Arduino o Raspberry Pi [2]. Estos dispositivos son fácilmente re-programables y pueden adaptarse no solo a las necesidades de pequeños productores ganaderos sino también al uso por parte de grandes

cultivadores del ganado de la carne.

Mediante la posibilidad de acceder a los datos de manera remota mediante las redes de Internet y datos, y estableciendo un sistema automático de suministro y supervisión alimenticio, se espera reducir gastos por transporte, personal de seguimiento y tiempo y claridad en el registro de datos dando así, paso para que estos tiempos y recursos puedan ser redistribuidos en otras o nuevas tareas del productor ganadero. Lo anterior se diseña, y se plantea acorde con el manual de Buenas Prácticas de Ganadería (BPG) y con las legislaciones pertinentes al manejo de alimentos para el consumo humano establecidas por la ley colombiana mencionados en la sección 4.1.2.4.

### 3.1.1. Formulación

¿Cómo monitorear de manera automática la evolución alimenticia de reses en proceso de ceba bajo condiciones de estabulación para productores ganaderos de carne?

### 3.1.2. Sistematización

El problema se sistematiza de la siguiente manera:

- ¿Qué tipo de herramientas tecnológicas se utilizarían para realizar el monitoreo alimenticio de las reses?
- ¿Cómo identificar cada cabeza de ganado por separado y evitar confusiones en grandes poblaciones de ganado?
- ¿Cómo saber los tiempos del día en los que se debe suministrar el alimento?
- ¿Cómo verificar que aún se cuente con alimento suficiente para ser suministrado al ganado?
- ¿Cómo saber la porción de alimento apropiada para cada animal de manera particular?
- ¿Cómo suministrar el alimento racionado?
- ¿Cómo verificar que no se otorgará de manera equívoca las porciones de alimento a animales erróneos?
- ¿Cómo verificar que una res en particular ha ingerido correctamente su porción de alimento?
- ¿Cómo verificar que una res determinada presenta (o no) un crecimiento de peso acorde a los intereses del productor?
- ¿Cómo verificar que una res en específico ha alcanzado su peso máximo o ideal de acuerdo con los intereses del productor?
- ¿Cómo notificar cuando no haya suficiente alimento para suministrarlo a el ganado?
- ¿Cómo registrar los datos sensados en una base de datos en la nube?

- ¿Cómo realizar el registro de forma automática?
- ¿Cómo mostrar al usuario los datos registrados en la base de datos?
- ¿Cómo representar los datos almacenados en la base de datos?
- ¿Cómo verificar que los resultados obtenidos son acordes al diseño planteado?

## **3.2. Objetivos**

### **3.2.1. Objetivo General**

Diseñar un sistema de monitoreo alimenticio con herramientas de bajo costo para ganado estabulado en proceso de ceba.

### **3.2.2. Objetivos Específicos**

- Investigar, clasificar y seleccionar los dispositivos y herramientas que serán usadas para el sensado de la deformación.
- Asignar números, nombres o características de identificación para referenciar a cada res.
- Utilizar dispositivos de tiempo para poner en funcionamiento el alimentador a las horas deseadas por el productor.
- Comprobar la existencia de cantidad suficiente de alimento almacenado.
- Suministrar la porción de alimento respectiva a cada bovino mediante la cantidad especificada por su referencia de identificación.
- Entregar la ración de alimento mediante un actuador de dosificación.
- Identificar a la res mediante su referencia de identificación y corroborar si ya se le ha suministrado (o no) su respectiva porción de alimento en una franja horaria determinada.
- Corroborar que la res ha ingerido su porción de alimento
- Monitorear el crecimiento de peso de cada res y compararlo con el crecimiento ideal o deseado.
- Conocer el peso de cada cabeza de ganado diariamente.
- Notificar al personal encargado la insuficiencia de alimento almacenado.
- Registrar la información sensada en una unidad de almacenamiento en la nube.
- Realizar el registro de datos de forma automática.
- Permitir al usuario acceder a los datos almacenados.

- Representar los datos almacenados de manera gráfica.
- Realizar un plan de pruebas.

### 3.3. Justificación

La ganadería de la carne supone un ambiente apropiado para que los animales en cuestión puedan sacar provecho de sus cualidades genéticas y puedan producir los mejores productos en cuestión de calidad. Para ello, el cultivo de la carne debe ser debida y minuciosamente realizado lo que supone un constante trabajo de inspección tanto de la alimentación del ganado así como también del registro apropiado de los datos de seguimiento determinados por el ganadero y los intereses del mercado. Sin embargo, las fincas y los terrenos destinados para estabular el ganado suelen encontrarse en recintos separados lo que implica a los productores tener un constante transporte de bienes y recursos tanto físicos como personales, lo que conlleva a gastos de recursos en transporte y contratación de personal. Además se debe llevar un registro de las especificaciones alimenticias y dietarías de cada res con lo que se presuponen grandes tareas de registro de actividades y datos primarios sobre el proceso evolutivo de la alimentación del ganado. No obstante, estas tareas de registro son realizadas de manera general abarcando el comportamiento general del ganado alimentado y en ocasiones se presentan casos en donde se distribuye de manera desorganizada conjunta del alimento dietario, ocasionando que algunas reses puedan abastecerse de dietas más desproporcionadas que otras lo que conlleva de comportamientos en peso irregulares o poco deseados para los intereses de los productores.

En este trabajo se propone un alimentador automático de bajo costo para reses en proceso de engorde o ceba que permita, mediante sensores de peso, suministrar una cantidad de alimento de manera automática para cada res, en horarios del día preestablecidos por el productor ganadero y cuya ración será respectiva a la dieta de cada animal basada en los intereses del propietario. Las reses estarían identificadas por un número ID unido directa o indirectamente a sus cuerpos con lo cual se supervisa cada bovino por separado generando un historial alimenticio en la nube para cada individuo. Este historial permitiría organizar de manera sistemática el proceso evolutivo de la alimentación de una res específica sin prestaciones a errores humanos por registro indebido o erróneo. Por medio de este alimentador se generaría un historial alimenticio de cada bovino que permitiría registrar la cantidad de porciones suministradas periódicamente, además de verificar, con sensores de presencia o detección, si éste ha ingerido su alimento o no con lo cual se podrá identificar aquellas cabezas de ganado que estarían presentando desordenes alimenticios que vayan en contra de los intereses del productor. Esto aportaría significativamente a un distribución más sistemática y eficiente del alimento del ganado.

Entre los datos fijos de cada historial se tendría registro de su Nombre, RFID, Sexo, Raza, Peso y Edad inicial, Peso y Edad final; y como datos de monitoreo se tendría registro diario peso, edad, peso máximo alcanzado, si ha alcanzado o no un peso ideal y su evolución del peso para verificar

si está obteniendo un crecimiento positivo, o en caso contrario, proceder con la toma de decisiones respecto al sujeto en cuestión tales como su posible venta, tratamiento, o venta temprana, entre otros.

Al estar identificados con un número ID propio e independiente, mediante un sensor RFID, se ayuda a que el alimento se suministre al individuo correcto y que no se presentan casos en los que se suministren porciones repetidas en una misma franja horaria. Una vez el animal se encuentre en la zona de alimentación, estos serán pesados con el objetivo de hacer seguimiento del crecimiento de peso y verificar que esté cumpliendo con la tasa de crecimiento fijada por el productor y en caso de alcanzar un peso máximo preestablecido o presentar disminución de peso hacer la respectiva notificación y observación en la nube para la toma de decisiones futuras.

Por último el sistema verifica la cantidad neta de alimento suministrado y dará aviso preventivo, mediante un recordatorio o una alarma al personal encargado notificando si el alimento está próximo a acabarse. Es importante resaltar que este sistema se realiza con herramientas y sensores de bajo costo de Arduino.

### 3.4. Delimitaciones y Alcances

- La programación se realiza en Arduino como herramienta de procesamiento de los datos en crudo sensados.
- Se utilizarán módulos y sensores de bajo costo en comparación a sensores de nivel industrial.
- Los módulos actuadores y de sensado además de los parámetros de entrada usados en el prototipo, representarán (a escala) los valores y comportamientos de parámetros y sensores usados en trabajos de campo a nivel comercial.
- Se seleccionarán los dispositivos más acordes a las necesidades y recursos limitados de y para el desarrollo del proyecto.
- El (los) algoritmo(s) será(n) probado(s) en la construcción del prototipo maqueta a escala mas no en una implementación final en infraestructura ganadera ya establecida.
- El diseño del sistema final entregado da la posibilidad de implementar un sistema con hasta 4 dosificadores por 1 solo contenedor o almacenador de alimento.
- El prototipo final a entregar constaría de la funcionalidad del sistema para 1 solo punto de dosificación del alimento.
- La notificación se registra en una base de datos. En caso de ser física, en un archivo de texto con modalidad .csv; en caso de ser en la nube, en Google Drive. El registro de la notificación hace parte del prototipo realizado.
- El envío de los datos a la nube se realiza mediante módulos Wifi de Arduino Esp8266.

- Los registros en la base de datos se caracterizarían por los datos procesados obtenidos en el sensado.
- El sistema diseñado es prototipable o implementable para territorios con acceso a Internet.

### 3.4.1. Entregables

Se establece diseñar un prototipo que constaría de:

- Diseño de un sistema automático de monitoreo alimenticio de reses estabuladas en proceso de ceba.
- Diseño de Prototipo funcional (a escala) del sistema diseñado con un único punto de dosificación.
- Construcción física (a escala) del prototipo diseñado con un solo dosificador funcional.
- Plan de pruebas.
- Documentación descriptiva, explicativa y argumentativa que evidencie el proceso de desarrollo del proyecto.

# Desarrollo del Proyecto

---

## 4.1. Marco de Referencia

### 4.1.1. Áreas Temáticas

- Algoritmos computacionales.
- Almacenamiento en la nube.
- Bases de datos digitales.
- Ciencias agropecuarias.
- Ganadería de carne.
- Ingeniería electrónica.
- Monitoreo digital.
- Sistemas RFID.

### 4.1.2. Marco Teórico

#### 4.1.2.1. Alimentación

La alimentación de un cultivo de ganado requiere de una dieta o ración con diferentes componentes básicos o nutrientes que deben ser suministrados día a día de forma balanceada para lograr un crecimiento óptimo y que los animales puedan expresar su potencial genético [24]. Los componentes principales que conforman la dieta alimenticia del ganado son:

##### ■ Componentes básicos de la dieta

- Agua: Componente principal de la alimentación. Esta debe ser suministrada en cantidad y calidad para ser aprovechada por cada animal llegando a ocupar mas del 50 % de la masa corporal de un ejemplar adulto y hasta un 90 % de un recién nacido.
- Energía: Este componente se suministra mediante azúcares, almidones, celulosa, entre otros, los cuales aportan grandes cantidades de energía mas no de proteína, razón por la cual se deben suministrar de forma complementaria.

- **Proteínas:** Estos nutrientes son fundamentales especialmente durante los períodos de sequía para lo cual se optan por fuentes altas en proteína como leguminosas forrajeras como el Maní, Leucaena y el más común, los pastos de forraje verde.
- **Minerales:** Son indispensables en la ganancia de peso de los novillos durante la etapa de Cría y Levante. Este complemento alimenticio debe estar siempre a la disposición para que el ganado pueda abastecer sus necesidades. Estos minerales se suelen proporcionar mediante mezclas de macrominerales y microminerales que se ofrecen de libre consumo al ganado.
- **Vitaminas:** Suministradas en cantidades pequeñas aplicadas comúnmente en animales cuya alimentación se basa en forrajes secos, o en animales enfermos convalecientes, desnutridos o durante épocas de sequía prolongada.
- **Balance de raciones y dietas especializadas** Estas dietas son suministradas por personal técnico calificado que prepara un dieta acorde a la cantidad de nutrientes de cada animal de forma particular e independiente, considerando su peso actual, su velocidad de crecimiento y estado fisiológico.

#### 4.1.2.2. Almacenamiento

El alimento almacenado cae por gravedad al mecanismo de dosificación y este debe ser adaptado a su tamaño, densidad y peso [19]. Aparte del mecanismo, se debe tener en cuenta el material de construcción, entre los materiales de fabricación más comunes se encuentran el Poliestireno, Vidrio y Cerámica, Acero Inoxidable, Plástico, entre otros. Estos deben garantizar resistencia y que cumpla con los requerimientos generales de almacenamiento de alimentos [9]:

- El material de fabricación no debe modificar la composición, color, sabor, ni olor del producto contenido y no puede ceder componentes al medio interno ni externo que constituyan un riesgo para la salud.
- Fabricación con polímeros y aditivos que están incluidos en las listas positivas de las regulaciones alimentarias.
- Cumplir con los requisitos específicos de migración total en casos de compuestos químicos y componentes en el material plástico.

#### 4.1.2.3. Mecanismos de Dosificación

El suministro de los alimentos del ganado cultivado se realiza mediante dispositivos electrónicos, mecánicos, electromecánicos y manuales. Estos dispositivos regulan el despacho del alimento en las diferentes etapas del cultivo de carne. A modo general, están compuestos por servomotores, motores eléctricos, cilindros neumáticos y/o reguladores electrónicos y mecánicos [19]. También pueden ser clasificados acorde a la naturaleza de la sustancia a manipular. Más propiamente dentro de la categoría de dosificadores volumétricos de sólidos secos, existen una gran variedad de mecanismos de dosificación [23], como algunos mencionados a continuación:

- **Dosificadores de Tornillo**

En estos dosificadores (Ver figura 4.1) se tiene un Tornillo sin fin que actua como dosificador, éste se suele encontrar en la parte inferior de la tolva de alimentación y libera un volumen determinado de sustancia en cada vuelta; su velocidad y precisión de dosificación dependen de la velocidad de giro con la que se esté manipulando [23]. Este sistema de dosificación es el más utilizado debido a su implementación simple y porque se adapta a la naturaleza de la mayoría de las sustancias dosificadas.

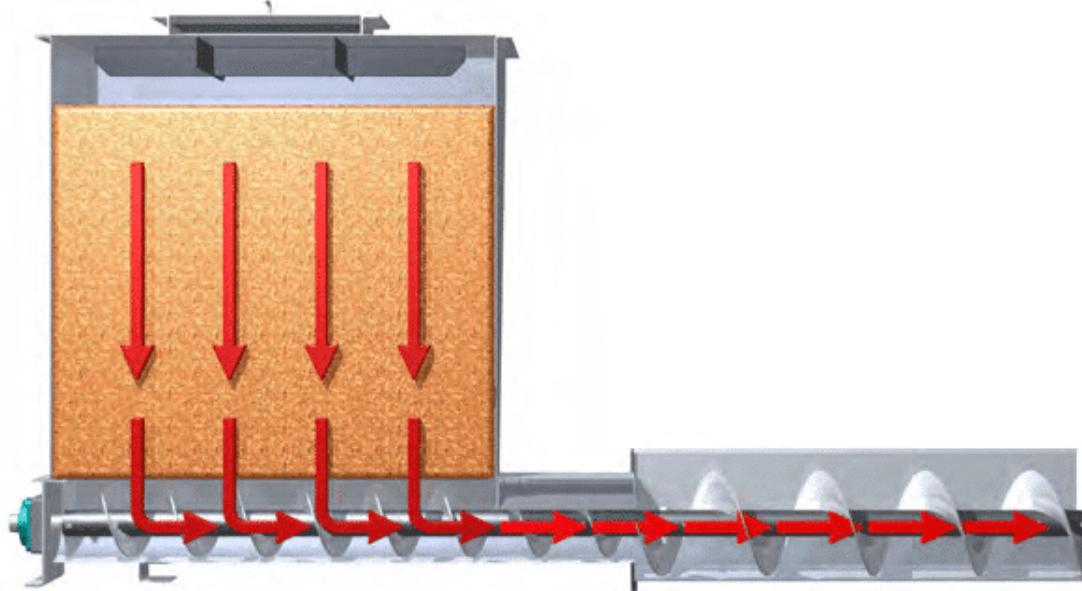


Figura 4.1: Mecanismo de Tornillo sin fin. Tomada de [16]

- **Dosificadores de Compuerta Rotativa**

En este caso se tiene una compuerta rotativa como elemento principal de dosificación, permite una construcción simple y robusta, aunque presenta menor precisión que el mecanismo de tornillo sin fin. Una representación de este tipo de mecanismo se puede ver en la Figura 4.2.

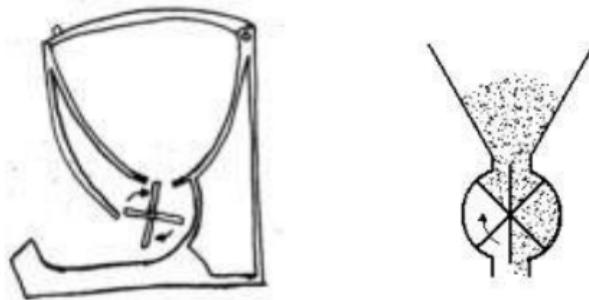


Figura 4.2: Mecanismo de Compuerta Rotativa.

#### ■ Dosificadores de Compuerta deslizante

Son compuertas deslizantes usadas para descargar material de tolvas, transportadores o compartimientos. La compuerta deslizante consta de un marco rígido con una lámina deslizante ubicada en el interior que se abre y se cierra contra el flujo de material (Ver Figura 4.3). La placa deslizante puede ser accionada por medios manuales, neumáticos, eléctricos o hidráulicos. La lámina puede ser implementada de diferentes maneras y puede estar apoyada por rodamientos en 2 de sus extremos para facilitar la transición reduciendo así la fricción con las paredes del marco.

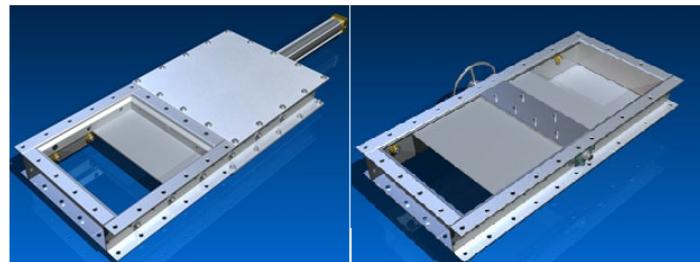


Figura 4.3: Mecanismo de Compuerta Deslizante. Tomada de [16]

#### 4.1.2.4. Leyes y Normatividad

Requerida para que el avance ganadero se realice de manera coordinada o estandarizada basada en las buenas prácticas ganaderas en pro de mejorar la productividad y ayudarla a alcanzar niveles de ganadería bovina del mundo [11].

- **Decreto 1500 de 2007:** Reglamento técnico a través del cual se crea el Sistema Oficial de Inspección, Vigilancia y Control de la Carne y otros productos comestibles y derivados cárnicos destinados para el consumo humano.

- **Decreto 072 de 2007:** Por el cual establece el manual de buenas prácticas de manejo para la producción de ganado bovino.
- **Decreto 2905 de 2007:** Por el cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios y de inocuidad de la carne y productos cárnicos comestibles de las especies bovina y bufalina destinados para el consumo humano.
- **Decreto 18119 de 2007:** Por el cual se reglamenta los requisitos del plan gradual de cumplimiento para las plantas de beneficio y desposte de bovino y bufalinos.
- **Decreto 2278 de 1982:** Reglamentación parcial en el título V de la ley 09 de 1979 que se refiere al sacrificio de animales de abasto público o para consumo humano y el procesamiento, transporte y comercialización de su carne.

#### 4.1.2.5. Conceptos adicionales

- **Algoritmos Computacionales:** Los algoritmos son un conjunto de instrucciones o reglas predefinidas de manera ordenada que permiten llevar a cabo una actividad mediante pasos consecutivos secuenciales o paralelos de manera no ambigua para poder realizar una actividad [5]. Los algoritmos computacionales son algoritmos más sofisticados y precisos que permiten aprovechar las nuevas tecnologías y que al depender de una memoria finita deben ser lo más optimizados posible para que puedan procesar grandes cantidades de datos con limitaciones finitas y generalmente a bajo costo.
- **Almacenamiento en la nube:** La nube, también denominada como "Cloud Storage" (Ver Figura 4.4), se refiere tanto a las aplicaciones entregadas como servicios a través de internet y el software del hardware y sistemas en los centros de datos que proporcionan estos servicios [3].



Figura 4.4: Almacenamiento en nube.

- **Bases de datos digitales:** Es un conjunto de datos interrelacionados y almacenados de forma ordenada y sistemática (Ver Figura 4.5) para un uso posterior[20]. Debido al desarrollo

tecnológico de la informática y la electrónica, estas bases de datos suelen ser digitales y por lo general se almacenan en la nube (Cloud). Por otra parte, es considerado un modelo de almacenamiento de datos basado en redes de computadoras, donde los datos están alojados en espacios de almacenamiento virtualizados [21].



Figura 4.5: Base de datos.

- **Ganadería de carne:** Es un ciclo productivo de cabezas de ganado destinadas al engorde que comprende un proceso prolongado en el tiempo que consta de varias etapas que abarcan desde el nacimiento vivo de la cría, siguiendo con su crecimiento y finalmente su comercialización en producto final, ya sea en carne, lácteos o sus derivados (Ver Figura 4.6).



Figura 4.6: Ganadería de carne.

- **RFID:** La identificación por radiofrecuencia (Ver Figura 4.7), es un sistema reprogramable de almacenamiento y recuperación de datos de manera inalámbrica mediante etiquetas, tarjetas o transpondedores en general, que pueden ser adheridas a productos, animales e incluso a personas sin necesidad de alimentación interna. Este sistema tiene una gran variedad de aplicaciones entre las cuales se pueden mencionar logísticas de distribución, servicios industriales, control de acceso, entre otros [14].



Figura 4.7: Sistemas RFID.

#### 4.1.3. Trabajos Relacionados

En esta área de trabajo se pueden encontrar innumerables trabajos de grado que usan al sector agroindustrial como oportunidad de desarrollo. Algunos de los trabajos previos y referentes al desarrollo de este trabajo de grado se pueden mencionar a los siguientes:

- **"Diseño, modelamiento y simulación de maquina dosificadora de alimento granulado para animales"**: En este trabajo desarrollado por los estudiantes egresados de la Universidad de La Salle, Carlos Pinto y Hernán Durán, se puede evidenciar el desarrollo tanto mecánico como electrónico de un dosificador giratorio de alimento granulado para aves. El objetivo de este trabajo es facilitar el diseño de sistemas electrónicos que puedan ser implementados a nivel comercial, con la finalidad de ayudar a incrementar el nivel productivo de las empresas ganaderas avícolas. En este proyecto se utilizó el modelamiento 3D como herramienta principal para el desarrollo del prototipo funcional usado para la dosificación del alimento granulado. El modelo final desarrollado se puede apreciar en la Figura 4.8:

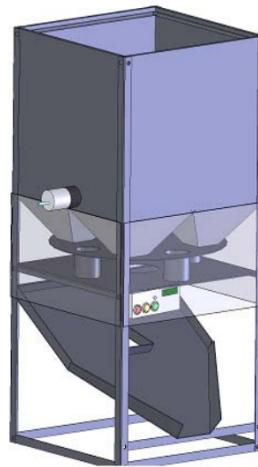


Figura 4.8: Unidad completa de dosificación. Tomada de [19]

- **"Dispensador automático de comida para mascotas, programable y controlado remotamente"**: Mediante este trabajo de grado, realizado por los Ingenieros Electrónicos de la Universidad del Valle John León y Daniel Rueda, se realiza el diseño y la implementación de un alimentador automático de mascotas que pueda ser controlador mediante una aplicación móvil para facilitar el uso y garantizar la dosificación del alimento al animal doméstico en las horas que lo requiera [15]. Una característica similar al trabajo planteado es el uso de avisos y notificaciones móviles para los casos en los que el dispensador no cuente con suficiente alimento o que el dosificador no haya podido entregar el alimento correctamente. Este sistema fue desarrollado mediante simulación e impresión 3D y la aplicación para la interfaz de usuario fue realizada mediante software Open Source para Android. El dispositivo final se puede apreciar en la Figura 4.9:



Figura 4.9: Unidad completa de dosificación. Tomada de [15]

- **"Feedstar"**: Este es un sistema automático de dosificación de alimento en grandes cantidades especialmente diseñado para ahorrar espacio [10]. En la figura 4.10 se observa una simulación del sistema, el cual puede ser regulado en tamaño y longitud y abastecer grandes cantidades de ganado mediante una correa extendible y un sistema de dosificación continuo que garantizan suministrar las grandes cantidades de alimento, minerales y forraje para abastecer ganado en sistemas de ganado estabulado. Este producto se encuentra a nivel comercial desarrollado por la empresa alemana EDER.

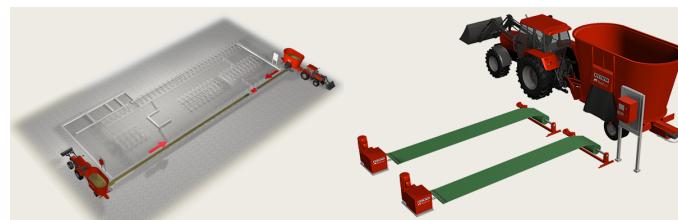


Figura 4.10: Sistema Feedstar. Tomada de [10]

- **"Dosificador automático de alimento y agua para el ganado vacuno de la Finca Molina, en la comunidad de San Rafael del Sur"**: Este es un trabajo de grado respaldado por la Universidad Autónoma de Nicaragua, que consiste en un sistema integral para suministrar alimento y agua a ganado vacuno en una finca de aproximadamente 7 hectáreas y el cual sería controlado mediante un PLC [17]. En este trabajo se plantea el diseño visto en la Figura 4.11 donde se puede observar el control de diferentes sensores para proveer correcta y eficientemente la dosificación de alimento y agua por cada cabeza de ganado ubicadas en sus respectivos cubículos perteneciente al sistema.

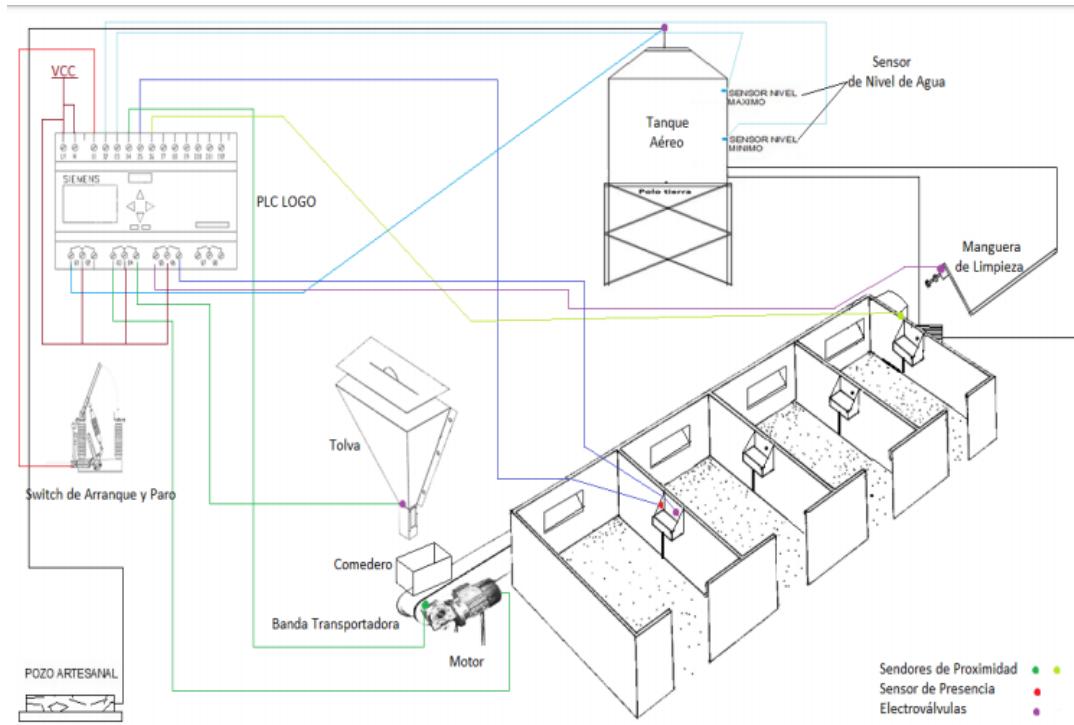


Figura 4.11: Sistema alimenticio de la Finca Molina. Tomada de [17]

## 4.2. Metodología

### 4.2.1. Tipo de Estudio y Metodología a usar

Este proyecto, al igual que todo proceso de desarrollo, tiene un método que caracteriza su evolución; por tal razón se propone el uso de la metodología CDIO como base metodológica para la realización de este proyecto. Esta metodología ha sido formada por las principales escuelas de Ingeniería de Estados Unidos, Europa, Canadá, Reino Unido, África, Asia y Nueva Zelanda; como

una forma de colaboración a nivel mundial para desarrollar una nueva visión de enseñanza de la ingeniería.

Esta metodología permite proporcionar las herramientas necesarias para desarrollar propuestas innovadoras a través de un análisis sistemático a partir de la problemática planteada. y está compuesta por 4 fases que consisten en Concebir, Diseñar, Implementar y Operar sistemas de ingeniería con valor agregado en un ambiente moderno para crear sistemas y productos. El proyecto será dirigido y monitoreado por parte del director del proyecto semanalmente para verificar, controlar y corregir lo que se irá trabajando día a día por el estudiante a lo largo del proyecto.

- **NOTA 1: Debido a los alcances mencionados en la sección 3.4, este proyecto no incluirá la fase de Implementación debido a que este es un proyecto de diseño. Mas sin embargo constará de una construcción de un prototipo para suplir la fase de Implementación y validar la fase de Operación.**
- **NOTA 2: La realización de tareas no necesariamente es de manera secuencial y se encontrarán actividades que se realicen paralelamente.**

#### 4.2.2. Actividades

##### 1) Fase de Concepción:

- Identificación del área temática, normatividad, limitaciones técnicas y tecnológicas, usuarios; contextos sociales, culturales, ambientales y necesidades de la problemática.
- Búsqueda bibliográfica referente a la temática.
- Analizar trabajos previos y antecedentes para búsqueda de oportunidades o posibles mejoras.
- Investigación de posibles herramientas y dispositivos que aporten al desarrollo del trabajo de grado.
- Buscar, clasificar y seleccionar las herramientas y los dispositivos a utilizar.
- Establecer parámetros de entrada y salida (In/Out).

##### 2) Fase de Diseño:

- Diseñar el sistema de medición y obtención de información.
- Diseñar los algoritmos para cada dispositivo con base en los parámetros In/Out.
- Diseñar la identificación exitosa de cada animal por separado.
- Diseñar la verificación de alimento suficiente para dar abasto a las raciones del día.
- Diseñar el aviso o alarma en caso que no haya suficiente alimento para suplir las necesidades dietarias del día para los animales.

- Diseñar la dosificación del alimento y los mecanismos que se requieran para tal fin.
- Diseñar el pesaje de la ración dosificada que será suministrada a cada res de acuerdo con su dieta respectiva.
- Diseñar el suministro del alimento dosificado.
- Diseñar la verificación de que el alimento ha sido suministrado.
- Diseñar la verificación de que el alimento suministrado ha sido ingerido satisfactoriamente.
- Diseñar la verificación que permita corroborar si un animal ya ha sido alimentado en una franja horaria determinada para negar dosificaciones repetidas.
- Diseñar el aviso o la alarma en caso de presentarse un caso de negación por dosificación repetida.
- Diseñar el aviso al personal y registro en el historial de la res correspondiente en caso tal que no se ingiera el alimento
- Diseñar el proceso para la toma de peso de cada una de las reses en un grupo determinado.
- Diseñar el registro de la información de manera automática.
- Diseñar la representación de la información.
- Diseñar el prototipo del prototipo a escala para la prueba del concepto.
- Diseñar el plan de pruebas.

3) Fase de Construcción:

- Construcción del prototipo.
- Construcción del plan de pruebas.

4) Fase de Operación:

- Verificación de la funcionalidad de los dispositivos.
- Verificación de la funcionalidad de los algoritmos.
- Verificación de los resultados para correcciones (si la hay) del plan de pruebas.
- Verificación de la funcionalidad del prototipo.
- Evaluación de los resultados.

5) Otros:

- Reuniones de control con director del proyecto.
- Realización de la documentación del proyecto.

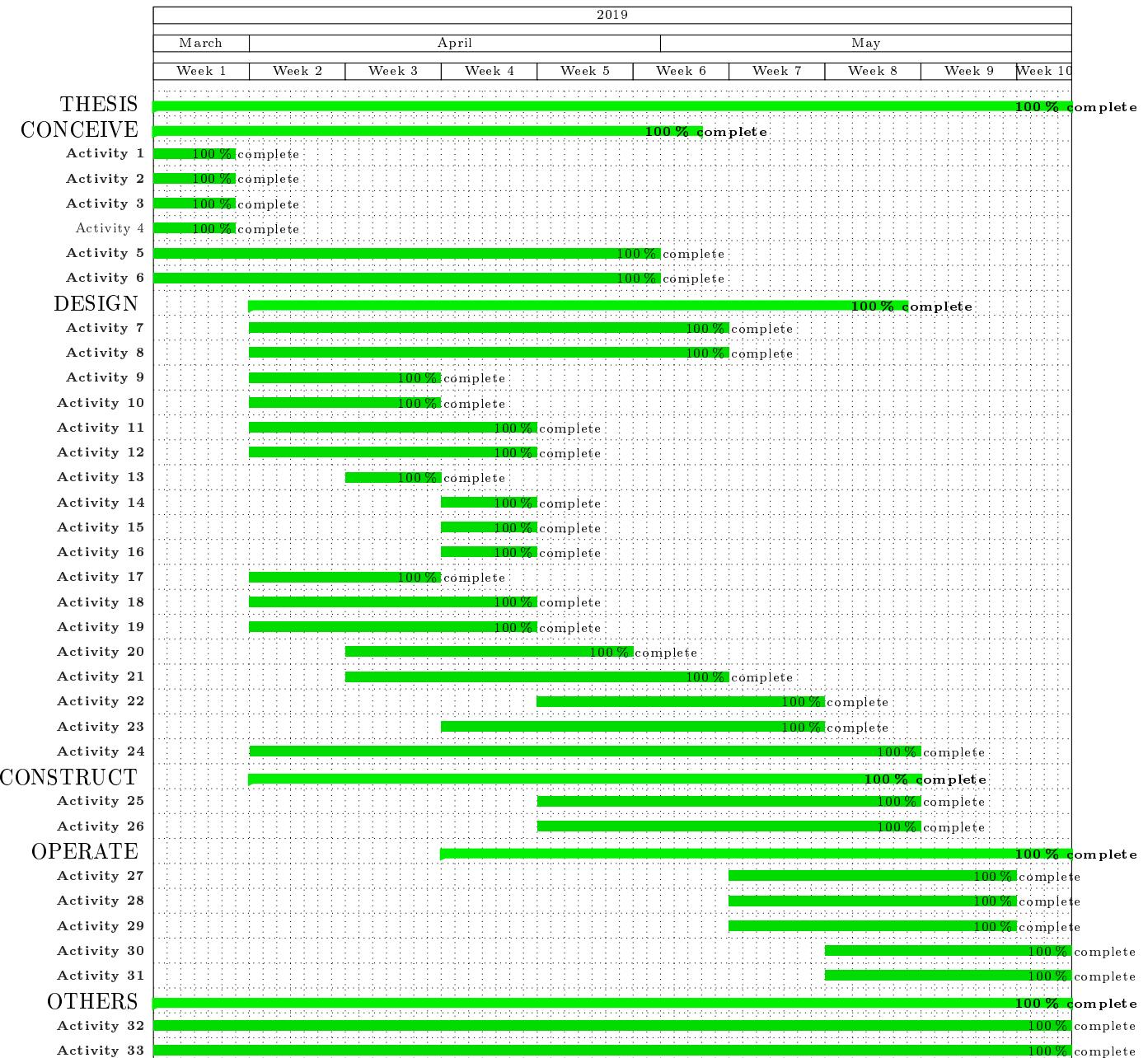
### 4.3. Resultados Esperados

Los resultados esperados en este proyecto son:

- Diseño de un sistema automático de alimentación de ganado de reses estabuladas en proceso de Ceba.
- Identificar a cada individuo por separado mediante el sensor de RFID.
- Dosificar exitosamente raciones de un gramaje acorde a la porción requerida para cada animal cultivado basado en su dieta preestablecida.
- Tomar registro de la dosificación y entrega exitosa de alimento.
- Verificar la cantidad de alimento racionado antes de ser depositado en la bandeja y tomar registro de ello.
- Entregar el alimento racionado a cada individuo una única vez en una misma franja horaria y tomar registro de ello.
- Dar aviso si se presenta un caso de intento de repetición de ración dosificada en una misma franja horaria por un mismo animal.
- Verificar que el animal haya ingerido su porción, tomar registro de ello y dar aviso en caso contrario.
- Obtener el peso del animal y tomar registro de ello.
- Verificar que se tenga alimento suficiente para suministrar las porciones del día y dar aviso oportuno en caso contrario.
- Hacer registro en la nube de los datos registrados por cada sensor.
- Dar aviso de observaciones predefinidas por el productor de ceba mediante avisos y/o alarmas.
- Mostrar los datos evolutivamente mediante ayudas gráficas.
- Prototipo físico (a escala) del sistema diseñado con un solo dosificador funcional.
- El diseño del prototipo y del sistema total posibilite hasta 4 dosificadores completamente funcionales.
- Plan de pruebas.

### 4.4. Cronograma

En el Cuadro 4.1, se evidencian las actividades previamente mencionadas en la sección 4.2.2, las cuales se realizarán para el desarrollo del proyecto.



Cuadro 4.1: Cronograma del proyecto.

## 4.5. Recursos

### 4.5.1. Humanos

#### 4.5.1.1. Director

- El ingeniero Electrónico, Eugenio Tamura. Cursó su pregrado en la Universidad del Cauca. Obtuvo su Maestría y Doctorado en Arquitectura y Tecnología de los Sistemas Informáticos, en la Universidad Politécnica de Valencia, España. Actualmente es Director de Carrera de Ingeniería Electrónica y profesor de Pregrado, Maestría y Doctorado.

#### 4.5.1.2. Estudiante

El estudiante de Ingeniería Electrónica Luis Felipe Guevara Gómez, llevará a cabo el desarrollo de este proyecto para optar por el título de Ingeniero Electrónico en la Pontificia Universidad Javeriana Cali.

### 4.5.2. Económicos

#### 4.5.2.1. Consideraciones

El desarrollo de este proyecto requerirá establecer lo siguiente:

- Consideraciones del proyecto respecto a la Universidad visto en el cuadro 4.2:

Director(es)	1	Salario Mensual por Director (Aproximado).	\$ 7'.000.000	Cantidad total de horas por semana	2
# Días trabajados al mes	20	Horas trabajadas al día	8	Frecuencia de atención y dirección (semanal)	1-2
# Horas de dirección por sesión	2.5	Costo Hora Director	\$ 43.750	Equipos de trabajo	Propios de la Universidad
# Total de Horas dedicadas al proyecto.	25	Costo Total Horas Trabajo de Dirección	\$ 1'.093.750	Software adicional	Licencias y Software educativo a nombre de la Universidad

Cuadro 4.2: Consideraciones del proyecto respecto a la Pontificia Universidad Javeriana

- Consideraciones del proyecto respecto al estudiante visto en el cuadro 4.3:

Estudiante(s)	1	Salario Mensual por Estudiante (Aproximado).	\$ 1'300.000	Cantidad total de horas por semana	60
# Total de Horas dedicadas al proyecto	600	# Horas trabajadas al día	10	# Total de semanas trabajadas	10
# Costo hora Estudiante	\$ 5.417	Costo total Horas de trabajo dedicadas al proyecto	\$ 4'160.000	Equipos, Software y material de trabajo adicional	Propios del estudiante

Cuadro 4.3: Consideraciones del proyecto respecto al estudiante.

#### 4.5.2.2. Presupuesto

El presupuesto del proyecto se observa en el Cuadro 4.4.

UNIVERSIDAD	CONCEPTO	REFERENCIA	CANT.	PRECIO UNITARIO	SUB TOTAL
	Costos dirección de trabajo de grado	Asesoria y dirección del trabajo de grado del estudiante	1	\$ 546.875	\$ 546.875
	Seguridad social y costos adicionales	Costos adicionales por contratación de personal del proyecto	1	\$ 109.375	\$ 109.375
	Equipos o instrumentos electrónicos adicionales	Costo aproximado de sensores, elementos, servicios y material de trabajo	1	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
<b>SUB TOTAL</b>					<b>\$ 2.656.250</b>
ESTUDIANTE	CONCEPTO	REFERENCIA	CANT.	PRECIO UNITARIO	SUB TOTAL
	Costos de trabajo por estudiante practicante	Investigación, Mano de obra y desarrollo del trabajo de grado del estudiante	1	\$ 3.250.000	\$ 3.250.000
	Seguridad social y costos adicionales	Costos adicionales por contratación de personal estudiantil del proyecto	1	\$ 650.000	\$ 650.000
	Equipos o instrumentos electrónicos adicionales	Costo aproximado de sensores, elementos, servicios , software y/o material de trabajo	1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
<b>SUB TOTAL</b>					<b>\$ 4.900.000</b>
<b>COSTOS TOTALES</b>					<b>\$ 7.556.250</b>

Cuadro 4.4: Presupuesto del proyecto.



# Bibliografía

- [1] Laurent A. Understanding Open Source and Free Software Licesing. 2008.
- [2] ARDUINO. What is arduino?, 2005.
- [3] Griffith Armbust, Fox. A view of cloud computing. ACM Communications.
- [4] Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Laboratorio nacional de suelos, 2019.
- [5] Knuth D. The Art of Computer Programming. Assison-Wesley, 1968.
- [6] Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. El campo colombiano compite con innovación, 2018.
- [7] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Reforma y descentralización de servicios agrícolas: Un marco de políticas, 2002.
- [8] Real Academia Española, 2019.
- [9] Castillo F. Conformado de Materiales Plásticos. Universidad Nacional Autónoma de Mexico, 2012.
- [10] EDER GmbH. Feedstar, the automatic feed system, 2015.
- [11] INVIMA, 2007.
- [12] Ashby J. Institutionalising farmer participation in adaptive technology testing with the 'cial' agricultural research and extension network, network paper 57., 1995.
- [13] Pinzón M Jiménez C. Factibilidad de producir y comercializar un suplemento alimenticio para el ganado bovino en ciclo de ceba en el departamento del meta, 2015.
- [14] K. Kapucu and C. Dehollain. A passive uhf rfid system with a low-power capacitive sensor interface. In 2014 IEEE RFID Technology and Applications Conference (RFID-TA), pages 301–305, Sep. 2014.
- [15] Rueda D León J. Dispensador automático de comida para mascotas, programable y controlado remotamente. Trabajo de grado, 2013.
- [16] Conveying Knowledge Workmanship Solutions Design Engineering Manufacturing, 2019.
- [17] Fonseca R Montes E. Dosificador automático de alimento y agua para el ganado vacuno de la finca molina, en la comunidad de san rafael del sur. Trabajo de grado, 2013.
- [18] Fonseca P. Así funcionan los ciclos productivos de las ganaderías, 2016.

- [19] Sanchez H Pinto C. Diseño, modelamiento y simulación de máquina dosificadora de alimento granulado para animales. Universidad de La Salle, 2006.
- [20] Llanos R. Fundamentos de informática y programación. Ediciones Paraninfo, 2007.
- [21] Wells C Rhea S. Maintenance-free global data storage., 2001.
- [22] Santana Rodríguez, Martha Oliva, and José Darío Valencia Real. Producción ganadera sostenible silvopastoreo. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-CORPOICA, 1998.
- [23] Marcelo E Torres G. Diseño y construcción de un prototipo con sistemas scada aplicado al control del micro clima y dosificación del producto almacenado en silos, 2006.
- [24] Díaz V. Recomendaciones sobre sistemas intensivos de producción de carne: Estabulación, semiestabulación y sumplementación estratégica en pastoreo, 2002.
- [25] Díaz V. Manual de recomendaciones sobre sistemas intensivos de producción de carne, 2010.